

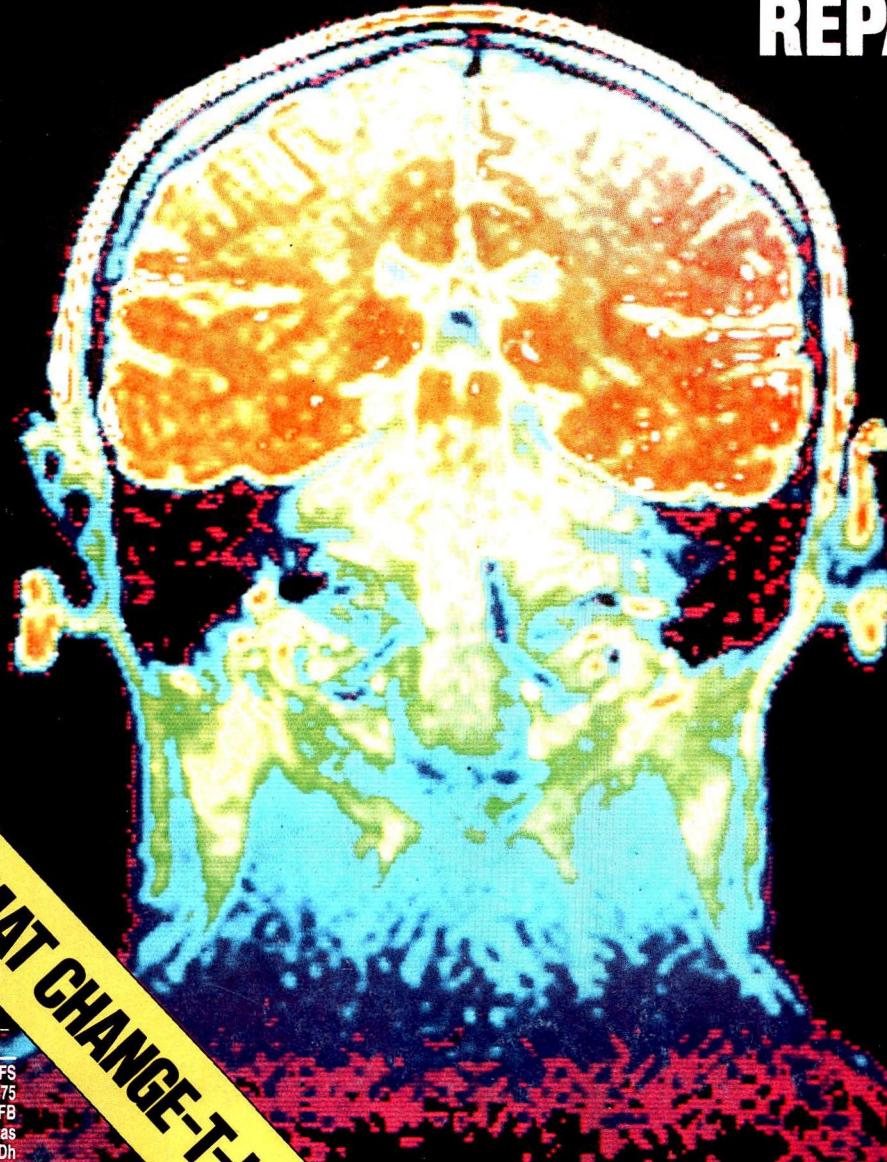
SCIENCE & VIE

MENSUEL

N° 827 AOUT 1986

ISSN 0036 8369

LE CERVEAU RÉPARÉ



LE CLIMAT CHANGE-T-IL?

16 F

N° 827

SUISSE 5 FS
CANADA \$ 2,75
BELGIQUE 110 FB
ESPAGNE 450 Ptas
MAROC 17 Dh
TUNISIE 1,84 DT

VIVEZ PLEINEMENT L'AVENTURE MICRO

GRAND CONCOURS

Microsoft - SVM - Fil

1 voyage à Seattle (USA)

5 micro-ordinateurs

des imprimantes

des logiciels...

... A GAGNER !

DANS LE NUMERO DE JUILLET/AOUT
DE SVM.



La micro-informatique, c'est la grande aventure de notre temps. Une aventure industrielle à Mach II, ainsi qu'une fantastique aventure personnelle pour tous ceux qui vivent et qui travaillent avec un micro-ordinateur.

Chaque mois, faites le point sur toute l'actualité de la micro-informatique avec SVM, SCIENCE & VIE MICRO.

Découvrez dans SVM des expériences originales, des applications nouvelles, des enquêtes et des reportages sur tout ce qui bouge dans la micro.

Et comme plus d'un million de lecteurs-utilisateurs, faites confiance aux bancs d'essai complets de matériels et de logiciels signés SVM.



SCIENCE & VIE

• DIRECTION, ADMINISTRATION

Président : JACQUES DUPUY
Directeur Général : PAUL DUPUY
Directeur Adjoint : JEAN-PIERRE BEAUAUDET
Directeur Financier : JACQUES BEHAR
Directeur Commercial publicité : OLLIVIER HEUZE

• REDACTION

Rédacteur en Chef : PHILIPPE COUSIN
Rédacteur en Chef Adjoint : GERALD MESSADIE
Chef des Informations.
Rédacteur en Chef Adjoint : JEAN-RENE GERMAIN
Rédacteur en Chef Adjoint : GERARD MORICE
Secrétaire Général de Rédaction : ELIAS AWAD
Secrétaire de Rédaction : DOMINIQUE LAURENT,
FRANÇOISE SERGENT
Rédacteurs : MICHEL EBERHARDT, RENAUD DE LA TAILLE,
ALEXANDRE DOROZYNSKI, PIERRE ROSSION,
JACQUES MARSAULT, FRANÇOISE HARROIS-MONIN,
SVEN ORTOLI, JACQUELINE DENIS-LEMPEREUR,
MARIE-LAURE MOINET, OLIVIER POSTEL-VINAY,
ANNY DE LALEU, ROGER BELLONE, JEAN-MICHEL BADER

• ILLUSTRATION

ANNE LEVY intérim : CARLIJN FOURNIER

Photographe : MILTON TOSCAS

• DOCUMENTATION

CATHERINE MONTARON

• CONCEPTION GRAPHIQUE

TOTEMA, ANTONIO BELLAVITA

• MAQUETTE

CHRISTINE VAN DAELE Assistant : LIONEL CROOSON

• CORRESPONDANTS

New York : SHEILA KRAFT, 115 East 9 Street - NY 10003 - USA
Science & Vie + Hors Série available monthly at International
Messengers Inc. 3054 Mecom Bldg. 10 Houston Texas 77032.
Tél. : (713) 443 21 60. Subscription price is \$ 62,50 for one year.
Second class postage paid at Houston.

Londres : LOUIS BLONCOURT, 16, Marlborough Crescent,
London W 4, 1 HF

Tokyo : MARIE PARRA-ALEDO - The Daily Yomiuri 1-7-1
Otemachi Chyoda-Ku, Tokyo 100

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. 45 63 01 02
Principaux associés : JACQUES DUPUY, YVELINE DUPUY,
PAUL DUPUY

• SERVICES COMMERCIAUX

Marketing - Développement : ROGER GOLDBERGER
Abonnements : SUSAN TROMEUR
Assistée de : CHRISTIANE HANNEDOUCHE
Vente au numéro : BERNARD HERAUD
Assisté de : MARIE CRIBIER
Belgique : A.M.P. 1, rue de la Petite-Isle 10.70 Bruxelles

• RELATIONS EXTERIEURES

MICHELE HILLING

Assistée de : ANITA LJUNG

• EXPORTUNITES

GHISLAINE DICHY - Tél. 42.25.53.00

• PUBLICITE

Excelsior publicité - INTERDECO
67, Champs-Elysées 75008 Paris - Tél. : 42.25.53.00

Directeur de la publicité : DIDIER CHAGNAS

Chefs de publicité : FRANÇOISE CHATEAU

GHISLAINE DICHY

Adresse télégraphique : SIENVIE PARIS

Numeréro de commission paritaire : 57284

• A 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 communiquées à nos divers interlocuteurs et organismes tiers contractuellement avec Science & Vie pour l'opération motivée. Dans ce cas, la communication sera limitée à la service des abonnements. Les informations pourront faire l'objet d'un droit d'accès ou de rectification dans le cadre légal.

LES MANUSCRITS NON INSÉRÉS NE SONT PAS RENDUS.

COPYRIGHT 1985 SCIENCE & VIE

CE NUMÉRO DE SCIENCE & VIE A ÉTÉ TIRÉ A 444 800 EXEMPLAIRES



BVP

ABONNEZ-VOUS A

SCIENCE & VIE

ETRANGER :

BENELUX 1 an simple

1 200 FB - 1 an couplé 1 650 FB

EXCELSIOR PUBLICATIONS - B.P. N° 20 IXELLES 6 - 1060 BRUXELLES

CANADA 1 an simple 35 \$ Can. - 1 an couplé 50 \$ Can.

PERIODICA Inc. C.P. 444. Outremont, P.Q. CANADA H2V 4R6.

SUISSE 1 an simple 55 FS - 1 an couplé 80 FS

NAVILLE ET CIE, 5-7, rue Levrier, 1211 GENEVE 1.

USA 1 an couplé 62,50 \$

International Messengers Inc. P.O. Box 60326 Houston - Texas 77205

AUTRES PAYS 1 an simple 250 F. - 1 an couplé 320 F.

Commande à adresser directement à SCIENCE & VIE.

Recommandé et par avion nous consulter.

1 AN - 12 Numéros

176 F 2 ans : 330 F

1 AN - 12 Numéros

+ 4 Hors Série

230 F 2 ans : 445 F

BULLETIN D'ABONNEMENT

A découper ou recopier et adresser
paiement joint, à SCIENCE & VIE
5, rue de La Baume 75008 PARIS

● Veuillez m'abonner pour :

- 1 an 1 an + hors série
 2 ans 2 ans + hors série

Nom.....

Prénom.....

Adresse.....

Code postal.....

Ville.....

Pays.....

Profession.....
(facultatif)

● Ci-joint mon règlement de
par chèque ou mandat-lettre à l'ordre
de Science & Vie-Bred.
Etranger : mandat international ou
chèque compensable à Paris.

SV827



Sous les pavés de la ville de Mexico, les archéologues ont trouvé quantité de vestiges du Templo Mayor, qui permettront de mieux connaître la civilisation aztèque, dont les monuments et les écrits originaux ont été détruits en masse par les conquistadores espagnols lorsqu'ils ont investi la capitale aztèque.

p. 38



S

O

M

M

A

SAVOIR



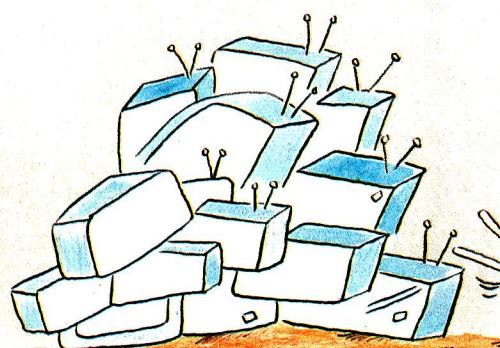
Avez-vous déjà mangé du ragondin ? Sa viande, maigre et riche en protéines, n'a rien à envier au veau ou au lapin.



Mais ce rongeur entre rat et castor est élevé surtout pour sa fourrure, qui ressemble à celle du vison.
p. 124

Forum	6	Le match plongeurs-robots	
Tchernobyl : les doses en France étaient corsées !	10	<i>Laurent Douek et Jean-Albert Foëx</i>	78
<i>Jacqueline Denis-Lempereur</i>		Le Canadair envoie d'extinction	
Les prophètes de l'été carbonique	15	<i>Jean Vidal</i>	88
<i>Olivier Postel-Vinay</i>		10 « marchés à saisir »	
La grande illusion	34	<i>Gérard Morice</i>	96
<i>Anna Alter</i>		Lapompe funeste	
Templo Mayor sous les pavés de Mexico	38	<i>Marie-Laure Moinet</i>	100
<i>Elisende Coladan</i>		Echos de l'industrie	
Le cerveau réparé	44	<i>Dirigés par Gérard Morice</i>	103
<i>Dr Jacqueline Renaud</i>			
La caille-poulet explique la sclérose en plaques	59		
<i>Pierre Rossion</i>			
Hormone mâle contre cancers féminins	62		
<i>Pierre Rossion</i>			
L'ornithorynque est branché	64		
<i>Alexandre Dorozynski</i>			
Les poissons venimeux des côtes françaises	66		
<i>Paul Helander</i>			
Le phoque moine entre vie et mort	68		
<i>Isabelle Bourdial</i>			
Echos de la recherche	71		
<i>Dirigés par Gérald Messadié</i>			

Notre prochain et dernier article de la série "Télévision", qui doit paraître dans *Science & Vie* n° 828 de septembre 1986, vous parlera des différents critères techniques permettant de répondre à la question : « Quel téléspectateur acheter aujourd'hui ? »



La rascasse, hérissée de ses épines venimeuses, est un des poissons de nos côtes auxquels il vaut mieux éviter de se frotter. Une piqûre peut provoquer syncope, délire et convulsions. En cas d'accident, laver à l'eau salée froide et pratiquer une injection de sérum antitétanique si la victime n'est pas déjà vaccinée.

p. 66



Le Nautilus, qui plonge à - 6 000 m, est l'un des deux seuls sous-marins à permettre l'étude des grandes profondeurs.

p. 78



Remplacer le Canadair, pompier des airs amphibie qui fait le plein d'eau en écopant au ras des flots, par un avion "terrestre" obligé de se poser sur un aérodrome pour remplir ses cisternes, reviendrait à une perte certaine d'efficacité dans la lutte contre les incendies de forêts, qui, cette année comme les autres, ravagent les massifs français.

p. 88

I R E

UTILISER

Lespirates de la carte bleue

Henri-Pierre Penel **108**

Candide joue au flipper

Pierre Courbier **114**

Photomagnétique

et super flash électronique

Roger Bellone **116**

La panoplie du randonneur devient technique

Franz Schnalzger **120**

La carte routière électronique européenne

Luc Augier **122**

Avez-vous mangé du ragondin?

Marie-Laure Moinet **124**

Science & Vie a lu pour vous

Nosjeux

Yves Delaye, Daniel Ferro,

Renaud de La Taille

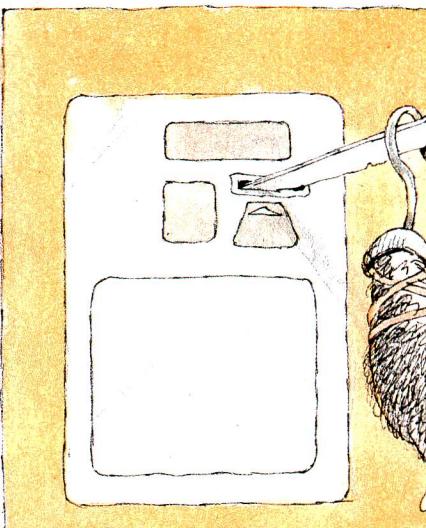
et Henri-Pierre Penel **130**

Echos de la vie pratique

Dirigés par Roger Bellone **150**

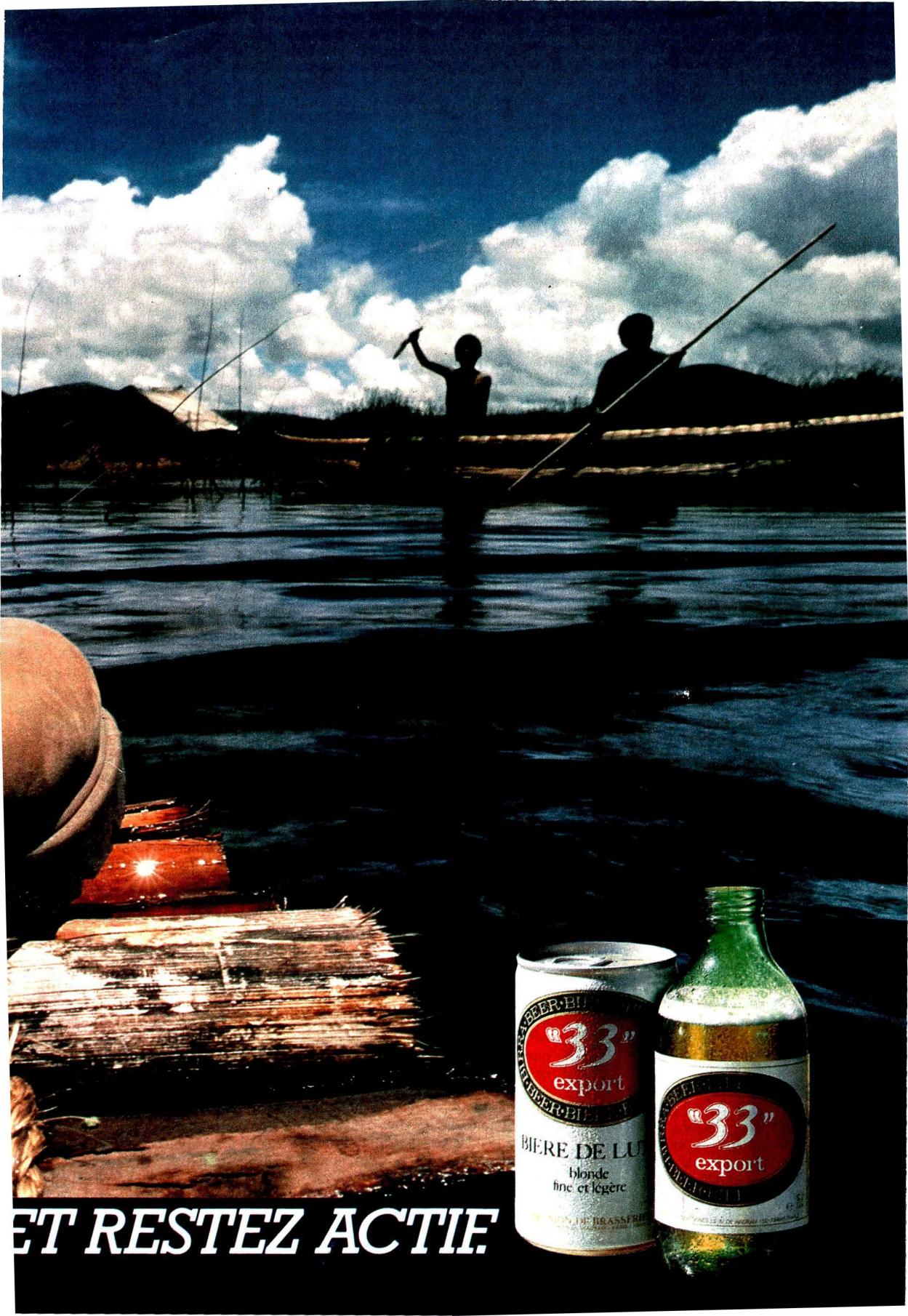
Les moyens plus ou moins astucieux, plus ou moins techniques, n'ont pas manqué pour pirater les cartes de crédit. Les banques les ont étudiées et prétendent que la carte à puce mettra votre argent (et le leur) définitivement à l'abri de ces pratiques peu délicates.

p. 108





SAVOUREZ UNE "33" EXPORT



ET RESTEZ ACTIF

FORUM

L'éternel retour du Lamarckisme

Un lecteur, M. Patrice Esnoux, nous écrit une longue lettre qui est un plaidoyer pour le néo-lamarckisme en général et pour l'hérédité de l'acquis en particulier. Certaines de ses vues pouvant être partagées par d'autres, nous avons demandé à Denis Buican, qui est d'ailleurs visé par M. Esnoux, de lui répondre point par point.

P.E. — Très régulièrement vos articles révèlent la profonde animosité entre les tenants d'un néo-darwinisme (espèce en voie de prolifération) et les tenants d'un néo-lamarckisme (espèce en voie de disparition). Cette querelle renaît dans le n° 821 de *Science & Vie*, sous la plume prolifique en références et fortement acérée du Dr Denis Buican, lequel conclut son article en citant les paroles de Claude Bernard : « Il vaut mieux ne rien savoir que d'avoir dans l'esprit des idées fixes ». En observation à un passage de cet article vous renvoyez vos lecteurs au n° 804 de votre revue (p. 80) où certaines recherches sérieuses d'Alain Durrant, puis de Barbara McClintock, conduisent à penser que les paroles de Claude Bernard pourraient s'appliquer aux orthodoxes mendéliens et darwiniens.

D.B. — De quoi s'agit-il ? Selon Lamarck le temps sans limite dont dispose la nature et la réalisation de conditions favorables, sont les facteurs essentiels de la naissance des formes animales et végétales. Quatre lois régissent selon lui l'organisation des individus.

transmettrait à leur descendance.

- Quatrième loi : tout ce qui a été acquis, tracé ou changé dans l'organisation des individus, au cours de leur vie, est conservé par la génération et transmis aux nouveaux individus qui proviennent de ceux qui ont éprouvé ce changement.

Donc, si l'on suit Lamarck, les oiseaux aquatiques auraient des pattes palmées à force de frapper l'eau, les girafes un grand cou à force de brouetter des feuillages élevés, les porcs un groin à force de fouiner le sol.

Pour Darwin, au contraire, les espèces se transforment par sélection des individus les mieux adaptés à leur environnement et élimination de ceux qui ne peuvent s'y adapter. L'ancêtre de la girafe serait un individu normal comme il y en a tant, qui aurait, lui, développé un cou monstrueusement long, par mutation génétique. Cette mutation gravée dans le patrimoine génétique de l'animal se serait transmise à la descendance et la monstruosité se serait par hasard trouvée "adaptative", c'est-à-dire fort utile ; les descendants, loin d'être éliminés, se seraient multipliés. En effet, dans la savane poussent des légumineuses de grande taille (acacia, mimosa), dont le feuillage est à environ 5 mètres du sol. Les girafes bénéficiant d'un long cou ont pu survivre mieux que leurs ancêtres au cou court qui ont finalement été éliminés.

En examinant de près ces deux théories, force est d'admettre qu'il n'existe aucune expérience permettant de démontrer la thèse de Lamarck. De surcroît, on ne voit pas par quels mécanismes génétiques ces modifications somatiques pourraient s'inscrire dans les gènes des cellules sexuelles. En revanche, on peut provoquer expérimentalement des mutations génétiques au niveau des cellules sexuelles de l'animal. Certaines de ces mutations peuvent être statistiquement adaptatives.

En ce qui concerne les expériences de Barbara McClintock, récent prix Nobel de biologie, elles n'apportent pas d'eau au moulin de l'hérédité de l'acquis car les gènes "sauteurs" qui migrent sur les chromosomes peuvent être considérés à la rigueur, comme des cas parti-

Les étonnantes possibilités de la mémoire

J'étais loin de me douter, en arrivant chez mon ami W.R. Borg que j'allais être le témoin d'un spectacle vraiment extraordinaire et décupler ma puissance mentale.

Il m'avait fait venir à Stockholm pour parler aux Suédois de Pasteur et de nos grands savants français et, le soir de mon arrivée, après le champagne, la conversation roula naturellement sur les difficultés de la parole en public, sur le grand travail que nous imposse à nous autres conférenciers la nécessité de savoir à la perfection le mot à mot de nos discours.

W.R. Borg me dit alors qu'il avait probablement le moyen de m'étonner, moi qui lui avais connu lorsque nous faisions ensemble notre droit à Paris, la plus déplorable mémoire.

Il recula jusqu'au fond de la salle à manger et me pria d'écrire cent nombres de trois chiffres, ceux que je voudrais, en les épelant à haute voix. Lorsque j'eus ainsi rempli de haut en bas la marge d'un vieux journal, W.R. Borg me récita ces cent nombres dans l'ordre dans lequel je les avais écrits, puis en sens contraire, c'est-à-dire en commençant par les derniers. Il me laissa aussi l'interroger sur la position respective de ces différents nombres : je lui demandais par exemple quel était le 24^e, le 72^e, le 38^e, et je le vis répondre à toutes mes questions sans hésitation, sans effort, instantanément, comme si les chiffres que j'avais écrits sur le papier étaient aussi inscrits dans son cerveau.

Je demeurai stupéfait par un pareil tour de force et je cherchai vainement l'artifice qui avait permis de le réaliser. Mon ami me dit alors : "Ce que tu as vu et qui te semble extraordinaire est en réalité fort simple : tout le monde possède assez de mémoire pour en faire autant, mais rares sont les personnes qui savent se servir de cette merveilleuse faculté".

Il m'indiqua alors le moyen d'accomplir le même tour de force et j'y parvins aussitôt, sans erreur, sans effort, comme vous y parviendrez vous-même demain.

Mais je ne me bornai pas à ces expériences amusantes et j'appliquai les principes qui m'avaient été appris à mes occupations de chaque jour. Je pus ainsi retenir avec une incroyable facilité mes lectures, les conférences que j'entendais et celles que je devais prononcer, le nom des personnes que je rencontrais, ne fut-ce qu'une fois, les adresses qu'elles me donnaient et mille autres choses qui me sont d'une grande utilité. Enfin je constatai au bout de peu de temps que non seulement ma mémoire avait progressé, mais que j'avais acquis une attention plus soutenue, un jugement plus sûr, ce qui n'a rien d'étonnant puisque la pénétration de notre intelligence dépend surtout du nombre et de l'étendue de nos souvenirs.

Si vous voulez savoir comment obtenir les mêmes résultats et acquérir cette puissance mentale qui est notre meilleure chance de réussir dans la vie, découvrez donc cet intéressant petit ouvrage d'introduction à la Méthode W.R. Borg : "Les Lois Eternelles du Succès". Ecrivez simplement à l'éditeur qui, spécialiste des meilleures méthodes de psychologie pratique, l'envoie gratuitement à quiconque désire améliorer sa mémoire.

L'adresse ?.. Méthode W.R. Borg, chez Aubanel, dpt 889 — 6, place St-Pierre, 84057 Avignon Cedex.

E. BARSAN

BON GRATUIT

A remplir en lettres majuscules en donnant votre adresse permanente et à retourner à : Méthode W.R. Borg, chez Aubanel, dpt 889 — 6, place Saint-Pierre, 84057 Avignon Cedex, France, pour recevoir sans engagement de votre part et sous pli fermé "Les Lois Eternelles du Succès".

Nom _____ Prénom _____

N^o _____ Rue _____

Code postal _____ Ville _____

Age _____ Profession _____

Aucun démarcheur ne vous rendra visite

culiers du phénomène de "crossing over" découvert par Morgan et qui ne contredit en rien la théorie du darwinisme.

P.E. — Si l'on considère avec logique le processus de l'évolution, différents constats s'imposent.

L'évolution est toujours une adaptation nécessaire. Cette nécessité résulte de différentes priorités ; les performances d'un prédateur ou celles d'un gibier doivent bénéficier d'améliorations spécifiques et nécessaires à la survie de l'espèce. De même, les grandes modifications du milieu terrestre (glaciations, réchauffements...) provoquent l'apparition de mutations particulières (adaptation au froid, etc.).

L'évolution résulte de deux mécanismes apparemment contradictoires et pourtant complémentaires : la stabilité des facteurs héréditaires et la modification du caractère héréditaire.

La stabilité des caractères acquis est indispensable à l'homogénéité d'une espèce. La spécificité ne saurait s'accommoder de fantaisies héréditaires. Ce qui explique qu'entre chaque grande mutation, une longue période de stabilité permet à une espèce de conserver son caractère.

La modification du caractère héréditaire est également indispensable. Aucune espèce ne pourrait se perpétuer sans respecter une adaptation aux conditions nouvelles d'un milieu en cours d'évolution. Pendant la longue période de stabilité, la mémoire d'une espèce s'enrichit à chaque génération d'un message prioritaire. La force de ce message est comparable à l'accumulation des eaux en amont d'un barrage naturel ; il arrivera nécessairement qu'il y ait rupture du barrage. Cette rupture, c'est la mutation naturelle, vitale à toute espèce.

Nous trouvons ici l'explication au fait que les êtres d'une même race bénéficient d'une mutation favorable à un moment précis. De générations en générations des individus évoluant dans des conditions identiques bénéficient de la même expérience héréditaire. Chacun accumule

l'information de manière égale jusqu'à ce qu'une pression suffisante brise la résistance génétique de la race.

Ainsi les mutations représentent l'aboutissement d'une expérience acquise et non un saut dans l'inconnu. La nature n'a que rarement des pulsions suicidaires ; et cela bien qu'une évolution logique puisse aboutir ultérieurement à la disparition de l'espèce.

La vie ne progresse pas en aveugle, mais, à l'inverse, elle n'est pas très imaginative, toute évolution qui résulte d'une mutation reste empirique, à la manière des bâtisseurs de cathédrales, qui surent tenir compte de l'expérience acquise. La mémoire sélective est donc le moteur essentiel de l'évolution.

Selon cette réflexion, les gènes fixeraient impérativement les caractères d'une espèce pendant de nombreuses générations, jusqu'à ce qu'une pression décisive (résultant d'une nécessité mémoree) vienne casser cette résistance : se sera alors une mutation naturelle qui adaptera l'être vivant aux réalités. En opposition à ces mutations naturelles, il existe des mutations accidentelles (accident génétique, irradiations...) qui ne sauraient être positives.

D.B. — En réalité ce ne sont pas les conditions du milieu qui provoquent des adaptations à ce milieu, mais des mutations c'est-à-dire des accidents survenant dans le patrimoine génétique. Lorsque ces accidents sont favorables, c'est-à-dire qu'ils favorisent l'adaptation au milieu, ils sont conservés et au contraire lorsqu'ils sont défavorables ils sont éliminés par la sélection naturelle.

Par ailleurs on ne voit pas — à la lumière de la science actuelle — de quelle manière la mémoire d'une espèce s'enrichirait à chaque génération d'un "message prioritaire" et on ne voit pas non plus comment on pourrait assimiler une mutation biologique à une "rupture de barrage". Cela rappelle une vulgate du marxisme-léninisme selon laquelle les accumulations quantitatives se traduirraient par des changements qualitatifs. C'est ainsi que Lysenko considérait que

par de telles transmutations le blé aurait pu se transformer en orge ou en seigle.

Tout aussi étrangères à la science nous apparaissent les affirmations selon lesquelles les êtres d'une même race bénéficieraient soit d'une mutation favorable à un moment précis, soit d'une accumulation d'expériences héréditaires dont la pression briserait la résistance génétique de la race.

P.E. — Les conditions terrestres n'ont pas été les meilleures (pourquoi l'auraient-elles été ?) mais elles accueillirent la vie et toute l'histoire de l'évolution traduit une opiniâtreté à contourner les difficultés naturelles.

Il semblerait que dans chaque individu, peut-être dans chaque atome, un message universel obligera la nature à surgir du néant. La finalité de ce message reste ténèbreuse, mais ce message apparaît le vecteur de l'évolution, l'adaptation n'étant en l'occurrence qu'un contour obligé. Tout participerait d'une adaptation nécessaire à une évolution consciente.

D.B. — L'hypothèse selon laquelle dans chaque individu, peut-être dans chaque atome, existerait "un message universel" qui "obligera la nature à surgir du néant", en vaut une autre... Mais n'a rien de scientifique ni d'original.

P.E. — Il est probable que lorsque les généticiens et biologistes auront encore progressé dans leurs recherches, la morale que l'on pourra tirer de cette querelle entre néo-lamarckiens et darwiniens sera celle de la fable du "Chêne et du roseau". Le roseau (Lamarck) n'aura jamais atteint à la force ni à la plénitude du chêne, mais il aura su résister à la logique scientifique.

D.B. — En fait le seul mérite du néo-lamarckisme semble être — et ici on peut être d'accord avec M. Esnoux — d'avoir « su résister à la logique scientifique »... A la mode du temps de Lamarck et même de Darwin, mais devenu depuis longtemps une idée périmée, il continue malgré tout à avoir des adeptes têtus, très têtus. •

Etudes primaires

Cours préparatoire - Cours élémentaire 1^{re} et 2^{re} années - Cours moyen 1^{re} et 2^{re} années.

Etudes secondaires

Classes de 6^e, 5^e, 4^e, 3^e.
Seconde - Premières A.B.S.G.F1.F3.
BACCALAUREAT - A.B.C.D - G1.G2.G3 - F1.F2.F8.

Ecole vétérinaire

Préparation au concours d'entrée.

Instituteur(trice)

Préparation au concours d'entrée dans les écoles normales.

Etudes universitaires

Examen d'admiss. en université des non-bacheliers.
DROIT : Capacité en droit - D.E.U.G. - Institut d'études politiques (concours d'entrée).

LETTRES : D.E.U.G. - Musique : D.E.U.G.
SCIENCES : D.E.U.G. - P.C.E.M.

Langues étrangères

Anglais, Allemand, Espagnol avec cassettes - Italien - Arabe - Russe - Examens Chambres Commerce étrangères.

Fonctionnaire

PTT : Préposé - Agent d'exploitation - Contrôleur - Inspecteur.

POLICE : Gardien de la paix - Inspecteur police nationale.

Secrétaire comptable à la Banque de France - Contrôleur des impôts - Commis - Secrétaire adm. scolaire universitaire - Emplois réservés.

Banque

C.A.P. banque - B.P. employé banque.

INSCRIPTION A TOUT MOMENT DE L'ANNEE

ORIENTATION - CONSEILS DOCUMENTATION APPELEZ LE (1) 47 71 91 19

Comptabilité

C.A.P. employé de comptabilité - B.E.P. comptabilité - B.P. - Bac. G2 - B.T.S. comptabilité et gestion d'entreprise - C.P.E.C.F. - D.E.C.S. - Comptable - Secrétaire comptable - Comptable sur informatique.

Perfectionnements : Technique comptable, statistiques.

études métiers avenir

APPRENDRE RAPIDEMENT
EFFICACEMENT - A SON RYTHME
PAR CORRESPONDANCE
Liste des brochures et enseignements
de l'Ecole Universelle

Commerce

B.T.S. action commerciale - Bac. G3 - Représentant - Directeur commercial - Gérant succursale - Vendeur - Hôtesse.

Perfectionnements : Gestion des entreprises - Marketing - Economie.

Industrie - Radio

C.A.P. dessinateur industriel en mécanique - C.A.P. mécanique auto - Bac. F1, F3 - Electricien - Monteur dépanneur Radio, TV, Hi-Fi.

Secrétariat

C.A.P. sténodactylo - C.A.P. employé de bureau - B.E.P. agent de secrétariat - Bac. G1 - B.T.S. direction et trilingue - Dactylo - Sténodactylo - Secrétaire commerciale, de direction, juridique - Opératrice de traitement de texte - Correspondancière - Cours de sténographie et dactylo.

Photo

C.A.P. photographe - Cours de photo.

POSSIBILITE DE BENEFICIER DES DISPOSITIONS SUR LA FORMATION CONTINUE

Informatique

B.T.S. services informatiques - B.P. informatique - Analyste - Analyste programmeur - Programmeur de gestion - Contrôleur de gestion sur informatique - Programmeur micro - Opératrice de saisie - Codifieur - Opérateur - Pupitreur.
Perfectionnements : Initiation, Cobol, microprocesseurs.

Culture scientifique

Maths modernes et classiques - Physique, chimie (mise à niveau) - Calcul - Ecologie.

Perfectionnement culturel

Orthographe - Rédaction - Résumé de texte, analyse, commentaire - Philosophie - Rédaction du journal - Rédaction littéraire - Lecture rapide - Conversation - Graphologie.

Carrières sociales et paramédicales

Examens d'entrée écoles : Aide-soignante - Auxiliaire de puériculture - Infirmier(e) - Infirmier(e) en psychiatrie - Sage-femme (carrière médicale) - Masseur - Ergothérapeute - Laborantin - Manipulateur d'électro-radiologie - Pédicure - Educateur de jeunes enfants - Assistante sociale.

Dessin - Peinture - Décoration

Cours élémentaire de dessin - Cours universel de dessin et peinture - Arts et styles - Antiquaire - Décorateur intérieurs et ameublement - Dessinateur de publicité - Illustrateur - Dessinateur de mode.

Etudes musicales

Solfège - Etude piano, violon, guitare avec cassettes - Ecriture musicale - D.E.U.G. de musique.

Secrétariat médical

Dactylo, sténodactylo médicale - Secrétaire de médecin - Assistante dentaire - Term. Bac. F8.

Hôtellerie

Maitre d'hôtel - Directeur gérant - Secrétaire réceptionniste - Aide-cuisinier - Employé restaurant.

BON POUR UNE DOCUMENTATION GRATUITE

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

M. Mme Mlle

NOM Prénom

Adresse : N° Rue

Code postal Localité

Pour nous aider à mieux vous orienter, merci de nous donner tous les renseignements ci-dessous :

Age Niveau d'études

Si vous travaillez, quelle est votre activité actuelle ?

Sinon, quelle est votre situation ? Etudiant(e) A la recherche d'un emploi

Femme au foyer Autres

Merci de nous indiquer la formation choisie

Envoyez-nous ce bon dès aujourd'hui sous enveloppe à l'adresse suivante :

ECOLE UNIVERSELLE IFOR - 28, rue Pasteur - 92551 SAINT-CLOUD CEDEX - Tél. (1) 47 71 91 19

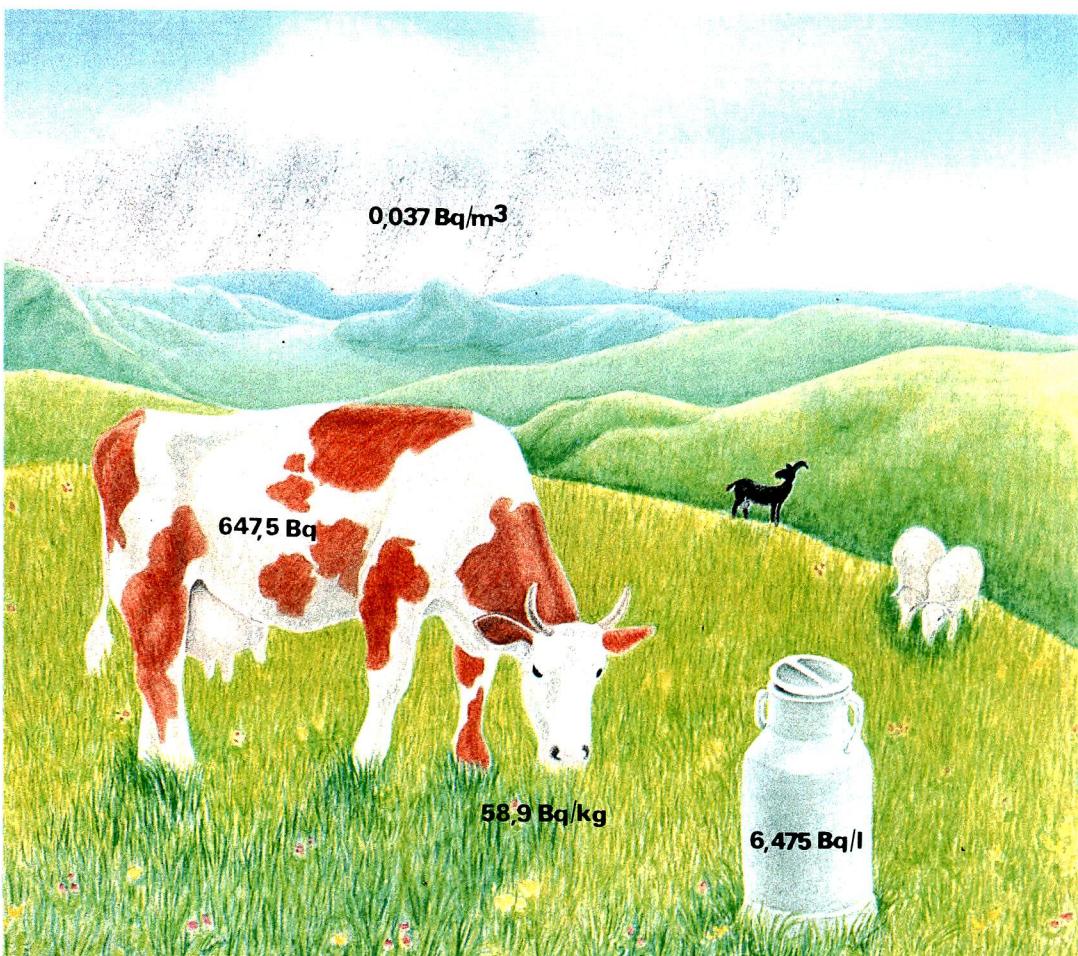


Etablissement privé d'enseignement à distance
28, rue Pasteur - 92551 Saint-Cloud Cedex
Institut de formation et d'ouverture aux réalités

USVOI

TCHERNOBYL : LES DOSES EN FRANCE ÉTAIENT ... CORSÉES !

Après l'accident soviétique, il y a eu en Corse, par exemple, près de 12 fois plus de radioactivité dans le lait de brebis que le maximum annoncé par les pouvoirs publics dans le lait de vache. Et ce n'est qu'un des nombreux mensonges qui ont été administrés aux Français en guise de drogue anti-radiations !



Trois mois après Tchernobyl, les Français s'interrogent encore sur le niveau de contamination qu'ils ont subi. Les mesures officielles n'ont été publiées que tardivement et avec parcimonie. Et ces chiffres, astucieusement présentés sous forme de moyennes, n'ont rien d'inquiétant.

Or, il semble que certains points de France, notamment à l'est et au sud, dont la Corse, aient de beaucoup dépassé les moyennes. Un médecin, Denis Fauconnier, de Balagne, en Haute-Corse, voudrait avoir les mesures pour la Corse ; on le met en rapport avec le Dr Moroni, bras droit du Pr Pellerin, au Service central de protection contre les radiations ionisantes (SCPRI). Le Dr Moroni est justement originaire d'un village voisin du sien, ce qui facilite peut-être les choses.

Du lait de brebis venant de deux fermes différentes est analysé fin mai ; Moroni téléphone les résultats à Fauconnier : 360 becquerels par litre en iodé 131 dans le premier échantillon, auxquels s'ajouteraient 290 becquerels de césium 137 et 134 ; 320 becquerels par litre d'iodé 131 dans le second. Mais pas de résultats écrits. Fauconnier nous demande d'organiser des analyses, puisque notre revue bénéficie de contacts privilégiés avec les chercheurs de nombreux laboratoires. Certains de ceux-ci acceptent de coopérer sous réserve d'anonymat, car la discréetion est, bien sûr, de rigueur. Résultats : le litre de lait de brebis de Balagne contenait encore à la mi-juin : 150 becquerels d'iodé 131 ; 130 becquerels de césium 137 ; 68 becquerels de césium 134 ; 2,6 becquerels de césium 136 ; 18 becquerels de lanthane 140.

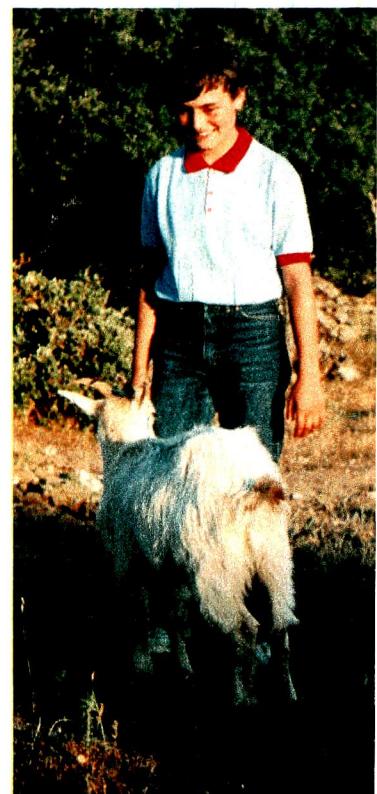
Or, l'iodé 131, qui représente la majorité de la radioactivité échappée du réacteur soviétique, a une période radioactive de 8,04 jours. C'est-à-dire que la moitié de sa radioactivité disparaît au bout d'une semaine, puis encore la moitié de cette moitié en une autre semaine et ainsi de suite... Ce qui revient à dire que ce corps disparaît rapidement de l'environnement. Le fait d'en retrouver encore mi-juin en quantités bien appréciables, prouve qu'il y en a eu beaucoup plus qu'ailleurs début mai, au moment où le nuage est passé sur la France. En fait, si l'on remonte la courbe de décroissance de l'iodé

131, il y aurait eu dans les premiers jours de mai 5 100 becquerels par litre, soit près de 12 fois le chiffre maximal de 444 becquerels par litre de lait (de vache) annoncé par le SCPRI !

Afin de rassurer les habitants de Balagne, qui consomment beaucoup de lait de brebis et de chèvre (qui concentrent davantage la radioactivité que le lait de vache), nous avons proposé de faire subir une anthropogammamétrie à un enfant de la région. Cet examen au nom barbare consiste simplement à mesurer la radioactivité du corps et de la thyroïde, dans une chambre à bas bruit de fond, isolée au maximum de la radioactivité naturelle de l'environnement. Pour ne pas risquer un refus du Commissariat à l'énergie atomique, qui possède à Fontenay-aux-Roses les installations nécessaires à cet examen, les sujets sont présentés comme de simples patients envoyés par un médecin.

Dominique, 12 ans, et sa mère, ainsi qu'Erwan, un Parisien de 5 ans, passent le 2 juillet les examens dont voici les résultats. Pas de traces d'iodé 131 dans la thyroïde du petit Parisien, ce radioélément ayant disparu depuis le milieu du mois de juin. A part pour quelques cas isolés de Parisiens qui ont vraisemblablement ingéré de la nourriture contaminée. En revanche, le jeune Corse en a 45 becquerels dans la thyroïde, environ ce que l'on trouvait dans la thyroïde des Parisiens (adultes) deux mois plus tôt. Une étude réalisée par l'Institut de recherche sur le cancer de Sutton, en Grande-Bretagne, montre que le 11 mai la thyroïde d'un garçon de 12 ans du sud de l'Angleterre n'en contenait pas plus de 8 becquerels (avec une marge d'erreur de plus ou moins 4 becquerels). Le niveau du césium 137 dans le corps entier atteint par ailleurs 770 becquerels, et celui du césium 134, 340 becquerels.

La quantité d'iodé 131 décelée n'est pas très élevée en elle-même, mais elle prouve que la quantité ingérée a probable-



Si on avait pris à temps les mesures qui s'imposaient dans les régions exposées en France, Dominique, jeune Corse de 12 ans n'aurait pas, deux mois après l'accident de Tchernobyl, encore de l'iodé 131 dans la thyroïde.

Comment évaluer le transfert de l'iodé 131

dans la chaîne alimentaire. Pour une concentration constante de 0,037 Bq/m³ d'iodé 131 dans l'air et en considérant qu'une vache consomme en moyenne 11 kg d'herbe par jour, on retrouve 6,475 becquerels dans le litre de lait.

Ces estimations ont été énoncées par le Pr Tubiana de l'Institut Gustave Roussy à Villejuif, lors d'un symposium organisé en 1982. Dans un fromage, on retrouverait 3 à 4 fois plus de radioactivité. Et il y a des races de vaches qui consomment encore plus d'herbe.

ment été beaucoup plus forte en Corse qu'à Paris. D'autant plus que ce jeune garçon a supprimé de son alimentation tous les produits à base de lait de brebis ou de chèvre mi-juin au moment où nous avons fait réaliser nos analyses.

Il est difficile d'évaluer une telle contamination. Une fois dans l'organisme, l'iode 131 continue d'irradier, tant qu'il n'a pas été éliminé soit par décroissance radioactive spontanée, soit par élimination physiologique, comme n'importe quelle substance chimique. La moitié seulement de l'iode qui pénètre dans l'organisme y demeure, l'autre partie étant excrétée par voie urinaire. Selon ses caractéristiques chimiques, chaque radioélément suit un cheminement particulier dans le corps humain et se fixe électivement sur tel ou tel organe. Pour l'iode, inerte ou radioactif, inhalé ou ingéré, c'est la glande thyroïde qui draîne les 9/10^e de ce qui en reste dans l'organisme. Une très faible partie seulement se retrouve dans le sang.

C'est pourquoi la dose reçue par cette glande est plus élevée pour l'iode 131 que celle reçue par n'importe quel autre organe. Cette dose est proportionnellement plus élevée pour les enfants, parce qu'ils ont une thyroïde plus petite que celle des adultes. Un gramme chez un nouveau-né, 2 grammes à 2 ans, 5 à 6 ans, 10 à 12 ans et 20 chez l'adulte. Pour une même quantité ingérée, le pourcentage d'iode radioactif sera donc plus élevé dans une thyroïde d'enfant.

Conclusion : ce sont les enfants, gros buveurs de lait, qui sont les plus exposés. Les femmes aussi sont plus sensibles.

On peut toutefois essayer de calculer les doses

qu'ont pu absorber certains enfants corse début mai, au moment où le litre de lait dépassait 5 000 becquerels. Certains d'entre eux, nous l'avons vérifié, mangent volontiers un fromage frais de brebis d'un kilo tous les jours et boivent près

d'un litre de lait de chèvre. Or, il faut 3 à 4 l de lait de brebis pour fabriquer un fromage de 1 kg ; le taux de radioactivité du petit-lait est négligeable. On arrive ainsi à plus de 20 000 becquerels par jour au moment où la radioactivité a été la plus forte, dont 9 000 se sont fixés sur la thyroïde. Nous n'envisagerons pas les effets des 10 000 autres becquerels qui ont tout de même irradié l'organisme, mais qui ont été excrétés dans la journée, et des 1 000 becquerels qui sont restés dans le sang.

Il n'est pas aisément de passer des becquerels (unité représentant le nombre de désintégrations par seconde) aux rems ou millirems qui traduisent les effets biologiques. Pour donner un ordre d'idée, 150 millirems représentent la dose moyenne infligée par la radioactivité naturelle. La norme à ne pas dépasser pour les travailleurs de l'industrie nucléaire est de 5 rem (ou 5 000 millirems) par an. Elle est dix fois moins élevée pour le reste de la population : 500 millirems. Ces normes concernent l'organisme entier. Mais il existe également des normes qui peuvent être plus élevées, pour certains organes du corps. Ainsi, pour la thyroïde, la

norme pour la population a été fixée en France à 1,5 rem (ou 1 500 millirems).

Mais pour connaître la dose en rems lorsqu'on connaît la dose en becquerels, il existe des facteurs de conversion. A défaut de méthode française, que

REMONTONS AUX SOURCES

A la suite d'une réunion à Copenhague le 6 mai, l'Organisation mondiale de la santé a publié un rapport d'une trentaine de pages pour faire connaître ses conclusions et ses recommandations à la suite de l'accident de Tchernobyl. Or, ce rapport a été curieusement utilisé par certains organismes français. Il y a d'abord eu la norme officielle de 2 000 becquerels par litre de lait à laquelle le ministère de la santé a appliqué le label OMS. Or, l'OMS ne citait cette norme qu'à titre d'exemple parmi d'autres.

Seconde interprétation abusive : le 9 mai, le SCPRI déclare « qu'aucune contre-mesure sanitaire n'est à envisager, comme vient d'ailleurs de le confirmer clairement l'Organisation mondiale de la santé ».

Raymond Latarget, dans sa note à l'Académie des sciences du 2 juin va plus loin. Voici le résumé qu'il tire des recommandations de l'OMS : « Plusieurs décisions prises à la hâte n'étaient pas justifiées en dehors de l'URSS. » S'appuyant sur ces conclusions de l'OMS, il conclut : « on ne saurait reprocher aux autorités soviétiques leur refus d'indemniser des pertes consécutives à des décisions qui ne s'imposaient pas. »

Or, qu'a dit l'OMS ? Que le 6 mai, « les substances radioactives de l'atmosphère au-dessus de l'Europe s'étaient maintenant diluées dans les masses d'air » et que « les radionucléides à vie courte avaient décrû ». Et que par conséquent, « il n'était pas nécessaire de maintenir certaines des actions qui avaient été recommandées par certains pays dans la première phase de l'accident ». Ces mesures (que la France n'a pas prises) « ne sont plus justifiées actuellement » (at the present time), a précisé l'OMS.

QUELS RISQUES POUR LES FEMMES ENCEINTES ?

Selon l'Organisation mondiale de la santé, il n'y aurait pas d'effets sur le fœtus durant les premières semaines de la grossesse au-dessous d'une exposition de 10 rem. En revanche, entre la huitième et la quinzième semaine, il existerait un risque d'arréation mentale pour l'enfant, la probabilité étant de 4 pour 10 000 nouveau-nés exposés à des doses de 0,1 rem. Le risque resterait proportionnel à la dose, sans qu'il y ait de seuil. Ce risque semble beaucoup plus faible après la quinzième semaine et n'a pas été mis en évidence avant la huitième semaine. Toutefois ce risque dû aux radiations ne

semble pas significatif, par rapport au risque habituel d'arréation mentale lorsque la radioactivité n'a pas dépassé quelques centaines de microrads par heure.

Voici les taux cités par l'OMS, taux relevés dans divers pays au moment de l'accident de Tchernobyl :
Autriche : 2 à 230 microrads/heure
Danemark : 1 à 2 microrads/heure
Finlande : 0 à 370 microrads/heure
Hongrie : 14 à 43 microrads/heure
Islande : 0
Israël : 1 à 2 microrads/heure
Luxembourg : 7 microrads/heure
Norvège : 6 à 22 microrads/heure

Pays-Bas : 1 à 12 microrads/heure
Pologne : 10 à 440 microrads/heure
Portugal : 0
RFA : jusqu'à 250 microrads/heure
Royaume-Uni : 1 à 50 microrads/heure
Suède : 2 à 500 microrads/heure
Tchécoslovaquie : 20 à 200 microrads/heure
Yougoslavie : jusqu'à 150 microrads/heure

L'OMS n'a fait que reprendre les chiffres (parfois sujets à caution) que chaque pays lui fournissait. Notons que la France, aussi secrète avec l'OMS qu'avec ses habitants, ne figure pas sur cette liste.

nous n'avons pas trouvée, les taux de conversion que nous avons utilisés émanent du ministère de l'Intérieur de la RFA et nous ont été communiqués par le Service mondial d'information sur l'énergie.

Vous pouvez les utiliser vous-même pour calculer les doses que vous avez reçues : pour la thyroïde et l'iode 131, il faut multiplier l'activité du litre de lait ou d'eau, ou du kilo de légumes, fruits ou viande ingéré, en becquerels par $5,1 \times 10^{-5}$ pour les adultes, et $4,2 \times 10^{-4}$ pour les jeunes enfants. Pour l'exemple corse, $5\ 100 \text{ becquerels} \times 4,2 \times 10^{-4} =$

2,142 rem. En une seule journée, un jeune enfant qui aurait consommé la moitié d'un fromage frais d'un kilo (contenant 3,5 litres de lait) et bu 0,5 litre de lait de chèvre, a donc absorbé $2,142 \text{ rem} \times 2,250 \text{ litres} = 4,82 \text{ rem}$, soit près de 10 fois la norme annuelle. Un adulte qui aurait consommé le double aurait pris : $5\ 100 \text{ becquerels} \times 5,1 \times 10^{-5} \times 4,5 \text{ litres} = 1,15 \text{ rem}$.

Selon le rapport publié en mai dernier par l'Organisation mondiale de la santé, et si mal interprété par certains de nos concitoyens (*voir encadré*

LA RADIOACTIVITÉ DE L'AIR A ÉTÉ SOUS-ESTIMÉE

C'est en consultant des rapports étrangers que notre attention a été attirée sur un problème bien particulier. Lors d'un accident de fusion du cœur du réacteur, ce sont les iodes et les gaz rares qui s'échappent en premier. Phénomène tout à fait normal, puisque ce sont les corps les plus volatils. Le cézium 137 est également facilement volatil, mais il est moins abondant que l'iode. Les spécialistes s'accordent, en l'absence d'informations soviétiques, pour penser qu'il y avait environ 20 fois plus d'iode que de cézium dans le cœur du réacteur. Le taux de libération de ces corps étant très élevé, on peut admettre qu'on les retrouve dans les mêmes proportions une fois qu'ils ont été relâchés dans l'atmosphère.

Pourtant, dans la presque totalité des mesures françaises (et parfois étrangères) concernant le taux de radioactivité dans l'air, on ne retrouve pas cette proportion : mais 2 fois plus d'iode 131 que de cézium 137.

Or, la majeure partie de l'iode 131

était sous forme gazeuse, contrairement à l'iode émis lors d'une explosion nucléaire atmosphérique, où l'abondance de la poussière projetée explique que l'iode soit absorbé. Pour mesurer la radioactivité de l'air, on utilise des filtres qui captent les gaz ou les particules. Les filtres de papier sont suffisants pour capter les particules, mais laissent échapper les gaz, qui ne sont recueillis que par des filtres à charbon actif. Les Suédois ont remarqué en utilisant des filtres de particules suivis d'un filtre à charbon actif imprégné, que 75 à 80 % de l'iode 131 était sous forme gazeuse ou dissoluble des particules. Jusqu'au 6 mai, l'iode gazeux était encore prédominant. Les Japonais l'ont aussi remarqué ainsi que les Finlandais et les Britanniques.

Selon quelques témoignages que nous avons obtenus, les prélèvements par filtration d'air qui ont été effectués en France, l'ont été sur filtre particulaire statique ou en déroulement, qui n'ont pas été remplacés par des filtres plus

spécifiques durant le long week-end du 1^{er} mai.

Les Français ont donc inhalé des quantités beaucoup plus importantes que celles qui ont été annoncées et qui sont largement sous-estimées.

C'est d'autant plus grave que l'Institut de protection et de sûreté nucléaire du CEA explique dans son rapport de juin 1986 que « les informations les plus complètes et les plus fiables dont on dispose concernent l'atmosphère : c'est donc à partir de l'activité intégrée dans l'air que l'on a dérivé les autres quantités, à savoir les dépôts et les transferts aux produits alimentaires. L'irradiation interne due à la consommation des produits alimentaires peut être estimée à partir des mesures de concentration atmosphérique ».

Même si le CEA a fait jouer des facteurs de correction pour tenir compte de l'absence d'iode sous forme gazeuse, dans nombre de mesures les calculs de dose qui en découlent risquent d'être sous-estimés.

p. 12), la présence d'iode 131 dans la thyroïde augmente la probabilité d'apparition de nodules et de cancers, sans que l'on puisse fixer un seuil de radiation au-dessous duquel il n'y a pas d'effet. Ce qui revient à dire que, même pour une dose minime, il existe un risque.

Si les doses reçues en dehors de l'URSS ont été trop faibles pour causer des effets immédiats, les risques à long terme, eux, sont réels. Pour le cancer, le temps de latence se chiffre en dizaines d'années. Le risque de morts par cancer, estime l'OMS, est de 1 pour 100 000 personnes exposées à 0,1 rem (100 millirems), ce qui correspond au doublement de la dose due à la radioactivité naturelle. Or, précise l'OMS, lorsqu'un enfant consomme du lait contenant 2 000 becquerels par litre d'iode 131, considérés comme une norme pour certains pays (dont nous fûmes !), la dose dépasse 100 millirems...

Il faut, certes, manier ces chiffres avec réserve, car il demeure encore bien des inconnues sur les effets des faibles doses de rayonnements. Ce qui renforce l'obligation de prudence. Mais les pouvoirs publics français n'ont donné aucune consigne à la population, alors que nous avons vu que dans certaines régions, dont la Corse, il aurait suffi de mesures très simples pour réduire considérablement les doses de radioactivité des individus : éviter certains aliments pendant les premières semaines, ne pas laisser les enfants sous la pluie, bien laver les fruits, ne pas boire de l'eau de citerne, etc.

Ce genre de précautions recommandées par l'OMS « même si la dose évitée est très petite », n'ont pas été recommandées.

PROVENCE : LE THYM EST RADIOACTIF

Pour répondre au manque crucial d'information, une Commission régionale indépendante d'information sur la radioactivité (CRII-Rad) vient de se créer à Montélimar.

La centaine de mesures déjà effectuées par cette association, qui confie les prélèvements à l'institut de physique nucléaire de Lyon, montre qu'il existe des concentrations de radioactivités très élevées dans les départements du Vaucluse, de la Drôme et de l'Ardèche, régions plus particulièrement passées au crible. Ainsi, à titre d'exemples, 6 000 becquerels par litre d'eau dans les lacs de la Drôme, le 23 mai (en activité gamma totale) et plus de 4 000 becquerels par kilo de fromage de chèvre le 5 juin.

Mais ce sont surtout les plantes aromatiques qui semblent concentrer la radioactivité à des taux affolants : plus de 27 000 becquerels par kilo de thym à Apt, le 5 juin.

soires ! « Lorsqu'il y a une alerte épidémiologique, on nous donne toutes les données. Il existe des structures au ministère de la Santé qui informent les médecins spécialisés. Pourquoi une alerte à un phénomène nucléaire serait-elle traitée différemment ? Il y a aussi des médecins nucléaires », a déclaré, entre autres, Pierre Galle, médecin nucléaire à l'hôpital Henri Mondor à Créteil, lors de l'assemblée générale de la Société française de radioprotection. En Corse, le Dr Fauconnier a recueilli l'appui de tous les médecins de sa région. Le 16 juillet, il y avait encore en Corse une centaine de becquerels d'iode 131 par kilo de foin, soit près de 100 000 becquerels début mai ! Il y a aussi 2 500 becquerels de ruthénium 103, de césium 134 et 137. Or le césium 137 a une demi-vie de 30 ans. Le bétail consomme 15 kilos de fourrage par jour, soit 37 500 becquerels. Le lait et la viande risquent d'être... corsés cet hiver.

**Jacqueline
Denis-Lempereur**

QUELLE DOSE AVONS-NOUS ENCAISSÉE ?

- Selon l'Institut de protection et de sûreté nucléaire du CEA : 5 millirems, soit 1/30^e de la dose délivrée annuellement par la radioactivité naturelle, qui est de 150 millirems.
- Selon le SCPRI : le 1/10^e de la dose délivrée annuellement par la radioactivité naturelle, soit 15 millirems.
- Selon EDF : le 1/5^e de la dose délivrée annuellement par la radioactivité naturelle, soit 30 millirems.
- En réalité, il ne s'agit que de moyennes, dont les Corse sont bien éloignées !

LES PROPHÈTES DE L'ÉTÉ CARBONIQUE

Après avoir annoncé l'imminence de la prochaine glaciation, des spécialistes du climat président un réchauffement catastrophique: le taux de gaz carbonique dans l'air ne cesse de monter, aggravant l'effet de serre. Responsable : l'homme, qui brûle du pétrole, du gaz, du charbon et du bois. Mais quel crédit peut-on accorder à cette nouvelle prophétie ?

DOSSIER

Les ordinateurs sont désormais formels : la Terre va se réchauffer, elle se réchauffe déjà. En libérant chaque année dans l'atmosphère des milliards de tonnes de gaz carbonique et d'autres gaz à "effet de serre", l'homme est en train de modifier le climat. Les calottes polaires vont se rétrécir, la mer va monter. A terme, nos régions tempérées deviendront tropicales et nos arrière-petits enfants vivront dans l'air moite que respiraient les dinosaures.

Cette prédiction n'est pas nouvelle. C'est en 1938 que G.S. Callendar établit pour la première fois que la concentration de l'atmosphère en CO₂ augmentait, et suggéra du même coup que le climat de la terre pourrait en être affecté. En 1958, C.D. Keeling mit en place le système de mesures de la station de Mauna Loa, à Hawaï, qui n'a cessé depuis lors de confirmer la hausse inexorable : plus de 9 % en 27 ans (dessin 23).

Depuis lors, les avertissements se sont succédé, plus ou moins alarmistes. En 1979, *Science & Vie* rapportait que l'on pouvait s'attendre pour 2050 à un doublement de la teneur de l'atmosphère en gaz

carbonique par rapport aux débuts de l'ère industrielle. Ce doublement devait entraîner une hausse de la température moyenne de 2 à 3°C à nos latitudes tempérées, de plus de 10° aux pôles. Nous citions les calculs de l'Américain William Kellogg, pour qui ce réchauffement devait provoquer la fonte quasi complète des calottes glaciaires et une élévation de 80 m du niveau de la mer. Par gros temps, les vagues viendraient lécher le premier étage de la tour Eiffel !

Même exprimée avec prudence et modération, cette thèse ne recevait cependant les suffrages que d'une minorité de climatologues. Dans les années 70, il était fait davantage de publicité à la thèse inverse : c'est un refroidissement généralisé qu'il fallait redouter, peut-être même le passage à une nouvelle ère glaciaire. En 1974, à la réunion annuelle de la vénérable American Association for the Advancement of Science, les climatologues sonnaient l'alarme : la baisse des températures dans les régions tempérées, l'augmentation de la calotte glaciaire arctique et des surfaces d'enneigement dans l'hémisphère nord, l'épuisement des réserves

PAR OLIVIER POSTEL-VINAY

LES ACTEURS DE L'EFFET DE SERRE

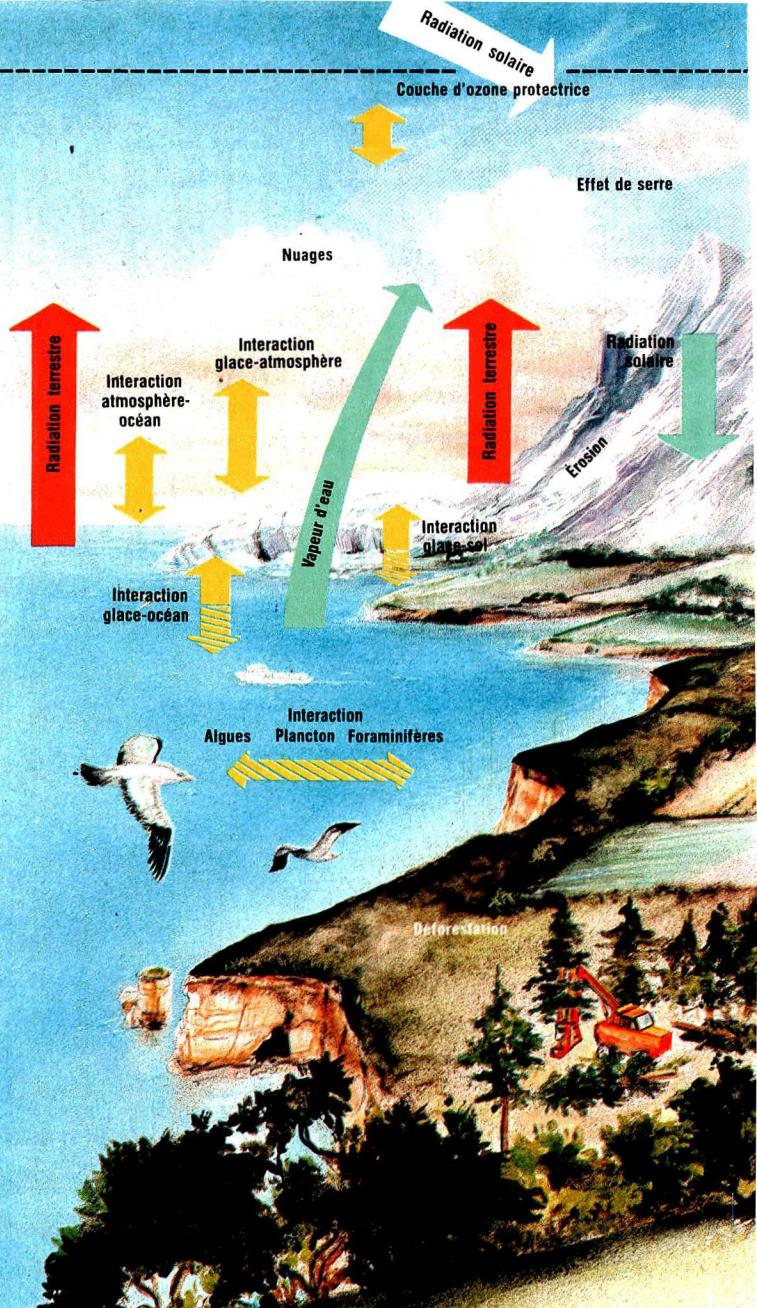
L'effet de serre est pour l'essentiel un phénomène naturel. C'est de l'énergie sous forme de rayonnement infrarouge, que la vapeur d'eau, les nuages, le gaz carbonique et d'autres éléments retiennent prisonnière dans la basse atmosphère.

Sans l'effet de serre, la Terre serait glacée.

Les principaux acteurs sont le rayonnement solaire, les océans, les végétaux terrestres, des animaux unicellulaires et les volcans. Le rayonnement solaire augmente ou diminue. Les océans produisent des quantités énormes de CO_2 , mais ils en engloutissent encore davantage. Ils relâchent plus de vapeur d'eau si la température augmente, moins si elle diminue. Les végétaux terrestres absorbent et relâchent aussi bien l'eau que le gaz carbonique. Certains unicellulaires, comme les bactéries terrestres et marines, sont de véritables usines à CO_2 , tandis que d'autres, comme les foraminifères, piègent ce gaz et le transforment en calcaire au fond des océans. Les volcans crachent de la vapeur d'eau et du CO_2 , mais aussi des aérosols qui ont une contre tendance à refroidir l'atmosphère.

Tout bouge, tout interagit : le soleil, les nuages, les glaces, les sols, l'océan, le feu, la pluie, la neige, la végétation, le plancton, les bactéries, les plaques continentales, les volcans et même l'homme.

Ce nouvel acteur contribue à l'effet de serre en injectant dans l'atmosphère des quantités supplémentaires de CO_2 , de méthane (CH_4), d'oxyde d'azote (N_2O) et des gaz de synthèse, les chlorocarbones (CFC). Le méthane d'origine humaine est produit par les ruminants et les rizières



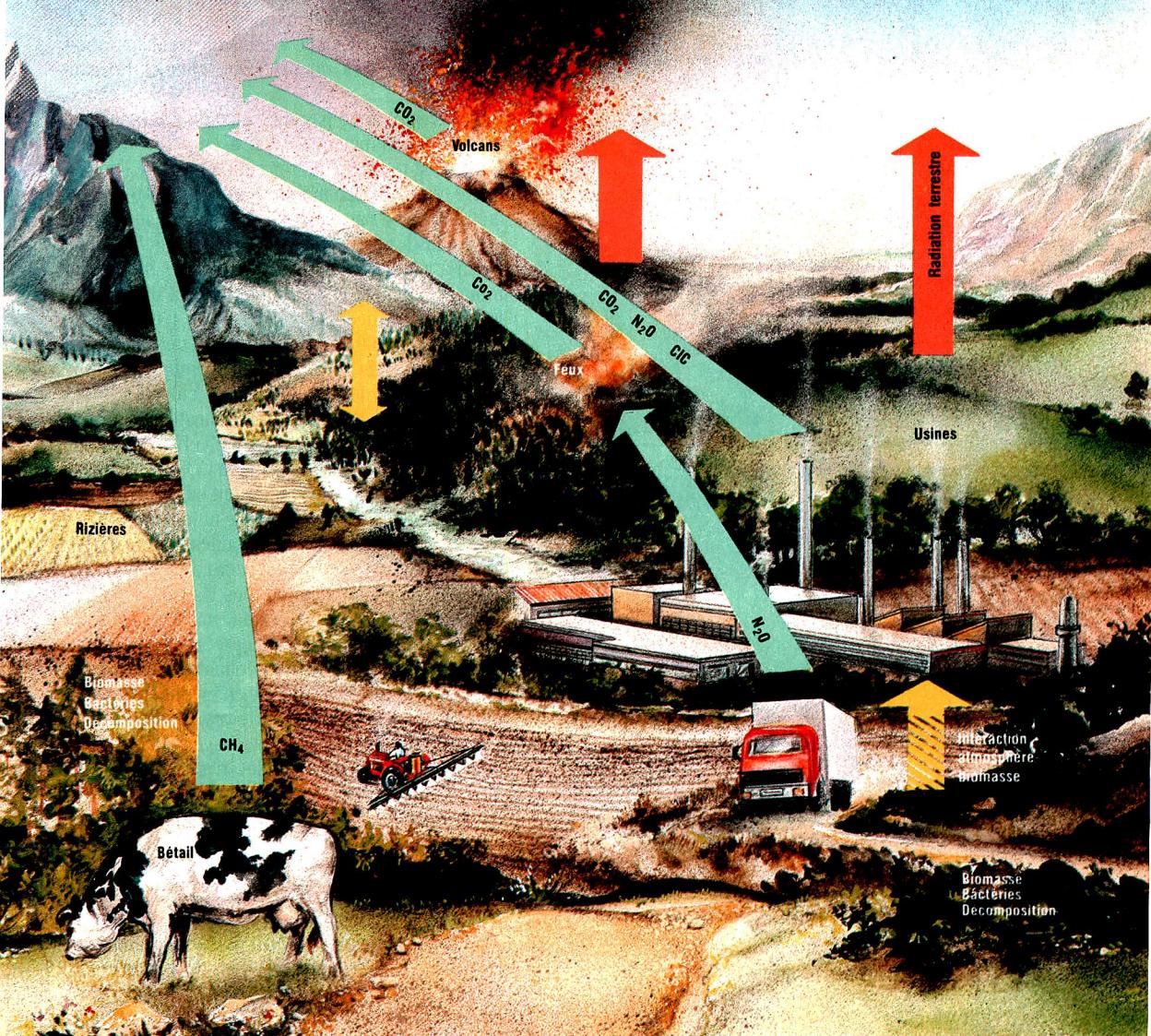
céréalières mondiales et la sécheresse du Sahel, autant de signes qui ne pouvaient tromper.

L'année suivante, un rapport de l'Académie américaine des sciences insistait sur un argument frappant : « Le présent intervalle glaciaire, qui dure depuis quelque 10 000 ans, représente un régime climatique relativement rare au regard des derniers millions d'années. Le dernier âge interglaciaire commença voici 125 000 ans et dura environ 10 000 ans. Les interglaciaires précédents ont chacun duré 8 000 à 12 000 ans. Quand l'interglaciaire actuel prendra-t-il fin ? »

Dix ans plus tard le discours dominant a changé

du tout au tout. Le document de référence est un rapport en six forts volumes, publié par le département américain de l'Energie. Etabli par plus de 70 scientifiques de 5 nationalités, il a été revu par 300 spécialistes de 23 pays désignés par cette même American Association for the Advancement of Science qui cautionnait voici dix ans la thèse du refroidissement.

Entièrement consacré au problème du CO_2 , le rapport conclut que « pour la première fois dans l'histoire de la planète, l'homme est en train de changer son environnement climatique ». En effet, « l'immense accroissement de la production



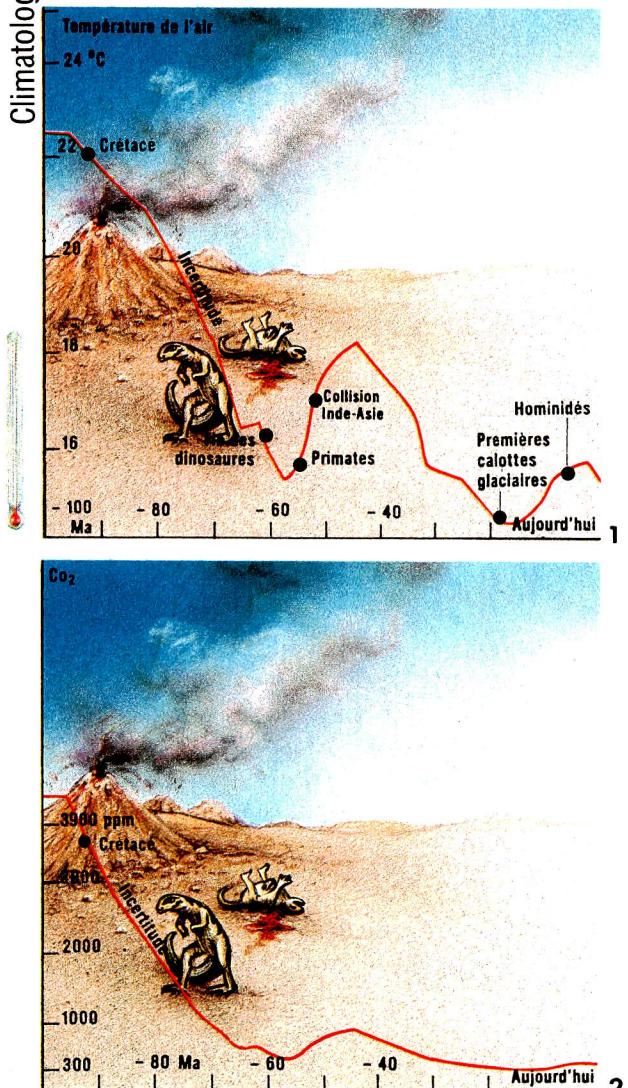
d'énergie modifie la couche de gaz qui constitue l'atmosphère de la terre et contrôle le climat ». La teneur de l'atmosphère en CO₂, qui est passée de 280 ppm (parts par million) en 1800 à 345 ppm aujourd'hui (soit une augmentation proche du quart), devrait atteindre 560 ppm avant la fin du siècle prochain (donc un doublement par rapport à 1800).

La terre n'a pas connu un tel niveau depuis 40 millions d'années. Les températures s'élèveraient de 4°C, atteignant un niveau jamais atteint depuis 80 millions d'années (dessin 2). La fonte des glaces polaires fera monter le niveau de la mer de 5 à 6

mètres. Le régime des pluies sera perturbé, avec sans doute un fort accroissement dans les régions tempérées et froides. La carte agricole du monde s'en trouvera bouleversée, la chaîne alimentaire perturbée, et ainsi de suite.

Certains augures considèrent que ce processus sera plus rapide que ne le prévoit le rapport. Pour James E. Hansen, de la NASA, les températures moyennes pourraient s'élever de 3°C entre 1990 et 2010, ce qui nous ramènerait 40 millions d'années en arrière en moins d'un quart de siècle (dessin 1). Pour Andrew Maguire, vice-président du World Resources Institute, de Washington, une augmenta-

IL Y A 100 MILLIONS D'ANNÉES IL FAISAIT PLUS CHAUD QU'AUJOURD'HUI



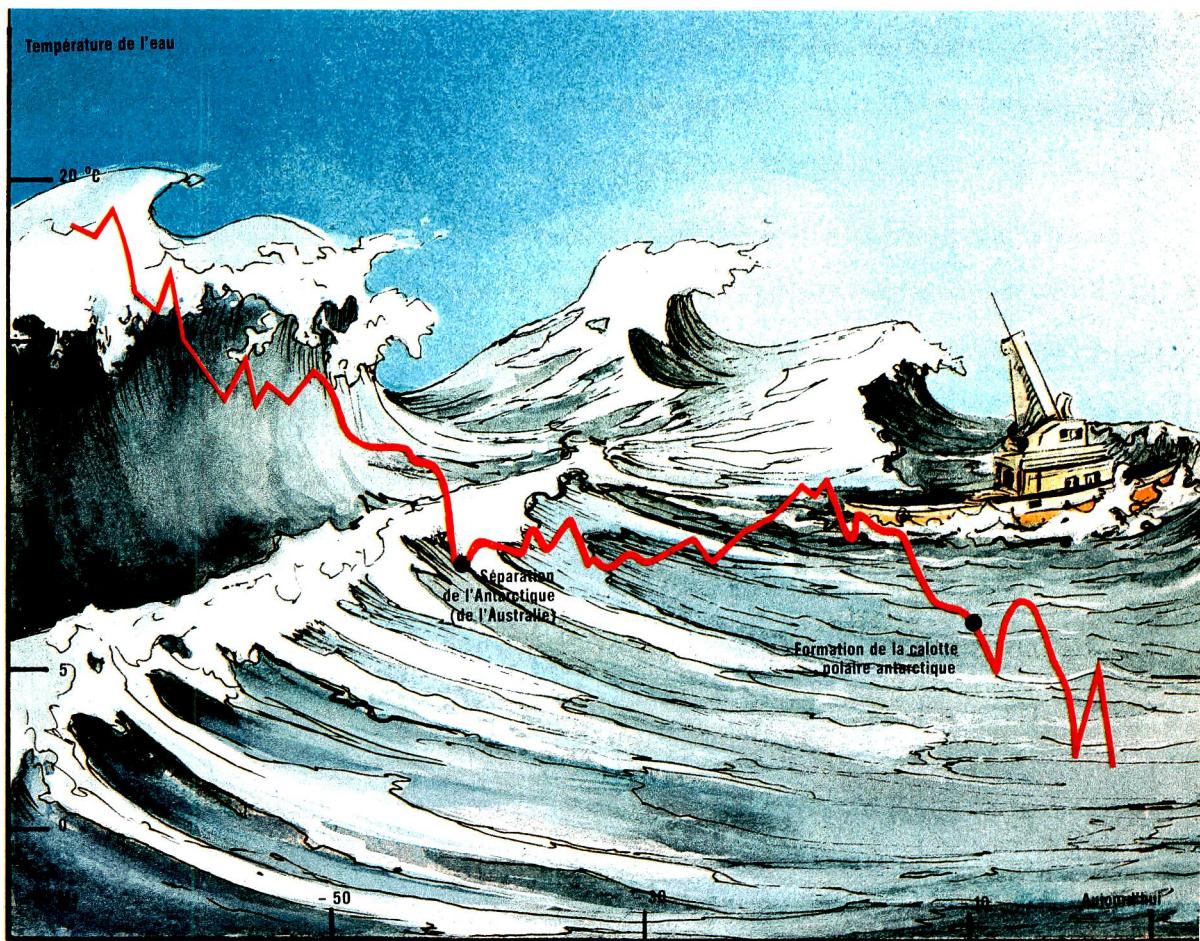
A la belle époque des dinosaures (crétacé), l'air est plus chaud (1), les pôles sont libres de glace, et la concentration de CO_2 est douze fois plus élevée (2) qu'aujourd'hui. Raison invoquée pour expliquer cette situation climatique : une intense activité volcanique. La fin des dinosaures correspond à la fois à une baisse des températures et à une diminution du CO_2 . Mais laquelle précède l'autre ? Noter qu'entre - 55 et - 45 millions d'années, un doublement de la concentration de CO_2 correspond à une hausse de la température moyenne de 3°C. Mais le degré d'incertitude est considérable (facteur 2 ou davantage). Ces courbes sont obtenues par ordinateur, à l'aide de modèles intégrant de nombreuses données géochimiques : analyse de sédiments profonds prélevés par forage, témoignages de l'avancée et du recul des mers et des glaces, indices de l'activité volcanique.

tion de 4° ou même 4,5°C pourrait être atteinte dès 2030. Ces deux personnalités ont présenté en juin dernier leurs conclusions au Sénat américain. Le sénateur John H. Chafee a demandé que la question soit soulevée lors du prochain sommet Reagan-Gorbatchev.

Que s'est-il donc passé depuis dix ans, pour que le discours dominant se soit à ce point inversé ? D'abord la tendance au refroidissement de l'hémisphère nord qui avait marqué les décennies 60 et 70 a été remplacée par une tendance au réchauffement, et ce dans les deux hémisphères (dessins 13 et 14). De là à conclure que les climatologues se laissent influencer par la conjoncture, il n'y a qu'un pas... Ensuite, on a découvert que le CO_2 n'était pas le seul gaz produit par l'homme qui contribue à accroître l'effet de serre. On sait maintenant que le méthane, l'oxyde d'azote et les chlorocarbones s'accumulent eux aussi dans l'atmosphère et (dessins 20, 21 et 22) l'on pense que l'effet cumulé de ces autres gaz équivaut à celui du CO_2 : le problème est donc deux fois plus important qu'on ne pouvait l'imaginer voici dix ans. Enfin, le nombre de laboratoires et de chercheurs qui travaillent de près ou de loin sur l'effet de serre s'est accru à un rythme qui dépasse largement celui de tous les gaz réunis...

Rappelons que l'expression imagée "effet de serre" désigne un phénomène précis. L'atmosphère terrestre reçoit une certaine quantité de rayonnement solaire. Environ 30 % de ce rayonnement sont réfléchis, donc directement renvoyés dans l'espace extra-atmosphérique par les nuages, la poussière atmosphérique, les molécules d'air et enfin certaines parties de la surface de la terre, notamment les étendues neigeuses : c'est ce qu'on appelle l'albedo. Les 70 % restants sont absorbés par la surface des océans et des continents (50 % du rayonnement solaire total), et dans une moindre mesure par la vapeur d'eau, les aérosols, l'ozone et les nuages. Cette énergie absorbée est réémise vers l'espace extra-atmosphérique sous forme de rayonnement infrarouge. Une partie de ce rayonnement infrarouge est cependant arrêtée en cours de route, absorbée à nouveau par les nuages, la vapeur d'eau, et dans une moindre mesure le gaz carbonique et l'ozone.

C'est cette réabsorption qui provoque l'effet de serre : les nuages, la vapeur d'eau, le gaz carbonique, etc. réémettent à leur tour un flux d'énergie infrarouge dont une partie revient sur Terre, pour être ensuite renvoyée dans l'atmosphère, et ainsi de suite. La température à la surface de la Terre est déterminée par la quantité d'énergie infrarouge ainsi recyclée. On estime que l'effet de serre naturel assure un gain de 30°C à la température moyenne de la Terre. Si l'effet de serre était supprimé, cette température moyenne, qui est aujourd'hui de 15°C, serait de -15°. Inversement, si l'un des composants



La mer est beaucoup plus froide aujourd'hui qu'à l'époque de l'extinction des dinosaures, il y a 70 millions d'années. Fait surprenant : la forte remontée des températures de l'air observée vers - 50 millions d'années (voir 1) ne se retrouve pas dans la température de l'eau. De même, le minimum de température de l'air enregistré vers - 20 millions d'années ne correspond pas à un minimum de température de l'eau. Cette courbe (3) provient de l'analyse de la composition isotopique de l'oxygène dans des coquilles fossilisées ramenées par forage dans le sous-sol du Pacifique Sud.

3

atmosphériques qui assurent le recyclage de l'énergie infrarouge augmente de volume l'effet de serre doit logiquement s'accroître et la Terre se réchauffer.

Contrairement à ce qu'on pourrait croire, le principal agent de l'effet de serre n'est pas le CO_2 , mais l'eau, sous forme de vapeur d'eau ou de nuages (qui sont des gouttelettes d'eau ou de cristaux de neige ou de glace). Le gaz carbonique ne représente que 0,035 % (345 ppm) du volume de l'atmosphère "sèche", c'est-à-dire dont on a arbitrairement soustrait les nuages et la vapeur d'eau (les principaux constituants de l'air "sec" sont l'azote, l'oxygène et l'argon).

La quantité de vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère est aussi variable que mal connue,

mais elle est beaucoup plus importante que celle du CO_2 . Elle peut monter jusqu'à 4 % du volume dans la basse atmosphère équatoriale. En outre, elle absorbe et réemet le rayonnement infrarouge sur une plus grande plage de longueurs d'ondes que le CO_2 (de 12 à 18 μ , alors que le CO_2 absorbe essentiellement autour de 15 μ). C'est dire que le rôle de la vapeur d'eau dans l'effet de serre dépasse celui du CO_2 d'un ou deux ordres de grandeur. Quant aux nuages, qui couvrent la moitié de la surface de la Terre, leur structure est tellement complexe et changeante que leur rôle dans l'effet de serre, reconnu essentiel, échappe pour l'instant à toute possibilité de mesure et de modélisation.

Cela ne signifie pas que le CO_2 joue un rôle négligeable. Avec ses maigres 345 ppm, il est peut-

IL Y A 150 000 ANS, LE CLIMAT DEVAIT RESSEMBLER AU NÔTRE

être aussi indispensable à l'effet de serre qu'il l'est à la photosynthèse. Sans CO_2 , il n'y aurait pas de végétation, donc pas de vie. Mais comment évaluer avec précision l'impact de ce gaz sur l'effet de serre ? C'est toute la question. Est-il possible de dire : à 400 ppm, nous aurons telle température, à 500 ppm, telle autre ? Les cris d'alarme poussés par les scientifiques se fondent aujourd'hui sur la résolution par ordinateur de modèles atmosphériques extrêmement complexes. Comment être sûr que l'on n'oublie pas une donnée importante ? Qu'on ne surestime ou sous-estime pas toute une série de variables ? Comment peut-on avancer des précisions au dixième de degré près, alors qu'on ne sait pas mesurer, même grossièrement, l'effet de serre, beaucoup plus important, induit par le cycle de l'eau ?

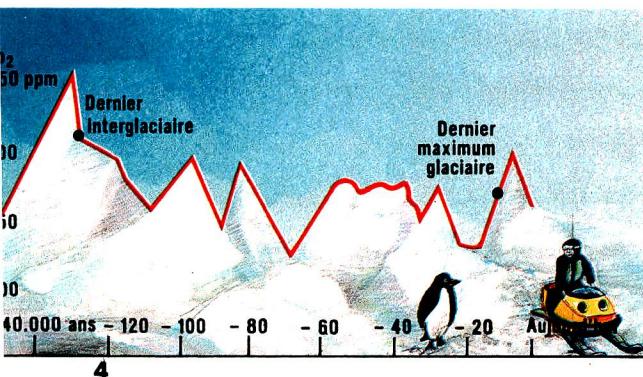
Ces dernières années ont vu le développement de toute une série de techniques nouvelles, permettant d'affiner les mesures et de faire absorber par des ordinateurs sans cesse plus puissants un nombre de données de plus en plus vertigineux. Ces mesures, il faut aller les prendre partout. Au-dessus de l'atmosphère, par satellite. Dans la haute atmosphère par ballon-sonde à diverses altitudes et latitudes. Sur

d'un lien de cause à effet entre une variation du taux de CO_2 et une variation de température à l'échelle de la planète. Nous allons voir qu'il n'existe pas de réponse à cette question.

Commençons par aujourd'hui. Il n'existe de mesure régulière et rigoureuse du taux de CO_2 dans l'atmosphère que depuis 1958. C'est la courbe de Mauna Loa, déjà évoquée. Il faut y ajouter d'autres séries de mesures, qui débuteront un peu plus tard en différents points du globe. Ces mesures font incontestablement état d'une augmentation du taux de CO_2 : 315 à 345 ppm en moyenne, soit + 9,5 % en 28 ans, soit un accroissement moyen annuel de l'ordre d'un peu moins de 3 ppm.

Nous disposons également de mesures fiables pour les températures de la planète dans cette même période. L'examen des courbes de la page 27 ne montre pas de corrélation significative : certes, nous vivons une période de hausse des températures, mais seulement depuis 1975. La décennie précédente était plutôt marquée par une baisse des températures, à telle enseigne, on l'a vu, que la théorie à la mode était alors celle d'un refroidissement annonciateur de la prochaine glaciation.

Un changement de climat est-il précédé par une modification du taux de CO_2 ? Le dernier interglaciaire a été précédé par une forte augmentation de ce taux, qui a même dépassé le niveau actuel (4). La suite de la courbe est plus difficile à interpréter, mais on retrouve à peu près, jusqu'à - 60 000 ans, les mêmes dents de scie que sur la courbe du volume des glaces et celle du niveau de la mer (voir 5 et 6). Le dernier maximum glaciaire est précédé par une faible baisse du CO_2 . Le réchauffement qui a permis la fin de cette période glaciaire, entre - 18 000 et - 12 000 ans, s'est produit dans la foulée d'une augmentation du CO_2 . Mais pourquoi le CO_2 a-t-il varié ? Cette courbe a été construite à partir de l'analyse isotopique du carbone contenu dans des sédiments prélevés par forage sous-marin.

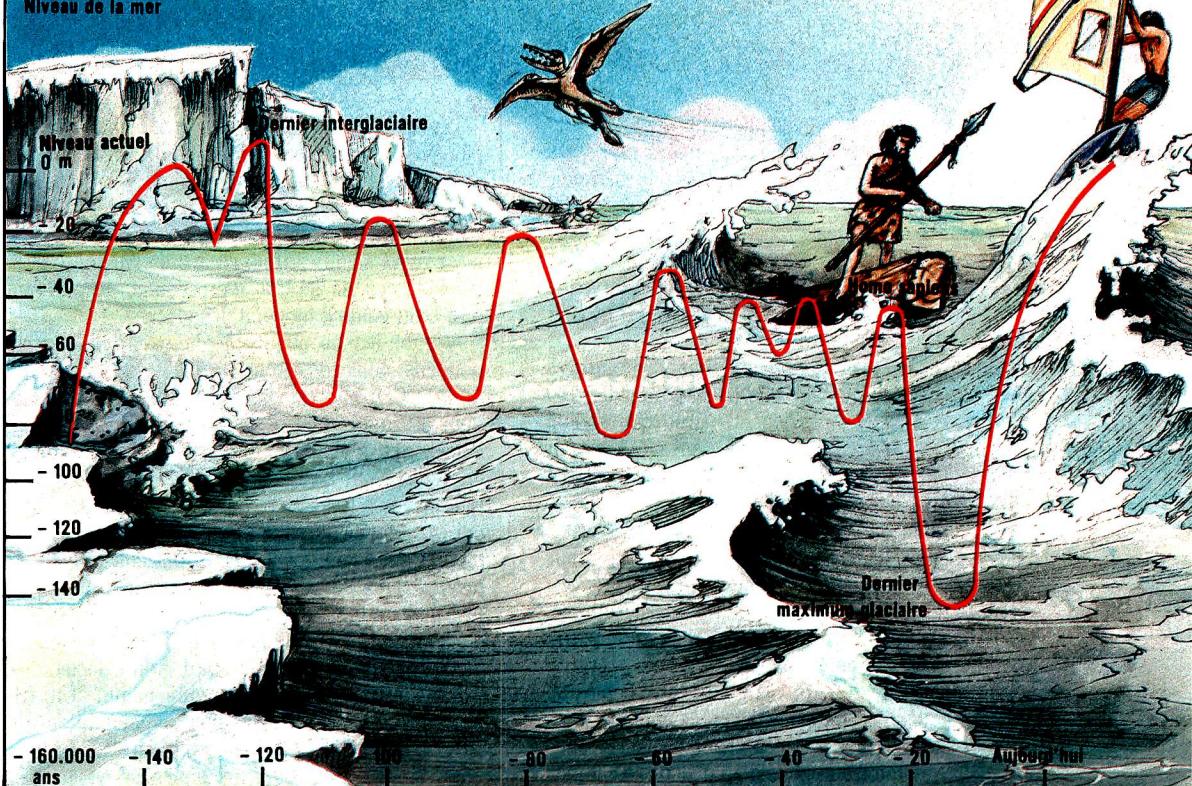


4

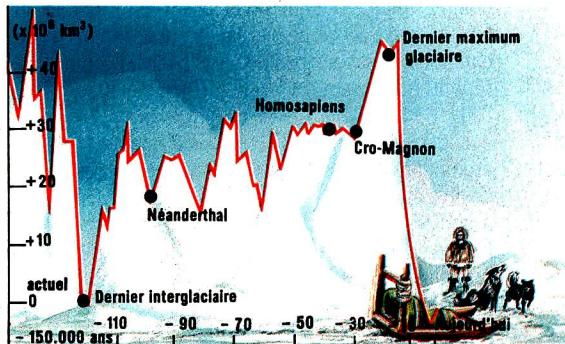
le sommet des montagnes et des volcans. Dans les îles perdues du Pacifique. Au pôle Nord et au pôle Sud. Dans les déserts et au cœur de la forêt tropicale. A la surface de la mer, en mille points du globe. Dans les eaux peu profondes et dans les fosses abyssales. Par forage dans la profondeur de la terre, dans l'épaisseur des glaces polaires, et même dans les sédiments enfouis sous l'eau des océans. On conçoit que cette quête soit exaltante, et que la communauté scientifique se mobilise.

Essayons maintenant de voir le crédit que l'on peut attribuer aux résultats qui nous sont présentés. Si l'on se réfère non pas aux modèles, mais à la réalité qu'ils sont censés représenter, le problème se résume à la question de savoir s'il est possible de démontrer l'existence, aujourd'hui ou dans le passé,

On dira qu'il existe peut-être un temps de latence entre l'augmentation du CO_2 et la hausse des températures. Mais comment l'expliquer ? Si la concentration de CO_2 dans l'atmosphère augmente, cela signifie que la composition de l'atmosphère a changé et que les réactions concourant à l'effet de serre ne sont plus exactement les mêmes qu'avant. Il n'existe pas de raison de penser que l'effet ne soit pas quasi immédiat. Supposons néanmoins que l'on puisse expliquer ce temps de latence. La baisse de température des années 65-75 pourrait s'expliquer par une baisse antérieure du taux de CO_2 . Or tout indique que celui-ci croissait. De multiples indices concordants permettent de penser que le taux de CO_2 était d'environ 300 ppm en 1900. Par rapport aux 315 ppm de 1958, cela indique un taux d'aug-



6



5

mentation plus faible, mais substantiel. Et la compilation des mesures intermédiaires permet de conclure à une augmentation régulière, sans à-coups notables.

Supposons maintenant que nous vivions non pas en 1986 mais en 1975. Projetons-nous un siècle en arrière, à l'époque où les relevés de températures étaient suffisamment nombreux et précis pour que l'on puisse commencer à tracer la courbe de la température moyenne de l'hémisphère nord (dessin p. 27). Que verrions-nous ? Qu'après quelques variations en plus et en moins, la température moyenne est à peu près celle qu'elle était un siècle plus tôt. On conçoit qu'à cette date (1975) l'augmentation du taux de CO_2 , pourtant bien connue, n'ameutait pas les foules... Même aujourd'hui, en 1986, on peut

Quand les glaces fondent, la mer monte. Quand la glace s'accumule, la mer descend. Le minimum glaciaire le plus bas (5), voici 120 000 ans, correspond au plus fort maximum marin (6) : c'est le dernier "interglaciaire", époque qui devait beaucoup ressembler à celle que nous vivons actuellement. On voit que l'homme moderne, *Homo sapiens*, est né au beau milieu d'une période glaciaire.

La courbe du volume glaciaire fut établie en analysant la composition isotopique de l'oxygène dans des coquilles fossilisées de foraminifères prélevées dans le sous-sol du Pacifique. Des forages en Méditerranée ont permis d'établir une courbe presque identique.

Le niveau de la mer est calculé en datant des coraux par la décroissance de la radioactivité de l'uranium-ionium ou de l'uranium-thorium 230.

s'étonner que la température de l'eau à la surface des mers dans l'hémisphère nord soit exactement la même qu'il y a un siècle.

L'impression diffère si l'on regarde les courbes de température établies pour l'hémisphère sud. En 1975, le climatologue de Valparaiso pouvait considérer à juste titre que la baisse de la température de l'air enregistrée dans les années 60, pourtant plus marquée que dans l'hémisphère sud, n'annulait pas la tendance générale à la hausse observée depuis un siècle. En revanche, la température des mers du Sud se retrouvait elle aussi, miraculeusement, identique à celle de la fin du siècle précédent. Il faut également remarquer que les relevés de température dans l'hémisphère austral sont, pour les premières décennies, beaucoup moins nombreux et

IL Y A 20 000 ANS, L'HOMME DE CRO-MAGNON POUVAIT TRAVERSER LA MANCHE À PIED

fiables que ceux de l'hémisphère nord.

Quant à l'augmentation relativement rapide du début des années 1980, elle n'est pas plus marquée que de nombreuses variations en hausse ou en baisse des décennies précédentes. Dans l'hémisphère nord, les dernières données connues font d'ailleurs état d'une nouvelle baisse, intervenue après un maximum en 1984 qui n'est pas supérieur à celui de 1940.

Pour résumer, nous pouvons admettre une très légère tendance globale à la hausse pour les 100 dernières années. Très légère, parce que si l'on calculait la moyenne générale on n'obtiendrait guère que 0,2° en plus. Cette différence est-elle significative à l'échelle d'un siècle ? Pour le problème qui nous occupe, la réponse est non. Certes, on ne dispose pas de courbes de températures pour les siècles précédents : les données que nous avons pour la période historique sont à la fois très localisées (Europe) et fort imprécises. Mais un faisceau d'indices convergents permet de reconstituer grossièrement l'histoire du climat de notre péninsule asiatique depuis l'époque de la Grèce antique. Nous savons qu'il y eut des "âges chauds" et des "âges froids", qui durèrent chacun plusieurs centaines d'années (dessin 9). Mais il ne semble pas que la température moyenne qui caractérisait par exemple ce qu'on appelle par abus de langage le "petit âge glaciaire" différât de plus de 1°C par rapport à la période précédente et à la période suivante. C'est dire que l'augmentation moyenne de 0,2° que l'on observe depuis 100 ans n'a rien d'atypique. Compte tenu des moyens d'analyse dont nous disposons, il est pour l'instant impossible d'affirmer que l'augmentation du taux de CO₂ dans l'air (25 % depuis les débuts de l'ère industrielle) a entraîné la moindre variation de température.

En bonne logique, il n'existe pas non plus de signe avant-coureur d'une fonte des calottes glaciaires. L'enrangement de l'hémisphère nord a eu plutôt tendance à augmenter au cours des quinze dernières années — on ne dispose pas de séries pour les années précédentes (dessin 19). La superficie de la calotte glaciaire arctique a subi d'importantes variations depuis 1925 (première année pour laquelle il existe une estimation sérieuse), mais ces variations s'annulent (dessin 18). Notons au passage qu'un observateur vivant en 1960, aurait été tenté de conclure, au vu de la courbe retracant cette superficie, que l'ère de la prochaine glaciation était proche... La superficie de la mer gelée autour de l'Antarctique n'est connue que depuis 1973, ce qui est un peu court (dessin 17). La tendance à la hausse qui caractérisait les années 1980-1981 (à la suite d'une période de baisse) semble se poursuivre aujourd'hui. Au Groenland, l'épaisseur de la glace augmente régulièrement, au rythme d'1cm par an.

Les articles scientifiques ne manquent pourtant pas qui attirent l'attention sur le dramatique recul des glaciers suisses, norvégiens, ou encore d'Alaska. Ce recul est indéniable, mais souvent moins marqué qu'on le dit (dessin 16). Surtout, il n'est guère significatif au regard de l'histoire de la planète : ces glaciers ne représentent au total que 0,12 % du volume mondial des glaces.

A quoi les prophètes de l'été carbonique répondent : nous admettons que l'effet de l'augmentation du CO₂ ne s'est pas fait sentir jusqu'ici, mais nous affirmons qu'il se fera sentir demain. Effectivement, rien n'interdit de penser qu'il existe un effet de seuil. L'augmentation du CO₂ peut être interprétée à la manière du petit Hans de Haarlem qui voyait l'eau monter derrière sa digue. L'eau monte, mais tant qu'elle n'a pas atteint un certain niveau, il ne se passe rien. Seulement, quand ce niveau est atteint, c'est la catastrophe. Le problème devient donc celui de savoir quel est le niveau à partir duquel il est trop tard pour déclencher l'alerte rouge. Est-ce un doublement ? Un triplement ? Ou seulement une augmentation de 50 % ? Tous les modèles jetés en pâture aux ordinateurs posent au départ un seuil de ce genre et demandent aux machines de faire des calculs à rebours : dans l'hypothèse d'un doublement, compte tenu de ce que nous savons, si possible de ce que nous savons ne pas savoir (mais jamais de ce que nous ne savons pas ne pas savoir !) l'ordinateur répond fidèlement : +2° en 2010, ou en 2050, ou en 3000....

L'idée d'un effet de seuil est étayée par un argument très fort. C'est que de nombreuses périodes chaudes de l'histoire de la Terre ont été associées à un niveau élevé de gaz carbonique. Est-ce que celui-ci n'aurait pas été, précisément, à l'origine de ces réchauffements ? Examinons ce point en détail.

Au tout début de l'histoire de la Terre, lorsque la vie n'était pas encore apparue, l'atmosphère était principalement composée de gaz carbonique et de vapeur d'eau, crachés l'un et l'autre par les volcans. Le gaz carbonique a commencé à décroître vers - 2 milliards d'années, transformé en dépôts calcaires par les algues marines. Processus deux fois réalisé : d'abord vers - 600 millions d'années, au début de l'ère primaire, avec la prolifération de minuscules coquillages, les foraminifères, puis vers - 350 millions d'années, à la veille du carbonifère, avec la prolifération des plantes à graines. Le taux de gaz carbonique est encore très élevé au milieu du crétacé, vers - 100 millions d'années, à l'époque des dinosaures. D'après les modèles échafaudés par les géologues à partir d'indices épars, le taux de CO₂ était alors 10 fois plus élevé qu'aujourd'hui (dessin 2). C'est une forte réduction du volcanisme qui aurait provoqué à nouveau sa décroissance puis

sa stabilisation à un niveau proche du niveau actuel, vers - 60 millions d'années, au moment de l'extinction des dinosaures et de l'apparition des primates.

Si l'on considère l'histoire de la Terre à l'échelle de ces centaines de millions d'années, il est impossible d'établir une relation claire entre la concentration de CO_2 et les températures. Nous n'en savons pas assez. La Terre a certainement connu des périodes très chaudes pendant lesquelles le taux de CO_2 était très élevé. Mais le taux de vapeur d'eau, qui contribue aussi à l'effet de serre, l'était probablement bien davantage. En outre, les traces d'une première glaciation remontent à 2,7 milliards d'années environ, donc à une époque où les algues n'étaient pas encore apparues et où le taux de CO_2 n'avait peut-être pas encore commencé à diminuer. Une seconde glaciation, très importante, eut lieu vers - 600 millions d'années environ, à la frontière entre le pré-cambrien et l'ère primaire. Un taux de CO_2 peut-être 50 fois plus élevé que le taux actuel n'a donc pas empêché des glaciations majeures, vers - 450 et - 270 millions d'années. Sauf peut-être dans ce dernier cas (surproduction végétale du carbonifère), nous ne savons pas établir de lien entre ces refroidissements et l'évolution du taux de CO_2 .

Pour la période qui s'étend de - 60 millions d'années à - 160 000 ans, nous ne disposons que d'une seule série de mesure fiables. Grâce à la composition isotopique de l'oxygène dans les coquilles de foraminifères trouvées par forage dans les sédiments sous-marins, on pense que la température des mers a fortement décrû, chutant de 20° à 5°C (dessin 3). C'est vers la fin de cette période que s'est formée la calotte glaciaire autour de l'Antarctique. Mais nous ne disposons pas de mesure fiable du taux de gaz carbonique dans l'air pendant



7

La Manche avait disparu, ainsi qu'une bonne partie de la mer du Nord, lors du dernier maximum glaciaire, entre - 20 000 ans et - 18 000 ans. Les glaces recouvrivent les deux tiers de l'Angleterre et de l'Irlande, ainsi que toute la Scandinavie, à l'exception de la côte ouest du Jutland (7). *L'Homo sapiens*, c'est-à-dire nous, était déjà bien installé. Mais il avait froid.

le même intervalle de temps.

Les comparaisons systématiques commencent vers - 150 000 ans. Elles concernent le volume des glaces, le niveau de la mer et le taux de CO_2 (dessins 4, 5 et 6). Ce dernier est calculé en mesurant la composition isotopique non plus de l'oxygène mais du carbone dans les coquilles de foraminifères. Le parallélisme entre les courbes est frappant. Le CO_2 atteint son maximum (350 ppm) juste avant le début de la dernière période interglaciaire. Il atteint un minimum (225 ppm) peu avant le dernier maximum glaciaire.

La question qui se pose est de savoir si les variations du taux de CO_2 , qui paraissent annoncer un refroidissement ou un réchauffement, sont effectivement à l'origine de ces variations climatiques, ou sont seulement le reflet de causes plus profondes.

C'est l'œuf et la poule. Prenons l'exemple du

DEPUIS QUE JÉSUS A MARCHÉ DESSUS, LES EAUX ONT BAISSÉ DE 2 MÈTRES

dernier interglaciaire, période fascinante puisqu'elle semble être la préfiguration à l'identique de l'époque que nous vivons (même niveau des glaces et de la mer, même concentration de CO₂). Est-ce que l'élévation du taux de CO₂ qui l'a précédée a anticipé ou suivi la montée du thermomètre ? Comment a évolué la concentration de vapeur d'eau pendant le même laps de temps ? Nous n'en savons rien.

Imaginons maintenant que nous vivions à l'époque fort agréable que fut ce dernier interglaciaire. Nous sommes sur le point de nous transformer en hommes de Néanderthal, mais nous disposons, grâce à notre vieil ami le docteur Frankenstein, d'un cerveau équivalent à celui de l'*homo sapiens*, et nous pouvons compter sur une cohorte de climatologues et de géologues qui nous renseignent sur les climats du passé. Que voyons-nous ? Que le taux de gaz carbonique dans l'air n'a pas cessé de monter depuis 28 000 ans, passant de 200 à 350 ppm, soit une augmentation qui approche dangereusement le seuil fatidique du doublement. N'aurions-nous pas toutes les raisons de déclencher l'alerte rouge, et de frapper nos cymbales en prévoyant le retour de l'été carbonique ?

Heureusement pour nous, la température et le taux de CO₂ vont miraculeusement redescendre, aussi naturellement qu'ils avaient monté sans la moindre intervention humaine. Nous allons revivre ces glaciations bénies, qui ont déjà scandé l'histoire de notre développement. Et grâce au docteur Frankenstein, qui a aussi le pouvoir de lire l'avenir et même celui de transformer l'homme, nous savons qu'au cœur d'une période considérée comme "glaciaire" vers - 35 000 ans, nous atteindrons notre stade de développement le plus achevé, celui qui nous permettra de dessiner les somptueuses fres-

ques de Lascaux et d'avancer pas à pas vers l'ère des ordinateurs.

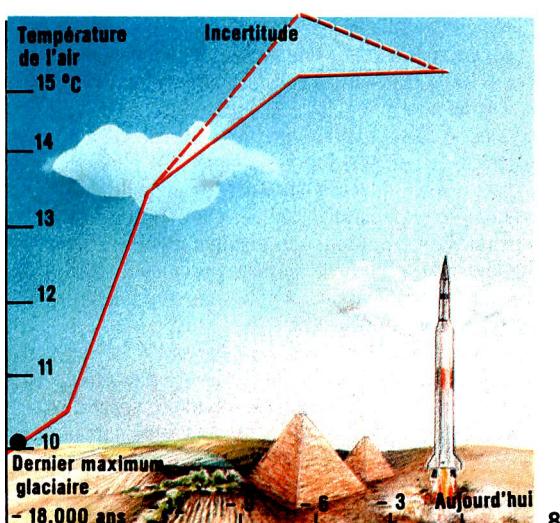
On rencontre le même problème d'interprétation pour les périodes ultérieures, celles qui nous séparent du dernier maximum glaciaire, vers - 18 000 ou - 20 000 ans (à 2 000 ans près, on ne sait pas le situer). Nous savons que le taux de CO₂ est remonté, passant très rapidement cette fois d'un minimum de 200 ppm à un maximum de 310 ppm. Entre - 18 000 et - 7 000 ans, la mer est montée de plus de 100 mètres, transformant l'Angleterre en île. La température moyenne a grimpé de 5°, peut-être 6°C. Là encore, est-ce la température qui a précédé le mouvement, ou est-ce la hausse du CO₂ ? D'après les mesures dont nous disposons, mesures nettement plus fiables que pour les épisodes précédents, la hausse du taux de CO₂ n'a pas, cette fois, précédé le début de la fonte des glaces et la montée du niveau des mers. Elle n'aurait commencé que vers - 16 000 ans, soit au moins 2 000 ans plus tard (dessins 4, 5 et 6).

Les pyramides d'Egypte ont été construites à une époque où, après sa prodigieuse remontée, la mer avait recommencé à baisser un peu, découvrant une partie de l'actuel delta du Nil. A cette date (- 5 000, soit - 3 000 avant J.C.), la mer était encore à 3 m environ au-dessus du niveau actuel. Ce niveau a connu d'étranges fluctuations depuis lors (dessin 10). Mais la tendance générale est à la baisse. Depuis Jésus-Christ, la baisse est restée lente et régulière, jusque vers 1900, date à laquelle on observe un début de remontée (dessin 15). Cette baisse globale du niveau de la mer depuis les pyramides évoque nécessairement une tendance à un léger refroidissement, du moins à l'échelle de nos millénaires. Là encore, à en juger par les mesures les plus récentes, le taux de CO₂ a lui aussi

La mer montait de 100 m en 10 000 ans (10) après le dernier maximum glaciaire (voir 6), l'air s'étant réchauffé de 5° C pendant ce temps (8). Les mesures isotopiques de sédiments profonds ne permettent pas de connaître l'évolution de la température depuis 7 000 ans environ. Pour certains, la température moyenne aurait connu à cette date un maximum (16°) supérieur à la température moyenne actuelle (15°).

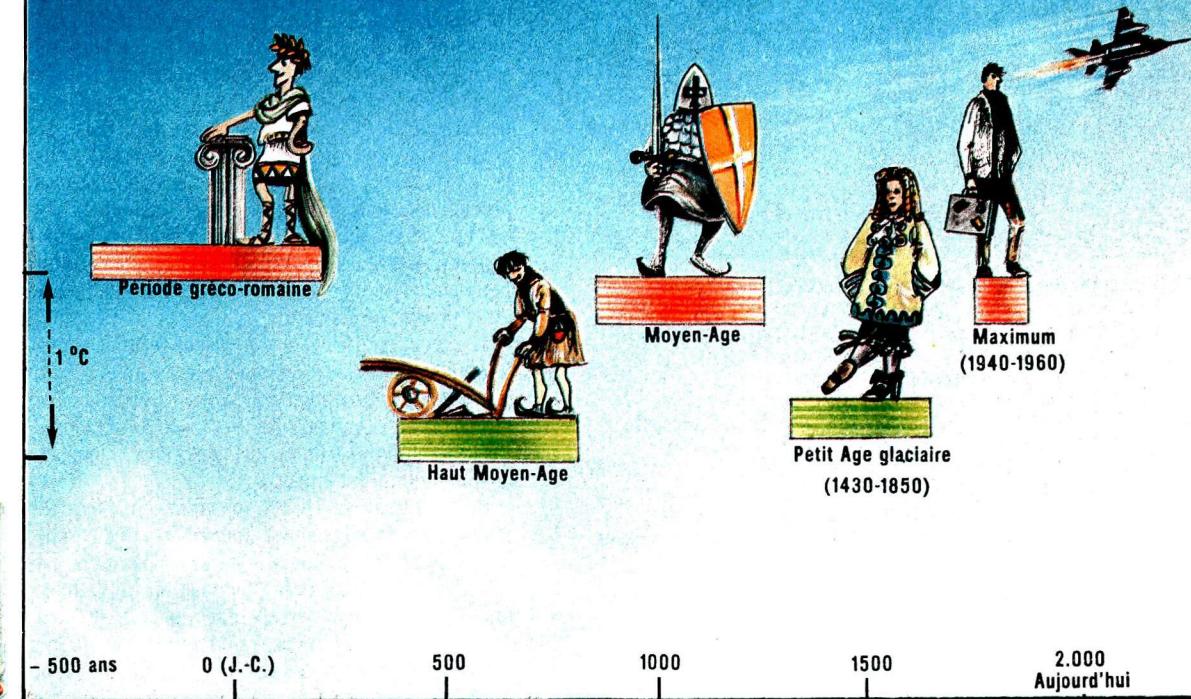
Le niveau de la mer, lui, a grimpé jusqu'à près de 5 mètres au-dessus du niveau actuel. C'est dire qu'il a atteint vers - 5 000 (- 3 000 av. J.-C.) le niveau "catastrophique" que prévoient les augures actuels pour la fin du XXI^e siècle. Noter la baisse régulière depuis l'époque de la Grèce antique. Le niveau de la mer est déterminé par la datation au carbone 14 de dépôts d'algues calcaires et d'huîtres.

La période historique est marquée, en Europe, par une succession de périodes "chaudes" et de périodes "froides", entre lesquelles la température moyenne ne semble pas avoir varié de plus de 1°C (9). Certains astronomes attribuent le "petit âge glaciaire" à une réduction de l'activité solaire.



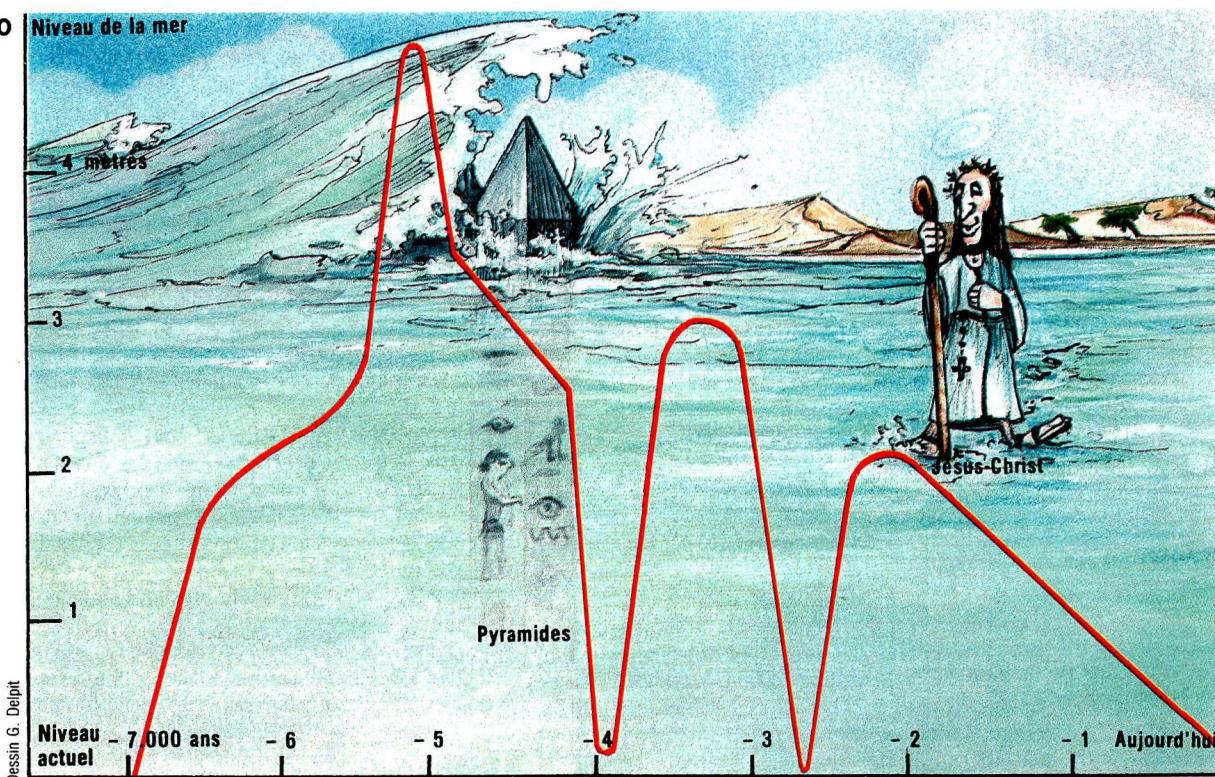
9

Température



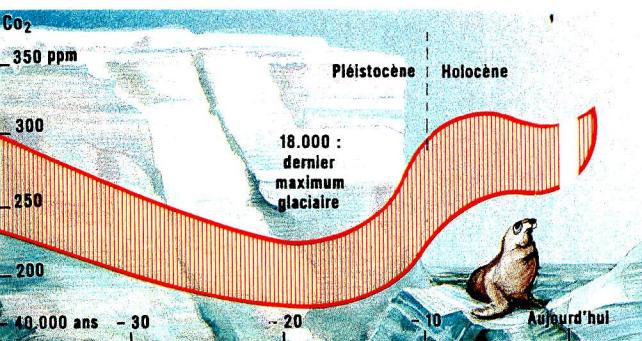
10

Niveau de la mer

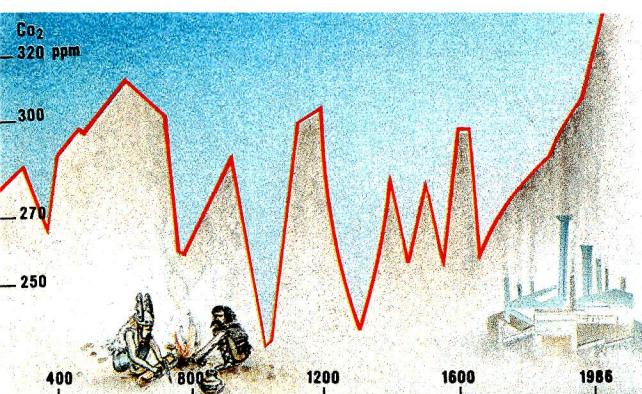




TAUX DE CO₂ ET CLIMAT : L'ŒUF ET LA POULE



11 Le gaz carbonique depuis 40 000 ans (11). L'air contenait moins de CO₂ lors du dernier maximum glaciaire. La remontée de taux de CO₂ est parallèle à celle des températures (voir 8). Mais laquelle a précédé l'autre ? Cette courbe repose sur l'une des techniques les plus fiables : la mesure directe de la concentration de CO₂ dans les bulles d'air prisonnières de glaces que l'on sait dater avec précision (en l'occurrence, dans l'Antarctique). La zone hachurée représente la dispersion des mesures. Celles-ci s'arrêtent en 1900 environ, date après laquelle cette technique n'est plus valable. On voit que le niveau de CO₂ est resté en moyenne à peu près constant depuis - 10 000 jusqu'à la fin du XIX^e siècle, avec des maxima aux alentours de 300 parties par million (ppm) et des minima à 250 ppm. Le caractère homogène de ce graphique masque d'importantes variations à court terme.



12 Le gaz carbonique depuis 1500 ans (12). La teneur en carbone 13 des anneaux de croissance des arbres permet de penser que le taux de CO₂ a connu d'importantes variations à court terme au cours du dernier millénaire. Ces mesures sont influencées par le climat local et la physiologie individuelle des arbres. Mais des variations aussi fortes ont été découvertes dans des bulles de glace datant de la dernière période glaciaire. Noter que la tendance à la hausse depuis 1600 n'est pas sensiblement plus frappante que celle à la baisse entre 500 et 1000.

accusé une très légère tendance à la baisse pendant cette période. Mais que peut-on en conclure ?

A l'échelle de la centaine d'années, qui est celle sur laquelle porte le débat actuel, le tableau est très différent. L'analyse isotopique du carbone contenu dans les anneaux de croissance des troncs d'arbres

indique de fortes variations du taux de CO₂ en Europe au cours des 15 derniers siècles. Entre 1000 et 1100, ce taux passe de 230 ppm à 310 ppm (dessin 12). Augmentation supérieure à celle qui nous inquiète aujourd'hui. Cette augmentation semble corrélée à la hausse des températures qui a caractérisé l'époque des Vikings. L'a-t-elle suivie ou précédée ? On n'en sait rien. Mais supposons que nous vivions en l'an 1000, et que nous considérons l'évolution de la courbe au cours des quatre siècles précédents. Nous constaterions une baisse de 310 à 230 ppm. Soit un taux équivalent à celui du dernier maximum glaciaire, voici 18 000 ans. N'aurions-nous pas été tentés de prévoir l'arrivée imminente de la prochaine glaciation ?

Tout cela est peut-être vrai, disent certains climatologues, mais nous ne pouvons pas nier qu'un phénomène entièrement nouveau s'est produit avec les révolutions industrielles et agricoles : l'homme s'est mis à produire lui-même du gaz carbonique, en quantités impressionnantes.

Bon an mal an, il en injecterait quelque 20 milliards de tonnes dans l'atmosphère. Ces 20 milliards de tonnes annuels ne vont-ils pas finir par modifier sensiblement la composition de l'atmosphère ? La croissance régulière du taux de CO₂ dans l'air à laquelle on assiste depuis la révolution industrielle, croissance qui s'est indubitablement accélérée après la Seconde Guerre mondiale, ne peut-elle être imputée au moins en partie à cette nouvelle source de CO₂ ?

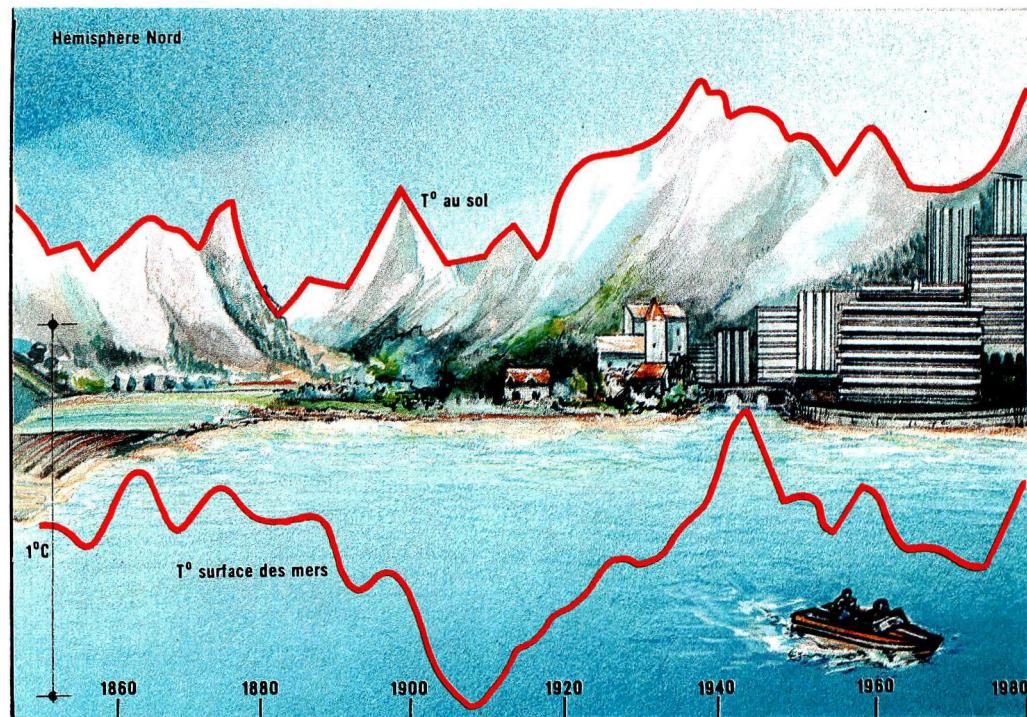
Le problème est de savoir ce que deviennent ces dizaines, ces centaines de milliards cumulés de tonnes de CO₂ excédentaires. C'est l'un des grands axes des recherches actuelles. Il exige une connaissance approfondie de ce qu'on appelle le cycle du carbone. On a vu que la Terre est une vieille habituée du gaz carbonique. Dans des temps très anciens, elle est parvenue (contrairement à ses voisines Mars et Vénus) à éliminer de son atmosphère une concentration en CO₂ plusieurs dizaines de fois supérieure à la concentration actuelle. Alors comment a-t-elle pu réagir à la production humaine de gaz carbonique, et comment réagira-t-elle demain ?

Pour répondre à une telle question, il faudrait être capable d'évaluer avec précision les flux qui caractérisent le cycle du carbone. Or les incertitudes l'emportent aujourd'hui largement sur les certitudes. Prenons-en la mesure, en raisonnant non plus en termes de CO₂, mais de carbone (1 tonne de CO₂ représente à peu près 0,37 tonne de carbone) :

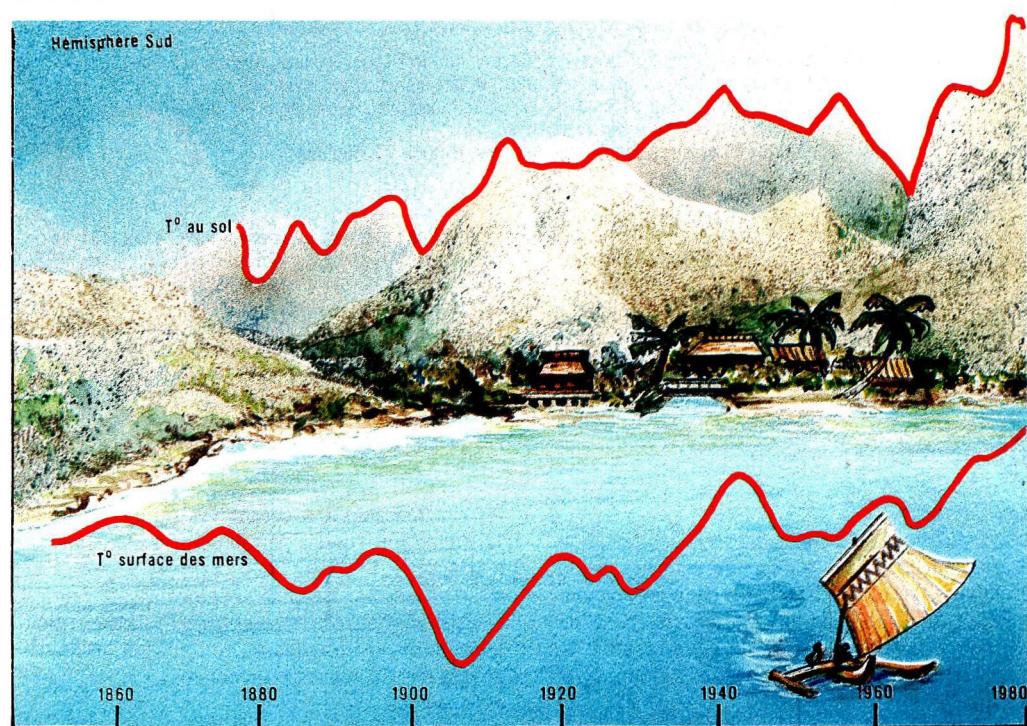
- Les émissions industrielles de carbone représentent entre 4,5 et 5,5 milliards de tonnes par an. C'est la donnée la mieux connue. On voit cependant que le taux d'incertitude est supérieur à 20 %. On ne sait pas non plus comment ces émissions industrielles

DEPUIS UN SIÈCLE LA TEMPÉRATURE EST PLUTÔT EN HAUSSE...

13



14



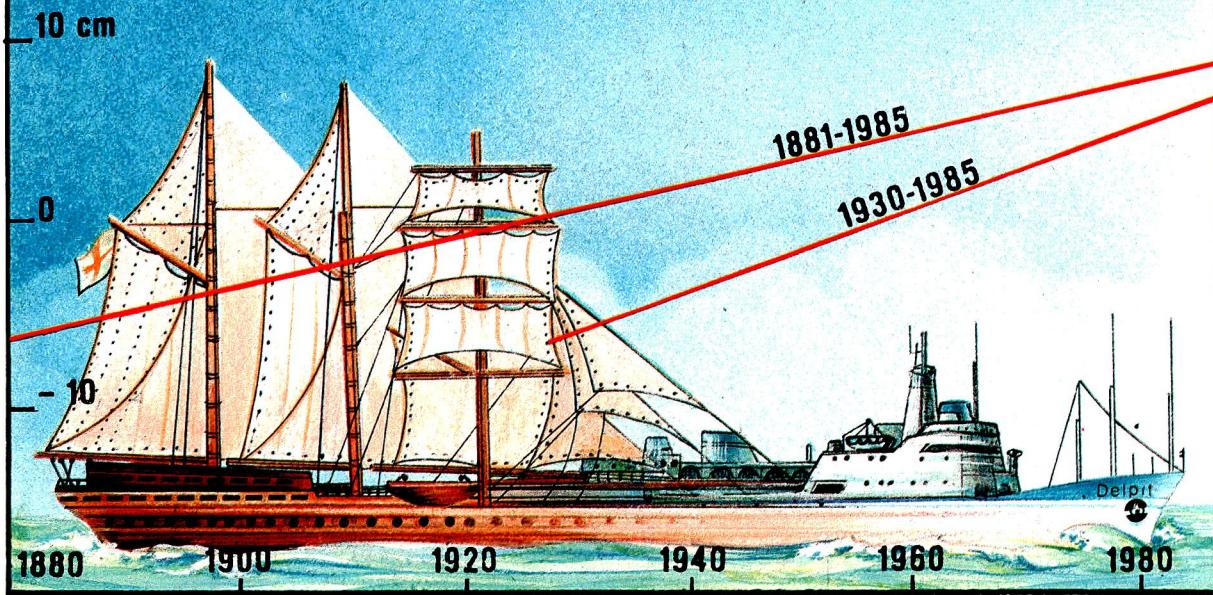
Nous disposons de relevés réguliers de température seulement depuis 1860-1880. Les courbes montrent que nous sommes plutôt dans une période de hausse, aussi bien dans l'hémisphère nord (13) que dans l'hémisphère sud (14). Mais la forte augmentation des années 1920-1940 a été suivie, au moins dans l'hémisphère nord, d'une période de décroissance, qui s'est poursuivie jusqu'en 1975. Au total, les variations de température sont restées inférieures à 1°, comme dans l'ensemble de la période historique (voir 9).



...LE NIVEAU DE LA MER REMONTE LEGÈREMENT...

20

Niveau de la mer



15

La mer monte au rythme de 16 cm par siècle d'après la droite du haut, de 24 cm par siècle d'après la droite du bas (15). Les deux droites représentent deux séries de mesures indépendantes. Une moyenne de 20 cm par siècle équivaut à 2 mètres pour 2 millénaires. Si l'on compare avec le graphique 10, on peut en conclure que le rythme actuel d'augmentation du niveau de la mer est inférieur aux rythmes enregistrés pendant la période - 7 000/- 2 500 ans.



dans l'avenir.

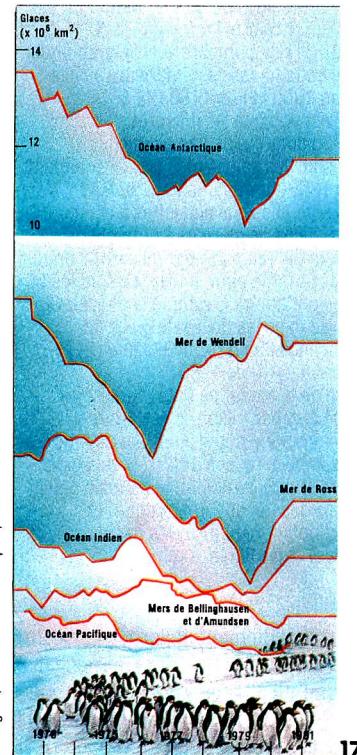
- Les émissions de carbone dues à la déforestation et à la conversion des terres sont estimées, selon les auteurs, de zéro à 2,6 milliards de tonnes par an.
- Pour le total des émissions d'origine humaine, on voit que le facteur d'incertitude varie presque du simple au double (4,5 à 8,1 milliards de tonnes par an).
- Le solde net d'absorption de carbone par les océans varie, selon les auteurs, de 1,5 à 3,3 milliards de tonnes par an : la différence est de plus du simple au double.
- Le total du carbone acheminé par les fleuves et

Le recul des glaciers suisses est bien connu (16). La fin des années 1970 a cependant été marquée (comme la fin des années 1910) par un pourcentage d'avancées supérieur au pourcentage de reculs. Le recul d'un glacier n'indique pas forcément une baisse du volume de ses glaces. Des observations comparables sont faites pour les autres glaciers de montagne, en Norvège, en Alaska ou en Asie. Le volume total des glaciers de montagne et des petites étendues glaciaires ne dépasse pas 120 000 km³ (sur un total mondial de 32,5 millions de km³).

les rivières dans les océans est estimé de 0,3 à 1,3 milliard de tonnes par an : différence d'un facteur 4.

- La production annuelle nette de carbone par les écosystèmes terrestres (non marins) passée, selon les auteurs, de 20 milliards de tonnes à un total... négatif de - 2 milliards de tonnes ! Là l'incertitude est absolue.
- Les feux d'origine naturelle, dus à la foudre, à la sécheresse, etc., produisent, selon plusieurs auteurs, presque autant de carbone que le total de la production humaine d'origine fossile (5 milliards de tonnes). Mais cette production varie beaucoup

...LES NEIGES ET LES GLACES ONT DES FLUCTUATIONS QUI SEMBLENTE S'ANNULER



17

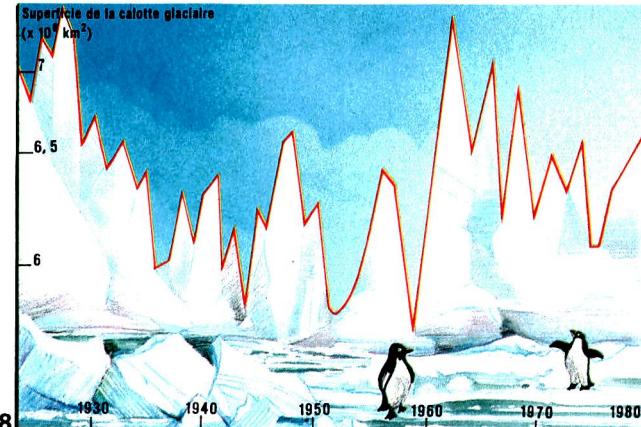
Sur la mer gelée autour de l'Antarctique (19)

Sur la mer gelée autour de l'Antarctique (19), on ne dispose de données fiables que depuis une dizaine d'années. Le rapprochement avec le graphique 18 montre que le rétrécissement de 2 millions de km² de la banquise antarctique observé entre 1973 et 1979 ne constitue sans doute pas une variation exceptionnelle. Si l'on considère séparément chaque mer de l'Antarctique, on constate des évolutions très différentes. Le volume de la mer gelée autour de l'Antarctique varie de 10 000 à 60 000 km³ selon la saison. La glace accumulée sur le continent antarctique atteint, elle, 29,3 millions de km³.

selon que l'année est plus ou moins marquée par des épisodes secs.

- La production actuelle de carbone par les volcans et les sources hydrothermales n'est pas comptabilisée dans les bilans du cycle carbonique présentés par les spécialistes du problème du CO₂. Pourtant, la question ne manque pas d'intérêt. Après la vapeur d'eau, le CO₂ est le principal gaz rejeté par les volcans. La forte teneur en CO₂ du crétacé est attribuée à une forte activité volcanique. En temps normal, c'est-à-dire lorsqu'il n'entre pas en éruption, l'Etna dégage à lui seul près de 4 millions de tonnes de gaz carbonique par an. Quelle

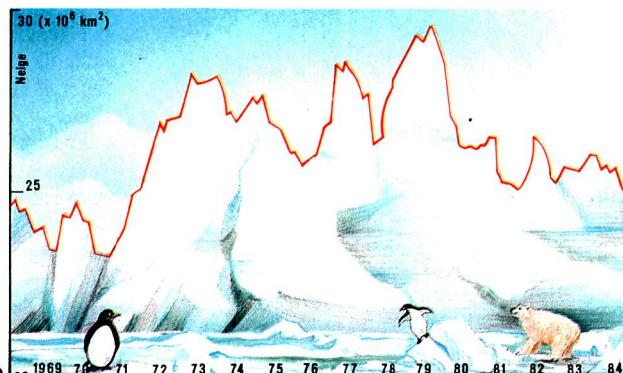
Sources des graphiques : 15) J. Barnett, Journal of Geophysical Research, 1984 — 16) CO₂ Report, 1985 — 18) V. Zakharov, Leningrad, 1981 — 19) CO₂ Report, 1985.



18

La calotte glaciaire arctique connaît d'importantes fluctuations

à court terme. Elle a perdu ainsi plus d'un million de km² entre 1930 et 1938, et au contraire gagné plus d'un million de km² entre 1960 et 1963 (18). L'extension des glaces ne paraît pas liée aux fluctuations de la température moyenne de l'hémisphère nord. Noter que le total des glaces de l'océan Arctique ne représente en moyenne que 20 à 50 000 km³, à comparer au total mondial de 32,5 millions de km³.



19

La couverture neigeuse dans l'ensemble de l'hémisphère nord

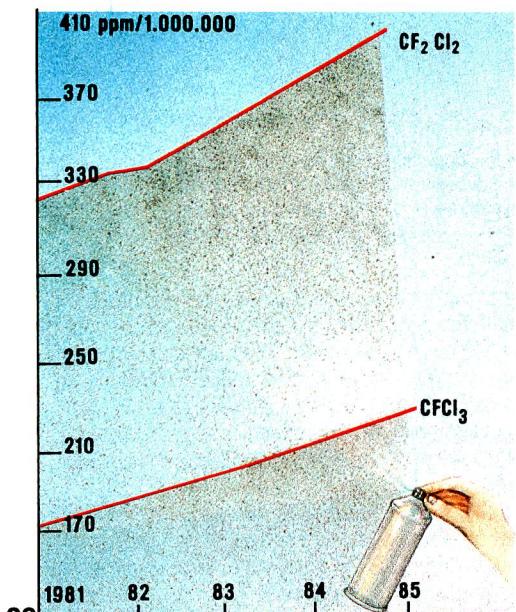
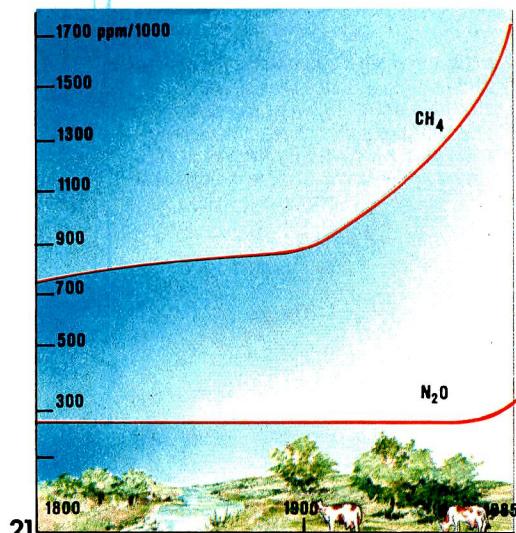
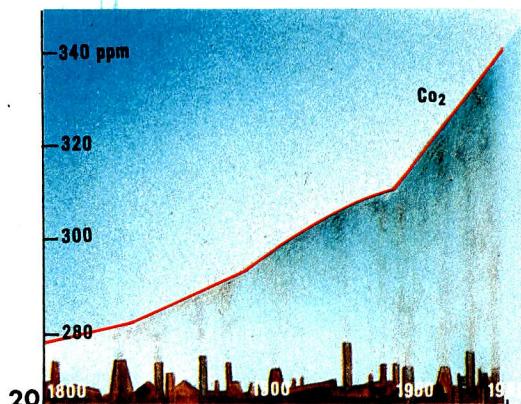
(19), après avoir augmenté entre 1972 et 1980, a de nouveau diminué pour retrouver le niveau de la fin des années 60. Les mesures représentent la moyenne sur les 12 mois de l'année.

est la production volcanique mondiale annuelle, et quelle fut la variation de cette production au cours des 200 dernières années ? Voilà une donnée essentielle qui fait apparemment défaut. Révélons au passage que pour certains climatologues, la variation des températures annuelles depuis un siècle est étroitement corrélée à la production volcanique d'aérosols.

Il faut bien se rendre à l'évidence : nous connaissons trop mal le cycle du carbone pour savoir où vont les milliards de tonnes de carbone que nous rejetons dans l'atmosphère.

L'hypothèse la plus vraisemblable est qu'ils sont

GAZ À EFFET DE SERRE : LES MESURES FIAIBLES SONT TOUTES RÉCENTES



En deux siècles, la concentration de CO₂ dans l'air est passée de 280 à 342 parts par million, soit 22 % d'augmentation (20). Si l'on compare avec le graphique 12, on constate que cette hausse est inférieure à celle enregistrée entre l'an 1000 et l'an 1150 (32 % d'augmentation). Il est vrai que les mesures se rapportant à l'an 1000 sont moins fiables que les mesures actuelles. Mais les seules mesures absolument fiables remontent à 1958 : les estimations pour la période 1800-1950 sont elles aussi sujettes à caution.

Mesurée dans les bulles de glace de l'Antarctique, la concentration de méthane (en parts par milliard) a doublé en deux siècles (21). Comme pour le CO₂, ce sont les 50 dernières années qui ont connu le rythme le plus élevé.

Egalement mesurée dans les bulles de glace de l'Antarctique, la concentration d'oxyde d'azote (21) augmente légèrement à partir de 1950.

La mesure directe de la teneur de l'atmosphère en chlorocarbones (en parts par trillion, c'est-à-dire par milliard de milliard) témoigne d'une augmentation de 5 à 8 % par an dans les années récentes (22). C'est aux chlorocarbones que certains attribuent le soudain déficit d'ozone découvert au-dessus de l'Antarctique. Les chlorocarbones sont notamment produits par les vaporiseurs (sprays) et les liquides réfrigérants.

en grande partie tranquillement absorbés par cette énorme poubelle à carbone que sont les océans. Pour en donner une idée, l'absorption de carbone par la surface des eaux est évaluée à plus de 100 milliards de tonnes par an. Selon certains auteurs, il faudrait même beaucoup réévaluer cette estimation...

Et l'on finit par se poser la question ; est-ce que l'augmentation récente de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère est due à l'activité humaine, ou à tout autre chose ? Les augures de l'été carbonique disent que la Terre n'a jamais connu d'augmentation aussi rapide au cours de son histoire. Mais que sait-on de l'histoire de la Terre à l'échelle d'un siècle ? Pratiquement rien. Les oscillations dans la teneur de l'atmosphère en carbone que l'on enregistre pour les derniers millénaires, a fortiori pour les dernières dizaines, ou centaines de milliers d'années (sans parler des millions), sont des variations qui portent sur de grandes échelles de temps. Rien ne nous dit si à l'intérieur de ces tendances lourdes le taux de CO₂ n'a pas connu des variations rapides.

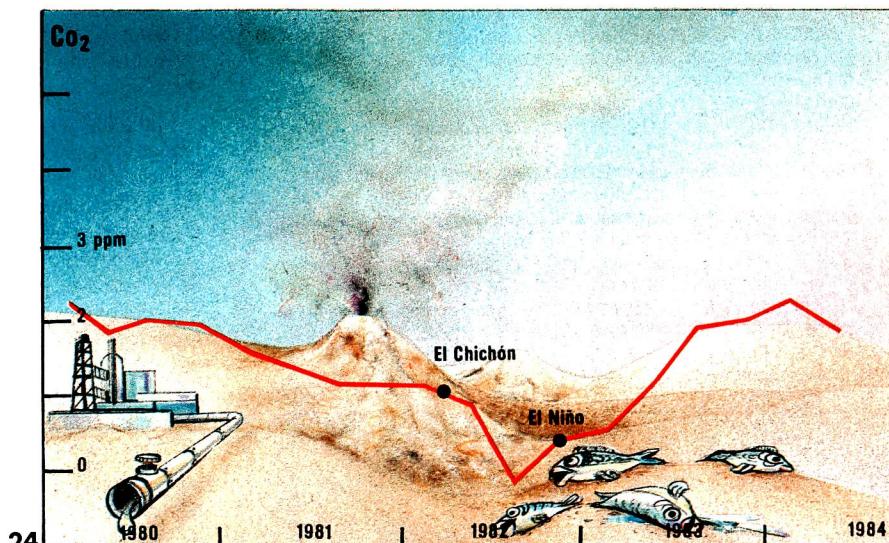
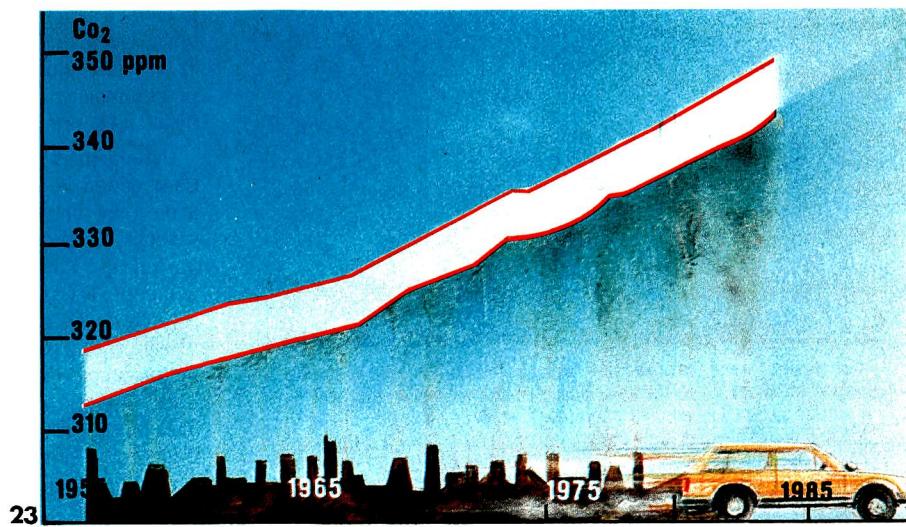
A vrai dire, les données disponibles plaident au contraire en ce sens. On a vu que l'analyse isotopique du carbone contenu dans les anneaux des troncs d'arbre nous donne l'exemple d'une variation très forte à l'époque viking, entre les années 1000 et 1100.

Les mesures faites, non plus dans les troncs d'arbres, mais dans des bulles de glace qui ont conservé intact l'air qui existait au moment de leur formation permettent de supposer que de telles variations se sont produites couramment au cours des 40 000 dernières années (dessin 11). D'autres

mesures réalisées tout récemment par cette méthode permettent même de préciser l'ampleur de ces variations. A l'échelle d'un siècle, vers le milieu du dernier âge glaciaire, entre -30 000 et -40 000 ans, donc au moment où l'*Homo sapiens* faisait son entrée sur la scène, ces variations dépassaient couramment 70 ppm, et atteignaient parfois 100 ppm. Si ces mesures sont exactes, cela voudrait dire qu'il n'y a vraiment pas grand-chose de nouveau sous le soleil.

Revenons-y, au Soleil. N'est-ce pas la source de la quasi-totalité de la chaleur que capte l'atmosphère ? Or il est bien connu que l'énergie que la Terre reçoit du Soleil n'est pas constante. L'insolation terrestre connaît trois cycles de 20 000, 40 000 et 100 000 ans (dessin 26). A ces trois cycles s'en ajoutent deux autres, qui traduisent des variations de l'énergie émise par le Soleil lui-même (11 ans et 22 ans). Il est possible qu'il existe d'autres cycles solaires, de plus longue durée, que les astronomes n'ont pas encore découverts. Il se pourrait également que cette gigantesque machine à fusion thermo-nucléaire ait des sautes d'humeur, des ratés, et que ces bizarries exercent de temps à autre un effet sur le climat de la planète Terre.

Lorsqu'on se contente de tracer la courbe résultant des trois premiers cycles (variations de l'insolation terrestre), on ne peut qu'être frappé par la corrélation qui existe entre les maxima d'insolation et les minima glaciaires... (dessins 26 et 5). Ces corrélations sont si nettes que nombre de climatologues y voient le facteur déterminant du climat. Puisqu'il s'agit de cycles astronomiques, il est

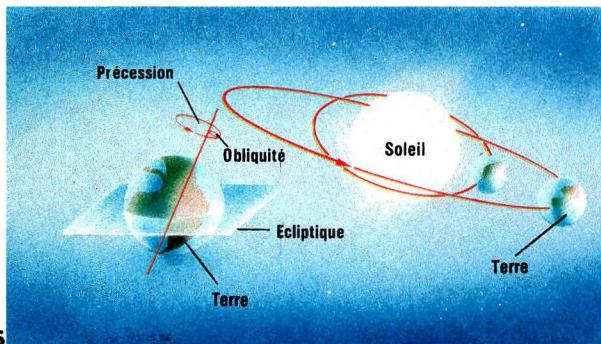


Le CO₂ depuis 10 ans. L'augmentation régulière et rapide relevée à l'observatoire de Mauna Loa (Hawaï) masque des variations significatives du taux de croissance (23). La courbe 24 est construite à partir d'un réseau de 24 stations de mesure. Elle montre une tendance à la diminution du taux de croissance entre 1980 et 1982, qui est même devenu quelque temps négatif, puis une nouvelle tendance à la hausse en 1983. La légère décroissance des émissions de CO₂ industriel intervenue en 1980 en raison de la crise pétrolière, puis l'éruption du volcan El Chichón en avril 1982, puis la violence du phénomène El Niño dans le Pacifique Sud à la fin de 1982 contribuent peut-être à expliquer cette évolution.

aisé d'en prévoir l'évolution au cours des prochains millénaires. Beaucoup plus facile que de prévoir l'évolution du taux de CO₂... La position où nous nous trouvons actuellement par rapport à ces cycles permet de prévoir un léger refroidissement de la Terre au cours des prochains siècles.

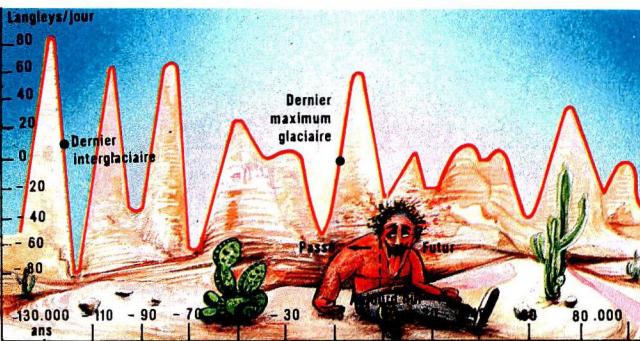
Il faut admettre que ni l'évolution des températures, ni celle du volume des glaces ne contredisent pour l'instant une telle éventualité. Seule la

L'AVENIR DU CLIMAT: CE QU'EN PENSENT LES ASTRONOMES



25

La position de la Terre par rapport au Soleil joue un rôle essentiel dans le climat. La forme de l'ellipse que la Terre suit en tournant autour du Soleil se modifie légèrement, selon un cycle de 100 000 ans environ (25). L'axe de rotation de la Terre n'est pas incliné d'un angle constant : cette obliquité oscille de $\pm 2^\circ$, selon un cycle de 40 000 ans environ. Enfin cet axe décrit un cône autour de la perpendiculaire à l'écliptique : c'est la précession, qui constitue un cycle de 20 000 ans environ. La combinaison de ces trois variations permet de calculer l'évolution de l'insolation de la Terre à une latitude donnée (26). Les corrélations avec les changements de climat sont frappantes. Ainsi, le dernier interglaciaire intervint après le maximum d'insolation enregistré vers - 129 000 ans à 60° de latitude nord (latitude d'Oslo). Le dernier maximum glaciaire se place au lendemain du minimum d'insolation enregistré vers - 26 000 ans. La période chaude actuelle est consécutrice au nouveau maximum d'insolation enregistré vers - 13 000. Mais la corrélation entre insolation et climat n'est pas non plus rigoureuse. Ainsi, la variation qui s'est produite entre - 100 000 et - 5 000 est identique à la variation qui précède l'époque actuelle. Or - 75 000 ne correspond nullement à une période interglaciaire. C'est pourquoi il ne faut pas trop tirer de conclusions pour l'avenir, même si la forte baisse d'insolation intervenue depuis 10 000 ans devrait, d'après la logique astronomique, se traduire par un prochain refroidissement.



26

courbe du gaz carbonique... Mais quelle est sa signification ?

Revenons pour en finir à l'argument qu'évoquait en 1975 l'Académie des sciences américaine en faveur de la thèse d'une prochaine ... glaciation. Ce n'est pas, il est vrai, ce que permet de conclure l'examen de la courbe d'insolation. Mais tout de même, n'est-il pas troublant que les dernières périodes interglaciaires n'aient duré qu'une dizaine de

milliers d'années ? La période interglaciaire que nous vivons ne dure-t-elle pas depuis quelque 12 000 ans ? Alors allons-nous sortir nos cymbales pour annoncer, comme le font certains, l'imminence de la prochaine glaciation ?

Certainement pas. Pour une raison bien simple. C'est que si le dernier interglaciaire semble bien avoir duré entre 10 000 et 15 000 ans, nous ne savons pas mesurer la durée des interglaciaires précédents. Nous ne connaissons même pas leur nombre exact, pendant cette période pourtant très récente de l'histoire de la Terre qu'on appelle le pléistocène (à partir de - 1,8 million d'années). La notion même d'interglaciaire est tout à fait arbitraire : à partir de quelle température moyenne, de quel niveau de la mer, doit-on parler de période glaciaire ou interglaciaire ?

Lorsqu'on mène des recherches sur les problèmes effroyablement complexes que pose la compréhension du climat, la dérive prophétique est tentante. Elle l'est à titre individuel, pour se faire connaître. Elle l'est à titre collectif, pour obtenir des moyens de recherches.

L'inflation quasi exponentielle du nombre des laboratoires travaillant sur le CO₂ ne doit rien au hasard. Elle est née de l'intuition diffuse, vers le milieu des années 70, que le problème du gaz carbonique pouvait servir de clef pour comprendre l'ensemble des problèmes climatiques. Etre capable de prévoir avec précision l'impact d'une augmentation de 100 ppm de CO₂, c'est avoir dévoilé les secrets du climat. Grâce à l'effet de mode entretenu par le militantisme écologiste, le CO₂ est rapidement apparu comme un thème facile à vendre, tant auprès du public que des hommes politiques et des administrations.

Il est donc très naturellement devenu le cheval de bataille de la majorité des laboratoires travaillant de près ou de loin sur le climat. Il en a assuré l'entretien et permis la croissance. Le seul rapport du département américain à l'Energie, dont nous tirons les trois quarts de nos informations, cite en référence pas moins de 2 000 scientifiques, et il en est beaucoup d'autres...

La science a toujours eu ses faux prophètes. Mais que doit-on penser de l'institutionnalisation du phénomène ? Sait-on que les témoins de l'été carbonique sont souvent les mêmes qui se font ailleurs les prophètes de l'hiver nucléaire, ce refroidissement catastrophique qui nous est prédit pour les lendemains d'une guerre mondiale ?

Malgré leurs titres et malgré la reconnaissance dont ils jouissent parmi leurs pairs, certains scientifiques sont surtout des spécialistes de l'exploitation médiatique.

Olivier Postel-Vinay

Dessin G. Delpech

32

Un ouvrier fonde son entreprise, il y a 9 mois. Aujourd'hui, son revenu net mensuel est de 16 500 F

Cherchons 500 Salariés qui veulent devenir indépendants

Créer votre propre entreprise, vous en avez déjà rêvé ? Soyez votre propre patron. N'ayez plus de soucis d'argent, de peur du chômage. Choisissez vos horaires...

Ce n'est pas impossible. Vous pouvez saisir cette opportunité. Nous vous la proposons aujourd'hui même.

Pour cela, il faut vous libérer, faire un choix. N'hésitez pas à remettre en cause votre vie professionnelle. Oubliez les soucis, le patron, les contraintes. Optez pour une activité enrichissante.

Gagner beaucoup d'argent n'est-il pas tout de même un des buts principaux de la vie ?

Avoir une existence aisée signifie également pouvoir s'offrir des choses impensables auparavant : belle voiture, grande maison, nombreuses vacances, loisirs... Bref, changez de statut social !

Vous pouvez si vous le voulez vraiment !

Tout ceci sans travailler comme un forcené. Vous décidez vous-même des horaires et des jours de congés. Vous pouvez consacrer du temps à vos enfants, les voir grandir et également combler votre époux ou votre épouse. Il n'y a pas à dire mais le bonheur ne tient qu'à un fil. Jusqu'à présent vous attendiez l'opportunité, pensant qu'on vous l'amènerait sur un plateau d'argent. Et bien, ça y est, elle est là. Mais cette fois-ci, ne la laissez pas passer. Précipitez vous. Vous ne le regretterez pas.

Faites comme R. Marcel à Fontenay le Marmion, il a créé son entreprise MULTI RENOV (tél : 31.79.51.72). Son témoignage achèvera de vous décider. En 9 mois, il a changé. Il est devenu un autre homme. Incroyable mais vrai, d'ouvrier il est devenu patron.

Ces techniques simples sont à votre portée

L'esprit d'entreprise pour R. Marcel, c'est avant tout un esprit de famille.

Son frère exerçant l'activité de rénovation du vinyl et étain débordé, lui conseille de s'occuper du service "Protection Solaire de Spécial T". Il décide donc de se lancer et abandonne son travail d'usine. Il était depuis 13 ans ouvrier à Moulinex comme régleur sur presse automatique.



« Je gagne presque 3 fois plus. Je ne regrette pas d'avoir quitté l'usine »

Il suit un stage de 2 jours chez Spécial T à Caen. « Au départ je n'étais pas très sûr de moi. Mais j'ai tout de suite vu que c'est un créneau en or. En peu de temps j'étais opérationnel. »

Dans toute activité, il existe une période d'adaptation, pour la protection solaire aussi. Mais très vite, le contact avec les clients devient agréable. En effet, c'est un service que vous leur rendez. Ils font même appel à vos services. Vous en ressortez valorisé.

R. Marcel nous confie : « J'ai de nombreuses lettres de mes clients m'écrivant qu'ils sont satisfaits de mon travail. Ils me recommandent. Cela me permet de décrocher de nouveaux contrats sans effort. Parfois il m'arrive même que mes clients m'invitent à déjeuner tellement ils sont enchantés. La qualité des produits m'aide beaucoup. »

Votre réputation de sérieux et de qualité va très vite. « Quand j'ai fait un ou deux magasins dans un secteur, ça fait boule de neige. » Tous les commerçants ont besoin d'une protection solaire pour leurs vitrines. D'ailleurs R. Marcel opère dans toutes les catégories : « J'ai traité déjà 5 magasins Benetton mais aussi, Pantashop, garage VAG, bijoutiers, coiffeurs, librairies, patissiers etc... Le marché est très étendu. »

Une réussite spectaculaire

Les débouchés ne manquent pas et au niveau des bénéfices, vous allez être surpris. « Je protège en moyenne 120 m² par mois à 300 F le m² environ. Mars fut un excellent mois, il m'est resté 31 000 F tous frais déduits. A Moulinex, je gagnais environ 6 500 F par mois. Depuis 9 mois j'ai multiplié par 3 mes revenus. Je ne regrette vraiment pas. »

Un bénéfice conséquent pour un travail aux horaires aménageables.

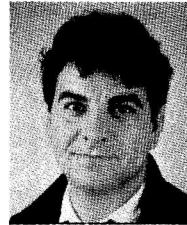
« Mes week-ends commencent le jeudi soir. Je travaille principalement en début de semaine. Quand j'ai besoin d'une journée en semaine pour me détendre avec ma famille, je reporte tous mes R.V. professionnels. »

Voilà un emploi du temps idéal. Vous profitez de la vie en toute liberté et indépendance.

Il n'est jamais trop tard pour commencer

A 35 ans, R. Marcel est tout à fait satisfait d'avoir créé sa propre entreprise de protection solaire. « Il était temps que je réussisse. J'aurais dû me brancher sur la question plus tôt » reconnaît-il.

Il n'est jamais trop tard pour commencer mais vous hésitez. Décidez alors, à l'instant même de gagner de l'argent, d'avoir une vie agréable en choisissant d'être indépendant. D'ailleurs R. Marcel a choisi cette voie pour son fils qu'il a engagé comme salarié à partir du 2 mai. Il a misé sur la sécurité pour son fils. Il avoue : Pour un jeune, il est très difficile de trouver un emploi.



R. Marcel témoigne : ma femme se réjouit parce que maintenant il gagne bien ma vie. Mon travail est intéressant. »

Mon fils n'ayant pas de qualification et de diplôme, j'étais très soucieux pour son avenir. Je suis aujourd'hui soulagé. » De plus, l'arrivée de celui-ci va lui permettre de développer son entreprise. « Je pense m'agrandir et prendre une autre activité pour le jeudi et le vendredi. »

Après 9 mois, R. Marcel résonne déjà en patron et parle extension. Croyez-vous que son précédent emploi le lui permettait ? Certainement pas.

Une affaire pleine d'avenir

La protection solaire est un procédé révolutionnaire et nouveau qui permet de se protéger contre les rayons nocifs du soleil : (rayons ultra violet et infra rouge). Il en résulte une économie importante et une protection fiable. C'est un procédé simple à appliquer, mais extrêmement efficace. Il est déjà beaucoup apprécié des nombreuses entreprises, commerces, administrations... l'utilisant.

Se protéger du soleil est donc une opération intéressante pour tous ceux qui souffrent de la chaleur, qui sont éblouis ou tous ceux qui exposent des marchandises ou denrées périssables dans une vitrine.

Si vous voulez faire comme lui et devenir responsable d'une petite affaire, démarrez sans tarder. Demandez la documentation gratuite sur nos 4 produits d'avenir :

- Réparation et recoloration du vinyl,
- Réparation et recoloration de l'émail et porcelaine
- Traitement solaire
- Traitement anti-graffiti

Cela ne coûte rien de se renseigner. Alors découpez et envoyez le bon ci-joint. Si vous préférez le contact téléphonique, appelez-nous au 31.91.58.88. et demandez Olivier LACOUR. Vous en saurez plus sur votre réussite prochaine.

Faites-le tout de suite. Vous risquez d'oublier et demain il sera trop tard.

Bon pour une documentation gratuite

Envoyez-moi sans engagement aucun de ma part, votre documentation gratuite, sur vos 4 activités lucratives :

- Traitement du VINYL Traitement de l'EMAIL
 Protection SOLAIRE Protection GRAFFITI
NOM
Prénom
Adresse
Code Postal
Ville
SV 42.08.86

A remplir en caractères d'imprimerie et à retourner à :
SOCIÉTÉ D'EXPLOITATION DE SPÉCIALITÉS
B.P. 1032 14020 CAEN Cédex

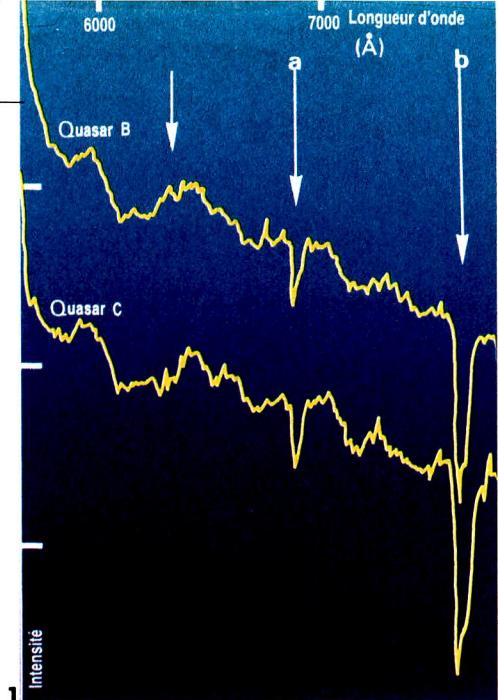
LA GRANDE ILLUSION

Comme certains buveurs invétérés, une équipe d'astronomes crut voir double, là où il n'y avait que deux objets célestes différents et parfaitement normaux. D'où une cascade d'hypothèses qui ne mena à rien.

Tous les étés, les astronomes ont des visions. Il y a deux ans, c'était une équipe américaine qui voyait double le quasar 2016 + 112, à la droite de l'étoile Altaïr de la constellation de l'Aigle ; l'année suivante, ce sont cinq astronomes de Meudon qui ne distinguent qu'un seul et même objet dans les trois quasars répertoriés dans le catalogue Palomar sous le matricule 1115 + 080 (voir *Science & Vie* d'août 85) ; enfin, en mars dernier, une équipe de Princeton aperçoit dans la direction de la vierge, deux images anormalement écartées correspondant à un seul et même objet.

En fait, ces mirages sont conformes aux théories de la relativité générale d'Einstein. Selon ces théories, la lumière peut subir l'influence de la gravité, d'où l'éventualité qu'un astronome, en regardant un astre lointain, ne le voit pas là où il se trouve en réalité, mais à côté. Et cela, tout simplement parce qu'un objet céleste de la catégorie poids lourd s'est mis en travers de sa ligne de visée et dévient les rayons lumineux. Plus déroutant encore : si la masse en question est de faible dimension, l'astronome, même parfaitement sain d'esprit, peut voir sa cible en double ou en triple. En effet, dans ce dernier cas, des faisceaux de rayons lumineux issus de l'astre éloigné peuvent passer de part et d'autre de cette masse génératrice. Au lieu d'un seul astre, l'observateur en verra donc alors deux ou plusieurs. De plus, il les verra plus gros qu'il ne devrait, c'est pourquoi on appelle l'objet céleste défecteur, une "lentille".

Jusqu'à ce jour 5 cas de faux dédoublements et un "détremplément" ont été signalés. Pour trois d'entre eux, les masses responsables ont été égale-



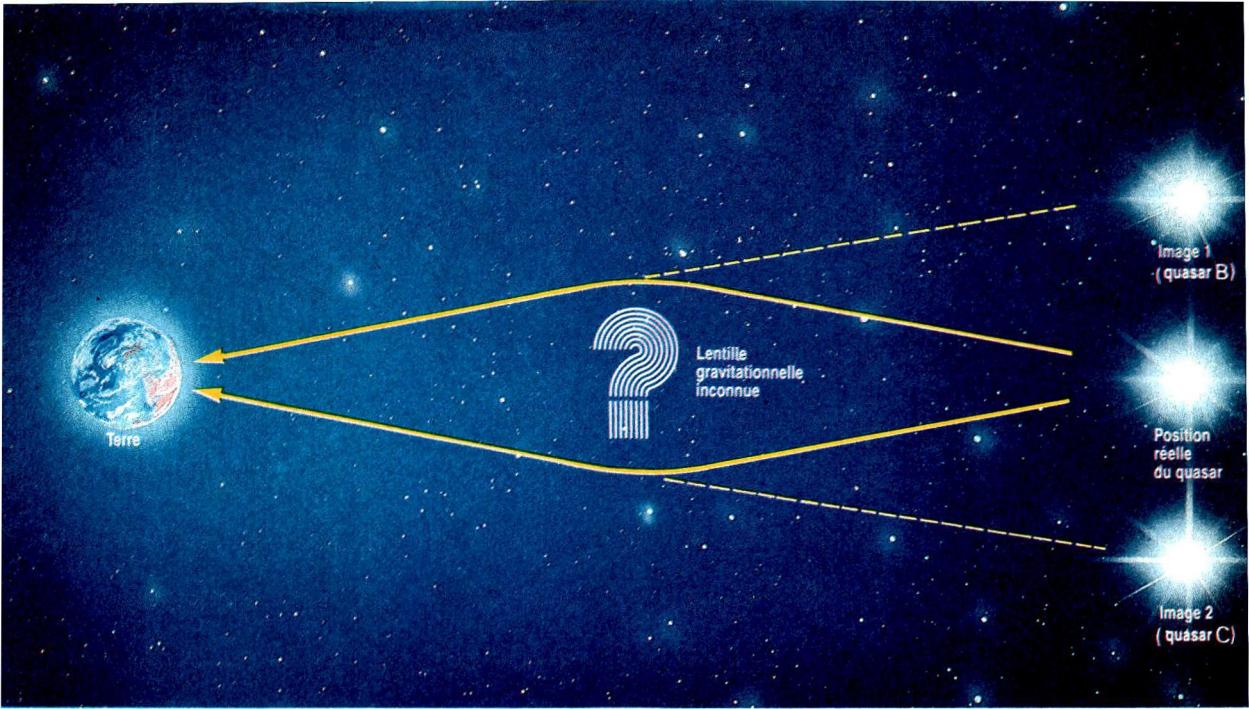
ment retrouvées. Il s'agissait de rien moins que de galaxies. Les mirages gravitationnels devenaient donc une réalité. Lentement, on commençait à s'y faire. En janvier dernier, une équipe américaine en voyait encore un. Elle le signala dans les colonnes de notre honorable confrère britannique *Nature* mais personne n'y prêta vraiment attention : cela faisait partie maintenant de la routine. D'ailleurs, les astronomes envisageaient déjà d'utiliser les lentilles gravitationnelles pour sonder l'Univers.

Rien ne s'opposait, par exemple, à ce qu'elles fassent office de lentilles — et quelles lentilles ! — pour voir encore plus loin qu'avec les télescopes spatiaux et autres instruments minuscules fabriqués par les hommes.

On en était là quand on s'avisa que les lentilles gravitationnelles étaient tout indiquées pour répondre à la grande question actuelle : où se trouve la masse invisible de l'Univers ? Au cours des dernières décennies en effet, les astronomes avaient acquis la quasi-certitude que 90 % de la masse de l'Univers reste invisible.

Connaître la nature et les propriétés de cette masse "obscuré" constituait et constitue toujours un des problèmes cruciaux de l'astronomie moderne (voir *Science & Vie* avril 1986). Or, tout mirage implique, par définition, qu'une masse cachée se trouve dans le coin. En révélant les endroits où elle s'accumule, les lentilles gravitationnelles devaient donc aider à retrouver la masse cachée de l'Univers.

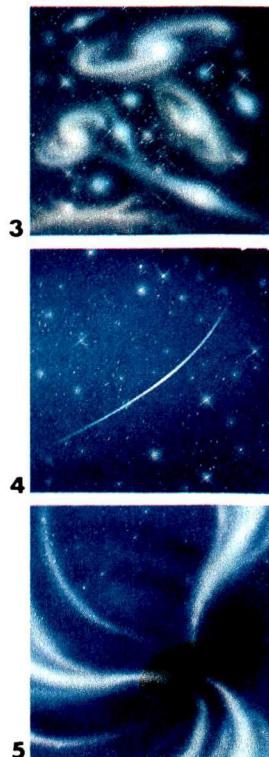
Le mirage observé en mars par l'équipe de Princeton, avait ravivé cet espoir. Enfin, on avait mis le doigt sur quelque chose de sérieux. La masse cachée là devait être énorme. Les deux images du



2

quasar dédoublé étaient séparées de 2,5 minutes d'arc, c'est-à-dire 30 fois plus éloignées l'une de l'autre que toutes celles qui avaient été vues jusque-là. D'après les calculs, l'objet céleste qui courbait de la sorte les rayons lumineux devait peser autant que mille galaxies ordinaires mises côte à côte ! Rien que cela ! Comment une masse pareille aurait-elle pu passer inaperçue jusqu'ici ? Un groupe de mille galaxies ne peut que se manifester d'une façon ou d'une autre, dans le visible, en radio ou à une quelconque longueur d'onde. Les télescopes, antennes radio et autres satellites d'astronomie qui surveillent en permanence le ciel auraient à coup sûr repéré un tel attroupement et l'auraient immédiatement fiché. Or il ne figurait dans aucun catalogue d'astronomie ; c'était pour le moins suspect. Déjà, on parlait d'un gigantesque trou noir qui rongeait l'Univers. Les trous noirs ont toujours bon dos : ils peuvent être plus attractifs que des milliards de soleils tout en étant parfaitement invisibles.

Généralement, un trou noir commence petit. Il s'agit d'un cadavre de grosse étoile, qui se forme lorsque celle-ci, à bout de combustible nucléaire, se laisse aller à ses pulsions intérieures, explode, puis



5

QUASAR DOUBLE : UNE ILLUSION D'OPTIQUE...

Les spectres des deux quasars 1146 + 111 B et 1146 + 111 C, captés en mars dernier par les astrophysiciens de Princeton en lumière visible, entre 4 000 et 8 000 Å de longueur d'onde, se ressemblaient tellement (mêmes maxima et minima d'émission, comme l'illustrent les flèches **a** et **b** sur le graphique 1) qu'on a pensé qu'ils provenaient en fait de deux images d'un seul et même objet céleste. Et si l'on en observait deux, c'était tout simplement parce que les rayons qui nous en parvenaient étaient courbés par un effet de lentille gravitationnelle dû à un gigantesque corps inconnu interposé entre le quasar et la Terre. Ce corps qui nous faisait "voir double" (dessin 2) pouvait être un amas de galaxies (3), une corde cosmique (4) ou un trou noir (5), pensaient les astrophysiciens de Princeton.

s'effondre sur elle-même. Si au moment de l'explosion elle n'arrive pas à se débarrasser suffisamment vite de ses couches extérieures de matière, et que sa masse reste supérieure à 3 masses solaires, aucune force connue dans la nature ne peut s'opposer à sa chute.

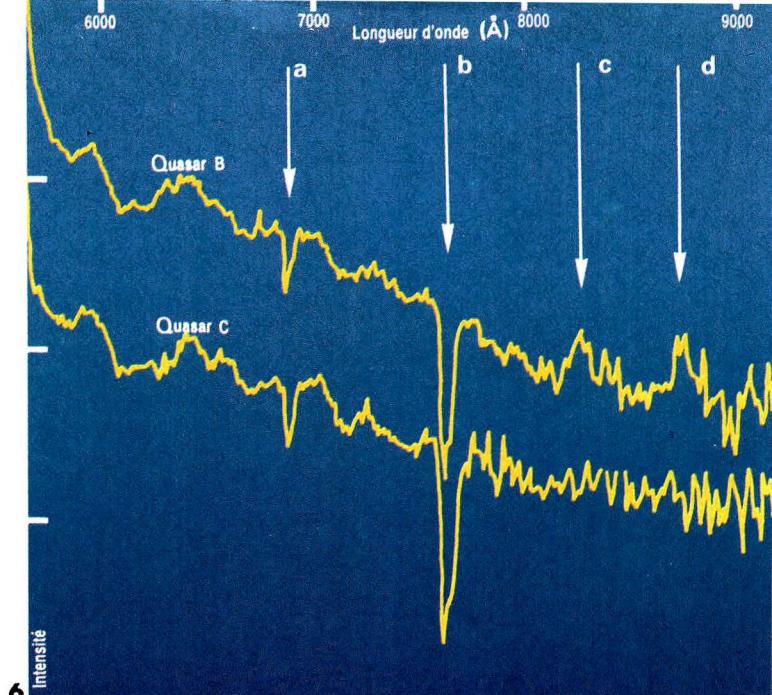
Elle s'effondre et se recroqueville sur elle-même jusqu'à devenir un trou noir. Les théories d'évolutions stellaires actuelles prévoient ainsi la formation d'une grande quantité de trous noirs de 3 à 10 masses solaires. Mais comme un trou noir avale tout ce qui passe à sa portée, étoiles, gaz, poussières, ondes électromagnétiques et jusqu'à sa propre lumière — ce qui

explique qu'il soit noir —, il grossit fatallement. Il peut engloutir une galaxie entière si on lui en laisse le temps.

Si l'Univers continue à s'étendre, comme il le fait actuellement, autrement dit s'il est ouvert (1), d'ici dix milliards de milliards d'années, mais pas avant, les centres de toutes les galaxies et de tous les amas de galaxies se transformeront en gigantesques trous noirs. Toutes les étoiles seront alors éteintes et ces monstres froids domineront le monde.

Il est donc nettement trop tôt aujourd'hui pour qu'un trou noir géant de mille galaxies se soit installé quelque part dans l'Univers. D'où il résulte que le dernier en date des mirages astronomiques ne peut pas être attribué à un trou noir sans qu'il nous faille réviser tout ce que nous croyons savoir sur l'Univers. Alors à quoi l'attribuer ? Des "cordes cosmiques" peut-être ? Cela aurait arrangé de nombreux théoriciens. Les cordes cosmiques sont des sortes de défauts qui se seraient introduits dans la structure cristalline de notre Univers lorsque celui-ci s'est brutalement refroidi, tout de suite après le "big-bang".

Selon les théories cosmologiques actuelles, les fractions de seconde qui suivirent cette grande explosion originelle ont été très mouvementées. Dans un chaos superdense se pressaient toutes sortes de particules, celles que nous connaissons et aussi d'autres très lourdes qu'on n'a jamais vues dans un laboratoire terrestre. Et pour cause. En vertu du principe d'équivalence de la masse et de l'énergie (le fameux $E = mc^2$ d'Einstein), plus une particule est massive, plus il faut d'énergie pour la fabriquer. Or, les particules les plus lourdes qu'on sache créer actuellement dans nos grands accélérateurs



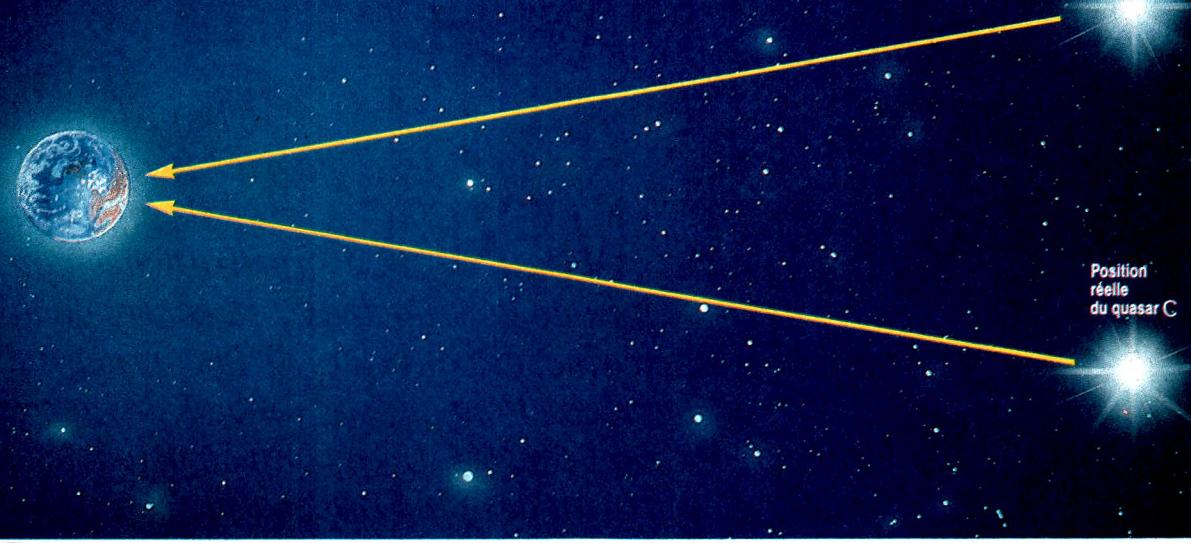
teurs ont des masses de l'ordre de 100 fois celle du proton. Il est peu probable qu'il existe dans l'Univers entier, maintenant très refroidi, des processus capables de fournir les énergies nécessaires à la création de particules beaucoup plus lourdes.

Mais dans la "soupe primordiale" extrêmement dense et chaude, des particules superlourdes ont très certainement été créées. La température était telle que l'énergie des photons du rayonnement suffisait à donner naissance à des paires particules-antiparticules (matière-antimatière) dont certaines devaient avoir des masses des milliards de fois supérieures à celle du proton. Ensuite, l'Univers se refroidissant, les photons n'avaient plus assez d'énergie pour engendrer des paires particules-antiparticules aussi lourdes. Celles qui restaient s'annihilaient sauvagement. Car que fait une particule lorsqu'elle rencontre son double d'antimatière ? Elle disparaît avec lui, les deux ne laissant derrière eux qu'une gerbe de photons.

Si l'on considère que la grande masse des particules superlourdes favorisent de telles rencontres, on comprend qu'elles aient eu le temps de s'entre-détruire en quelques fractions de seconde, et de ne subsister, éventuellement, dans la nature, qu'à l'état de fossiles rarissimes. La théorie du "big-bang" admet ainsi l'existence de particules très lourdes, suffisamment stables pour s'être conservées jusqu'à nos jours. Parmi elles, les monopôles, aimants microscopiques ne possédant qu'un seul pôle magnétique au lieu de deux, ce qui est inconcevable en ce bas monde. On a beau casser un barreau aimanté il ne perd ni son nord, ni son sud.

Cependant, Paul Dirac, un des pères de la mécanique quantique, a prédit dès 1931 l'existence de

(1) A l'heure actuelle personne ne sait si l'Univers est ouvert ou fermé, c'est-à-dire s'il va s'étendre indéfiniment ou si cette phase de dilatation ne va pas être suivie d'une phase d'effondrement total. Cela dépend d'un paramètre que les astronomes ont beaucoup de mal à estimer, à savoir la densité de l'Univers. Si l'Univers contient moins de dix atomes par mètre cube, il est ouvert et son expansion va se poursuivre éternellement. En revanche si sa densité dépasse cette densité critique, il est fermé : la force de gravitation est suffisante pour contrebalancer et, à terme, inverser sa tendance expansionniste actuelle ; l'Univers revient alors sur ses pas et finit sa course dans une gigantesque implosion d'ici quelque quatre-vingt-dix milliards d'années, avant même que les galaxies et les amas de galaxies aient eu le temps de transformer leur cœur en gigantesque trou noir.



7

particules contre nature, ne possédant qu'un seul pôle magnétique. Aujourd'hui, les monopôles font parties de toutes les panoplies de particules jamais encore observées, mais dont les théories de la grande unification font état. Une de ces théories prévoit même l'existence de monopôles supermassifs, pesant 10 millions de milliards de fois la masse du proton. Très coriaces, quelques-uns d'entre eux auraient survécu jusqu'à nos jours.

Selon la même théorie, entre deux monopôles de même signe devraient être tendues des "cordes cosmiques" — nous y voilà —, sorte de monopôles tout en longueur. Partant d'un monopôle, si une corde n'en rencontrait pas d'autre sur sa route, de deux choses l'une : soit elle filerait droit, traversant l'Univers de part en part ; soit elle se replierait sur elle-même pour former une boucle. Beaucoup plus fine que le noyau d'un atome, une corde cosmique serait bien sûr invisible, mais son attraction gravitationnelle serait intense puisqu'elle devrait peser théoriquement plusieurs millions de tonnes au centimètre. Une pelote de cordes de plusieurs années-lumière de longueur, jetée quelque part dans l'Univers, pourrait donc très facilement provoquer des mirages gravitationnels.

L'équipe de Princeton hésitait donc entre trois hypothèses : la lentille gravitationnelle encore invisible, qui écartelait son quasar était soit un amas invisible de galaxies (mais alors, pourquoi invisible ?), soit un trou noir géant, soit des cordes cosmiques. Sa préférence allait fortement à ces dernières. Les théories de la physique des particules qui stipulent l'existence de ces cordes cosmiques sont actuellement en difficulté. Un grand nombre de prévisions qu'elles ont faites ne se sont

... QUI N'EN ÉTAIT PAS UNE

Deux mois après l'équipe de Princeton (voir page précédente), Schaver et Cristiani, de l'Observatoire européen du Chili (ESO), profitant d'un temps très sec propice à la réception, ont pu capter ces spectres plus avant dans le rouge, jusqu'à 9 000 Å. Ils s'aperçoivent alors que ces spectres n'étaient plus du tout identiques ; par exemple, deux raies d'émission caractéristiques de l'hydrogène, H α et H γ (**flèches c et d** sur le **graphique 6**), étaient présentes dans le spectre de B et absentes dans celui de C. Contrairement à l'hypothèse de Princeton, il ne s'agit donc nullement de deux images d'un même quasar, mais bel et bien de deux quasars distincts (**dessin 7**).

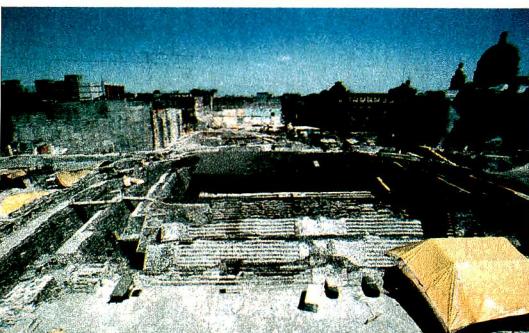
pas avérées. En particulier la mort (la désintégration) naturelle du proton, particule présente dans tous les noyaux atomiques et qui a une durée de vie de 10^{34} années, et qui n'en a rien fait. On a beau passer au crible des tonnes de matière, on n'en a pas vu un seul expirer (10^{30} ans étant une moyenne, il devrait normalement y en avoir qui meurent à tout âge, et donc aussi de nos jours). Les physiciens des particules étaient sur le point de renoncer à leur bel édifice théorique, quand les cordes cosmiques leur sont tombées du ciel. En confirmant une de leur prédictions, elles indiquaient qu'ils étaient dans la bonne voie.

Sur ce, catastrophe ! A l'Observatoire européen austral (ESO) les astronomes Schaver et Cristiani, la tête froide, continuaient à surveiller les deux quasars de Princeton. Dans les nuits du 14 au 16 avril, ils prirent des spectres dont le rapport des intensités n'était pas constant, ce qui indique que ces quasars sont des faux jumeaux, non des vrais... Il ne s'agissait pas d'un mirage, mais bien de deux astres "ordinaires", normalement éloignés l'un de l'autre !

Anna Alter

TEMPLO MAYOR SOUS LES PAVÉS DE MEXICO

Dans la nuit du 21 au 22 février 1978, alors qu'ils creusent une tranchée non loin de la cathédrale, au centre de la capitale mexicaine, des ouvriers de la compagnie d'électricité tombent sur un bloc de pierre curieusement sculpté. D'un coup de pelleteuse, ils viennent d'ouvrir un des plus importants chantiers archéologiques du siècle. Depuis qu'il est en exploitation, les fouilles ne cessent de livrer de nouvelles surprises.



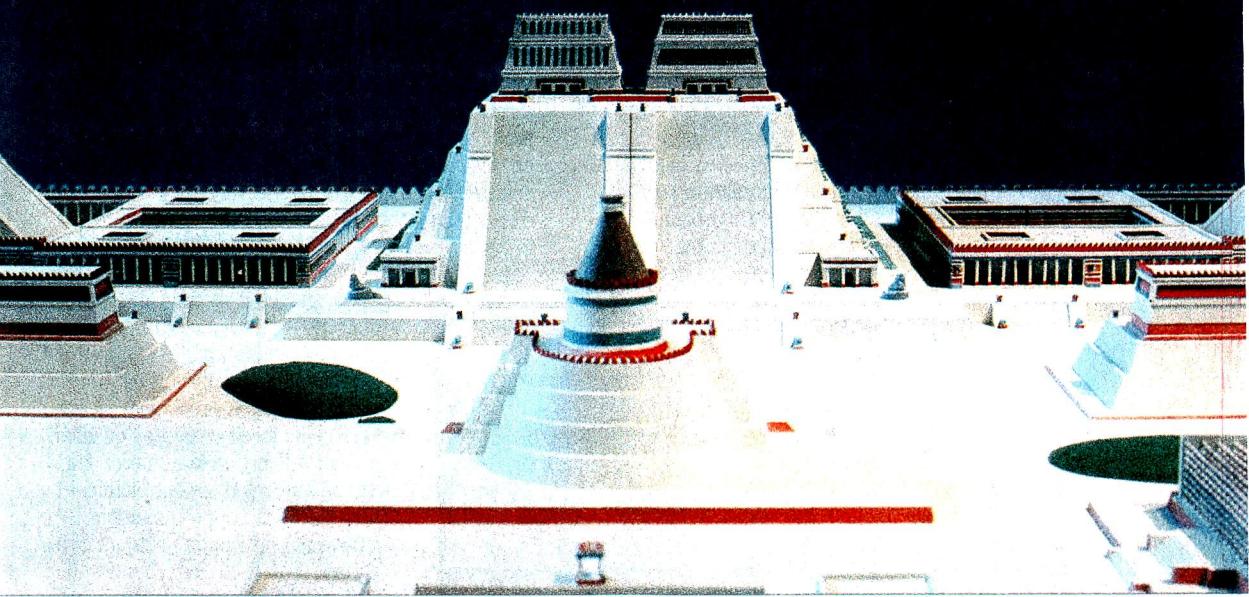
Au cœur de Mexico, le champ de fouilles s'étend sur deux hectares.

Une semaine après cette première trouvaille, qui mobilise instantanément les plus grands spécialistes des civilisations précolombiennes, on parvient à dégager un disque de pierre de plus de 3 m de diamètre. Les experts ne mettent pas longtemps à déchiffrer le symbolisme de cet énorme travail ornemental et sacré : le bas-relief représente le corps décapité et démembré de la déesse lunaire Coyolxauhqui, dépecée par son frère Huitzilopochtli, dieu de la guerre et de la nuit, lors d'un combat singulier sur la colline de Coatepec. Nous sommes en pleine mythologie aztèque.

L'effet de cette découverte est de déclencher sur-le-champ un vaste projet d'excavation, depuis longtemps envisagé, mais toujours repoussé, pour retrouver le lieu saint de ce grand peuple indien : son Templo Mayor, implacablement anéanti, comme tout son patrimoine culturel, par l'envahisseur espagnol en 1524, l'année où Cortès fait pendre Cuauhtémoc, l'"Aigle qui tombe", dernier empereur mexican. Après des mois de combats et de sièges

sanglants, les Espagnols rasent entièrement la ville de Tenochtitlán, à l'emplacement de l'actuel Mexico. Et sur les ruines, ils construisent leur siège colonial. Pendant près d'un demi-millénaire, le grand temple aztèque, autrefois une pyramide géante, n'a été qu'un souvenir historique consigné dans les chroniques des conquérants européens ; seules de rares bribes apparaissaient fortuitement à l'occasion de travaux d'aménagement urbain. On a d'ailleurs considéré longtemps, à tort, que la cathédrale de Mexico occupait la place exacte de l'ancien monument aztèque ; les Espagnols avaient en effet l'habitude de construire leurs églises sur le lieu même des temples précolombiens, à la fois pour effacer les traces infamantes d'une architecture païenne, et par commodité, pour en réutiliser les matériaux.

La scène représentée sur la pierre qu'on venait de déterrre prenait dès lors une signification immense aux yeux des archéologues. Pour apprécier sa portée, il faut se référer à certains grands thèmes de la religion aztèque. Celle-ci était dominée principalement par deux mythes. Le premier relate la pérégrination, au XII^e siècle, d'un peuple parti de la ville semi-légendaire d'Aztlán, le "pays des grues", que l'on situe habituellement dans l'Etat actuel de Jalisco, au nord-ouest de la vallée de Mexico. Les émigrants sont guidés par l'oracle qu'a prononcé, au moment de leur départ en exode, la divinité tribale Huitzilopochtli : leurs malheurs finiront quand ils auront trouvé, dans une île, un aigle



Cette maquette de l'enceinte cérémonielle, conforme aux conclusions des fouilles, a été pourtant réalisée dans les années 70 grâce à des documents datant de l'époque de la conquête espagnole. Au premier plan le temple circulaire consacré à Quetzalcoatl, au fond le Templo Mayor avec ses deux sanctuaires et à gauche l'enceinte des Chevaliers aigles.

perché sur un figuier de barbarie en train de dévorer un serpent. Leur errance durera 200 ans. On date généralement de 1325 leur établissement sur un îlot insalubre à l'ouest de la grande lagune de Texcoco, dans la vallée de Mexico. A l'endroit où ils ont vu l'oiseau annoncé par la prédiction, et en hommage à leur dieu, ils érigent un temple, très certainement l'ancêtre du futur et grandiose *Templo Mayor*.

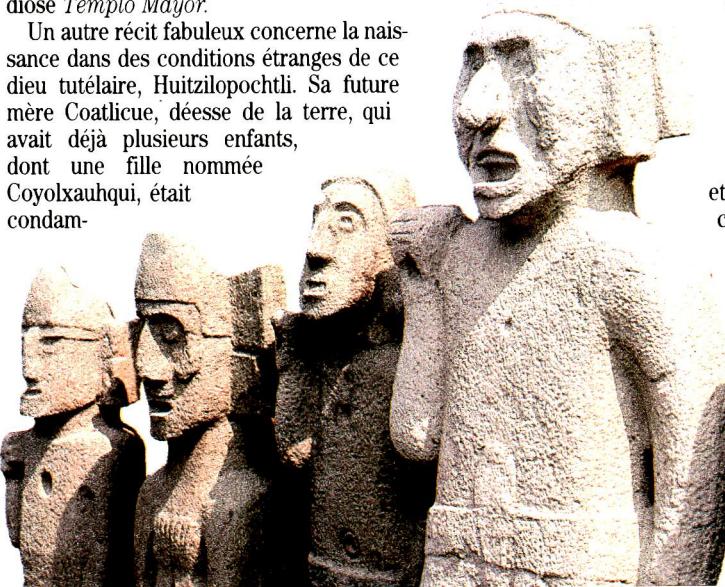
Un autre récit fabuleux concerne la naissance dans des conditions étranges de ce dieu tutélaire, Huitzilopochtli. Sa future mère Coatlicue, déesse de la terre, qui avait déjà plusieurs enfants, dont une fille nommée Coyolxauhqui, était condam-

née à balayer toute sa vie la colline de Coatepec — la "montagne aux serpents". Occupée à cette corvée, elle trouve un jour une curieuse pelote de plumes, qu'elle cache sous sa jupe. Et avant peu, elle se découvre enceinte. Devant le déshonneur de leur mère, Coyolxauhqui et ses frères conviennent de la tuer. A l'instant où ils vont commettre l'acte,

Coatlicue donne naissance à Huitzilopochtli, lequel arrive au monde tout armé comme il sied à un dieu de la guerre.

Il combat sa sœur au sommet du Coatepec, la tue, la met en pièces, et précipite sa dépouille mortelle au pied de la colline.

L'énorme importance historique de la découverte de 1978 s'explique à la lumière de cette antique légende : la pierre où figure Coyolxauhqui devait néces-



Huit statues, datant de l'époque III, adossées au perron du sanctuaire de Huitzilopochtli, au moment de leur découverte.

sairement se trouver au pied du Templo Mayor, la pyramide consacrée à Huitzilopochtli et qui matérialisait la colline de Coatepec, rappelant ainsi les circonstances de la naissance du dieu et celles de la mort de sa sœur. Ces événements étaient d'ailleurs commémorés par les cérémonies de sacrifices humains qui se déroulaient au sommet du temple : les victimes étaient tuées par arrachement du cœur et décapitation, leur corps était jeté du haut du grand escalier de la pyramide à la base de laquelle il finissait disloqué. Ce rituel d'immolation reproduisait en tous points le martyre de Coyolxauhqui.

La pierre sculptée de Mexico constituait donc le premier repère sûr et exact de l'emplacement de l'ancien monument aztèque.

La première phase de recherches a consisté en un travail immense et systématiquement de collationnement de toutes les informations existantes, essentiellement les témoignages historiques de l'époque des conquistadores. Les Espagnols ont eu l'extrême bonne grâce de décrire par le texte et le dessin tout ce qu'ils se sont empressés ensuite de détruire. On a donc aujourd'hui une idée assez précise de la structure du temple, qui était en fait un édifice jumelé comportant deux sanctuaires au sommet, le premier dédié à Huitzilopochtli, le second à Tlaloc, autre divinité très puissante du panthéon mexicain, dieu de la pluie et de la végétation, qui présidait le royaume des noyés, des foudroyés et des victimes d'hydropisie. La documentation recueillie a permis, avant même le début des opérations sur le terrain, de bien organiser les travaux de dégagement et d'orienter correctement les recherches.

La campagne de fouilles s'est déroulée de mars

1980 à novembre 1982, sur environ deux hectares en plein centre ville, entraînant la suppression de deux tronçons de rues et de treize immeubles, dont certains de l'époque coloniale — tardive revanche des Aztèques sur leurs conquérants. L'entreprise a mobilisé en moyenne cent cinquante ouvriers par jour et plusieurs dizaines d'archéologues, sous la direction du professeur Eduardo Matos Mottezuma, qui dirige actuellement le Centre de recherche et d'études supérieures d'anthropologie sociale à Tlalpan. En outre, la présence permanente d'une importante équipe de professionnels de la

restauration et de la conservation des objets et des structures archéologiques a permis de sauver quantité d'éléments extrêmement fragiles — peintures et sculptures sur bois, entre autres. Ces pièces avaient pu être préservées à travers les siècles parce qu'elles étaient à l'abri de la lumière, dans un milieu relativement stable et humide — la nappe phréatique se trouve à 4 ou 5 m de profondeur à peine. Il a fallu les changer de milieu très progressivement, avec force déploiement de moyens techniques.

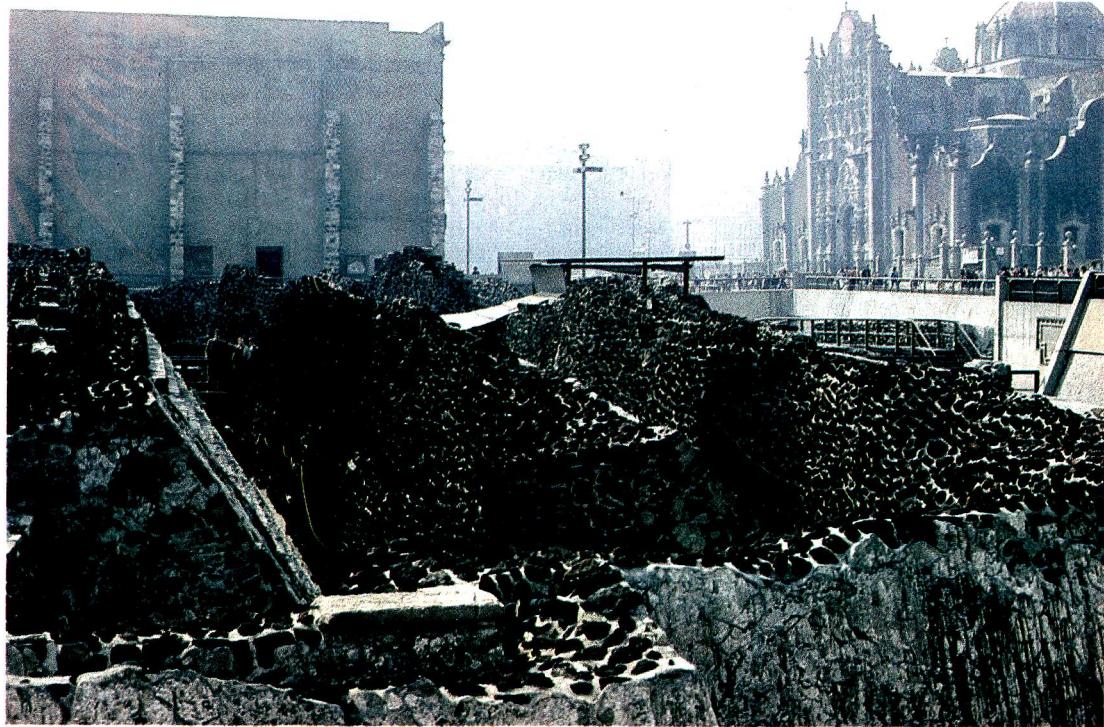
Sans l'intervention des spécialistes, elles auraient très vraisemblablement subi des altérations irréversibles, voire une destruction complète et brutale au moment de leur exposition à l'air ambiant.

Les fouilles ont révélé que la cathédrale de Mexico n'avait pas été bâtie sur l'emplacement même du Templo Mayor, mais quelques mètres plus loin, sur les ruines d'autres temples compris eux aussi dans l'enceinte sacrée, le Teocalli (littéralement, "maison du dieu" en nahuatl, la langue de la littérature aztèque). Les Espagnols ayant intégralement rasé l'édifice, seuls des lambeaux de sol dallé ont été retrouvés. Par contre, on a découvert six étapes de constructions antérieures, correspondant à la coutume de chaque souverain aztèque de construire un nouveau temple sur celui qu'avait érigé le règne précédent. Tous ces temples successifs, dont la façade principale était orientée vers le couchant, répondaient à un plan identique, à savoir une structure pyramidale à quatre degrés superposés, reposant sur une vaste

Dans le sanctuaire dédié à Thaloc, un Chac-Mool, messager divin mi-homme mi-dieu.



Pendant la campagne de fouilles, la restauration du stuc recouvrant la façade principale.



Sur cette vue générale, on distingue trois étapes de la façade principale du temple. Au fond, la cathédrale de Mexico.

plate-forme et comportant deux escaliers monumentaux qui conduisaient respectivement au sanctuaire de Tlaloc et à celui de Huitzilopochtli.

Les archéologues identifient chacune de ces étapes par un chiffre romain. Le temple d'origine — l'étape I —, cité dans les textes légendaires et sans doute édifié en matériaux périssables, n'a laissé aucun vestige. Par contre, l'étape II, une pyramide de dimension modeste avec ses deux sanctuaires au sommet, est remarquablement conservée. La partie dédiée à Tlaloc possède encore des peintures symbolisant l'eau et la pluie. Une sculpture polychrome, face à l'entrée, représente un Chac-Mool, sorte de messager divin, mi-homme, mi-dieu. La partie consacrée à Huitzilopochtli est plus sobre. Pas de traces de peintures, en revanche un glyphe sur la dernière marche de l'escalier d'accès permet de dater cette construction de l'année 1390.

Huit statues à main levée, que les archéologues interprètent comme des porte-étendard, ornaient très probablement la façade du *Templo Mayor* pendant l'étape III, mais furent réunies au cours de la période suivante et replacées sur le perron du sanctuaire de Huitzilopochtli. Certaines sont polychromes, d'autres ont des yeux faits de coquillage et d'obsidienne,

d'autres encore portent des incrustations de pierres vertes sur la poitrine, symbolisant le cœur, ce cœur qu'on arrachait aux victimes propitiatoires.

L'étape IV a sans doute été la phase la plus opulente de toutes ces générations d'architecture sacrée. L'édifice s'est alors enrichi de nombreuses sculptures, notamment de têtes de serpents, qui ornent les quatre côtés de la plate-forme. Sur la façade principale, la terrasse du côté Tlaloc est décorée par deux gigantesques serpents au corps ondulant, dont les têtes énormes conservent quelques traces des couleurs dont elles avaient été décorées. Un petit autel, agrémenté de deux grenouilles jadis peintes en bleu, s'élève dans l'axe de l'escalier menant au sanctuaire. Côté Huitzilopochtli, cinq spendides têtes de serpents se dressent sur la balustrade qui délimite les marches. Le grand disque en pierre, celui qui représente le corps démembré de la déesse Coyolxauhqui, trône au centre de la plate-forme. Des glyphes donnent, pour cette construction, les dates de 1454 et 1466.

Les trois étapes suivantes ne se manifestent que par très peu d'éléments, quelques vestiges de sol dallé, notamment. Mais on a découvert plusieurs temples adjacents, en particulier l'enceinte des

Parmi la multitude d'objets mis au jour lors des fouilles, une urne polychrome en terre cuite.



Chevaliers aigles, un ordre militaire aztèque. Il s'agit d'un ensemble de petites salles, appartenant à l'étape V, et dont les murs sont parcourus par une banquette figurant une frise de guerriers. Un escalier d'accès, paré de deux têtes d'aigle, correspond à l'étape VI.

Outre cette succession de structures, les archéologues ont récupéré plus de 7 000 objets, en grande partie le produit d'offrandes.

La troisième phase du programme a lieu en ce moment même et se poursuivra pendant plusieurs

aztèques et aucun document original d'avant Cortès ne subsiste plus aujourd'hui. Les textes que nous possédons ont été reconstitués *a posteriori* par des missionnaires espagnols, aux XVI^e et XVII^e siècles, aidés de lettrés indigènes qui ont retracé la tradition précolombienne.

Les conclusions du professeur Matos seront publiées prochainement, mais il nous a réservé la primeur de quelques-unes de ses réflexions. Les deux sanctuaires symbolisaient deux collines très importantes dans la religion aztèque. Celui de Tlaloc est la colline de Tonacatepec, la "colline de la nourriture", qui évoque le mythe de la création du maïs, base de l'alimentation des Mexicains. Le sanctuaire de Huitzilopochtli, nous l'avons vu, représente la colline de Coatepec. Ainsi étaient réunis au centre de Tenochtitlán les deux éléments emblématiques principaux de la civilisation aztèque. D'une part la nourriture, d'autre part la guerre, qui satisfaisait aux besoins de plus en plus démesurés du culte en fournissant des prisonniers pour les sacrifices humains, en même temps qu'elle procurait des revenus, sous forme des tributs payés par les vaincus. Les expéditions militaires étaient donc à la fois source de richesse et source d'approvisionnement de victimes pour la propitiation des dieux.

Le Templo Mayor apparaît comme un résumé de la cosmogonie aztèque. Celle-ci comportait trois niveaux. L'univers céleste d'abord, appelé Ometyoca — "lieu de la dualité" —, où se trouvaient le soleil,

la lune, les étoiles et les dieux. Dans le Templo Mayor, il était symbolisé par les sanctuaires de Tlaloc et de Huitzilopochtli. La plate-forme sur laquelle reposait l'édifice correspondait au niveau terrestre. On ne pénétrait dans le troisième niveau, le Mictlán — l'infra-monde ou "lieu des morts" —, qu'après être passé entre deux montagnes ; les deux sanctuaires au sommet du temple évoquent aussi cette image. Par ailleurs, pour accéder au Mictlán, il fallait avoir traversé neuf épreuves. Le professeur Matos émet l'hypothèse que ce chiffre pourrait correspondre aux mois de grossesse chez la femme. Pour les Aztèques, comme pour beaucoup d'autres civilisations, la mort est assimilée à un retour à la terre, mère nourricière des hommes ; le mort doit refaire, en sens inverse, le chemin qu'il a pris pour naître. Sachant les rites meurtriers qui se pratiquaient en haut du Templo Mayor, il n'est pas étonnant que celui-ci symbolisât, entre autres choses, le "lieu des morts".

Enfin aux trois phases de travaux archéologiques, on peut en ajouter une quatrième : l'ouverture du site au public, avec un trajet balisé à travers les ruines, et la construction d'un musée qui recevra les nombreuses pièces sauvées de l'oubli par les chercheurs. Presque 500 ans après sa disparition, le spectre du Templo Mayor revient hanter les descendants des conquistadores et des conquis du Mexique.

Elisende Coladan



La pierre de Coyolxauhqui, premier vestige de la pyramide consacrée à Huitzilopochtli. Sur ce disque de 3 mètres de diamètre, un bas-relief représente la déesse lunaire Coyolxauhqui, sœur de Huitzilopochtli.

années : c'est l'étude et l'interprétation des matériaux et des données recueillis en cinq ans de fouilles. Cinq thèmes de recherche sont actuellement exploités. Il s'agit d'abord de l'étude de quarante-deux squelettes d'enfants vraisemblablement sacrifiés à Tlaloc.

Les chercheurs procèdent aussi à l'analyse stylistique, par des moyens informatiques, d'environ trois cents masques et figures en pierre provenant de Mezcala, dans l'Etat actuel de Guerrero. La présence d'un tel matériel dans le Templo Mayor est historiquement importante, puisqu'elle indiquerait que cette région était contrôlée par les Aztèques.

Paléontologues et biologistes se penchent sur les restes d'animaux sacrificiels. De nombreuses espèces sont représentées : chiens, jaguars, crocodiles, tortues, oiseaux, serpents, poissons (dont certains aux écailles parfaitement intactes), etc.

On tente aussi de comprendre le rôle des différents autres édifices que recèle l'enceinte sacrée.

Le domaine de recherche le plus important concerne indiscutablement la symbolique du Templo Mayor. Le professeur Matos fonde ses principes d'explication essentiellement sur l'analyse des différents textes religieux et mythiques existants, éclairée par les plus récentes découvertes archéologiques. Les conquistadores ont détruit en masse les manuscrits

Nouvelle méthode plus facile, plus efficace

votre première leçon D'ANGLAIS OU D'ALLEMAND GRATUITE

avec cette cassette d'essai
de la méthode réflexe orale



Connaître une langue, ce n'est pas déchiffrer lentement quelques lignes d'un texte écrit. Pour nous, connaître une langue, c'est comprendre instantanément ce qui vous est dit et pouvoir répondre immédiatement.

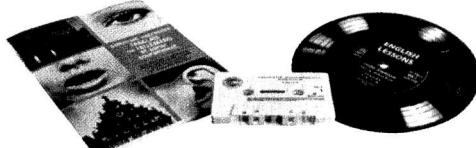
La méthode réflexe-orale a été conçue pour arriver à ce résultat. Non seulement elle vous donne de solides connaissances, mais surtout elle vous amène infailliblement à parler la langue que vous avez choisi d'apprendre. C'est une méthode progressive, qui commence par des leçons très faciles et vous amène peu à peu à un niveau supérieur. Sans avoir jamais quoi que ce soit à apprendre par cœur, vous arriverez à comprendre rapidement la conversation ou la radio, ou encore les journaux, et vous commencerez à penser dans la langue et à parler naturellement. Tous ceux qui l'ont essayée sont du même avis : la méthode réflexe-orale vous amène à parler une langue dans un délai record. Elle convient aussi bien aux débutants qui n'ont jamais étudié une langue qu'à ceux qui, ayant pris un mauvais départ, ressentent la nécessité de rafraîchir leurs connaissances et d'arriver à bien parler. Les résultats sont tels que ceux qui ont suivi cette méthode pendant quelques mois semblent avoir étudié pendant des années ou séjourné longtemps en Angleterre ou en Allemagne.

La méthode réflexe-orale a été conçue spécialement pour être étudiée chez soi. Vous pouvez donc apprendre l'anglais ou l'allemand chez vous à vos heures de liberté, où que vous habitez et quelles que soient vos occupations. En consacrant moins d'une demi-heure par jour à cette étude qui vous passionnera, vous commencerez à vous "débrouiller" dans deux mois et, lorsque vous aurez terminé trois mois plus tard, vous parviendrez à parler couramment avec un accent impeccable, ce qui d'ailleurs a stupéfié des spécialistes de l'enseignement.

Commencez dès que possible à apprendre la langue que vous avez choisie avec la méthode réflexe-orale. Rien ne peut vous rapporter autant avec un si petit effort. Dans le monde d'aujourd'hui, parler une langue est un atout essentiel à votre réussite.

GRATUITS

1 cassette + 1 leçon
+ 1 brochure



Bon à retourner à Centre d'Études Service A14 P
1, avenue Stéphane-Mallarmé 75017 Paris

Envoyez-moi gratuitement et sans engagement votre brochure
"Comment apprendre l'anglais ou l'allemand et parler couramment"
ainsi que :

la cassette d'essai ou le disque d'essai
 Anglais ou Allemand

(Joindre 3 timbres pour frais : pour pays hors Europe joindre
5 coupons-réponse.)

MON NOM
(en majuscules SVP)
MON ADRESSE

Code postal (5 chiffres)

Ville

Célibataires aimeriez-vous changer votre vie ?



Il existe maintenant un moyen sérieux de rencontrer,
à partir d'une véritable étude psychologique, et en
toute liberté, des personnes pouvant répondre à
votre attente et à votre personnalité.

Sur un échantillon de 5000 personnes ayant déclaré s'être connues ainsi (lettres authentifiées par huissier), on a relevé 6 fois plus de mariages réussis que dans la vie courante (1).
Un livre préfacé par Louis Armand de l'Académie française (2), des communications aux grands congrès internationaux de psychologie (3), des centaines d'articles, d'émissions (radio et TV) ont déjà informé public et spécialistes de ces résultats remarquables.

(1) 5,7 fois moins de divorces (étude statistique envoyée sur demande).

(2) "Vers une civilisation du couple", L.M. Jentel (toutes librairies).

(3) Congrès de l'Association Internationale de Psychologie Appliquée (Liège, Montréal, Munich, Edimbourg, Jérusalem).

 **ION International**

Institut de Psychologie fondé en 1950

PARIS - BRUXELLES - GENÈVE

opp

GRATUIT :



Veuillez m'envoyer gratuitement et sans engagement,
sous pli cacheté et neutre, votre brochure de 24 pages en
couleurs « Pour un Couple Nouveau ».

M., Mme, Mlle

Prénom Age

Adresse

■ **ION FRANCE** (SV 16) 94, rue Saint-Lazare, 75009 PARIS -
Tél. : 45.26.70.85 +.

■ **ION MIDI-AQUITAINE** (SVM 16) - 16, rue Nungesser
et Coli - 31300 TOULOUSE - Tél. : 61.59.48.58

■ **ION BELGIQUE** (SVB 16) rue du Marché-aux-Herbes 105,
Boite 21 - 1000 BRUXELLES - Tél. 511.74.30.

■ **ION SUISSE** (SVS 16) 12, rue de la Corraterie
CP 283-1211 GENEVE 11 - Tél. (022) 28.01.7778

LE CERVEAU RÉPARÉ

A une époque où les échanges standard d'organes

tendent à devenir monnaie courante, on peut à bon droit se demander s'il est possible de remplacer un cerveau malade ou vieillissant par un cerveau sain et dans la force de l'âge. On n'en est pas encore là, mais on a déjà réussi à greffer des "pièces de rechange".

Disons-le tout net : on ne peut pas greffer un cerveau comme on greffe un cœur, un rein, ou même un foie. En effet, lorsqu'on remplace un organe par un autre, il faut reconnecter les artères et les veines de la greffe à celles du receveur. Or le système veineux du cerveau est très difficile d'accès, car il s'insinue dans l'épaisseur de l'enveloppe cérébrale. De plus, cette enveloppe envoie des sortes de cloisons entre les hémisphères cérébraux et, à l'arrière, entre le cervelet et le cerveau. Il faudrait donc découper cette enveloppe, ce qui serait particulièrement délicat à cause des vaisseaux qu'elle contient. Mais, surtout, le cerveau est directement relié à la moelle épinière, faite comme lui de cellules et de fibres nerveuses. Et lorsque l'on sectionne (chez l'animal) le point de jonction entre le cerveau et la moelle, on ne peut plus recoller les deux extrémités. Un cerveau de remplacement serait donc définitivement isolé de la moelle.

Or, c'est la moelle qui conduit vers le cerveau les excitations sensitives venues de tout le corps, et c'est encore la moelle qui véhicule les excitations motrices en provenance du cerveau et destinées aux muscles et aux viscères. Dans ces conditions, quel rôle pourrait encore jouer un cerveau coupé de la moelle ?

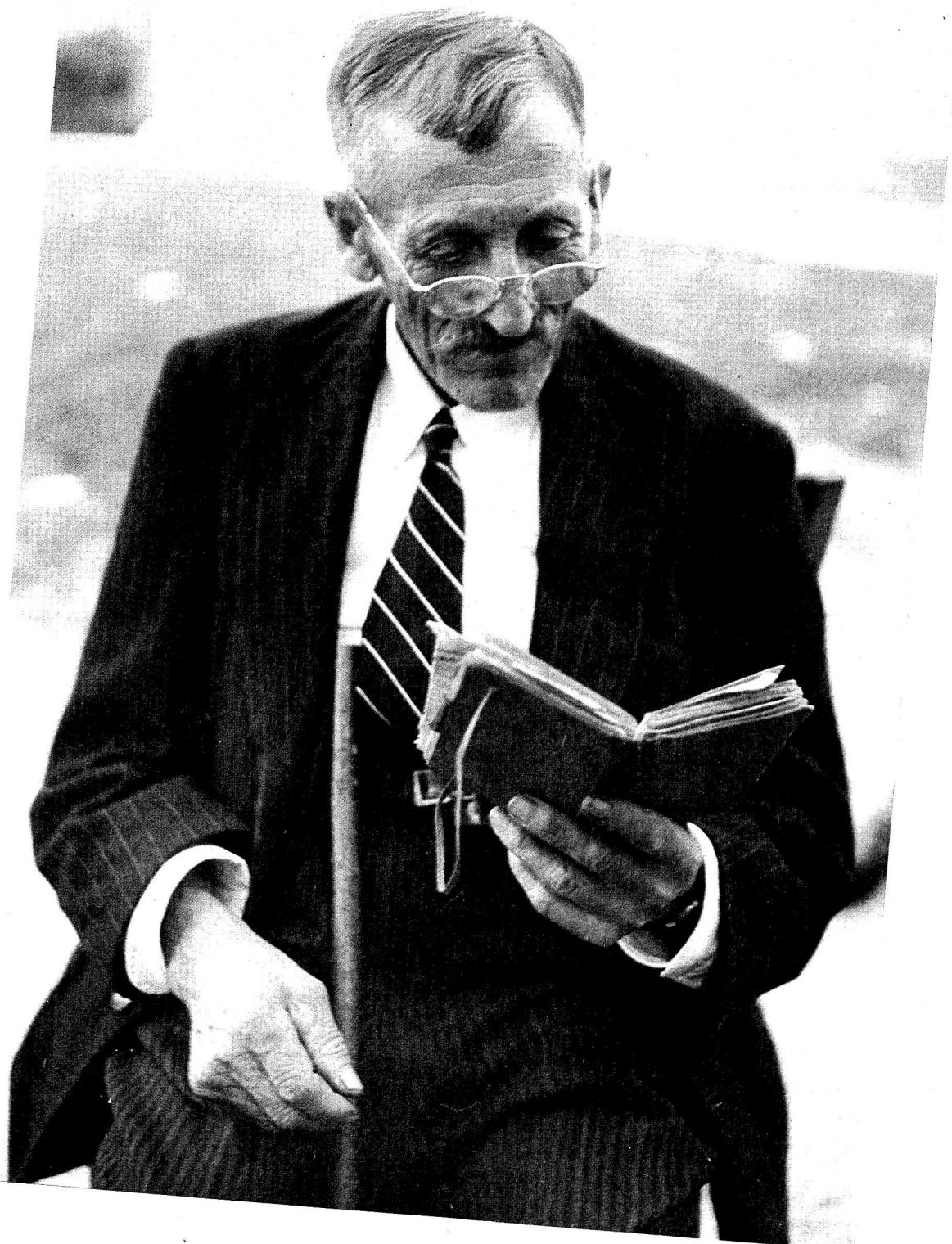
Cela dit, le cerveau est un organe complexe, fait de multiples systèmes. Et il est rare que, même sous l'influence du vieillissement, tous les systèmes déclinent en même temps. Certains, chez l'être humain, peuvent fonctionner parfaitement jusqu'à plus de cent ans. En revanche, ce qu'on ne peut éviter, ce sont les lésions ou les destructions localisées, dues soit à des traumatismes, soit à des

causes pathologiques. Par exemple, la maladie de Parkinson (ou "paralysie agitante") est due à la destruction de petits groupes de neurones situés dans le tronc cérébral et appelés "substance noire". De même, la démence sénile (ou maladie d'Alzheimer) est engendrée par l'altération d'un tout petit noyau de cellules localisées à la base du lobe frontal. Et certaines stérilités sont provoquées par une anomalie encore plus limitée, touchant seulement quelques cellules de l'hypothalamus.

Pour guérir de telles affections, point n'est besoin de remplacer tout le cerveau : il suffirait de changer la portion lésée. Il faudrait donc pouvoir greffer des morceaux de tissu nerveux à l'intérieur du cerveau. C'est précisément ce sur quoi travaillent des chercheurs dans le monde entier.

D'autre part, nous venons de dire qu'une section de la jonction entre la moelle et le cerveau ne se recollait pas. Il en est de même de toute section de la moelle, à n'importe quelle hauteur. Or, des fractures traumatiques de la colonne vertébrale entraînent très souvent de telles sections. Tout ce qui se trouve au-dessous du point de rupture n'est plus en contact avec le cerveau, ne peut plus recevoir d'ordre du cerveau, et donc est paralysé. Là encore, des recherches très actives visent à trouver un moyen de rétablir la continuité.

Toutes ces recherches ont débuté vers la fin des années 50, mais ce n'est que depuis la fin des années 70 que des résultats vraiment encourageants ont commencé à être enregistrés. Ils ont paru tellement extraordinaires qu'en plusieurs occasions la grande presse s'en est emparée, donnant des espoirs fallacieux. Entre la résignation traditionnelle qui consiste à dire : « Le cerveau, ça ne se répare pas », et un optimisme exagéré, il convient



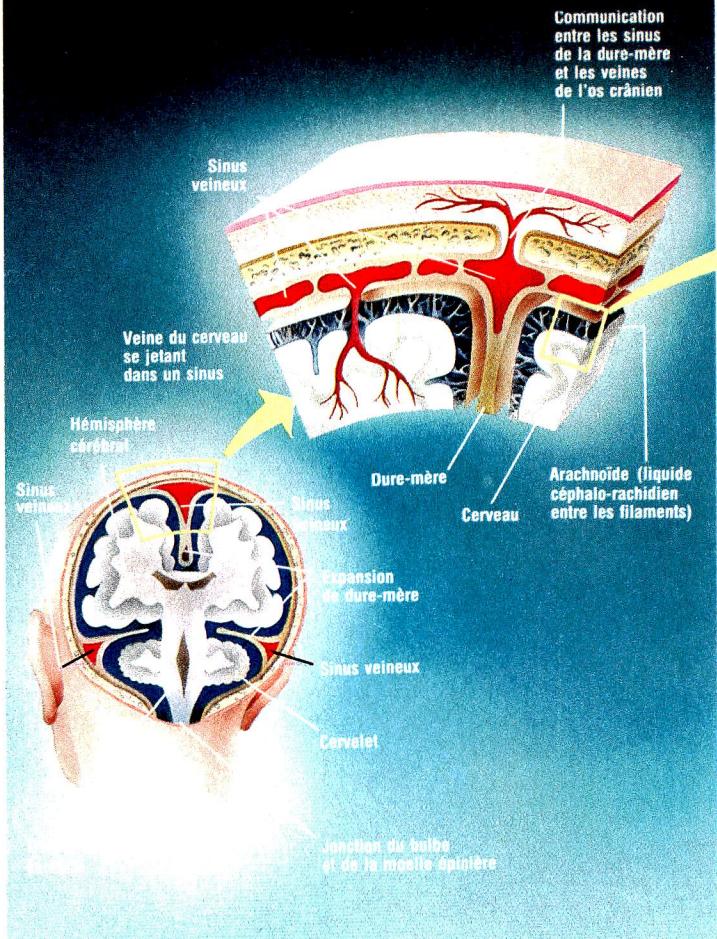
aujourd'hui de faire le point. Un certain nombre de succès ont été obtenus, mais bien des problèmes restent encore sans solution. C'est seulement en connaissant les uns et les autres que l'on pourra se forger une opinion.

Commençons par une constatation. Lorsque l'on sectionne un nerf périphérique (*voir encadré p. 48*), l'extrémité proximale (le bout rattaché au système nerveux central) pousse un prolongement qui va se recoller à l'extrémité distale (l'autre bout). D'autre part, si l'on enlève un petit fragment de nerf périphérique, et si on le remplace par un fragment prélevé sur un autre nerf périphérique, cette greffe "prend", et la continuité du nerf est rétablie. En revanche, si l'on sectionne une voie du système central, les deux morceaux ne se raccordent pas ; et si l'on place un greffon, on a toutes les peines du monde à le faire "prendre". Pourquoi ces différences, alors que les fibres du système central sont, comme celles du système périphérique, composées d'axones en partie myélinisés et en partie amyéliniques ?

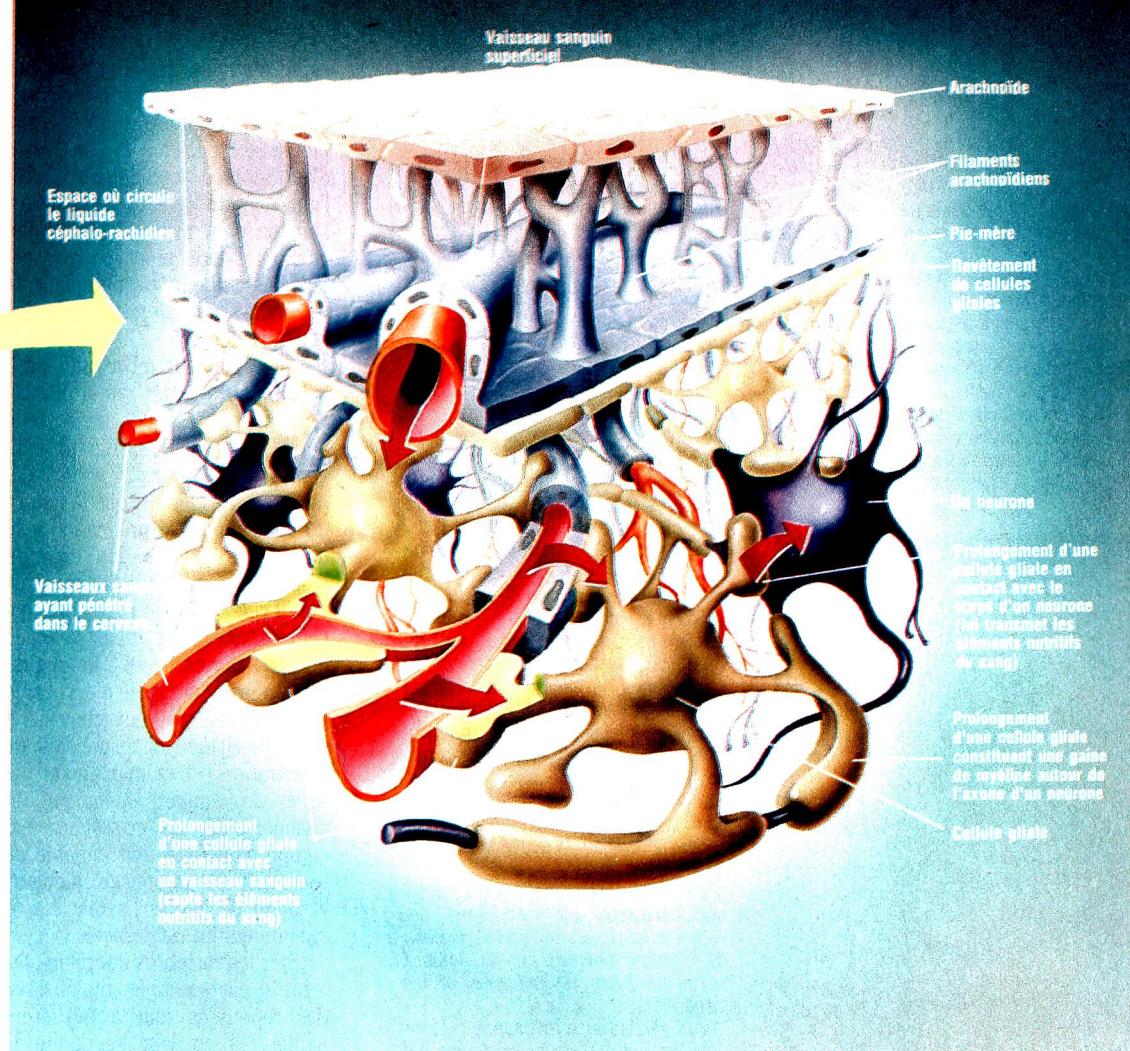
Pour expliquer ces comportements opposés, une bonne méthode consiste à voir comment cela fonctionne dans le système périphérique, et à comparer ensuite avec ce qui se passe dans le système central.

Quand un nerf périphérique est sectionné, son extrémité proximale a tendance à "repousser" spontanément. Certes, cette repousse est limitée, mais elle n'est pas négligeable. Ainsi, après l'amputation d'un membre, il arrive souvent que les nerfs, qui sont forcément sectionnés, repoussent dans le moignon, où, n'ayant plus de destination, ils forment une petite boule, appelée neurinome, extrêmement sensible.

Ce phénomène de repousse n'est pas sans rappeler la façon dont croissent les fibres nerveuses



UN CERVEAU ÇA NE SE GREFFE PAS COMME UN CŒUR OU UN REIN. Dans sa boîte crânienne, le cerveau est enveloppé de trois sacs membranaires. Tout contre la matière grise, il y a la pie-mère. Celle-ci est doublée d'un deuxième sac, plus lâche, l'arachnoïde. Entre ces deux membranes circule le liquide céphalo-rachidien. Enfin, côté os crânien, une membrane fibreuse, la dure-mère. La surface tout entière du cerveau est hérissée de veinules et de veines qui vont se jeter dans les "lacs" sanguins contenus dans la dure-mère. Pour ôter un cerveau tout entier (comme on le fait dans une greffe de cœur ou de rein) de sa boîte, on ne pourrait pas éviter une hémorragie qui viderait tout le sang du corps en quelques minutes. Et même si l'on pouvait pincer les gros vaisseaux amenant le sang au cerveau le temps de l'opération, on n'aurait qu'un organe inutile, puisque les cellules nerveuses s'altèrent après une seule minute de privation de sang.



LA MATIÈRE GRISE N'EST PAS FAITE SEULEMENT DE CELLULES NERVEUSES.
 Elle est constituée de vaisseaux sanguins et de cellules gliales, le tout formant un enchevêtrement dense et inextricable. Après la naissance, les cellules nerveuses ne se reproduisent plus, mais elles pourraient pousser des prolongements nouveaux en cas de lésion. Toutefois, dès qu'il y a lésion, cellules gliales et vaisseaux sanguins se multiplient très rapidement, formant une cicatrice qui fait barrière à la poussée des prolongements nouveaux, et qui a longtemps rendu impossible toute greffe de tissu nerveux. On sait aujourd'hui empêcher la formation de cette barrière et permettre ainsi l'action des substances sécrétées dans le cerveau juste avant cette formation et qui favorisent la repousse.

chez l'embryon. Tout au début de la vie embryonnaire, les tissus et les organes ne sont encore que des ébauches indifférenciées. Le futur système nerveux, entre autres, n'est qu'un simple cordon dont les cellules vont petit à petit se transformer en neurones en émettant des axones qui se faufileront à travers les autres masses embryonnaires jusqu'à ce qu'ils atteignent leur cible, c'est-à-dire le muscle ou le viscère qu'ils devront innérer.

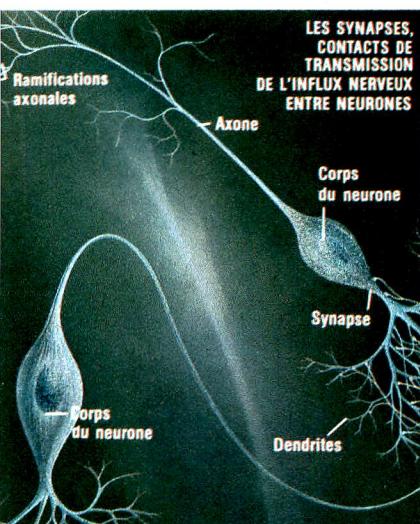
Un grand anatomiste du début de ce siècle, Ramon Y Cajal, avait déjà décrit cette irrésistible poussée des jeunes axones. L'extrémité qui progresse a l'aspect d'un cône (le "cône de croissance"), lequel émet devant lui de courts filaments, longs de quelques dizaines à un ou deux millimètres : les filipodes. Ces filaments, très mobiles, explorent le tissu environnant, tantôt avançant, tantôt reculant, et finissent par s'arrimer à une cellule vers laquelle ils attirent le cône de croissance.

NOS DEUX SYSTÈMES NERVEUX

L'ensemble du système nerveux peut se diviser en deux parties : le système nerveux central (SNC) et le système nerveux périphérique (SNP). Le système central comprend l'encéphale, logé dans la boîte crânienne, et la moelle épinière, formant une sorte de queue appendue à l'encéphale et logée dans le canal rachidien, tout le long de la colonne vertébrale.

Encéphale et moelle sont constitués de cellules nerveuses, ou neurones, et de cellules dites de soutien (mais qui ont beaucoup d'autres fonctions — voir l'article), les cellules gliales.

Chaque neurone est formé d'un



corps cellulaire, avec un noyau, et de prolongements plus ou moins longs et plus ou moins ramifiés. Les prolongements les plus nombreux, les plus courts et les plus ramifiés s'appellent les dendrites ; le prolongement le plus

Mme Le Douarin, du CNRS, a étudié cette progression des axones en formation chez l'embryon de poulet. Elle a observé que la fibre nerveuse procérait par étapes, chaque point de ralliement semblant "marqué" chimiquement par une substance qui attire les filipodes. Quand le cône est arrivé à cette sorte de borne chimique, les filipodes reprennent leur marche en avant à la recherche de la prochaine cellule "marquée", et ainsi de suite jusqu'à ce que l'axone atteigne sa cible, c'est-à-dire le groupe de cellules auquel il est destiné.

Si les filipodes peuvent ainsi s'arrimer à des

long et le moins ramifié se nomme l'axone (dessin ci-dessous).

Les neurones véhiculent l'influx nerveux en se le transmettant les uns aux autres. L'influx est émis par l'axone d'un neurone et, par l'intermédiaire des ramifications de cet axone qui vont contacter les dendrites ou le corps cellulaire d'autres neurones, il passe de la cellule émettrice aux cellules contactées.

Les cellules gliales, elles, occupent les interstices entre les neurones, qui forment l'encéphale, et la moelle épinière ; elles ont des tentacules et des pseudopodes qui viennent s'accrocher aux corps cellulaires des neurones et à leurs prolongements.

Les neurones qui ont une même fonction sont regroupés en noyaux dans la masse cérébrale ou médullaire, ou bien en strates (couches) dans le cortex (la partie périphérique du cerveau). Les axones en provenance de ces groupes de neurones s'associent en faisceaux, lesquels constituent des "voies" nerveuses. Ces voies relient divers noyaux entre eux, ou bien des noyaux avec les couches corticales. Dans de nombreuses voies, les axones sont entourés d'une enveloppe graisseuse, la myéline ; d'autres sont nus et dits "amyéliniques".

Toute une série de noyaux, aussi bien cérébraux que médullaires, envoient leurs axones non pas à l'intérieur du système nerveux central, mais à l'extérieur, vers les muscles et les viscères.

Les axones en provenance du cerveau sortent de la boîte crânienne par des trous situés à la base de celle-ci ; quant aux axones qui viennent de la moelle, ils quittent le canal rachidien par des ouvertures ménagées entre les vertèbres. Ces faisceaux — ou nerfs — qui relient l'axe céphalo-spinal aux différentes parties du corps, constituent le système nerveux périphérique.

cellules étapes, tirant derrière eux le cône de croissance, c'est parce que, sur ces cellules, se trouve une molécule spéciale, la "molécule d'adhésion cellulaire". En l'absence de celle-ci, la progression ne peut pas se faire. Enfin, quand le stade embryonnaire est terminé et que tout est en place, la molécule d'adhésion disparaît des cellules "bornes".

Mais comment tel axone sait-il qu'il doit s'orienter dans telle direction plutôt que dans telle autre ? Mme Le Douarin, après diverses expériences, a pu démontrer que ce n'est pas la nature du neurone qui le prédestine à se diriger vers une région embryonnaire qui sera plus tard une aile, plutôt que vers une région qui deviendra une patte, mais la place que ce neurone occupe le long du cordon primitif appelé à devenir le futur système nerveux central. A partir de chaque place, une voie de pénétration est chimiquement balisée, de manière spécifique, et chaque cône de croissance est équipé d'un récepteur capable de reconnaître ce marquage chimique, et donc de guider l'axone sur le chemin qui lui est réservé.

Chez les vertébrés inférieurs, les lézards par exemple, on observe des repousses tout à fait étonnantes. Si on leur sectionne la queue ou bien une patte, tout se reconstitue, muscles, peau et nerfs. Or, cette repousse générale est sous la dépendance des nerfs : on a découvert en effet que l'extrémité proximale des nerfs sectionnés (celle qui est encore rattachée au corps) décharge des substances chimiques qui activent la multiplication cellulaire — et la repousse du nerf lui-même. Ces substances sécrétées par les fibres nerveuses sont extraordinairement agissantes : ainsi, si l'on sectionne un nerf de la patte arrière d'un lézard, disons le nerf sciatique, et qu'on en abouche l'extrémité proximale à un morceau de peau voisin, on voit repousser une sorte d'appendice mi-patte, mi-queue.

Tous les facteurs chimiques sécrétés par les nerfs sectionnés ne sont pas encore connus. L'un d'entre eux, toutefois, qui existe aussi chez les vertébrés supérieurs, et probablement chez l'homme, a été iden-

tifié comme "facteur de croissance gliale". Lorsque l'on fait une culture de cellules nerveuses et que l'on ajoute de ce facteur au liquide nourricier de la culture, on accélère notablement la croissance des prolongements neuronaux (dendrites et axones).

Chez les vertébrés supérieurs, les rats par exemple, la lésion d'un nerf périphérique entraîne elle aussi la sécrétion de certaines substances chimiques qui, même si elles ne sont pas capables de faire repousser un membre, favorisent grandement la réparation du nerf détérioré. Ainsi, en étudiant les substances exsudées à la suite de l'écrasement du nerf sciatique d'un rat, on a trouvé une molécule habituellement présente dans les cerveaux embryonnaires. En cas de section d'un nerf périphérique, cette protéine, caractérisée par son poids moléculaire de 37 000 daltons (ou 37 kD), apparaît presque immédiatement à l'extrémité proximale, et continue d'être produite pendant environ huit semaines, sa quantité croissant régulièrement au début et diminuant progressivement par la suite. Pendant tout ce temps, le bout proximal s'étire vers l'extrémité distale et, dès que les deux tronçons se sont rejoints, la sécrétion de 37 kD s'arrête.

On a trouvé cette même substance, mais en moindre quantité, dans des lésions du système nerveux central adulte. En outre, à cet endroit, la sécrétion ne dure que quelques jours.

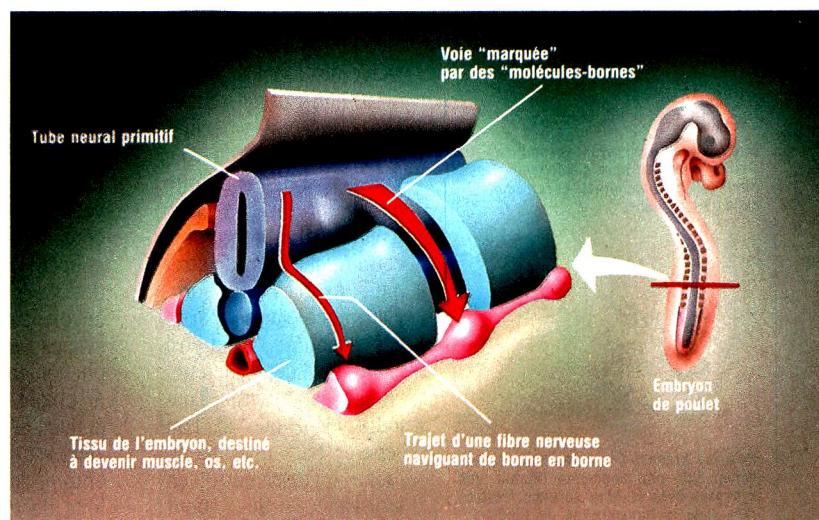
Il existe vraisemblablement d'autres substances qui facilitent la reconstitution des nerfs endommagés ; on les a baptisés "substances permisives", mais on ne les a pas encore identifiées.

Des études plus poussées semblent cependant indiquer que ces sécrétions ne sont pas le fait de l'axone lui-même, mais de cellules particulières qui tissent autour de lui une enveloppe très fine, la *lamina basale*, et qui fabriquent, pour certaines d'entre elles, une substance liquide épaisse, la myéline. Ces cellules, appelées cellules de Schwann, sont anatomiquement connues depuis longtemps, mais on ignorait jusqu'à une date récente leur rôle biochimique fondamental. Elles seraient, selon toute vraisemblance, les principaux artisans de ces substances de croissance et de progression des axones. Une observation, en tout cas, le donne à penser : lorsqu'un nerf est écrasé sans que la gaine de Schwann soit interrompue, la réparation est beaucoup plus

rapide que lorsque le nerf et la gaine sont coupés.

Cela dit, quant un nerf périphérique est sectionné, la repousse du bout proximal ne suffit pas à rétablir la fonction. Il faut encore qu'il vienne se raccorder à l'extrémité distale. Or, chez l'adulte, il n'y a plus de cellules bornes qui balisent la voie. Il faut donc guider la repousse dans la bonne direction.

Des chercheurs américains, allemands et suédois ont mis au point des techniques de raccordement non seulement efficaces, mais fort instructives pour le biologiste. Ils commencent par aménager une sorte de canal conducteur (en silicones) entre les deux extrémités du nerf à reconstituer. Ce manchon, assez lâche, permet aux éléments non neuronaux de s'y faire une place : cellules de

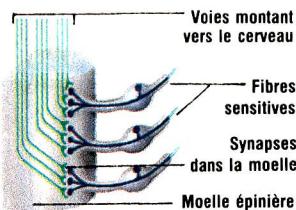


LES NEURONES IGNORENT LE HASARD DES RENCONTRES. Chez l'embryon (ici le poulet), les fibres nerveuses sont produites au niveau du tube neuronal, d'où chacune doit aller trouver à travers tout le corps le tissu auquel elle est destinée. Comment trouve-t-elle son chemin ? Grâce à des molécules spéciales qui se trouvent le long de la route à suivre et qui créent une attirance spécifique pour chaque trajet de chaque neurone particulier. Chez l'adulte, d'une manière analogue, les cellules d'une greffe de tissus nerveux iront établir le contact, dans l'organisme hôte, avec les mêmes fibres nerveuses qu'elles touchaient dans l'organisme d'où le greffon a été prélevé.

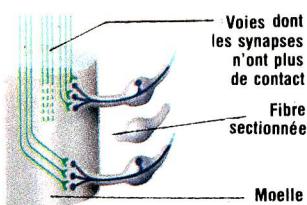
Schwann, cellules conjonctives de soutien, vaisseaux sanguins. Mais la mise en place de ce tube de guidage n'est pas suffisante. En effet, les éléments non neuronaux sécrètent non seulement des substances "permisives" qui favorisent la repousse, mais aussi des inhibiteurs de ces substances, afin de stopper la stimulation quand elle n'est plus nécessaire. Il faut donc, pour que le raccordement soit réussi, maintenir une délicate balance entre les influences stimulatrices et inhibitrices.

Certains chercheurs ont obtenu expérimentalement des résultats encore meilleurs (une repousse

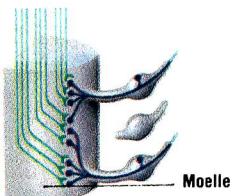
LA PLASTICITÉ SYNAPTIQUE, CÔTÉ ARRIVÉE DE L'INFLUX...



Chez un embryon de poulet, on a sectionné l'axone d'une fibre sensitive amenant l'influx nerveux à une fibre "seconde" qui le transporte vers le cerveau à travers la moelle épinière.



Dans un premier temps, les ramifications de l'axone de la fibre sectionnée et ses ramifications dégénèrent, et la communication est coupée.



Puis les axones, des fibres voisines envoient des prolongements rétablir des synapses avec la fibre seconde, restaurant ainsi la transmission de l'influx.

allant jusqu'à 20 millimètres) en introduisant préalablement dans le tube une substance matricielle adjuvante, faite de protéines collagènes et de polysaccharides, et qui se dégrade au fur et à mesure que le nerf avance. Les chercheurs de l'université de Harvard recommandent chaudemment l'incorporation de laminine dans le milieu de repousse : cette glycoprotéine, présente dans la *lamina basale* sécrétée par les cellules de Schwann, semble être un élément clé de la croissance des axones.

Un autre point a attiré l'attention des chercheurs : il s'agit du rôle joué par l'extrémité distale lors de la section d'un nerf. Il est à peu près certain que cette extrémité exerce une sorte d'attraction sur la partie qui repousse. Peut-être émet-elle des facteurs chimiques attractifs. Toujours est-il que si l'on sépare par une membrane l'extrémité en croissance du bout qu'elle doit rejoindre, la repousse s'arrête.

En résumé, les enseignements à retenir de ces divers travaux sont les suivants :

1° Lorsqu'un nerf du système périphérique est coupé ou lésé, il se met à repousser. Cette croissance doit lui permettre de retrouver sa "cible", c'est-à-dire l'autre extrémité de la fibre coupée, ou

bien le muscle dont il a été séparé.

2° Ce phénomène de repousse obéit à des principes identiques à ceux qui président à la croissance normale pendant la vie embryonnaire.

3° Il y a donc dans le nerf un potentiel de régénération qui se déclenche dès qu'il est lésé, et qui est d'autant plus fort que le nerf est plus jeune.

4° Pour que ce potentiel s'exprime correctement, il faut que l'environnement chimique soit favorable. Or, cet environnement dépend essentiellement des cellules de Schwann, qui, formant une fine gaine autour du nerf, sécrètent contre lui des substances chimiques (la *lamina basale*) dont l'une joue un rôle essentiel dans la croissance de la fibre : la laminine.

5° Enfin, il est probable que la cible (le bout distal ou le muscle) intervient également dans la repousse, en envoyant des messages chimiques "attractifs" qui participent au guidage du nerf en croissance.

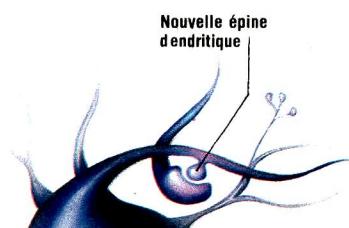
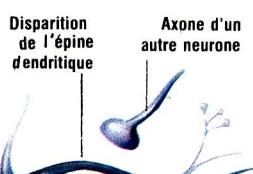
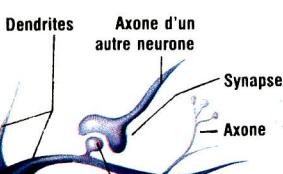
Passons maintenant au système nerveux central. Là, la situation n'est pas aussi désespérée qu'on l'a cru pendant longtemps. Lorsqu'une voie centrale est coupée, les neurones en contact avec elle sont d'abord "dénervés" : ne recevant plus d'influx nerveux, leurs synapses (c'est-à-dire leurs points de contact avec les terminaisons axonales de la fibre coupée) dégénèrent. Cependant, dans certains cas, des voies voisines de celle qui a été sectionnée envoient des branches d'axones qui viennent faire synapse à la place de celles qui ont disparu. Ce phénomène a été mis en évidence sur des embryons de poulet. Chez ces organismes en voie de développement, l'ordonnancement du futur système nerveux est déjà plus qu'ébauché. Les fibres sensitives entrent dans la moelle par des troncs étages tout le long de celle-ci. Là, elles font synapse avec des neurones médullaires, donc des neurones du système nerveux central, lesquels envoient à leur tour leurs axones vers la partie supérieure du cerveau. Lorsque l'on sectionne deux ou trois de ces troncs de fibres sensitives, toute une partie des cellules médullaires se trouvent dénervées. Or, en quelques jours, les troncs situés au-dessus et au-dessous de ceux qui ont été sectionnés émettent

... ET CÔTÉ RÉCEPTION, EST INDISPENSABLE POUR RÉTABLIR LA LIAISON APRÈS UNE LÉSION

Les synapses sont les contacts par lesquels est transmis l'influx, qui passe ainsi de la ramifications axonale d'une fibre nerveuse à une épine dendritique (petit relief) d'une autre fibre nerveuse.

Ces épines dendritiques peuvent disparaître pour différentes raisons, mais elles se reconstruisent un peu plus loin sur le dendrite, même dans un cerveau adulte.

La ramifications axonale peut alors se prolonger jusqu'à rétablir la synapse avec cette nouvelle épine dendritique permettant de nouveau le passage de l'influx nerveux.



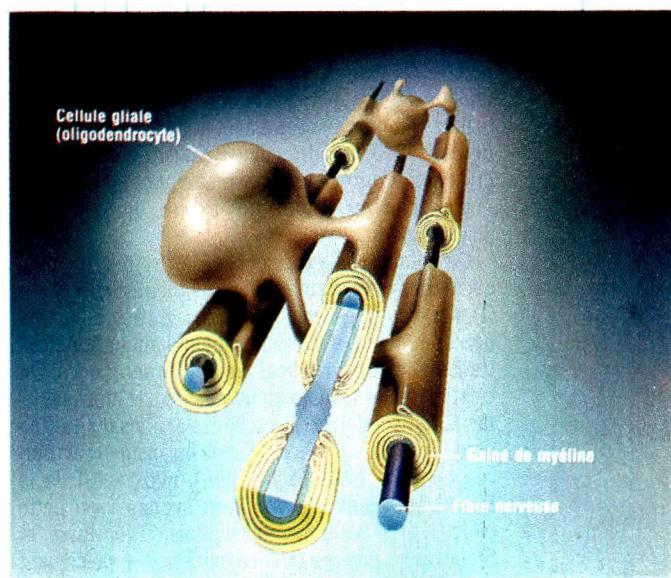
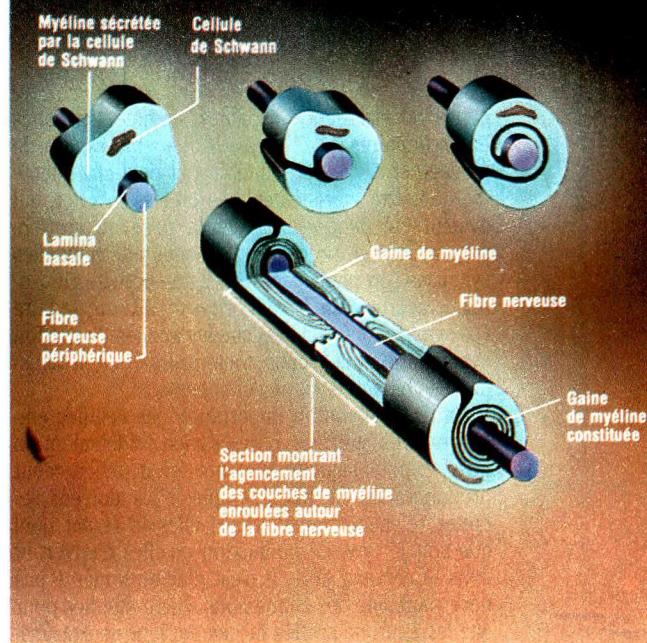
des branches collatérales qui viennent faire synapse avec les cellules dénervées, et celles-ci sont de nouveau aptes à véhiculer les influx nerveux.

Il existe donc une "plasticité synaptique", extrêmement utile pour les récupérations après lésions : des synapses détruites par dénervation peuvent être reconstituées par une nouvelle innervation. Or, cette plasticité, courante chez l'embryon, existe aussi, nous le verrons, dans le système central mature.

Néanmoins, tout ne se passe pas toujours aussi bien à l'intérieur du système nerveux central. Ainsi, lorsque l'on sectionne une voie nerveuse au cœur même du SNC, l'extrémité proximale essaie bien d'émettre un cône de croissance, mais cette tentative avorte rapidement. Pourquoi ? Parce que, d'une part, les cellules nerveuses centrales sécrètent des substances qui bloquent le bourgeonnement axonal, et que, d'autre part, il n'y a pas de facteurs stimulants dans le SNC. Certes, un grand nombre de voies nerveuses centrales sont myélinisées, mais leur myéline n'est pas produite par des cellules de Schwann, car il n'en existe pas dans la SNC. Conséquence : sans cellules de Schwann, il n'y a pas de *lamina basale*, et donc pas de laminine. Or, nous l'avons vu, la laminine est un élément clé de la repousse des axones.

La myéline des voies nerveuses centrales est sécrétée par des cellules gliales particulières, les oligodendrocytes, qui sont loin d'avoir les capacités des cellules de Schwann. Ces dernières, nous l'avons vu, disposées en manchon autour de l'axone, peuvent, en cas de lésion, servir de guide à la repousse de la fibre, et même favoriser cette repousse grâce aux substances chimiques qu'elles sécrètent (en particulier, comme déjà précisé, la laminine). Les oligodendrocytes, eux, sont disséminés un peu au hasard dans le système nerveux et ne forment pas de colonnes qui puissent éventuellement servir de tubes conducteurs. Un seul oligodendrocyte envoie, au contraire, des tentacules productrices de myéline à plusieurs axones.

Ceci étant, ce n'est pas parce qu'il n'y a pas de laminine dans le système nerveux central, que les neurones de ce système n'y sont pas sensibles. On en trouve en effet dans les cerveaux embryonnaires, où elle est sécrétée par certaines cellules de soutien, en vue, semble-t-il, de favoriser la poussée normale des voies nerveuses pendant la formation fœtale. Est-ce à dire que, si l'on reconstitue des conditions biologiques embryonnaires, on peut faire repousser une voie centrale ? Cela a été démontré il y a plus de dix ans, quand on a greffé dans des cerveaux matures de souris et de rats des fragments de cerveaux embryonnaires. Chaque fois, le greffon, non seulement a survécu (il n'y a pas dans le cerveau de système immunologique provoquant le rejet), mais il a envoyé des axones vers des cibles environnantes. Ces axones étaient équipés de



LES FIBRES NERVEUSES INÉGALES DEVANT LA RUPTURE. Dans le système nerveux périphérique, des cellules de Schwann sont situées sur toute la longueur de chaque nerf et sécrètent tout contre lui une couche chimique, la *lamina basale*, et le garent d'un film épais de myéline. *Lamina basale* et *myéline* sont le remède qui permet aux deux bouts d'un nerf sectionné de pousser l'un vers l'autre et de rétablir une continuité. Dans le système nerveux central, il n'y a pas de cellules de Schwann, et ce sont des cellules gliales (les oligodendrocytes) qui se chargent de la myélinisation. Ce qui est doublement désavantageux pour les nerfs de ce système en cas de section : d'une part, chaque cellule gliale peut myéliniser au hasard différentes fibres nerveuses, donc pas de continuité dans le gainage permettant à la fibre nerveuse de progresser ; d'autre part, absence de *lamina basale* dont l'importance a été décrite ci-dessus.

cônes de croissance capables, comme les cônes embryonnaires, de recevoir les messages de guidage envoyés par les cibles, et peut-être même d'en émettre eux-mêmes. Les cibles, en effet, qui avaient été dénervées avant la pose du greffon, paraissaient se préparer à accueillir de nouvelles synapses (on pouvait observer une activité ribosomique accrue dans les dendrites où allaient se faire ces synapses). Enfin, dès que les axones du greffon avaient atteint leur cible, toute production de substances chimiques messagères cessait.

Autre constatation importante : les cellules embryonnaires greffées remplissaient fidèlement la mission pour laquelle elles ont été génétiquement programmées. Si, par exemple, elles doivent sécréter tel neurotransmetteur, elles le feront quel que soit le type de connexion qu'elles trouveront dans le cerveau hôte. Il n'est d'ailleurs même pas nécessaire que des connexions soient établies pour que les neurones greffés fabriquent leur neurotransmetteur personnel. Ainsi, on a greffé dans la chambre antérieure de l'œil d'un rat un petit noyau de neurones spécialisés dans la production d'acétylcholine : totalement isolé dans la cavité oculaire, le greffon n'en a pas moins sécrété son acétylcholine. Mieux, on a greffé côte à côte un noyau de cellules embryonnaires à acétylcholine et un noyau de cellules à noradrénaline : chaque greffon a sécrété son propre neurotransmetteur, et les deux ont envoyé l'un vers l'autre des axones qui ont établi des synapses.

De toutes ces expériences de greffes, on peut aussi tirer un certain nombre de leçons, que voici : ① Les neurones embryonnaires greffés, nous venons de le voir, sécrètent immuablement le neurotransmetteur pour lequel ils sont programmés. Or, c'est ce neurotransmetteur qui décide non seulement de la cible vers laquelle les axones du greffon vont s'orienter (à chaque neurotransmetteur correspond une cible particulière), mais aussi de la façon dont les axones vont faire synapse avec cette cible. Deux chercheurs suédois, Björklund et Stenevi, ont mis ces faits en évidence en pratiquant des greffes sur des souris, près de l'hippocampe.

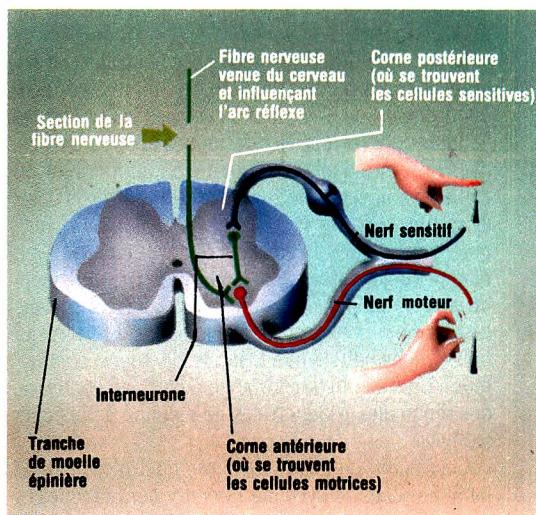
L'hippocampe est une zone du cortex qui dirige des activités instinctives essentielles et qui, à cet effet, reçoit différentes sortes d'informations. Certaines de ces informations arrivent par des voies à acétylcholine ; d'autres par des voies à noradrénaline ; d'autres encore par des voies à sérotonine. Chacune de ces voies fait, avec les neurones de l'hippocampe, un type de synapse spécifique.

Après avoir dénervé l'hippocampe de l'animal, les chercheurs suédois y ont greffé quatre fragments de cerveau embryonnaire : un fragment fabriquant de la noradrénaline, un fragment fabriquant de l'acétylcholine, un fragment fabriquant de la sérotonine et un fragment fabriquant de la dopamine

(neurotransmetteur que l'hippocampe ne reçoit pas). Chacun de ces greffons a envoyé des axones à l'hippocampe : les trois premiers ont réalisé exactement le même type d'association que les voies normales correspondant à leur neurotransmetteur ; le quatrième a été moins dynamique, et ses axones ont emprunté approximativement les voies suivies par les fibres à sérotonine.

② Pour qu'un greffon envoie des axones vers sa cible, il faut que celle-ci soit dénervée. A l'inverse, si la cible potentielle a conservé son innervation, le greffon n'émettra pas d'axones dans sa direction. Il semble donc bien que l'activité ribosomale qui, chez les neurones dénervés, se manifeste au niveau des anciennes synapses — activité que nous avons évoquée plus haut —, soit un signal pour les axones du greffon.

D'autre part, il a été démontré que chaque neurone avait une quantité programmée de synapses. De nouvelles synapses peuvent remplacer des synapses détruites, mais il ne peut pas y avoir de synapses surnuméraires.



③ Les axones d'un greffon embryonnaire sont capables d'atteindre leur cible même par des voies différentes des voies normales. Si, par exemple, on fait une greffe un peu plus loin que le tissu qu'elle doit remplacer, ou même si on l'implante en un tout autre endroit, les axones émis par le greffon parviendront à retrouver leur cible et à faire avec elle les synapses prévues. Un chercheur américain, Steven Mc Cloon, de l'université du Minnesota, a mis en évidence cette aptitude grâce à une expérience de greffe de rétine.

Normalement, lorsque la lumière frappe la rétine, elle y stimule des récepteurs, cônes et bâtonnets, qui

excitent à leur tour des terminaisons nerveuses situées elles aussi dans la membrane rétinienne. Les axones de ces terminaisons forment le nerf optique, qui conduit les messages rétiniens jusqu'à des noyaux cellulaires du système nerveux central, noyaux dont l'ensemble compose le "toit optique". Précision importante : chaque point de la rétine est relié à des cellules spécifiques du "toit optique", cette organisation spatiale des synapses constituant la première étape de la perception de l'espace.

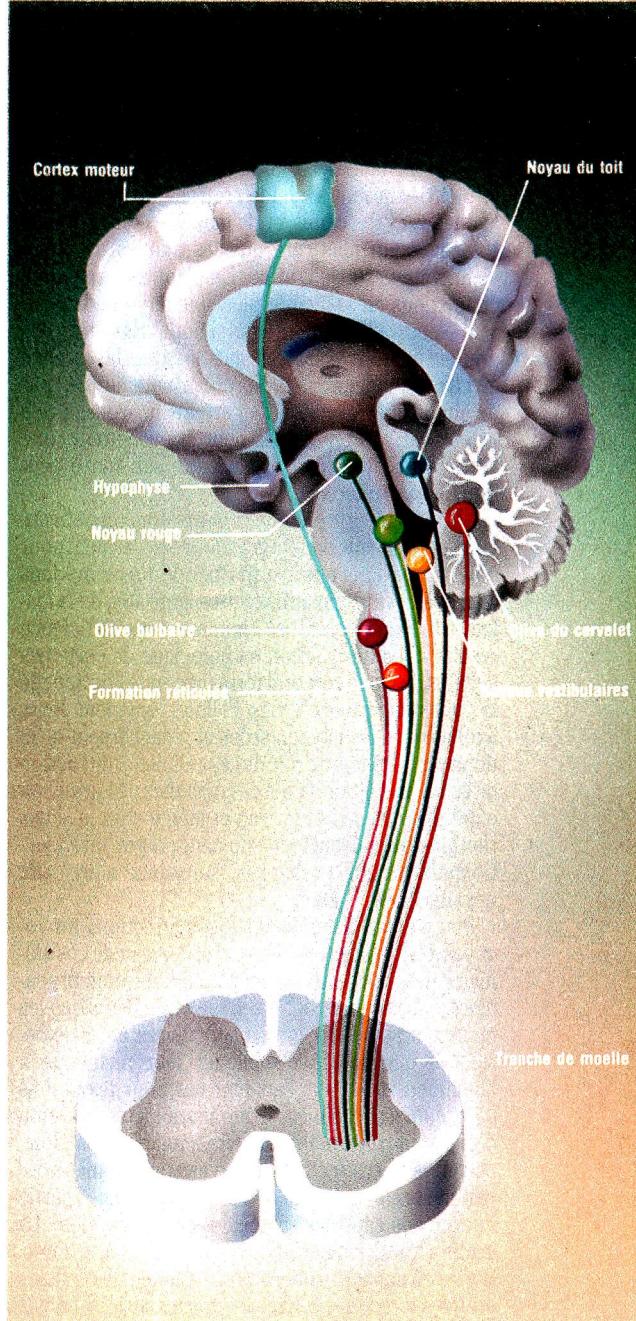
Steven Mc Cloon a greffé directement dans le cerveau mature d'une souris dont il avait auparavant sectionné les nerfs optiques, une rétine embryonnaire. Eh bien, les fibres qui se sont détachées de cette rétine, sont allées rejoindre dans le "toit optique" les positions qui auraient été normalement les leurs si la rétine greffée avait occupé sa place habituelle dans l'œil.

④ Pour qu'un greffon embryonnaire se développe convenablement, il faut que le milieu dans lequel il est implanté soit chimiquement adéquat. En général, lorsque l'on pratique une greffe, on com-

POURQUOI NOUS NE SURSAUTONS PAS À LA MOINDRE BRISE.

L'arc réflexe est constitué par une fibre sensible qui va contacter une fibre motrice. Ce contact s'établit, soit directement, soit le plus souvent par l'intermédiaire d'un interneurone. Ainsi, une sensation (piqûre d'aiguille sur le bout du doigt, par exemple) déclenche par réflexe un mouvement (brusque retrait de la main). Mais si toute sensation entraînait pareille réaction, nous ne serions plus que des automates sursautant à tout bout de champ, à la moindre brise. En fait, l'arc réflexe est continuellement modulé par des influences venant du cerveau : du cortex cérébral (noyau rouge, noyau du toit), de la partie inférieure du tronc cérébral (formations réticulaires, olive bulbaire, noyau vestibulaire), et du cervelet. Les traumatismes de la moelle épinière sont très graves car ils se traduisent, justement, par une section de ces voies de modulation. En greffant des morceaux des noyaux cérébraux mentionnés ci-dessus directement au niveau de la lésion, le Dr Privat, de l'université de Montpellier, tente de redonner aux voies sectionnées une activité fonctionnelle.

mence par creuser une petite cavité dans le cerveau hôte, afin d'y insérer le greffon. Celui-ci, une foisposé, ne "prend" qu'au bout de huit à dix jours. Que se passe-t-il pendant ce laps de temps ? L'observation a montré qu'il se produisait une intense révascularisation du lit de la cavité, ainsi qu'une abondante sécrétion de substances variées. On a eu l'idée de recueillir le liquide ainsi sécrété et de le mélanger au liquide nourricier d'une culture de neurones : on a constaté une croissance accélérée des prolongements (dendrites et axones) de ces neurones. On a alors injecté ce même liquide dans le cerveau, dans la cavité où l'on venait de placer un



greffon : celui-ci a "pris" immédiatement.

L'étude des composants de ce liquide fait actuellement l'objet de nombreux travaux. On y aurait déjà trouvé de la laminine (fabriquée par les cellules gliales du greffon?), des gangliosides et diverses substances exsudées par la blessure du cerveau.

On peut donc d'ores et déjà conclure qu'il est possible de faire "prendre" des greffes de tissu nerveux embryonnaire dans des cerveaux matures. Mais la fonction est-elle pour autant restituée ? Pour cela, il est nécessaire que des connexions normales se rétablissent entre le greffon et l'hôte, et

que des échanges réciproques de neurotransmetteurs s'organisent. Or, si le greffon envoie bien des axones vers ses cibles, et de manière convenable, il est beaucoup plus rare que les axones de l'hôte viennent investir le greffon. En d'autres termes, les connexions ne se font le plus souvent que dans un seul sens : du greffon vers l'hôte. Résultat : les greffes ne sont efficaces que lorsque la carence qu'elles suppléent est d'ordre chimique. Si, par exemple, la destruction de certains neurones prive le cerveau de tel ou tel neurotransmetteur, une greffe de cellules produisant cette substance peut remédier à la carence.

Les premières greffes de ce genre dont on ait beaucoup parlé, même dans la grande presse, avaient pour objectif de pallier une insuffisance de dopamine dans les noyaux striés, insuffisance responsable de la maladie de Parkinson. Chez l'homme, cette déficience résulte de la destruction pathologique de certaines cellules du tronc cérébral formant ce que l'on appelle la "substance noire". Ces cellules envoient leurs axones dans les noyaux striés et y déchargent de la dopamine. Preuve du rôle de ces cellules et de l'action de la dopamine : on a créé des maladies de Parkinson expérimentales chez le rat, et même chez le singe, rien qu'en détruisant leur "substance noire" ou en sectionnant les voies reliant la "substance noire" aux noyaux striés.

Pour tenter de remédier à ces affections provoquées, on a ensuite greffé dans le cerveau de ces animaux des morceaux de substance noire embryonnaire. Les résultats ont été si encourageants que les chercheurs suédois qui se sont livrés à ces expériences ont décidé d'appliquer leur technique à l'homme. Ou plutôt de l'adapter, car, pour des raisons bien compréhensibles, il ne saurait être question d'utiliser du tissu embryonnaire humain. Ils ont donc entrepris de greffer dans le cerveau des cellules à dopamine prélevées dans la médullo-surrénale (partie interne des capsules surrénales) du sujet opéré. La greffe a "pris", mais son activité a été de courte durée. Il n'y a eu aucune prolifération d'axones ; les cellules greffées directement dans les noyaux striés y ont sécrété pendant quelque temps de la dopamine, puis se sont arrêtées. Explication probable : il ne s'agissait pas de cellules embryonnaires !

D'autres expériences de greffes ont porté sur les mécanismes de la fécondité et de la stérilité. Normalement, chez les mammifères femelles (et chez la femme), le cycle ovarien est sous la dépendance d'une interaction entre une hormone fabriquée par l'hypothalamus, la GnRH (la gonado-relâchante-hormone, qui est un facteur stimulant, c'est-à-dire une hormone destinée à favoriser la sécrétion d'autres hormones), et deux hormones fabriquées par l'hypophyse sous l'influence de la GnRH : la folliculo-stimuline hypophysaire (FSH) et la lutéostimuline hypophysaire (LH). Ces deux dernières

hormones stimulent à leur tour l'ovaire — dont la réponse hormonale module, par une action en retour, le jeu entre l'hypothalamus et l'hypophyse. Chez les mammifères mâles (et chez l'homme), la GnRH règle la maturation et le bon fonctionnement des testicules en tant que glandes productrices d'une hormone mâle, la testostérone, et de spermatozoïdes.

Or, il existe une maladie, due à un défaut génétique, qui se traduit par une atrophie des cellules hypothalamiques productrices de GnRH. Ces cellules forment un noyau au milieu du cerveau, dans une zone appelée l'"aire pré-optique" (APO). Elles envoient des axones vers un renflement situé à la base du troisième ventricule, là où s'attache la tige qui relie l'hypophyse à la base du cerveau. A cet endroit, les axones sont en contact avec des vaisseaux sanguins dans lesquels ils déchargent leur GnRH. Ces vaisseaux vont directement au lobe antérieur de l'hypophyse, où ils délivrent l'hormone. Les cellules hypophysaires, ainsi stimulées, se mettent à leur tour à travailler.

A l'université de Columbia, dans l'Etat de New York, le Dr Dorothy Krieger et son équipe ont créé une souche de souris mutantes privées de ce noyau à GnRH. Chez ces animaux, les mâles ont des organes reproducteurs qui ne parviennent pas à maturité (les testicules ne descendent pas à la puberté), et les femelles n'ont pas de sécrétion de FSH ni de LH. A ces souris, les chercheurs américains ont greffé des morceaux d'APO (aire pré-optique) prélevés sur des embryons : chez les mâles, les testicules sont descendus et, chez les femelles, l'hypophyse s'est mise à sécréter des hormones gonadiques, mais en quantité inférieure à la normale.

Plus récemment, une collaboratrice du Dr Krieger, Mary Gibson, s'est intéressée, elle aussi, au cas de ces souris mutantes femelles. Elle leur a injecté dans la cavité du troisième ventricule des fragments d'APO embryonnaire : les souris ont ouvert leur vagin (celui-ci est fermé chez les souris impubères ou chez celles qui, faute de GnRH, n'atteignent pas la maturité sexuelle), mais, curieusement, elles ne semblaient pas avoir d'ovulation. Mary Gibson a néanmoins mis ces femelles avec des mâles : la plupart se sont accouplées dès la première nuit, les autres l'ont fait au cours des nuits suivantes. Elles ont été fécondées et ont mis bas des portées normales (1).

Une fois délivrées, les souris greffées ont été sacrifiées, et leur cerveau a été examiné. Le greffon n'était pas resté dans le troisième ventricule, mais était allé se fixer à l'avant, dans la région de l'aire pré-optique, d'où il avait envoyé des axones vers la

(1) La souris normale a en principe une ovulation spontanée cyclique. Mais, dans certaines circonstances traduisant, elle n'ovule plus spontanément. Elle peut toutefois faire une ovulation réflexe déclenchée par le coït. C'est ce qui s'est passé avec les souris mutantes greffées.

base de la tige de l'hypophyse, comme le font normalement les cellules hypothalamiques à GnRH.

D'autres chercheurs se sont intéressés à une forme différente d'insuffisance hypothalamique. Il y a dans l'hypothalamus un noyau de grosses cellules, le noyau supra-optique (NSO), qui fabrique de la vasopressine (VP). Les axones de ces cellules vont directement dans le lobe postérieur de l'hypothuse, où ils s'abouchent à des vaisseaux sanguins. Ils y déchargent leur VP, qui est ensuite emportée dans tout l'organisme. La vasopressine est l'hormone antidiurétique par excellence ; c'est elle qui règle la balance hydrique de l'organisme. Quand elle fait défaut, le sujet, homme ou animal, perd toute son eau dans des urines surabondantes, et doit boire sans arrêt pour compenser cette déperdition. On appelle cela le diabète insipide (par opposition au diabète sucré, caractérisé par la présence de sucre dans le sang et dans les urines).

Or, il existe un défaut génétique qui se manifeste par une absence de noyau supra-optique ou par un dysfonctionnement des cellules à vasopressine. Il y a un certain temps déjà, on avait même créé, à des fins expérimentales, une souche de souris mutantes privées de NSO : les souris "Brattleboro". Deux chercheurs, Gash et Sladek, ont eu l'idée d'injecter dans le troisième ventricule de ces souris un morceau d'hypothalamus embryonnaire prélevé dans la région du NSO. Quelques jours plus tard, elles n'étaient plus obligées de boire quotidiennement dix fois leur poids en eau : leur balance hydrique était rétablie.

Une autre expérience a été réalisée en Suède, au Karolinska Institute, par le Pr Olaf Backlund et son équipe. Elle est particulièrement intéressante parce qu'elle récapitule en quelque sorte tout ce que nous avons dit jusqu'ici sur la fabrication de neurotransmetteur par le greffon et sur le rôle de ce neurotransmetteur dans le choix de la cible. L'expérience en question a été pratiquée sur des hippocampes de rats. Cette partie du cerveau, nous l'avons dit plus haut, intervient de façon déterminante dans tout ce qui concerne la vie instinctivo-émotionnelle, ainsi que dans le fonctionnement de la mémoire. Elle est donc une zone privilégiée pour le chercheur, car les divers types de lésions qui peuvent l'affecter provoquent des troubles très caractéristiques.

Ainsi, lorsque l'on sectionne les faisceaux de fibres qui arrivent à l'hippocampe, on observe trois types de troubles :

1^o Des difficultés à mémoriser et une perte rapide du peu qui est encore appris. Cela est vérifié par l'épreuve du "labyrinthe à eau". Le rat est placé dans un bassin

compartimenté par des parois enchevêtrées, entre lesquelles il doit trouver son chemin pour atteindre une plate-forme qui le met au sec. On calcule le temps qu'il faut à des rats témoins pour parvenir au but, et on le compare avec le temps mis par les animaux dont on a "dénervé" l'hippocampe : la différence est spectaculaire, en moyenne, ces derniers sont dix fois plus lents. Une semaine plus tard, les rats témoins arrivent encore à s'y retrouver ; les rats dénervés, eux, ont tout oublié au bout de quelques heures.

2^o Une hyperactivité constante et sans but.

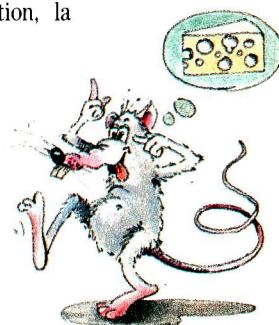


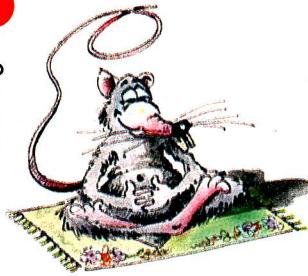
3^o Une réaction d'alarme (sursaut) exagérée à la moindre stimulation.



Après cicatrisation des lésions de dénervation, le Pr Backlund a pratiqué sur certains de ces animaux une greffe de tissu embryonnaire prélevé dans une région du cerveau antérieur baptisée "septum". Normalement, les cellules du septum envoient leurs axones vers l'hippocampe, où ils déchargent de l'acétylcholine. Une dizaine de jours après l'intervention, la mémoire des animaux greffés était revenue, mais les autres troubles, hyperactivité et exagération de la réaction d'alarme, subsistaient.

A d'autres rats dé-





nervés, le Pr Backlund a greffé, non plus du tissu septal, mais des cellules embryonnaires provenant du *locus coeruleus*, un noyau qui, normalement, envoie vers l'hippocampe des fibres déchargeant de la noradrénaline. Chez ces animaux, les troubles de la mémoire ont persisté, ainsi que l'exagération de la réaction d'alarme, mais l'hyperactivité a disparu.

On le voit clairement, chaque neurotransmetteur, et donc chaque type de connexion, est responsable d'une fonction précise, et une greffe adéquate peut réparer un trouble déterminé. Un rat vieillissant perd-il la mémoire et devient-il parkinsonien ? Qu'à

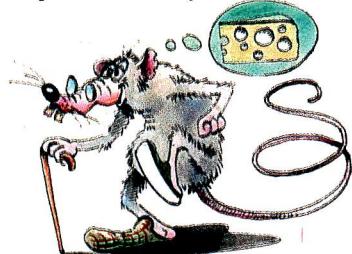


cela ne tienne : une greffe de tissu septal embryonnaire lui rendra une mémoire juvénile (ou presque), et une greffe de substance noire embryonnaire fera



disparaître ses tremblements et sa raideur musculaire.

Ainsi possède-t-on aujourd'hui un bon nombre



d'exemples où des greffes de cellules nerveuses sécrétrices ont pu compenser une perte de fonction occasionnée par un déficit sécréteur. Mais qu'en

est-il lorsque ce sont les circuits interneuronaux qui sont interrompus ? D'une manière générale, on a constaté que, si la greffe est faite avec du tissu embryonnaire, le greffon est capable d'envoyer ses axones plus ou moins loin, mais qu'en revanche les neurones de l'hôte émettent rarement des connexions dans sa direction. La fonction nerveuse est-elle tout de même possible ? Pour le savoir, on a détruit (par aspiration) une partie du lobe frontal d'une souris, ce qui a entraîné une paralysie des membres du côté opposé à la lésion (les voies motrices venant du cortex s'entrecroisent dans le bulbe). Après quelques jours, on a greffé dans la cavité ainsi créée un morceau de tissu frontal embryonnaire. Au bout de trois semaines, la récupération motrice était presque totale.

Toutes ces expériences sont fascinantes, même si elles ne sont pas toujours couronnées de succès, et si elles requièrent impérativement l'utilisation de tissu foetal. Cette dernière condition constitue un obstacle certain : on imagine mal, en effet, une banque de cerveaux de fœtus humains. Et même si l'on parvient un jour à reconstituer dans un cerveau adulte les conditions biochimiques du cerveau embryonnaire, où ira-t-on prendre les greffons ? Les prélèvements sur cadavre sont, dans l'état actuel de nos connaissances, voués à l'échec, car les cellules nerveuses se détériorent aussitôt que survient la mort. Pour le moment, on ne peut donc que poursuivre les recherches sur les animaux, avec l'espoir qu'elles nous mèneront à des solutions adaptables à l'homme.

Mais le système nerveux central, ce n'est pas seulement le cerveau, c'est aussi la moelle épinière. Alors, si l'on ne peut pas encore restaurer le cerveau humain, peut-on au moins réparer la moelle ? La question est d'autant plus brûlante que des milliers de personnes, souvent des jeunes, victimes d'accidents qui ont entraîné une fracture de la colonne vertébrale avec lésion de la moelle épinière, se trouvent paralysées, d'une jambe, des deux, ou des quatre membres, et cela à vie.

Ces paralysés conservent pourtant des réflexes : quand on leur pince la peau, même s'ils ne sentent rien, ils replient vigoureusement — trop même — leur membre infirme. Ils gardent aussi leurs muscles : ceux-ci, du moins pendant les premières années, ne sont pas atrophiés. Ils sont seulement incapables de mouvements volontaires, donc de marcher.

Il faut savoir que, du haut en bas du corps, les muscles sont innervés, niveau par niveau, par des nerfs qui sortent de la moelle par des trous intervertébraux. Inversement, à chaque trou arrivent des fibres sensitives qui apportent à la moelle les influx du niveau correspondant. Chaque fibre sensitive, en entrant dans la moelle, fait synapse avec des cellules médullaires dont les axones, pour une part, remontent vers le cerveau et, pour une autre part,

sont en contact, toujours dans la moelle, avec les neurones moteurs du même niveau (et des niveaux sus et sous-jacents). Quant aux fibres motrices qui vont innérer les muscles, ce sont, en fait, les axones des neurones moteurs situés dans la moelle. Si bien qu'il existe à chaque niveau de la moelle une organisation d'arc réflexe automatique, capable de transformer une excitation sensitive en excitation motrice sans l'intervention de la volonté. L'arrivée du message sensitif déclenche directement la réponse sous forme de décharge dans le nerf moteur.

En réalité, les choses sont un peu plus compliquées, et il y a entre le neurone sensitif et le neurone moteur au moins un neurone intercalaire, grâce auquel vont s'exprimer toutes sortes de modulations, voire de modérations. En effet, sans ce contrôle, l'arc réflexe, à cause de son automatisme aveugle, fonctionnerait à tout bout de champ (les messages sensitifs arrivent de façon incessante à la moelle), et toute motricité organisée, telle la marche, serait impossible.

Chez le sujet sain, des noyaux situés au-dessus de la moelle, dans le tronc cérébral et dans le cortex, envoient des fibres très longues qui contactent soit les neurones intercalaires de l'arc réflexe, soit directement les cellules motrices de la moelle. Certaines de ces fibres freinent l'activité motrice médullaire, d'autres, au contraire, la stimulent, de façon que la réponse soit toujours adaptée à la situation du moment ou à la volonté du sujet. Qu'une lésion interrompt ces voies, et le désordre s'installe dans tout le territoire situé au-dessous de la lésion.

Pour rétablir la situation, il faudrait pouvoir recoller les extrémités des voies interrompues. Malheureusement, on se retrouve devant le problème des lésions du système nerveux central. Le bout proximal (venant du tissu cérébral ou du cortex) manifeste bien une certaine tendance à faire un cône de croissance, mais cette tentative est vite avortée. Comme disent deux chercheurs américains, Cotman et Nieto-Sampiedro, « le territoire est impropre à la progression, sauf pour des fibres embryonnaires, et encore à condition qu'on les guide ».

On a alors imaginé d'inciter les fibres à la repousse en leur fournissant un milieu chimique plus favorable. Quel milieu ? Celui des axones périphériques, par exemple, puisque, grâce aux cellules de Schwann qui les entourent et aux substances qu'elles sécrètent, ceux-ci parviennent à repousser sans difficulté. En Suède, Aguayo et Björklund ont donc greffé des fibres périphériques dans une moelle sectionnée expérimentalement. Les extrémités proximales sont effectivement entrées dans le canal que leur offraient les cellules de Schwann, mais, au bout de ce canal, leur croissance s'est arrêtée, et elles ne se sont pas recollées aux bouts distaux.

D'autres chercheurs ont tenté de renouer des

fibres médullaires sectionnées en utilisant d'autres raccords, tels que des morceaux de moelle embryonnaire ou même des "ponts" artificiels en silicoles. Cette dernière technique n'a pas encore fait ses preuves dans la moelle, mais elle a déjà donné des résultats hautement instructifs dans une autre partie du système nerveux central : le corps calleux.

Les deux hémisphères cérébraux sont reliés l'un à l'autre par un très épais faisceau de fibres myélinisées : c'est ce faisceau que l'on appelle le corps calleux. Au début de la vie embryonnaire, les deux hémisphères n'ont pas de liaisons nerveuses entre eux, mais sont séparés par un pont de cellules gliales. Ces cellules vont guider la poussée des fibres d'un hémisphère vers l'autre, en disparaissant au fur et à mesure devant elles, et, à la fin de la période embryonnaire, le corps calleux sera formé.

C'est ce corps calleux nouvellement formé que des chercheurs ont sectionné. Dans la fente, ils ont introduit des silicoles. Aussitôt, des cellules gliales ont envahi ce pont de particules synthétiques et stimulé la repousse des axones, si bien que, à la naissance, le corps calleux était reconstitué.

Une telle réussite serait pleine de promesses si elle pouvait être répétée ailleurs que dans un cerveau embryonnaire. Hélas, ce n'est pas le cas ! Dans un système central mature, et notamment dans la moelle, la lésion provoque bien une apparition de cellules gliales, mais ce sont des cellules cicatricielles qui, loin de stimuler la poussée des axones, constituent plutôt une barrière qui s'oppose à leur croissance. On cherche actuellement (et on commence à réussir) à empêcher (par des moyens chimiques) la formation de ce tissu cicatriciel et, comme pour toute greffe concernant le système nerveux central, à recréer un milieu biochimique qui reproduise les conditions embryonnaires.

Un chercheur français, le Dr Privat, chef de laboratoire de neurobiologie du développement à l'institut de biologie de Montpellier, a choisi une voie originale et qui semble prometteuse. Puisque la partie de la moelle qui se trouve sous la lésion est privée de l'influence des noyaux supérieurs du tronc cérébral et du cortex, il greffe directement des morceaux de ces noyaux (pris sur des embryons) au niveau de la lésion. Il a déjà réussi à faire "prendre" des cellules du tronc cérébral dont le neurotransmetteur est la sérotonine, et il travaille actuellement sur la greffe d'un autre groupe de cellules dont le neurotransmetteur est la noradrénaline. Certains des animaux greffés (des rats) ont retrouvé un commencement de motricité.

Ce succès, encore tout théorique, représente pourtant un immense espoir. Un jour viendra sans doute où le cerveau humain, tout comme la moelle épinière, pourront être réparés lorsqu'ils seront lésés ou usés.

VOTRE COPILOTE : L'ACTION AUTOMOBILE



**Le monde de l'automobile va vite.
Très vite.**

Henri PESCAROLO
Essayer à l'ACTION AUTOMOBILE

Pour tout savoir sur les nouveautés, pour pouvoir comparer et bien choisir, vous pouvez faire confiance aux hommes de L'ACTION AUTOMOBILE. Ils essaient à fond tous les modèles et vous livrent les résultats de leurs tests, sans complaisance et chiffres en mains.

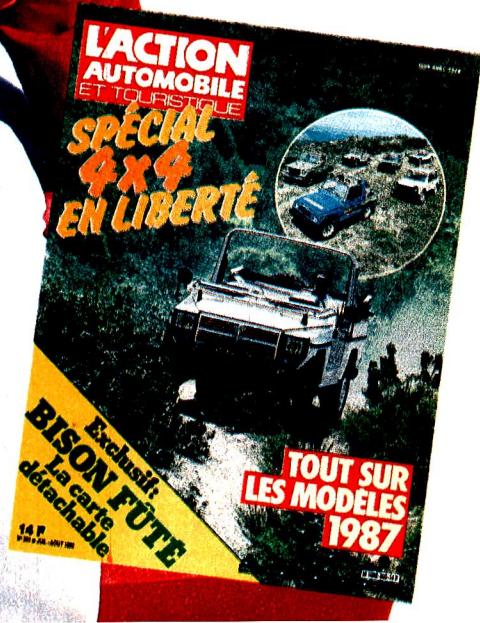
Face aux problèmes juridiques, d'assurance, de contrôle de vitesse, L'ACTION AUTOMOBILE, vous informe et défend vos intérêts.

L'ACTION AUTOMOBILE, c'est aussi une mine d'idées nouvelles de week-ends et de vacances, en France comme à l'étranger.

Et retrouvez chaque mois dans L'ACTION AUTOMOBILE l'essai signé Henri PESCAROLO.

L'ACTION AUTOMOBILE

N° 1 DE LA PRESSE AUTO
**CHAQUE MOIS CHEZ VOTRE
MARCHAND DE JOURNAUX**



LA CAILLE-POULET EXPLIQUE LA SCLÉROSE EN PLAQUES



Immunologie

Une chimère exceptionnelle vient d'offrir, tout à fait fortuitement, des clefs pour la compréhension d'une maladie qui déroute la médecine.

Des chimères caille-poulet viennent de "pondre", pour la Science, des œufs d'or : des éléments-clefs pour la compréhension de la sclérose en plaques (50 000 cas, dont 1 000 de plus par an, en France). Apparemment viables à l'éclosion, les improbables volatiles ont accusé quelques semaines plus tard des troubles finalement mortels : un conflit immunitaire où les tissus du poulet détruisaient ceux de la caille, mais surtout où, à la faveur de ce conflit, les gaines de myéline des nerfs des chimères se détruisaient. D'où "courts-circuits" nerveux, suivis de paralysie, comme dans les cas graves de sclérose en plaques. En résumé, la sclérose en plaques résulterait — on le soupçonnait d'ailleurs — d'un conflit immunitaire et ce serait une maladie auto-immune.

Découverte inattendue : à l'Institut d'embryologie du CNRS et du Collège de France, à Nogent-sur-Marne, où les chimères ont été réalisées par Nicole Le Douarin (1) et son équipe (M. Kinutami et M. Coltey). L'objectif ne comportait aucunement l'étude de la maladie, mais l'étude de la morphogénèse, c'est-à-dire l'élaboration des organes du corps : comment l'information codée dans le génome de la cellule-œuf, cellule qui résulte de la fécondation d'un ovule par un spermatozoïde, se traduit-elle par l'édification des organes ? Pas la moindre référence à la sclérose en plaque. Et pourtant, c'est à cela qu'on allait en arriver.

Les chercheurs se penchèrent essentiellement sur le système nerveux, organe le plus difficile à analyser, et qui depuis les débuts de l'embryologie expérimentale intrigue les neurologues.

Dès 1924, on savait que les phases précoce de la formation de l'ébauche neurale dépendent d'un tissu embryonnaire, le mésoderme. Cette ébauche, un ruban plat, devient un tube ; après ce modelage viennent la différenciation et la migration des diverses catégories de neurones qui aboutissent à la formation des deux parties du système nerveux : le système nerveux central (cerveau et moelle épinière) et le système nerveux périphérique (ganglions et nerfs), qui dérivent de deux parties distinctes de l'ébauche neurale primitive (*voir notre article p. 44*). Le premier, le central, se forme entièrement à partir du tube neural, alors que le second, le périphérique, provient de la crête neurale qui résulte de la fusion des bords de la gouttière neurale primitive.

C'est l'étude des migrations cellulaires à partir de l'ébauche neurale qui a permis de suivre le développement de ces deux systèmes. Pour le central, elles ont été mises en évidence par le microscope électronique et par des modèles fournis par des mutations, chez la souris notamment. Pour suivre les migrations dans le périphérique, on a d'abord marqué les cellules d'un embryon avec des colorants non toxiques ou des substances radioactives. Mais ces méthodes présentent deux inconvénients ; d'abord elles ne sont pas tout à fait inoffensives, ensuite le marquage se dilue rapidement, ce qui empêche de suivre les migrations cellulaires.

D'où l'intérêt des chimères caille-poulet. Nicole Le Douarin s'en explique : « Les différences de structure entre les noyaux des cellules nerveuses des deux espèces sont nettes. Et comme elles sont aussi stables et communes à tous les types cellulaires, on pouvait donc envisager d'associer des

PAR PIERRE ROSSION

cellules embryonnaires provenant de caille et de poulet et d'en suivre le devenir tout au long du développement. Les cellules des deux espèces peuvent être identifiées, quelle que soit la durée de l'association des tissus et la catégorie des cellules concernées. La clef : le noyau de cellules contiennent une quantité importante d'hétérochromatine associée au nucléole chez la caille et absente chez le poulet.»

Pour construire la chimère, on substitue à un fragment de l'ébauche neurale de poulet, à un stade précédent le début de la migration des cellules neurales, un fragment équivalent, provenant d'un embryon de caille au même stade. Le greffon s'intègre vite dans les structures de l'hôte. Le seul signe apparent montrant que l'embryon devient une chimère, est la bande transversale de plumes qui apparaît au niveau de la greffe et dont la pigmentation est celle de l'espèce du donneur, c'est-à-dire la caille. En effet, en plus du système nerveux périphérique, la crête neurale produit les mélanocytes (cellules pigmentaires responsables de la couleur des plumes chez les oiseaux, des poils chez les mammifères, de la peau et des cheveux chez l'homme), mais aussi certaines cellules glandulaires, celles de la glande surrénale qui produisent l'adrénaline, celles de la glande thyroïde qui sécrètent la calcitonine.

La greffe réussit parce que les cellules, étant embryonnaires, n'ont pas pu acquérir une "mémoire immunologique". Par conséquent, elles étaient donc incapables de reconnaître comme étrangères les cellules du greffon de caille.

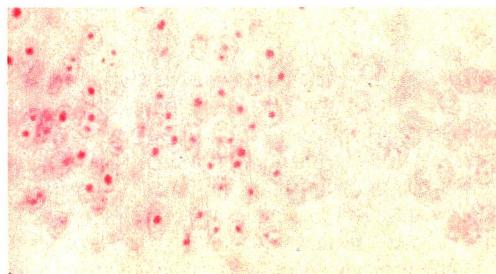
Cette mémoire immunologique est le fait d'un système, dit MHC (*Major Histocompatibility Complex*), système découvert pour la première fois sur des leucocytes humains en 1958 par le Pr Jean Dausset, devenu depuis prix Nobel de médecine. Ce système est composé d'un ensemble de protéines, appelées antigènes d'histocompatibilité, qui recouvrent comme une résille la double couche de graisse qui enveloppe chacune de nos cellules. Le centre de production de ce système MHC est logé dans le noyau des cellules. Chez l'homme, il se trouve très exactement sur la sixième paire de chromosomes et se présente sous la forme de 15 paires de gènes dont chacune induit la production des protéines spécifiques. Ces protéines appelées marqueurs, héritées par moitié, et au hasard, de chacun des parents, définissent par le jeu des combinaisons un ensemble unique qui constitue la carte d'identité cellulaire de tout individu.

Grâce à ce système, les cellules d'un individu ne sont pas attaquées par ses propres lymphocytes, agents du système de défense immunitaire, puisque ceux-ci portent les mêmes marques MHC que les cellules dont ils sont chargés d'assurer la protection. En revanche, lorsqu'un agent étranger, un

microbe ou un tissu greffé, pénètre dans l'organisme, il est aussitôt reconnu à ses marqueurs différents et attaqué par les lymphocytes : c'est en fin de gestation chez les mammifères et d'incubation chez les oiseaux que ce système est tout à fait différencié.

C'est pourquoi, chez l'homme, avant d'entreprendre une greffe, on recherche un donneur dont les marqueurs tissulaires soient le plus proche possible de ceux du donneur, l'idéal étant atteint avec les jumeaux vrais, qui ont des systèmes MHC identiques. Cependant, en utilisant du tissu embryonnaire dans lequel, nous l'avons vu, le système MHC n'est pas encore exprimé, cette similitude tissulaire n'est plus importante. C'est ainsi que l'on guérit, par greffe de cellules embryonnaires, les enfants-bulle, nés sans immunité naturelle.

En principe, les greffes animales ne réussissent qu'entre individus de même espèce. Il était donc



étonnant que la caille et le poulet, qui sont seulement de même famille, puissent avoir des affinités tissulaires. Et pourtant l'incroyable s'est bien produit : le greffon de caille a été accepté par le poulet, et cela pendant plusieurs semaines, alors que les systèmes MHC des deux animaux étaient depuis longtemps différenciés. Mais l'identité des espèces reprit peu à peu ses droits, en provoquant le rejet du greffon de caille, comme si l'animal cherchait à se couper de sa partie étrangère. Puis il y eut apparition de la maladie nerveuse ressemblant à la sclérose en plaques humaine. La chimère devint vedette : couverture de la prestigieuse revue américaine *Cell*, article de fond dans *Science*...

Détruisant par plaques les gaines de myéline des nerfs de la moelle, du tronc cérébral et des nerfs optiques, la sclérose en plaques évolue par poussées. Les réparations spontanées sont de moins en moins complètes, ce qui se traduit par la perte de mobilité de telle ou telle partie du corps, des anomalies de la sensibilité, des troubles oculaires et de l'équilibre, et chez la chimère caille-poulet, par des symptômes comparables.

Le diagnostic de la maladie est possible par la mise en évidence d'une augmentation notable des



Eclosion de chimères caille-poulet. Ces trois poussins à tête blanche et corps gris sont issus d'embryons de poulet auxquels on a greffé des fragments de tissu nerveux prélevé sur des embryons de caille. Les deux autres poussins sont issus d'œufs normaux de caille (poussin gris, à droite) et de poule (poussin blanc au fond). Chez ces chimères, on distingue aisément les deux types de cellules nerveuses (ici un prélevement de matière cérébrale observé au microscope électronique) : celles de caille (à gauche) présentent dans leur noyau une masse d'hétérochromatine rouge foncé, absente du noyau des cellules de poulet (à droite).

gamma-globulines — substances protéiques qui supportent les anticorps — dans le liquide céphalorachidien. Mais on ne dispose pas encore de remède miracle.

En France, de nombreuses associations prennent en charge les intérêts des malades atteints de sclérose en plaques qui, pour une raison que l'on ignore, sont davantage concentrés dans les Pyrénées, la vallée du Rhône et la Bretagne. A ce jour, aucune étiologie certaine n'a été mise en évidence. En faisant abstraction des disparités régionales, on constate que la prédisposition à la maladie est plus importante chez les populations des parties tempérées du globe. Et si l'on en croit une étude faite aux îles Féroé, au nord de l'Europe, l'agent de la maladie pourrait être un virus, qui ne deviendrait actif que chez des personnes prédisposées. En effet, jusqu'à la veille de la dernière guerre, la maladie était ignorée des îliens et elle ne commença à se manifester qu'avec l'arrivée des troupes anglaises de débarquement. Cette hypothèse virale est certes séduisante, mais pour l'étayer il faudrait mettre en évidence le virus ou tout au moins les traces de sa présence. Or cela n'a jamais été possible.

Ce dont on est sûr, en revanche, grâce aux

chimères, c'est qu'il s'agit d'une maladie autoimmune, c'est-à-dire une maladie où le système de défenses immunitaires d'un organisme retourne ses armes contre ce même organisme. Découverte importante : la rupture de la barrière hémato-méningée dans cette maladie. Normalement, le revêtement des vaisseaux qui irriguent l'ensemble du système nerveux, empêche les cellules du sang de s'échapper. C'est la barrière hémato-méningée. Or, chez les chimères on assiste à une rupture de cette barrière avec pour conséquence la fuite dans les tissus des cellules sanguines : lymphocytes B et T d'une part, macrophages de l'autre. Les lymphocytes T, qui interviennent dans le rejet des greffes, s'attaquent alors aux cellules du greffon de caille, puis le conflit s'étend au système nerveux central tout entier.

La cible, en l'occurrence, est une catégorie de cellules, les oligodendrocytes, productrices de myéline. C'est ainsi que les nerfs se dénudent. On pense, mais ce ne sont encore que des hypothèses, que le point de départ de la sclérose en plaques serait une fragilité de la barrière hémato-méningée qui selon certains chercheurs serait rompue par les cellules du sang, et selon d'autres serait franchie en force par ces mêmes cellules.

La fragilité de la barrière serait d'origine génétique. Autrement dit, les gens porteurs de cette anomalie seraient plus vulnérables à la sclérose en plaques. Ensuite on peut envisager qu'un virus contaminerait électivement les oligodendrocytes qui, du fait de cette infection, seraient reconnus comme étrangers par les cellules sanguines et attaqués comme tels. Alors apparaîtrait la maladie.

Il reste maintenant à établir et la prédisposition génétique et la contamination virale.

Pierre Rossion

HORMONE MÂLE CONTRE CANCERS FÉMININS



Les Drs Richard Cate, de Biogen, et Patricia Donahoe, du Massachusetts General Hospital, auteurs des travaux sur l'hormone MIS.

L'hormone MIS, qui fait d'un embryon mâle un bébé garçon, pourrait permettre de traiter certains cancers génitaux de la femme. Les essais sur l'animal et sur des tumeurs humaines en laboratoire sont concluants et la firme de génie génétique Biogen vient de lancer la production en masse de cette hormone que l'embryon humain secrète en trop petites quantités.

Purifiée en laboratoire depuis peu mais connue depuis quarante ans, une hormone pourrait permettre de traiter certains cancers génitaux féminins, comme l'ont démontré les premiers essais précliniques *in vitro* sur des tumeurs humaines et *in vivo* chez l'animal.

Les cancers génitaux (ovaire, trompe, col de l'utérus, endomètre et vagin) constituent en France la troisième cause de mortalité due au cancer chez les femmes, et chaque année on recense 20 000 nouveaux cas et 5 000 décès. Cette hormone appelée MIS (pour Müllerian Inhibiting Substance) a pour rôle de faire évoluer en garçon tout embryon génétiquement mâle. Comment ? En inhibant ses potentialités féminines. Autrement dit, en empêchant l'embryon mâle de devenir une fille. Sans cette hormone l'embryon mâle évolue vers le sexe féminelle, comme cela se produit parfois accidentellement. Les travaux qui ont été publiés dans la prestigieuse revue *Cell* ont pour signataires le Dr Richard L. Cate, de Biogen, laboratoire spécialisé en ingénierie génétique, et le Dr Patricia K. Donahoe, du Massachusetts General Hospital de Boston.

Théorie de départ : la similitude sexuelle originelle de l'homme et de la femme. De quoi s'agit-il ? L'homme et la femme se distinguent fondamentalement par leur caryotype, c'est-à-dire le bagage chromosomique qui se trouve dans le noyau de chacune de leurs cellules.

- Chez l'homme : on trouve 22 paires de chromosomes ordinaires ou autosomes, qui déterminent tous les caractères non sexuels de l'individu, et une paire de chromosomes sexuels, l'un appelé X et l'autre, plus petit, Y.

- Chez la femme, on compte également 46 chromosomes formant 22 paires d'autosomes et une paire de chromosomes sexuels qui cette fois sont tous deux X.

Cet ensemble de 46 chromosomes se retrouve dans toutes les cellules de l'organisme humain à l'exception des cellules sexuelles reproductrices, spermatozoïdes chez l'homme et ovules chez la femme, qui n'en comportent que la moitié, c'est-à-dire 23.

Avec l'accouplement de l'homme et de la femme apparaît la conception. Comme il est écrit dans tous les manuels de biologie, elle résulte de la fécondation d'un ovule par un spermatozoïde, c'est-à-dire de l'union des deux cellules reproductrices mâle et femelle qui contiennent chacune, nous l'avons vu, 23 chromosomes. Quant au sexe de l'individu, il est déterminé par la nature du chromosome sexuel présent dans les spermatozoïdes. En effet, si l'ovule contient 22 chromosomes ordinaires (autosomes) et un chromosome sexuel X, le spermatozoïde contient, lui, en plus de ses 22 autosomes, soit un chromosome sexuel X, soit un chromosome sexuel Y. Deux cas de figure peuvent donc se présenter : le spermatozoïde qui féconde l'ovule sera soit porteur

de X, soit porteur de Y. De ce fait, l'œuf résultant de cette fécondation contient soit 2 chromosomes X et donne une fille, soit un chromosome X et un chromosome Y et on a un garçon.

Aux premiers stades de la vie le tissu sexuel se présente sous la forme d'une ébauche de glande qui, jusqu'à la fin de la sixième semaine, est indifférenciée, c'est-à-dire morphologiquement semblable dans les deux sexes. Ainsi l'embryon, bien que génétiquement déterminé dès l'origine par son Caryotype, semble peu pressé de manifester concrètement sa spécificité masculine ou féminine.

C'est seulement au 42^e jour que la gonade prend son orientation définitive et évolue soit en testicules, soit en ovaires. Simultanément, deux systèmes sexuels annexes, les cordons de Wolff et les cordons de Müller, subissent le contrecoup de cette orientation. Quand la gonade évolue en testicules, les cordons de Müller dégénèrent et les cordons de Wolff se développent pour donner les divers éléments du tractus génital mâle. Et inversement, lorsque la gonade évolue en ovaires, les cordons de Wolff déperissent et les cordons de Müller s'accroissent pour constituer la filière génitale femelle.

L'élément essentiel de cette différenciation sexuelle est le chromosome Y. Quand il est présent, la gonade indifférenciée se transforme en testicules et les cordons de Wolff donnent le tractus génital mâle ; quand il est absent, la gonade évolue en ovaires et les cordons de Müller se transforment en tractus génital femelle. Donc le programme de base de la nature est une évolution vers le sexe féminin, tandis que le sexe mâle n'est qu'un avatar, une déviation de cette programmation de base. Bref, l'inverse de ce que suggère la Bible.

Mais comment donc le chromosome Y dirige-t-il cette évolution vers la masculinité ? Tout simplement en commandant la synthèse de la fameuse hormone, le MIS. En effet, cette hormone, qui n'est secrétée que chez l'embryon mâle, provoque la régression et la disparition des tissus précurseurs des organes reproducteurs femelles, les canaux de Müller.

C'est en 1947 que cette hormone a été découverte par un Français, le Pr Alfred Jost, membre de l'Institut. En 1977 le Dr Nathalie Josso, attachée à l'INSERM, hôpital Necker, Paris, parvenait à la purifier partiellement, et en 1982 le Dr Donahoe réussissait sa purification totale.

A noter, pour l'anecdote, que le Dr Josso, ayant injecté à des embryons de lapins génétiquement mâles des anticorps anti-MIS, avait obtenu des lapins hermaphrodites, c'est-à-dire des mâles avec un utérus. Les lapins ont donc suivi jusqu'à un certain stade l'orientation mâle, interrompue par la neutralisation du MIS ; dès lors, l'orientation féminelle initiale pouvait reprendre et de fait reprendre.

preuve que le programme génétique de base est bien femelle.

Hypothèse de Cate et Donahoe : si le MIS supprime la croissance des cellules femelles embryonnaires, il pourrait aussi supprimer les cellules cancéreuses issues des canaux de Müller. En effet, une cellule de cancer, quel qu'il soit, est au fond une cellule qui s'est dédifférenciée et qui est retombée au stade embryonnaire, exactement celui où peut agir l'hormone en question.

Les premières vérifications ont été effectuées en laboratoire : des échantillons de 28 tumeurs génitales de femmes ont été traités avec du MIS extrait de testicules de veaux nouveau-nés : 25 résultats positifs. Nouvelles expériences sur la souris avec du MIS de même provenance. Nouveaux succès.

L'ennui est que le MIS n'est secrété par l'embryon qu'en infimes quantités ; il coûte donc très cher à produire. Et de plus, même si les essais en laboratoire avec du MIS bovin ont été concluants, il n'est pas sûr que celui-ci se prête à des traitements sur des humains.

D'où le recours à l'ingénierie génétique. Naturellement l'hormone est secrétée par les cellules de Sertoli, qui constituent l'assise la plus externe du tube séminifère. La sécrétion se fait sur commande évidente d'un gène dirigé par le chromosome Y. Mais ce gène, segment de chromosome constitué d'ADN, n'agit pas directement sur les tissus ; comme tous les gènes, il utilise un intermédiaire, sorte de "calque" complémentaire, dit ARN messager ou ARNm, qui est fabriqué dans le noyau de la cellule. Ce n'est que lorsqu'il passe du noyau dans le cytoplasme, qu'il est décodé et que la cellule passe à la fabrication de l'hormone (une glycoprotéine). Donc, il y a en abondance de l'ARNm dans les cellules de Sertoli. Comment, à partir de là, obtenir le gène originel ? Cate et Donahoe font agir sur lui une substance dite transcriptase inverse, qui transforme l'ARNm en ADN, un peu comme si l'on transformait une gaufre en moule à gaufres.

Ce petit travail astucieux réalisé, Cate et Donahoe ont injecté ces ADN dans des cellules d'ovaires de hamster en culture⁽¹⁾ ; les cellules se sont alors mises à produire du MIS en abondance. Les premières quantités appréciables viennent d'être obtenues, il ne reste plus qu'à passer aux essais précliniques (après avoir intensifié encore la production). Les essais cliniques, eux, sont prévus pour 1989, lorsque l'efficacité et l'innocuité de la substance auront été clairement établies. Un grand petit pas en vue dans le traitement de certains cancers.

Pierre Rossion

(1) On aurait pu aussi bien utiliser l'habituelle *Escherichia coli*. Il se trouve que les cellules ovarianes donnent de meilleurs résultats.

L'ORNITHORYNQUE EST BRANCHÉ

vase frémit. La contraction de ses muscles produit un infime courant électrique. Un animal singulier, de la taille d'un gros chat, pelage de loutre, bec de canard et quatre pattes palmées, qui nageait à proximité, s'arrête, fouit la vase, dégage la crevette et la gobe.

Des zoologues allemands et australiens ont placé un ornithorynque mâle et trois femelles dans un bassin de 3 m de diamètre et 40 cm de profondeur, pour les observer. Lorsqu'ils ont faim, notent-ils, les animaux patrouillent en cercles au fond du bassin, repoussant le bord de leurs pattes. Leurs yeux sont fermés, leurs narines et leurs conduits auditifs bouchés. Tout au long de ces rondes, ils impriment à leur bec de deux à trois mouvements (comme des hochements très rapides) par seconde. S'il y a une proie dans leur voisinage, ces mouvements s'accélèrent et, au lieu

d'être verticaux, ils deviennent horizontaux, comme pour localiser cette proie qu'ils ne peuvent ni voir, ni entendre. Puis ils attaquent la proie.

Les chercheurs (H. Scheich et G. Langner, de l'Institut de zoologie de l'université technique de Darmstadt, en collaboration avec C. Tidemann, R.B. Coles et A. Guppy, de l'université australienne à Canberra) ont donc plongé dans le bassin une pile électrique miniature de 1,5 V. Evidemment, celle-ci a engendré un champ électrique autour d'elle. Et presque à tous les coups, les ornithorynques détectaient la pile à une dizaine de centimètres de

Un vrai "fossile vivant". L'ornithorynque est un monotrème, ayant un orifice cloacal unique réunissant, comme chez les oiseaux et les reptiles, les voies intestinales, urinaires et génitales. Mais c'est un mammifère qui pond des œufs.

PAR JEAN FERRARA



distance, l'attaquaient, puis la rejetaient, évidemment déçus.

Un des animaux détecta même la pile sans coup férir 88 fois de suite et parfois à une distance de 30 cm, où pourtant l'intensité du champ n'est plus que de 300 microvolts/cm. Et si l'on plongeait dans la piscine une pile déchargée, un bout de crevette et une pile active, c'est cette dernière qui était le plus souvent choisie.

Deuxième expérience : on a plongé dans le bassin deux petites plaques d'aluminium distantes de 3 m l'une de l'autre, et toutes deux connectées à une pile de 1,5 V. Vu la taille de ces électrodes et leur écartement, le champ produit était très faible. Néanmoins, dès qu'on branchait l'appareillage, les animaux réagissaient tout de suite par un mouvement réflexe de la tête et de la queue. Ainsi put-on établir le seuil de perception du champ : quelque 500 microvolts/cm pour le mâle, un peu moins pour les femelles.

Troisième expérience : on a plongé dans le bassin une plaque de plastique sur les côtés de laquelle étaient fixées des électrodes recevant un courant continu et l'on a constaté que, lorsque le courant est branché, les animaux repèrent l'obstacle et l'évitent, les yeux toujours fermés, mais que lorsqu'il est coupé, ils s'y heurtent invariablement.

Dernière expérience : les ornithorynques retournent souvent sur leur passage des briques creuses, surtout lorsqu'une crevette y est nichée, on a remplacé les crevettes par des électrodes de carbone. Et l'on a constaté que les ornithorynques retournent les briques "branchées" et négligent les autres.

Ultime vérification : on a anesthésié des ornithorynques et on a placé des électrodes sur leurs crânes, pour étudier d'éventuelles différences de potentiels cérébraux. Or, lorsqu'on stimule le bec avec un courant électrique, ces différences apparaissent bien.

Ce graphique indique le pourcentage de fois où l'animal retrouve une pile électrique sous la vase du fond d'un bassin, selon sa distance et le champ électrique qu'elle crée. Cette expérience est menée par le Dr Scheich, de l'université de Darmstadt.



L'ornithorynque cherche sa nourriture — insectes, petits crustacés, vers, etc. — dans l'eau vaseuse, où la visibilité est mauvaise, voire nulle. Grâce à son sixième sens — des organes d'électroperception logés sur son bec —, il repère ses proies en captant le faible courant électrique émis par leurs muscles au moindre mouvement.

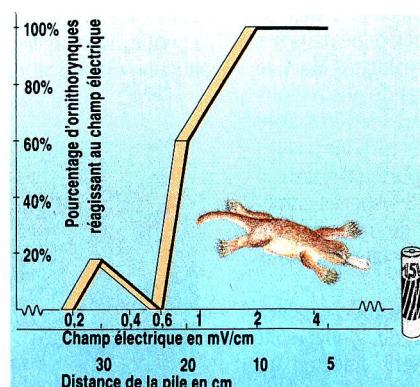
Scheich, qui conduit les expériences, examine le bec au microscope électronique et observe de toutes petites excroissances sur l'épiderme. Celles-ci dérivent d'axones nerveux sous-cutanés, et elles se trouvent aux orifices des glandes séreuses et muqueuses de la peau. C'est logique, car lorsqu'il est hors de l'eau, l'épiderme du bec se dessèche ; ce sont les sécrétions glandulaires qui maintiennent l'humidité et la conductivité des récepteurs.

Les récepteurs de l'ornithorynque dérivent des nerfs trijumeaux, et les messages nerveux qu'ils transmettent vont dans la zone du cerveau qui reçoit également les messages tactiles du bec. Le système d'électroperception de l'animal n'est donc

pas une adaptation du système auditif, mais un mode de perception autonome, un véritable sixième sens.

L'ornithorynque, *Ornithorynque anatinus*, est un des trois représentants de l'ordre des monotremes, eux-mêmes derniers représentants de la sous-classe des Protothériens. Les monotremes étaient déjà bizarres ; les mâles sont les seuls mammifères à posséder un éperon vénimeux, les femelles pondent des œufs, mais allaitent leurs petits par les poils de l'abdomen, et les deux sexes n'ont qu'un orifice, où abouchent les voies génitales, urinaires et intestinales, comme chez les reptiles et les oiseaux.

Alexandre Dorozynski



LES POISSONS VENIMEUX DES COTES FRANÇAISES

L'aventurier des mers du Sud a tout intérêt à se munir

d'un guide pratique des animaux marins dangereux, avant de mettre la main dans n'importe quel trou à la recherche d'un crabe hypothétique. Sur nos côtes c'est plus simple : il n'y a guère que 7 espèces de poissons venimeux rarement mortels mais toujours douloureux.



1

Le dragonet multicolore vit sur les fonds sableux des côtes du Calvados. Il peut atteindre 30 cm de long et sa piqûre est douloureuse. Le traitement est symptomatique.

Pline l'ancien qui avait le sens, forcément latin, de l'amplification épique, préterait qu'il existait une raie capable de tuer un arbre en fichant son aiguillon empoisonné dans ses racines. Il était amiral, pas ichtyologue. Mais le principe était exact : certaines raies de nos régions sont capables d'infliger des blessures sévères avec leurs aiguillons empoisonnés. Elles ne sont pas les seules dotées de cette capacité puisqu'il existe 6 autres espèces venimeuses (et 3 espèces vénéneuses qu'il vaut mieux éviter de manger) : la soupe, le poisson perroquet et le tetragonurus dans les eaux qui bordent nos côtes.

C'est peu au regard des quelque mille espèces d'organismes qui, dans les mers du globe, sont dangereuses ; soit qu'elles puissent injecter un poison par leurs épines et aiguillons, soit que leur chair soit empoisonnée. Seul point commun : ces

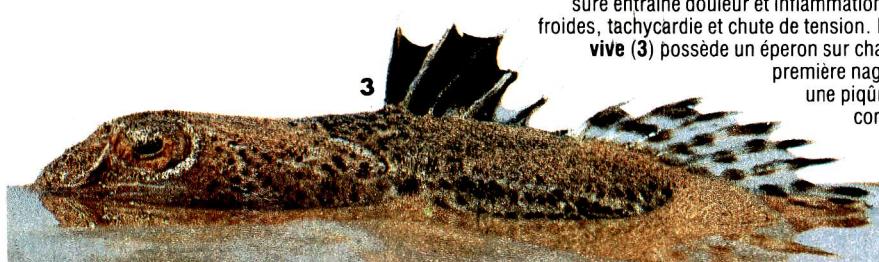
espèces sont munies d'un organe spécialisé ou d'un groupe cellulaire capable de sécréter une substance毒. Mais la nature de cette substance est presque aussi variée que ceux qui la produisent. S'il existe des poisons non protéiniques, il existe aussi des poisons constitués de protéines de faible ou au contraire très fort poids moléculaire. En fait on ne sait pas grand-chose sur ces types de toxines ; leurs structures chimiques sont généralement inconnues et leurs effets varient même d'espèce à espèce, de genre à genre, d'individu à individu et même d'une époque ou d'un lieu à l'autre. En bref, il n'existe aucune classification satisfaisante des toxines. On



2

Le chabot ou scorpion de mer (2) a ses aiguillons sur les opercules. Sa blessure entraîne douleur et inflammation suivies souvent de nausées, sueurs froides, tachycardie et chute de tension. Le traitement est symptomatique. **La vive** (3) possède un épéon sur chaque opercule et 5 à 8 piquants sur la première nageoire dorsale. La douleur causée par une piqûre peut provoquer syncope, délire ou convulsions. Il faut irriguer la plaie avec de l'eau salée froide et pratiquer une injection de sérum antitétanique si le vaccin n'a pas été fait.

3





4

La murène (4), généralement tapie dans les rochers, possède 4 dents reliées à des glandes à venin. Sa morsure provoque des frissons, un état anxieux et des secousses musculaires. Le traitement est symptomatique.

Les rascasses (5) sont hérissées d'épines venimeuses. La douleur provoquée par leurs piqûres est plus intense que celle de la vive (3) mais le traitement est le même.

Les carangues sont des poissons de haute mer qui s'approchent parfois des côtes bretonnes et méditerranéennes.

Ici le *Trachurus* (6) doté d'un aiguillon venimeux situé en avant de la nageoire dorsale. Sa blessure entraîne les mêmes effets que celle du chabot (2). Le traitement est symptomatique.



5



6

connaît cependant ponctuellement, pour quelques espèces particulières, les modes d'action de la toxine qu'elles sécrètent. Par exemple, le poison du poisson-pierre, l'un des plus dangereux poissons qui soit, est une protéine agissant sur la cellule musculaire en dépolarisant cette cellule. Chez le poisson-lune, c'est la tetrodontoxine ($C_{11}H_{17}O_8N_3$) qui provoque la mort en bloquant la transmission synaptique au niveau des fibres cholinergiques pré-ganglionnaires et de la jonction neuromusculaire. Contrairement au poisson-pierre qui injecte son venin par piqûre (il peut même le projeter à un mètre de distance), le poisson-lune est dangereux lorsqu'on le mange puisque sa toxine est localisée dans les ovaires, le foie, la peau et les intestins. D'ailleurs un proverbe japonais dit « J'aimerais manger le poisson-lune, mais j'aimerais vivre aussi ». Autant dire qu'il faut se renseigner sur le cuisinier qui prépare ce met très apprécié des gourmets ja-

ponais (un permis spécial est exigé au Japon pour pouvoir préparer ce poisson).

La plupart des animaux marins dangereux, en particulier les deux précédents, ne vivent que dans les mers chaudes et les quelques espèces rencontrées en zones tempérées ne sont que très rarement mortelles. Mais elles laissent certainement un souvenir impérissable à celui qui a la malchance de marcher sur une vive ou sur une raie. La douleur, précise un opuscule des laboratoires Sandoz, est atroce. Autant donc éviter de confondre un rouget avec une rascasse et une vive avec une crevette.

Paul Helander



7

Les raies à aiguillons — ici une pastenague — ont la queue pourvue d'un ou plusieurs aiguillons. Un baigneur posant le pied dessus ressentira une vive douleur. Sauf cas rares, ces blessures ne sont pas mortelles. Le traitement est identique à celui des accidents dus aux vives (3).



LE PHOQUE MOINE ENTRE VIE ET MORT

Il connaît peut-être ses dernières heures d'existence sur la Terre. Une tentative de sauvetage "in extremis" pourrait renverser cette fatalité.

Encore une espèce dont l'homme aura eu raison, dans sa guerre imbécile d'extermination de toutes les formes vivantes qui font la richesse, l'unicité et la beauté de la Création. Sur la liste des animaux aujourd'hui au bord de l'extinction, parmi les douze mammifères actuellement les plus menacés : un pinnipède inoffensif et sympathique, *Monachus monachus*. Le phoque moine.

Signe de sa rareté : combien, parmi toute cette humanité répandue chaque année sur la côte d'Azur, ont jamais vu l'ombre d'un phoque moine ? Cette partie du rivage méditerranéen est pourtant une de ses aires naturelles depuis toujours, et c'est ici que certains des survivants s'acharnent courageusement à sauver une descendance en plein déclin. Notre époque, il est vrai, se montre très savante dans l'art d'exterminer les espèces, mais il aura quand même fallu du temps pour arriver au

bout de cet hôte pittoresque de nos eaux méridionales. C'était un personnage important dans le bestiaire et le livre des légendes de l'Antiquité, une "star" de la tradition culturelle hellénique. Il occupait une grande place dans le paysage au siècle d'Aristote, qui en fit la première description connue. Il tenait son rang dans la mythologie : Protée gardait les troupeaux de phoques du dieu des mers Poséidon et de sa femme Amphitrite, dans leurs ténèbreux empires au fond des eaux. Beaucoup de noms de lieu du bassin méditerranéen rendent hommage au phoque et à ses cousins de la famille des phocidés. Pointe de Veaux-Marins à Port-Cros. Grotte des Vaches-Marines en Sardaigne. Ilot des Phoques près d'Amorgos, en Grèce.

Les fondateurs de Marseille, alors appelée par son nom ligure de Massalia, venaient d'une cité ionienne d'Asie Mineure, Phocée : en grec *Phōkaia*, dérivé de *phōquē*, le phoque. Ce dernier reste le

premier emblème de notre turbulent port du Midi, 2 500 ans après sa création.

Pour éviter que le phoque moine ne passe du jour au lendemain du statut d'espèce vivante à celui d'objet paléontologique, la communauté scientifique internationale s'est subitement mobilisée autour d'un grand programme de sauvetage.

L'espèce concernée appartient à l'ordre des pinnipèdes, genre des mammifères placentaires aquatiques comprenant les morses, les otaries et les phoques, caractérisés notamment par la transformation des membres en nageoires. L'opinion les associe souvent aux mers polaires, ce qui est une erreur ; plusieurs espèces de phoques se plaisent bien dans les eaux tempérées, même chaudes. Trois d'entre elles sont — on risque d'avoir à dire : étaient — coutumières des eaux françaises. Outre le phoque moine, ce sont le phoque gris (*Halichoerus grypus*), qui fréquente les côtes bretonnes et le sud du golfe de Gascogne, et le veau marin (*Phoca vitulina*), qui lui aussi pratique nos rives atlantiques.

Sans l'action énergique d'une poignée de zoologistes et de quelques organismes comme le Centre national d'étude des mammifères marins (CNEMM), le phoque gris et le veau marin auraient aujourd'hui totalement disparu de nos régions (¹).

Si l'on pouvait espérer, par d'énormes efforts, recréer progressivement des colonies de phoques gris et de veaux marins, on avait pratiquement abandonné tout espoir de repeuplement pour le phoque moine méditerranéen, de toute apparence évanoui de nos côtes depuis plusieurs dizaines d'années. Ses deux congénères, le phoque moine des Caraïbes et celui d'Hawaï, sont, pour l'un, définitivement éliminés de la carte des vivants, et, pour l'autre, au stade terminal de l'extinction.

Le phoque moine, chez nous, semblait bien voué à l'annihilation. Individu extrêmement discret et timide, il n'est pas un sujet facile de statistiques. N'aimant pas se faire compter, il échappe à une évaluation réelle de sa population mondiale. On estime qu'il en subsiste quelque 500 spécimens, en Atlantique pour un petit nombre, mais surtout en

mer Egée le long des côtes grecques et turques. Pratiquement anéanti en mer Noire, il survit encore, grâce à quelques couples valeureux, en Adriatique et sur les côtes de Libye et du Maghreb.

Il ne se manifeste plus depuis longtemps sur les rives italiennes, bien que deux ou trois individus aient été repérés en Sardaigne. Son aire de répartition en Atlantique s'est amenuisée comme une peau de chagrin. Deux malheureuses populations résistent encore à l'hécatombe, l'une dans l'archipel de Madère, l'autre en Mauritanie.

En France, sa disparition par étapes constituait une série d'avertissements qui n'eurent pour écho que l'indifférence générale. Le phoque moine fréquentait encore, au début du siècle, les calanques de Cassis et les côtes varoises entre le cap Brun et les îles d'Hyères. On l'observait notamment sur la côte sud de Port-Cros, à Baud et Porquerolles.

Dans les années 20, l'adoption généralisée de moteurs sur les bateaux de pêche a scellé, de façon apparemment définitive, son destin. On signale pour la dernière fois des phoques moines sur les côtes de la France continentale au début des années 50. Le littoral ouest de la Corse en abritait autrefois une colonie importante, tombée dans un déclin abrupt à partir de 1955. Plus aucun survivant ne s'y est manifesté depuis près de treize ans.

Les raisons de ce sinistre bilan ? Elles sont malheureusement par trop banales. La vie du phoque moine a été totalement dérangée par les

pêcheurs et les plaisanciers, notamment en période de reproduction. Le développement industriel, l'explosion touristique sur le pourtour du bassin méditerranéen ont terriblement resserré ses zones de colonisation. L'aménagement du littoral et la pollution qui en a été la conséquence ont rendu son habitat naturel de plus en plus invivable. Et puis, s'ajoutant à tous ces facteurs de civilisation, il y a l'éternelle stupidité humaine : le plaisir de tuer. Dès qu'un phoque est signalé dans les parages, les fusils

(¹) Voir "Timide retour des phoques sur nos côtes" *Science & Vie* n° 815, août 1985, p. 48.

s'excitent. Pensez donc, quelle cible inespérée, quel gibier exotique pour les héros de faits d'armes tartarinesques ! Imaginez le sublime enjeu, puisque d'une seule balle on peut pratiquement rayer une espèce entière de la carte.

Des zoologistes, dans bon nombre de pays, se sont révoltés contre cette situation. Une première conférence à Rhodes, en 1978, avait dressé le bilan du désastre et proposé une série d'actions, appuyée par des organismes de plusieurs nations. Il s'agissait, dans un premier temps, d'effectuer un travail sérieux de connaissance sur la biologie, le comportement et les besoins de l'animal.

En 1983, la Commission des Communautés européennes demandait au Parc national de Port-Cros d'étudier les modalités d'une stratégie de sauvetage du phoque moine.

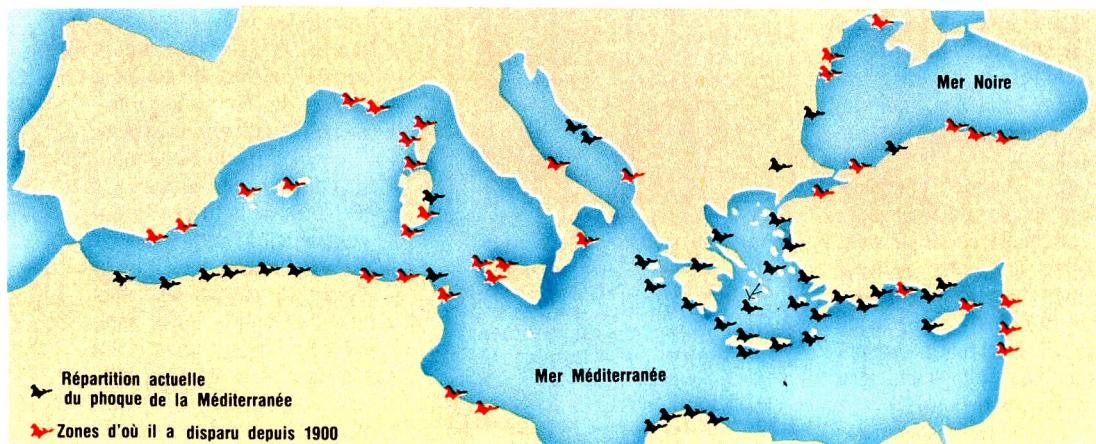
Aux Canaries, à Madère, en Sardaigne et en Afrique du Nord étaient mises en place des réserves marines susceptibles, peut-être, d'héberger et de protéger les derniers rescapés. Finalement, en juin

Ces phoques seront accueillis dans des bassins spécialement aménagés du Marineland d'Antibes, et surveillés par une importante équipe de zoologistes et de vétérinaires.

Leur reproduction fera l'objet de soins et d'observations tout particuliers. La nouvelle génération née en captivité, une fois indépendante de la tutelle maternelle, sera mise en semi-liberté dans une baie fermée, à l'îlot de Bagaud, voisin de l'île de Port-Cros et qui fait partie du parc naturel créé en 1963. Ce centre d'élevage sera mis à la disposition de tous les pays riverains de la Méditerranée désireux de reconstituer leur population défaillante de pinipèdes.

Les phoques grandis en captivité seront finalement restitués au milieu naturel, dans des sites sélectionnés, près des îles d'Hyères, en Sardaigne, dans la réserve de Scandola en Corse.

Un programme qui a nécessité une concertation à l'échelle internationale. En décembre dernier, se réunissait à Strasbourg le Comité permanent de la



La seule chance de revoir un jour des phoques moines sur nos côtes méditerranéennes : l'élevage en captivité.

1985, au cours d'un colloque international tenu à Port-Cros, on a pour la première fois pris des mesures concrètes en faveur de la survie de ces grands mammifères en péril. Le Parc national de Port-Cros, établissement public sous la tutelle du ministère de l'Environnement, et un organisme privé, le Marineland d'Antibes, créeront en collaboration un centre d'élevage du phoque moine.

Une dizaine de ces animaux vont être capturés, chacun dans des sites différents et selon des critères bien définis d'âge et de sexe ; on choisira évidemment des sujets isolés ou membres d'une colonie stable, de manière à ne pas perturber davantage l'équilibre de l'espèce au sein des communautés restantes.

convention relative à la conservation de la vie sauvage et des milieux naturels de l'Europe. Une instance où sont représentés individuellement tous les pays méditerranéens concernés, et en outre la Communauté européenne dans son ensemble, l'Union internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources (IUCN), et le Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE). A l'issue de cette réunion fut mis en place un comité d'experts pour le phoque moine chargé de proposer aux pays du Conseil de l'Europe un certain nombre de mesures de protection du pinipède et de son habitat. La prochaine réunion du Comité permanent se tiendra à Strasbourg à la mi-novembre.

Isabelle Bourdial

ECHOS DE LA RECHERCHE

MÉDECINE

SIDA : en attendant le vaccin

En juin dernier, on comptait 22 406 cas de SIDA en Amérique, essentiellement du Nord, selon le Center for Disease Control d'Atlanta.

Le même mois, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) estimait qu'il y a 2 242 cas en Europe et 50 000 en Afrique, et non 378 comme voulait le donner à croire un rapport publié par 9 pays africains. L'Ouganda en particulier est ravagé par le SIDA.

Le CDC d'Atlanta estimait entre 1 et 2 millions le nombre d'Américains apparemment sains, mais ayant été en contact avec le virus et donc susceptibles de développer la maladie dans les années à venir, et l'OMS, lui, faisait une estimation équivalente pour l'Afrique.

Estimations délicates, car il semble d'une part que les Etats-Unis et l'Europe soient essentiellement infectés par le virus LAV et l'Afrique, par les HTLV II et LAV et, d'autre part, que les cas d'infection par LAV ne soient pas tous déclarés, dans de nombreux cas, parce qu'on les interprète mal. De nombreuses encéphalites et méningites, qui n'ont été précédées par aucun prodrome caractéristique du SIDA, et des maladies à nosologie apparemment aussi distincte que la sclérose latérale amyotrophique ou maladie de Lou Gehrig (c'est son nom américain) semblent bien, selon des médecins américains, constituer des formes directes du SIDA.

Enfin, si l'épidémie s'est manifestée de façon évidente à partir de 1980, il y a des raisons de penser qu'elle commença en fait de nombreuses années auparavant, peut-être même dès les an-

nées cinquante, favorisée, surtout aux Etats-Unis, par l'importation de sang collecté dans des pays sous-développés, auprès de donneurs malades.

Se livrer à des pronostics sur la mortalité à venir comme le font les Etats-Unis, qui prévoient 10 fois plus de cas pour 1991, cela commence à être oiseux, car le vaccin et un mode de traitement semblent bien devoir être prêts entre 1987 et 1989.

Le congrès international qui s'est tenu à Paris en juin n'a certes pas contribué à clarifier beaucoup les idées, certains médecins annonçant le vaccin pour fin 86 - début 87, d'autres déclarant qu'il ne faut pas y compter avant 1990.

Un point important est toutefois acquis ; le virus ou, plus exactement, le rétrovirus LAV responsable du SIDA n'est qu'un membre, certes le plus dangereux, d'une "bande des quatre", les autres étant les HTLV I, II et IV, le premier étant aussi associé à des troubles immunitaires, des neuropathies et surtout des leucémies survenant entre 20 et 40 ans, à peu près d'ailleurs comme le deuxième, à quelques différences près ; le dernier ne semblant pas, pour le moment, présenter une gravité particulière (on a trouvé en Afrique des cas d'infection sans symptômes). Mais on soupçonne que certaines affections articulaires, jusqu'alors de causes inconnues, pourraient être causées par un des membres cette

sinistre "bande".

Le SIDA aura, en fait, permis de sonner l'alarme et de se rendre compte que les rétrovirus infectent bien l'être humain, tout à fait à l'opposé de ce que l'on croyait il y a seulement cinq ans. Il aura aussi permis de constater que la nosologie des infections rétrovirales peut varier de façon extraordinairement rapide, comme en témoignent les statistiques. En 1981, par exemple, 34 % des malades qui avaient développé un SIDA dévoilaient aussi un type rare de cancer, le sarcome de Kaposi ; or, en avril 86, donc cinq ans seulement plus tard, ce taux est inexplicablement tombé à 14 %, c'est-à-dire qu'il a diminué de 60 %. Aucun expert ne peut même imaginer d'explication à cette diminution somme toute soudaine.

G.M.

VIROLOGIE

Portrait-minute de virus

Il faut plusieurs jours pour identifier un virus. Le malade a largement le temps d'être mort. Ou guéri.

Il en sera autrement : le Dr William Martin McClain a trouvé le moyen de les identifier très vite. Il jette les virus prélevés dans un récipient de verre rempli d'eau. Puis il fait passer dans l'eau un rayon laser. La diffraction du rayon crée une image ou spectre qui varie avec chaque type de virus et qui le définit donc. Le tout prend quelques minutes.

Seule limite de cette nouvelle application de la diffraction : le virus doit avoir un diamètre au moins égal au 10^e de la longueur d'onde de la lumière. Pas moyen, donc, de l'utiliser pour identifier les protéines, dont les molécules sont beaucoup plus petites.

G.M.

La fidélité des gelinottes...

Les ornithologistes ont longtemps supposé qu'une espèce est monogame ou polygame pour des raisons aussi contraignantes que celles qui commandent la couleur du plumage ou la forme du bec

Puis des observations détaillées ont indiqué que des espèces très voisines, mais dans des conditions différentes, peuvent avoir des structures matrimoniales bien différentes. Plus encore, à l'intérieur d'une même espèce, on observe des variations importantes.

L'Américaine Suzan Hannon a passé à ce propos du stade descriptif à l'expérience et elle a choisi, dans ce but, la gelinotte des saules. L'oiseau est généralement monogame, très semblable à notre gelinotte européenne, appartenant comme elle à la famille des Tétras.

Or, sur dix-sept espèces de cette famille, cinq seulement sont monogames. Pour voir si l'on pouvait expérimentalement transformer la gelinotte des saules en oiseau polygame, ainsi que pour établir les raisons et les conséquences de cette transformation, Hannon a choisi de travailler dans le nord-ouest de la Colombie britannique au Canada, région de broussailles et d'arbres nains, typiques de ces hautes latitudes.

Trois zones d'une superficie variant entre 50 et 90 ha ont été choisies, l'une comme zone témoin, les deux autres comme zones expérimentales. Dans les trois zones, toutes les gelinottes ont été capturées à l'aide de filets et marquées par des combinaisons de bagues colorées placées sur les pattes. Dans les deux zones expérimentales, la manipulation a consisté à retirer entre 50 et 75 % des mâles présents, puis à éliminer les mâles du voisinage qui tentaient de s'installer sur les zones expérimentales.

Pendant trois années et quelques que furent les conditions atmosphériques, Hannon a patiemment accumulé les mesures et les observations. Localisation des individus,

délimitation de leurs territoires, indices d'appariement des oiseaux, emplacement des nids, nombre d'oeufs pondus, poids des poussins, taux de survie des jeunes et des adultes... Beaucoup de travail donc, mais aussi la possibilité ultérieure de discuter avec plus de certitude de questions souvent traitées de manière parfaitement théorique.

Première constatation, dans la zone témoin, la monogamie est presque la règle absolue : 91 % des 52 mâles observés sont monogames. Dans les zones expérimentales, au contraire, il ne reste que 52 % de monogames et, parmi les polygames, certains s'attachent trois femelles, voire quatre dans un cas, ce qui ne s'était jamais observé dans les conditions naturelles. En ce qui concerne le pourquoi et les conséquences, et sans détailler les résultats, on en vient aux conclusions que voici. Ce sont en fait les femelles qui s'opposent à la polygamie. A l'intérieur d'un territoire d'environ 2,5 ha, qui correspond assez exactement à la superficie des territoires des mâles dans la zone témoin, elles exercent leur autorité conjugale : aucune femelle étrangère ne peut, sauf les exceptions signalées, s'installer sur le même territoire ; la monogamie est donc assurée.

Quand le nombre de mâles par unité de surface diminue de manière importante, les survivants ont la possibilité d'agrandir considérablement leurs propres territoires, ce que ne peuvent pas faire les femelles. Le territoire du mâle devient ainsi susceptible d'accueillir plusieurs territoires de femelles, d'où apparition possible de la polygamie.

Si, comme l'auteur, on prend un point de vue néo-darwinien, on re-

cherchera quel bénéfice peut tirer le mâle de la polygamie et, pour la femelle, de la monogamie qu'elle semble favoriser. Tout en évitant les comparaisons anthropomorphiques, trop faciles, on remarque que le mâle polygame s'assure une plus grande descendance, mais seulement dans le cas où le nombre des prédateurs n'est pas trop important. En une année où les prédateurs étaient rares, les mâles polygames ont obtenu, en moyenne, 8,8 descendants vivants à l'âge de l'envol, tandis que les monogames n'en avaient que 4,4. Cependant, si la prédateur est importante, les résultats sont les mêmes pour les deux types de mâles. Le manque de surveillance et de défense compensant alors le plus grand nombre d'oeufs, obtenus à partir de plusieurs femelles. Il se produit donc une autorégulation dans les cas de polygamie.

Notons au passage que le mâle joue un rôle actif de défense, en menaçant les prédateurs éventuels et surtout en les attirant loin du nid, grâce aux techniques, répandues chez les oiseaux, d'imitation du comportement d'un individu incapable de voler.

Pour les femelles, les avantages de la monogamie sont bien plus évidents. En année de forte prédatation, le taux de survie des poussins est doublé pour les couples monogames, puisque le mâle défend mieux sa couvée.

Mais, il y a plus : si on examine la survie des femelles elles-mêmes, d'une saison l'autre, on constate que 44 % des monogames reviennent nicher, tandis que ce pourcentage tombe à 25 % pour les polygames. Par contre, le taux de retour des mâles ne change pas, qu'ils soient polygames ou monogames. Donc, pour la gelinotte des saules, la polygamie est très désavantageuse pour la femelle, et il n'est pas étonnant qu'elle l'évite.

Mais ne généralisons pas : nous ignorons les mécanismes qui déterminent la structure matrimoniale de toutes les espèces

J.M.

On les cherchait depuis un siècle, on en a trouvé : des œufs fécondés de nautil, mystérieux et très lointain cousin des poulpes. On les cherchait en mer, on les a trouvés par hasard... dans l'aquarium de Waikiki, Hawaï !

... Et le mariage forcé des marmousets

Afin d'améliorer la fertilité des espèces animales menacées de disparition ou vivant en captivité, une équipe de l'Institut de zoologie de Londres, dirigée par David Abbott, essaie actuellement sur le marmouset une technique capable de déclencher artificiellement l'ovulation.

Le marmouset, appelé aussi ouistiti, a la particularité de vivre en groupes très hiérarchisés. Au sommet se trouve un couple dit dominant, dont la femelle est seule à pouvoir procréer, les autres femelles ayant leur ovulation inhibée. Par quoi ? Par l'odeur émise par les glandes sébacées de la femelle dominante. Le parfum induit la sécrétion de substances opiacées, lesquelles substances empêchent l'émission de LHRH (*Luteinising Hormone Releasing Hormone*) par l'hypothalamus des

femelles qui dès lors deviennent stériles. A preuve, lorsqu'on les éloigne de la trace laissée par la femelle dominante, l'ovulation redéveloppe normale.

La LHRH est libérée par intermittence par l'hypothalamus et véhiculée jusqu'à la glande pituitaire où elle régularise la sécrétion des hormones ovaries impliquées dans l'ovulation, à savoir la LH (*Luteinising Hormone*) et la FSH (*Follicle Stimulating Hormone*). L'idée des Londoniens a donc consisté à induire artificiellement ces mécanismes hormonaux. Pour ce faire, les marmousets sont équipés d'un sac à dos (*voir photo*) contenant de la LHRH qui est délivrée par intermittence sous la peau, à l'aide d'une seringue. Résultat : l'émission de LHRH induit bien la sécrétion de LH et les ovaires se mettent à grossir,

preuve qu'ils retrouvent leur fonction. Cependant aucune ovulation n'a encore été observée. Le Dr Abbott et ses collègues expérimentent diverses doses et diverses fréquences d'émission afin de s'approcher le plus possible des conditions naturelles. Lorsque la technique sera au point, les chercheurs pensent l'utiliser pour sauver le panda et le rhinocéros blanc, particulièrement menacés. P.R.

Bosse des maths, allergie et gaucherie

Les surdoués en maths sont statistiquement gauchers, prédisposés aux allergies et du sexe masculin. Telle est la conclusion d'une étude faite sur 100 000 gauchers américains par le Pr Camella Benbow de l'université de l'Iowa. Ces résultats auraient pour explication la testostérone, une hormone mâle sécrétée en grande quantité par les testicules de l'homme et aussi, mais en quantité moindre, par la femme. Il a été établi, en effet, que les enfants qui auraient baigné, lors de la gestation, dans une matrice imprégnée en excès par de la testostérone auraient une bosse des maths plus développée. Le Pr Norman Geschwind, biologiste à la Harvard Medical School (Massachusetts, Etats-Unis), a en effet montré qu'un excès de testostérone ralentit chez le fœtus non seulement le développement de l'hémisphère gauche, mais aussi celui du thymus, glande située en avant de la trachée artère et spécialisée dans la maturation d'une variété de globules blancs : les lymphocytes T. Ce rétrécissement de l'hémisphère gauche entraîne une prédominance du droit, qui contrôle l'aptitude aux maths. Ce rétrécissement se traduit aussi par une tendance à devenir gaucher. Enfin, un thymus peu développé entraîne une mauvaise maturation des globules blancs, qui jouent un rôle important dans le développement des allergies. C.Q.F.D.



Les poussières de l'infini

Il y a de la poussière entre les étoiles, les astronomes le savent depuis longtemps. Mais de quelle sorte ?

Grâce à des statistiques sur 5435 spectres obtenus en infrarouge par le satellite astronomique IRAS, Robert Papoular, du service d'Astrophysique du Centre nucléaire de Saclay, a découvert qu'il y en a trois sortes.

La plus répandue est riche en silicium et en oxygène, c'est-à-dire en silicates, et se concentre dans les bras spiraux de la Galaxie ; elle devient de plus en plus rare à mesure que l'on s'élève au-dessus de ces bras, dans le halo galactique. On l'observe très profondément dans le centre galactique, où 250 000 sources infrarouges s'entassent autour d'un possible trou noir, l'abondance des objets étant telle qu'elle fait paraître la poussière seulement aussi abondante que dans le reste de la Galaxie, dissimulant la plus forte densité que l'on attendait.

L'autre type de poussière interstellaire est riche en carbure de silicium ; il doit provenir d'étoiles enrichies en carbone, qui semblent aujourd'hui cinq à dix fois plus nombreuses qu'on le pensait ; l'explication serait que ces étoiles sont en fait des objets sans mystère, riches en oxygène, comme le veulent les lois connues de la physique stellaire, mais affectées par des mouvements de brassage ramenant le carbone à la surface. Ces mouvements seraient plus efficaces que prévu. Mais on n'explique pas encore pourquoi ces grains de poussière se forment dans l'atmosphère des étoiles à carbone sous forme amorphe, et non sous forme de cristaux.

Enfin, il y a les grains-mystères, qui présentent une raie spectrale attribuée à des "hydrocarbures", dont, peut-être, le fameux coronène, cette molécule lourde dont l'omniprésence vient seulement d'être révélée (*Science & Vie* n° 821, p. 32). Catégorie bien distincte, ces poussières du troisième type se forment dans les nébu-

leuses planétaires, étoiles en voie de transformation en naines blanches, qui achèvent leur vie en éjectant leur atmosphère sous forme d'immenses coquilles. Leur violent rayonnement ultraviolet détruit en principe les fragiles molécules organiques ; or, celles-ci semblent très nombreuses, les bandes spectrales s'enchevêtrant pour former un long plateau dans le spectre de ces poussières : à leur surface, les hydrocarbures se font et se défont peut-être, sans jamais se stabiliser. Dernier trait d'originalité, les poussières à hydrocarbures sont enrichies en néon, l'un des gaz les moins chimiquement réactifs.

S. C.

ÉCOLOGIE

Le mystère du stade olympique de Paris

Paris est candidat aux Jeux olympiques de 1992. Le dossier technique de cette candidature a été remis au Comité olympique international.

Fort bien ; mais où dans la capitale construira-t-on le stade olympique ? Il semble bien qu'on envisage de sacrifier une partie du bois de Vincennes pour cela. Entendez par là des millions d'arbres et des centaines d'hectares d'espaces verts.

Or, il existe quand même bien des espaces autour de Paris que l'on pourrait élire à la place du bois de Vincennes, qui y gagneraient même et où l'on n'aurait pas besoin de procéder à un saccage de forêt.

Mais un silence prudent, confinant au mystère, est entretenu sur le choix du site.

G.M.

Le petit bout de l'Y

Du strict point de vue génétique, l'homme se distingue de la femme par la paire des chromosomes sexuels : XX chez la femme, XY chez l'homme. Très schématiquement, la présence d'un chromosome Y dans la cellule-œuf qui résulte de la fécondation d'un ovule par un spermatozoïde, porteur d'un chromosome Y, conduit la glande sexuelle, primitivement neutre, à se différencier en testicule. En l'absence de ce chromosome Y, l'ébauche gonadique se différencie en ovarie.

C'est le locus TDF (Testis Determining Factor) situé sur le chromosome Y qui détermine le sexe. On ignore où il se trouve, mais des travaux de l'équipe du Dr J. Weissbach (INSERM U 163, Institut Pasteur, Paris) vont permettre de le trouver rapidement. Ils ont montré, en effet, que la partie terminale des bras courts des chromosomes X et Y est constituée de séquences d'ADN identiques sur les deux chromosomes. Ces séquences n'interfèrent en rien dans la détermination du sexe et, pour cette raison, elles sont appelées séquences pseudo-autosomiques. Le locus TDF est évidemment extérieur à ces séquences.

Les travaux ont également mis en évidence des phénomènes de "crossing-over" entre les chromosomes X et Y au niveau de ces séquences. Ces enjambements surviennent lors de la méiose font que les chromosomes échangent des fragments homologues. Le locus TDF serait immédiatement adjacent à ces séquences pseudo-autosomiques. L'étude de nombreux sujets présentant des phénomènes de crossing-over entre X et Y permettra de le localiser précisément.

P.R.

Le paludisme favorise une déficience immunitaire et les maladies virales : cancer hépatique, lymphome de Burkitt et sarcome de Kaposi, ce dernier désormais associé au SIDA, selon le Pr Touré de l'Institut du cancer de Dakar.

Thylacine retrouvé : une douteuse affaire

Ce marsupial, *Thylacinus cynocephalus*, plus connu sous le surnom de loup de Tasmanie, passait pour avoir faussé compagnie à la Création en 1936.

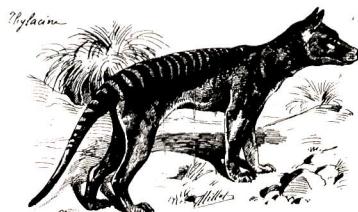
Le dernier spécimen de ce carnivore de la taille d'un chien, avec une queue d'une cinquantaine de centimètres de long, le pelage ras et rayé sur le dos, évoquant un peu l'hyène, fut capturé en Tasmanie en 1933 et mourut en effet au zoo de Hobart trois ans plus tard. Mais ce n'était sans doute pas vraiment le dernier.

Il y a déjà trois ans, des rumeurs couraient en Australie à son sujet : des chasseurs avaient aperçu un animal qui ne pouvait être que le thylacine. Ils avaient aussi repéré dans les parages des carcasses d'animaux déchiquetés qui semblaient bien avoir été les proies de carnassiers tels que le thylacine. Mais ces rumeurs furent accueillies avec prudence. Bien que la Tasmanie ne soit pas une île surpeuplée, si des thylacines avaient survécu au massacre (dans les dernières années du XIX^e siècle, le gouvernement en avait fait tuer 2 228), on les eût déjà vus. Or, de 1936 à 1983, pas un rapport. Quant aux animaux que les chasseurs avaient vus, ce pouvaient être des dingos, autres carnassiers.

Notre confrère britannique *New Scientist* vient de publier, pour la première fois, des photos qui semblent confirmer les rumeurs. Avec beaucoup de prudence, car il existe aussi des falsifications dans ce domaine, *New Scientist* les analyse et les commente.

Les photos, au nombre de trois, ont été prises par un chasseur d'origine indigène, c'est-à-dire descendant de Bushmen ; fait important, parce que les Bushmen, connaissent évidemment très bien leurs territoires. Ce chasseur, Kevin Cameron, vit à Girrawheen, en Australie occidentale. Et, fait extraordinaire et qui explique les pré-

cautions prises par *New Scientist*, c'est en Australie, dans cette région, qu'il a vu au moins un thylacine. Pourquoi est-ce extraordinaire ? Parce que l'on pensait jusqu'ici que le thylacine avait disparu



d'Australie il y a plusieurs centaines, peut-être plusieurs milliers d'années, victime d'un conflit territorial avec le dingo. Il ne survécut qu'en Tasmanie, île qui se sépara du continent australien il y a 12 000 ans, justement parce que la Tasmanie s'était insularisée. Coup double donc : on découvre des thylacines et on les découvre en Australie.

Nous avons soumis ces déroutantes photos (dont nous en pu-

blions une ci-contre) au Dr Michel Ranier, chercheur en zoologie au Muséum, qui s'est montré fort réservé et qui trouve que les bandes caractéristiques du dos de l'animal sont bien pâties... Ce qui pourrait indiquer qu'il s'agit, non d'un animal vivant, mais d'un spécimen empaillé, comme il n'est pas difficile d'en trouver encore en Australie. Le même zoologiste trouve par ailleurs bizarre qu'un chasseur se soit défit de son fusil, que l'on aperçoit à terre sur l'une des photos, alors que l'animal pourrait être dangereux, et que celui-ci se soit montré si peu farouche, car deux des photos ont été prises à brève distance...

Reste qu'il n'est pas exclu entièrement que l'on puisse un jour observer des thylacines en Australie : on en a, en effet, trouvé des vestiges qui ne remontent qu'à 80 ans (moins selon des chercheurs australiens). Le continent australien est vaste et peuplé surtout sur les côtes ; il est possible que quelques bandes survivent dans la brousse, « mais il faudrait un miracle pour qu'on les photographie », selon le Dr Ranier.

Pour précision, la carcasse de thylacine récupérée, actuellement conservée au Western Australian Museum, fut retrouvée infestée de vers, ce qui prouvait qu'elle était récente. D'où l'incertitude sur le sort de l'espèce.

Reste à organiser des battues dans cette région, afin de vérifier la découverte de Cameron, d'évaluer le nombre d'animaux restants et d'organiser une réserve qui permette la reconstitution d'un parc minimal.

G.M.



BIOLOGIE

La "souris-homme", amie de l'homme

Notre intestin est peuplé par des milliards de micro-organismes : 10¹¹ par gramme de contenu digestif.

Au total, ceux-ci sont dix fois plus nombreux que toutes les cellules de notre corps. Pasteur pensait qu'ils avaient un rôle important, mais les bactéries et autres germes qui peuplent notre gros intestin ont échappé pendant 50 ans aux microbiologistes. Elles sont en effet anaérobies et l'oxygène les tue ; si elles vivent dans le gros intestin, c'est qu'il est anaérobien depuis la valvule de Bauhin qui le sépare du grêle. Pour étudier cette mystérieuse flore, il a fallu développer des techniques et des modèles animaux dont le plus surprenant est la "souris-homme" !

A la naissance, l'intestin est stérile ; l'homme et l'animal sont alors dits axéniques. C'est principalement l'alimentation qui véhiculera les germes, qui vont peupler l'intestin par milliards. La flore s'installera progressivement et la possibilité, pour une espèce donnée de micro-organismes, de se développer dépend étroitement des espèces précédemment installées. Ce peuple obéit à des règles déterminant une séquence qu'il faut éviter de bouleverser par un traitement antibiotique. Le peuplement change selon les segments intestinaux. De la bouche à la fin du grêle, on a d'abord des germes aérobies, puis un mélange aérobies/anaérobies plus ou moins déterminé. Mais à partir de la valvule de Bauhin, on ne trouve plus que des anaérobies stricts que les an-glophones nomment EOS (*Extremely Oxygen Sensitive*). Ecosystème complexe !

Prenons alors un souriceau axénique ; placé dans une enceinte stérile, il restera axénique. On le gardera axénique en stérilisant son alimentation. Que l'on mélange à cette alimentation quelques germes anaérobies identifiés, qui vont s'implanter dans le colon, et l'on

obtient un souriceau à flore colique simple et connue ; ce sera un souriceau gnotoxénique. L'homme, lui, est dit holoxénique : sa flore colique est complexe et une part plus ou moins importante en est inconnue.

Cette flore colique est contenue dans les fèces humaines. Si l'on traite ceux-ci dans une enceinte étanche, dont l'atmosphère est composée d'azote, d'hydrogène et de gaz carbonique et recyclée en permanence sur des catalyseurs captant toute trace d'oxygène, on obtient une dilution que l'on introduit ensuite dans un tube clos et stérile. Par des manipulations non moins stériles, ce tube sera introduit dans la bulle où vivent les souris axéniques. Son contenu servira à gaver le souriceau par voies gastrique et rectale, deux jours de suite. On pratique deux gavages pour être aussi sûr que possible que toutes les souches (environ 450) peuplant le colon humain seront bien implantées chez l'animal. Des comparaisons sont ensuite réalisées entre la flore humaine d'origine et celle qui s'est développée chez la souris en deux semaines environ (la souris restant maintenue dans sa bulle).

Les populations bactériennes dominantes sont les mêmes et assurent les mêmes fonctions de régulation et d'effet de barrière contre les bactéries exogènes. On dispose donc d'un modèle animal qui permet d'étudier les variations de la flore intestinale humaine sous diverses influences non plus *in vitro*, dans une boîte de Pétri, mais *in vivo*, dans des conditions proches de celles régnant dans un colon humain.

Ce modèle permet de faire l'épidémiologie des résistances à un antibiotique. Voilà à quoi sert la souris-homme.

Dans le cas où une bactérie montrerait de la résistance chromosomique aux antibiotiques, l'avenir de l'espèce mutante dépend de la capacité de ces mutants résistants à se maintenir dans l'écosystème que représente la flore colique. Un mutant résistant isolé — dans un hôpital par exemple — pourra être inoculé à la souris-homme et l'on verra s'il reste réprimé par l'effet de barrière ou s'il se développe, devient dominant et pathogène, participant au "péril fécal".

La résistance plasmidique, celle qui est transmise d'une bactérie, voire d'une espèce à l'autre par le plasmide, peut être étudiée de la même manière. Enfin, la souris-homme permet d'étudier l'action des antibiotiques sur l'ensemble d'une flore, et notamment ce qui va se passer à l'arrêt du traitement antibiotique. Celui-ci peut en effet, en même temps qu'il agit sur la flore autochtone du colon, réprimer aussi les bactéries exogènes. Mais à l'arrêt, quelles seront les bactéries qui s'exprimeront d'abord ? Les exogènes, qui ne sont plus réprimées par l'antibiotique, ou les flores autochtones, qui les empêcheront d'agir ? Pour le savoir, on passe donc à la souris-homme un échantillon de flore intestinale humaine prélevée en cours de traitement antibiotique. La souris n'étant pas traitée, il se passera dans son intestin ce qui se passerait chez le "donneur" de flore à l'arrêt du traitement.

La souris-homme n'est pas seulement un modèle expérimental. Utilisée comme telle au laboratoire d'écologie microbienne du Centre national de recherches zootechniques de Jouy-en-Josas, elle est aussi utilisée en pratique dans le service de bactériologie de l'Institut Gustave-Roussy, à Villejuif : en effet, chez des patients volontairement immuno-déprimés, comme ceux qui ont reçu une greffe, l'étude des résistances microbiennes aux antibiotiques est extrêmement importante.

J.T.

Les articles de cette chronique ont été réalisés par

Jean-Michel Bader, Stéphane Chenard, Jacques Marsault, Gérald Messadié, Marie-Laure Moinet, Pierre Rossion et Jacques Texier.

Un ciseau universel pour l'ADN

Couper l'ADN à volonté, comme le salami en tranches, est désormais possible grâce à l'outil mis au point par Waclaw Szybalski, professeur d'oncologie à l'université du Wisconsin (Etats-Unis).

Jusqu'à présent, la manipulation des gènes reposait sur un arsenal de "ciseaux" chimiques, les enzymes de restriction, normalement produits par des microorganismes. Chacun de ces enzymes coupe l'ADN chaque fois qu'il détecte une séquence précise de nucléotides (unités constitutives de l'ADN). Les enzymes de restriction actuellement commercialisés sont ainsi capables de couper l'ADN en une centaine de sites différents. Indispensables au biologiste moléculaire, ces outils ont cependant deux inconvénients : ils ne coupent pas n'importe où, leur site de reconnaissance étant hautement spécialisé ; d'autre part, ils coupent chaque fois que la séquence qu'ils reconnaissent est présente. Comme cette séquence est courte — 4 à 6 nucléotides —, elle est abondamment distribuée le long de la molécule d'ADN qui se trouve par conséquent coupée en de très nombreux petits morceaux. S'ils veulent établir la carte génétique d'un être vivant, les chercheurs se retrouvent ainsi avec un puzzle qui devient rapidement inextricable.

La molécule "ciseau" mise au point par Waclaw Szybalski en collaboration avec Anna Podhajska, professeur de microbiologie à Gdansk (Pologne), évite ces deux écueils. D'une part elle reconnaît une séquence plus longue — 5 à 16 nucléotides —, donc plus rare sur la molécule d'ADN, ce qui rend le puzzle moins complexe ; d'autre part, cette séquence est programmable. L'explication réside dans le montage de la molécule : c'est une petite molécule d'ADN synthétique constituée à une extrémité par une double hélice, avec ses deux brins

complémentaires, et à l'autre extrémité par un brin simple d'ADN. L'extrémité en double hélice possède une séquence invariable de nucléotides, reconnue par l'enzyme de restriction Fok I ; l'extrémité à brin simple possède la séquence variable de nucléotides, faite sur commande et complémentaire de la séquence d'ADN que le biologiste veut couper.

Contrairement à la plupart des enzymes de restriction, qui coupent la molécule d'ADN au milieu du site de reconnaissance, Fok I appartient à un petit groupe d'enzymes de restriction qui coupent l'ADN à côté du site qu'ils reconnaissent.

Il faut les imaginer comme des enzymes à deux mains. L'une se referme sur une séquence d'ADN qu'elle reconnaît ; l'autre compte un nombre précis de nucléotides à l'aval, attrape la double hélice et coupe. Ainsi, Fok I reconnaît une séquence de 5 nucléotides et

coupe l'ADN à une distance précise qui représente, en l'occurrence, 9 nucléotides sur un brin et 13 nucléotides sur le brin complémentaire. Fait remarquable, la "main" coupante de Fok I n'agit que si l'ADN est sous forme de double hélice au site de coupe.

C'est cette particularité qui est exploitée dans la technique de Waclaw Szybalski. Sa petite molécule de synthèse fonctionne comme un adaptateur. D'un côté, elle se branche sur Fok I ; de l'autre, elle s'apparie avec le brin d'ADN que l'on veut couper. Tant que cet appariement n'est pas fait, Fok I est incapable de couper l'extrémité à brin simple de l'adaptateur ; cette extrémité sert alors de sonde de la séquence cible d'ADN que l'on veut couper.

Cette sonde pouvant être fabriquée sur mesure, le choix des sites de coupures de l'ADN devient illimité. Quelques astuces annexes sont, bien sûr, nécessaires, par exemple pour présenter l'ADN à couper sous forme de brin simple et reconstituer les morceaux sous forme de double hélice. Une petite cuisine qui rend ce ciseau universel plus cher et quelque peu plus difficile à manier que les enzymes de restriction actuels.

Mais sa découverte reflète « une méthode remarquable et une idée très, très créative » reconnaît le Dr Hamilton O. Smith, prix Nobel en 1978 pour ses recherches sur les enzymes de restriction. Et elle facilitera le travail des biologistes moléculaires, notamment, pour l'établissement de la carte génétique humaine.

M.L.M.

Le lapin dans la Lune et le peuplement des Amériques

Les Chinois ont longtemps cru qu'il y avait un lapin dans la Lune. Idée bizarre autant que poétique qui a suscité bien des images charmantes. Surprise : les mythologies précolombiennes d'Amérique centrale représentent aussi un lapin dans la Lune (*ci-contre*). Cela seul ne peut suffire à prouver l'origine mongoloïde des populations amé-

ricaines anciennes, qui n'a d'ailleurs pas besoin d'être prouvée, mais c'est un point de plus qui la conforte. Voilà, en tout cas, un mythe qui a évité longtemps le civet : une bonne vingtaine de siècles entre Chine et Mexique !



G.M. • 77

LE MATCH PLONGEURS-ROBOTS

A gauche le plongeur, à droite le robot. L'homme est limité et coûte cher, le robot rencontre de nombreuses difficultés mais les surmonte rapidement. En 1986, pour 3 000 plongeurs professionnels on compte 600 robots. Mais une dizaine seulement sont aux mains des civils. L'avenir leur appartient, si le prix du pétrole reste stable ou augmente.

Environ 97 % des fonds océaniques avoisinent ou dépassent les -6 000 m. Aujourd'hui, par des fonds inférieurs à 1 000 m, on sait effectuer de nombreuses tâches avec grande précision, mais entre -1 000 m et -6 000 m l'homme ne sait pratiquement rien faire d'autre que des explorations ponctuelles avec des équipements perfectionnés. Moins d'une dizaine de véhicules au total, habités ou non, atteignent ces profondeurs.

Si les scientifiques et les militaires s'intéressent — pas pour les mêmes motifs — aux profondeurs marines, la pénétration de l'homme et, actuellement, des robots sous la mer doit beaucoup à l'activité pétrolière off-shore qui, seule, a les moyens de financer et de rentabiliser de telles recherches. Depuis un quart de siècle, cette première et toujours unique exploitation commerciale des fonds sous-marins occupe une place toujours plus importante dans l'économie mondiale. Même si le prix du baril de brut a fortement baissé, les experts estiment que 60 % des réserves mondiales de pétrole se trouvent au fond des océans et, cette année, l'exploitation de cette "huile de roche" sous-marine représente plus de 30 % du volume total extrait.

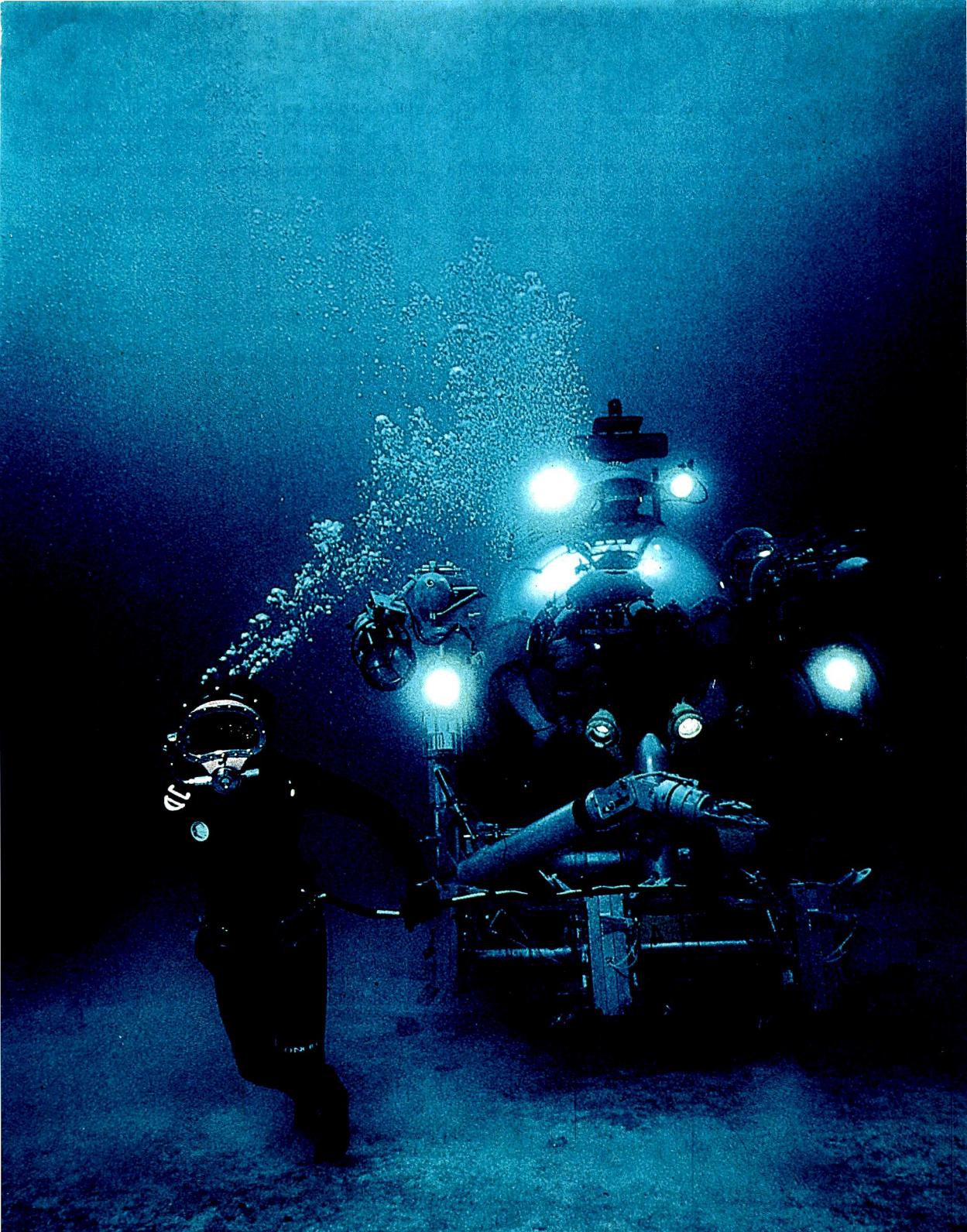
De quelques dizaines de mètres de profondeur, dans le golfe Arabo-Persique, à -150 m en mer du Nord, l'évolution de l'incursion dans les fonds sous-marins est lente, mais constante. Au Brésil, la production atteint -300 m, très bientôt -400 m ; et le site record de Cognac, au large du Mexique, se

situe à -316 m. D'ici la fin de cette décennie, il est certain que l'exploitation en mer du Nord et dans le golfe de Californie s'engagera dans cette course de fond.

Pour permettre cette exploitation, 35 000 forages ont été effectués et 800 gisements sont captés par quelque 4 000 plates-formes pétrolières, sur tous les océans. Ces infrastructures d'acier, pesant jusqu'à 50 000 tonnes, et les travaux d'exploration ou de construction sous-marines font appel à plus de 3 000 plongeurs professionnels, dont 400 pour les seuls gisements de la mer du Nord. Le recours à l'homme reste donc indispensable ; capable de juger sur place, il dispose d'un outil inégalable, sa main qui, même recouverte d'un épais gant de protection, possède plus de vingt degrés de liberté (1).

Mais le plongeur a des contraintes. Parmi celles-ci, des profondeurs d'intervention qui ne dépassent pas les -500 m ou -700 m, à cause, bien sûr, de la vulnérabilité de son organisme à la pression. Celle-ci croissant avec la profondeur, elle ralentit l'activité musculaire et modifie les échanges gazeux respiratoires : nous y reviendrons plus loin, avec les engins habités. Ces contraintes condamnent l'homme à un équipement et une logistique très lourdes. De ce fait, en dessous de -50 m, où l'air

(1) Pour l'étude du mouvement, les degrés de liberté ne sont pas une mesure d'angle, ils correspondent à la somme des possibilités de déplacement dans l'espace, offertes par un ensemble d'articulations.



Le Johnson Sea-Link II, photographié ici à faible profondeur en compagnie d'un plongeur, est un mini sous-marin américain habité, spécialisé dans la recherche, l'exploration et l'intervention jusqu'à 600 m de profondeur. C'est ce Johnson Sea-Link II qui a récupéré, le 15 février dernier, à 20 km au large de Cap Canaveral, des débris de la navette américaine Challenger.

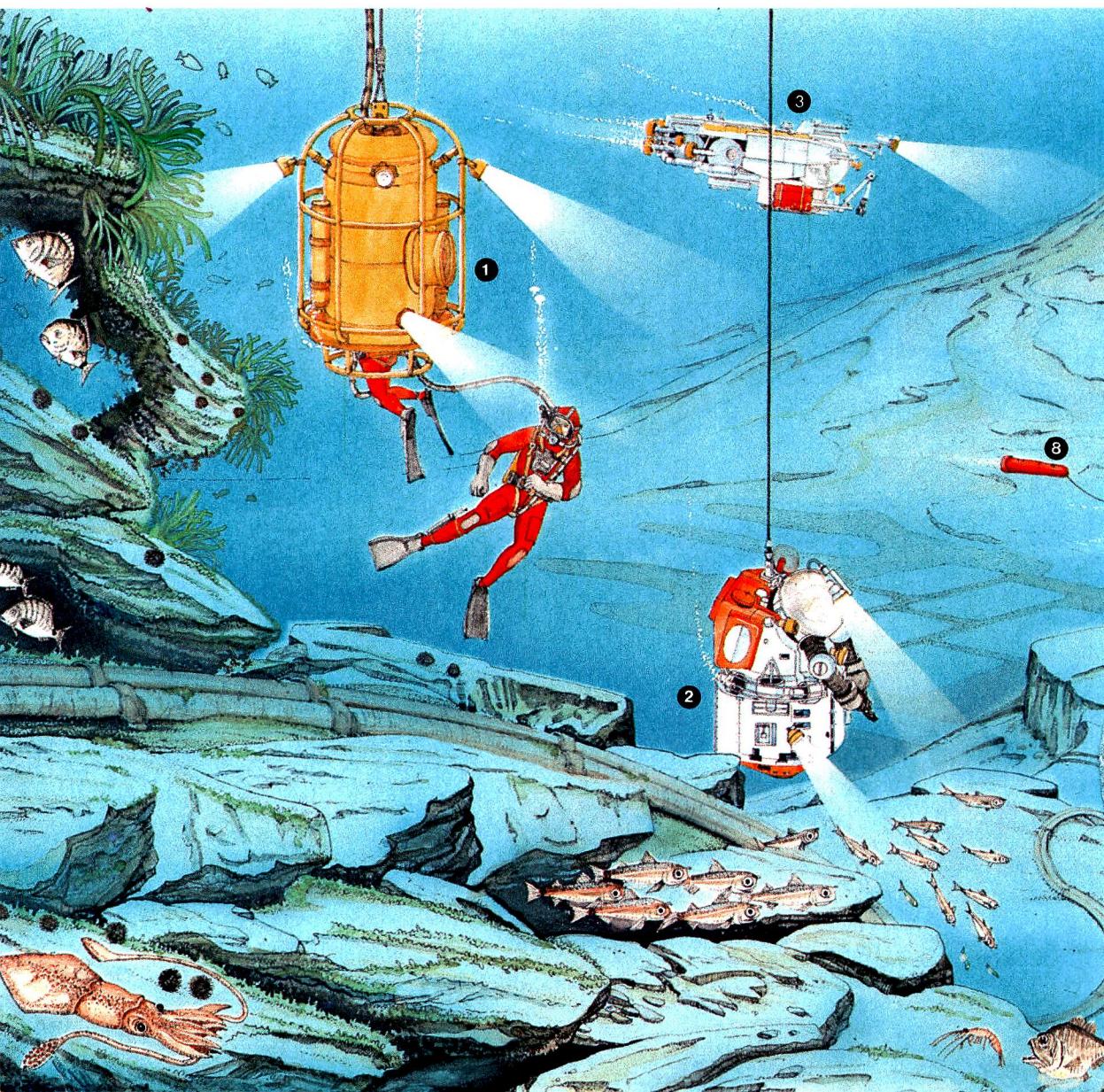
comprimé n'est plus utilisable, le coût horaire d'un plongeur oscille entre 2 000 et 3 000 dollars (soit 15 000-20 000 F environ).

Une industrie s'est donc développée rapidement pour remplacer l'homme dans ce milieu pour le moins inhospitalier : la robotique sous-marine. Les entreprises françaises occupent une place de premier plan, dans ce domaine.

Si, en 1972, on dénombrait une dizaine de véhicules-robots dans les mers du globe, ils sont aujourd'hui plus de 600, dont 300 fabriqués par ECA à Toulon, ce qui en fait le premier constructeur mondial. Cependant, sans aborder les problèmes liés à la kinésiologie — l'étude des mouvements et la réalisation de ceux-ci par un automate — et la

biomécanique, qui ne sont pas l'objet de cet article, le milieu sous-marin s'avère, pour certains automatismes, plus hostile que l'espace. D'ores et déjà, on peut définir quatre grandes catégories d'automates sous-marins :

- les outils-robots, immobiles ou se déplaçant sur un support.
- les véhicules-robots, automoteurs ou tractés, téléopérés par câble depuis la surface.
- les véhicules-robots automoteurs télécommandés (sans liaison mécanique les rattachant à la surface).
- les véhicules-robots automoteurs totalement autonomes, qui feront leur apparition dans un futur proche.



CES DRÔLES DE MACHINES PLONGEANTES

- | | | | | |
|--|--|---|---|---|
| 1. La cloche de plongée.
– 350 m.
Amène les plongeurs de leur chambre hyperbare sur leur lieu de travail. | et ascenseurs à plongeurs. | 5. Le Saga. – 600 m.
Sous-marin autonome. Sept membres d'équipage. Six plongeurs dans son compartiment hyperbare. Équipé pour la vie à bord. | 9. L'Epaulard. – 6 000 m.
Sous-marin d'observation, exploration et recherche. Accessoires multiples : bras manipulateur, foreuse, caméras, etc. | 10. Le PLA. – 6 000 m.
Robot inhabité télécommandé de la surface par acoustique. Inspection et géologie sous-marines, bathymétrie, recherche d'épaves et de nodules. |
| 2. L'Inspector. – 600 m.
Scaphandre relié par câble à la surface. Le plongeur est à la pression atmosphérique. | 3. et 4. Le Johnson Sea-Link et la Licorne. – 600 m.
Mini sous-marins de recherche, intervention et exploration. | 6. L'Elit. – 1 000 m.
Robot inhabité télécommandé de la surface par acoustique. Prend des décisions grâce à une puissante informatique embarquée. | 8. Le SAR. – 6 000 m.
Robot inhabité tracté de la surface. Grâce à son sonar latéral et à son magnétomètre, a pu localiser l'épave du Titanic. | 11. Le CEA. – 6 000 m.
Ce projet du CEA prévoyait un robot inhabité autonome. Relié par câble et tuyau à un bâtiment de surface, ce sera plutôt un dragueur de nodules, qu'il pompera vers la surface via le tuyau. |
| 7. Le Nautilus. – 6 000 m. | | | | |
| | | | | |



Les outils-robots. Il existe une grande variété d'appareillages sous-marins : chalumeau, scie, foreuse, etc. Toutefois, la plupart nécessitent la présence de plongeurs pour les actionner. Les premiers outils totalement autonomes ou téléopérés depuis la surface commencent à faire leur apparition, telles les récentes réalisations ci-après.

- Pour être rentable, une plate-forme pétrolière doit avoir une durée de vie d'au moins vingt ans. Néanmoins, la houle, les courants marins, la corrosion, les coquillages et les micro-organismes auraient vite raison du meilleur des aciers si de fréquents nettoyages et inspections n'avaient lieu. Jusqu'à présent, les infrastructures immergées, dont certaines à plus de 300 m de profondeur, sont soigneusement brossées et vérifiées par des plongeurs. L'enchevêtrement des structures tubulaires et les nœuds de raccordement interdisent, en effet, l'emploi de bras manipulateurs traditionnels ou du système de collier de décapage entraîné par la houle mis au point par une société anglaise.

Le premier robot nettoyeur de plate-forme vient d'être présenté à l'exposition AST à la Seyne-sur-Mer par Spie-Capag-Intersub, la deuxième société mondiale de pose de pipe-lines. Téléopéré depuis la surface, l'ORC (*Off-shore Robot Cleaner*) vient entourer les tubes de l'armature et se déplace le long de ceux-ci en les brossant. Un bras articulé permet d'atteindre les nœuds de raccordement des tubes. Ce robot sera bientôt muni d'un capteur d'échographie acoustique, le scanner, qui analysera simultanément au nettoyage les structures de la plate-forme pour détecter d'éventuelles microfissures en formation.

- D'une longueur de plusieurs centaines de kilomètres pour quelques-uns, les pipe-lines, dont certains sont d'un diamètre supérieur au mètre, servent au transport du pétrole depuis les gisements jusqu'à la côte. Posés sur le fond par des barges spécialisées, les tronçons de pipe-line, aussi longs que possible, doivent être raccordés entre eux sous la mer. La Comex, dont le siège est à Marseille, est l'une des rares entreprises capable d'effectuer des soudures sur pipe-lines au fond de la mer, grâce à une chambre hyperbare. Les ouvriers soudeurs travaillent donc au sec, mais à la pression du fond et en respirant un mélange gazeux spécial, jusqu'à -350 m dans une chambre qui pèse 50 tonnes.

Avec *THOR 1* (*Tig Hyperbaric Orbital Robot*), la chambre hyperbare sera inhabitée, et un robot-soudeur sera téléopéré depuis la surface. Ce n'est pourtant pas la finalité de ce projet, puisque la Comex souhaite réaliser à terme, avec *THOR 2*, un robot totalement autonome qui possédera un système de reconnaissance de formes chargé de capter une image des profils des chanfreins de soudure. Par interprétation de cette image, le robot pourra adapter la course de la torche de soudure

ainsi que les paramètres de soudage. La première exploitation commerciale de *THOR 1* a eu lieu au mois de juillet, date à laquelle la Comex a procédé au raccordement de pipe-lines sur le chantier d'Alouines en mer du Nord, pour le compte de Total.

Les véhicules-robots. Au début des années 1950, les risques encourus par les sous-marins de poche habités lors de leurs interventions et leur limitation en profondeur, amenèrent les chercheurs à imaginer des véhicules-robots pour les remplacer. Parmi les premiers engins, figurèrent le *Poodle*, conçu et construit par Rebikoff en 1953, le *CURV* (*Cable Controlled Underwater Research Vehicle*), imaginé par le Naval Undersea Center des USA en 1958, et le *Télénaute*, mis au point par l'Institut français du pétrole. Le *CURV* s'illustra lors de la récupération d'une bombe H, perdue au large de l'Espagne en 1966 par 950 m de fond, et devint célèbre en 1973, lorsqu'il amarra un câble de sau-



vetage sur le sous-marin de poche canadien *Pisces* bloqué par 525 m de profondeur avec deux hommes à bord en mer d'Irlande.

Embarqué sur le navire océanographique *Jean Charcot*, le *Télénaute* montra, au cours d'une campagne de géologie sous-marine en Méditerranée, que ce type d'engin était prometteur. C'est ainsi que sont nés les ROV (*Remote Operated Vehicle*), les véhicules-robots télécommandés.

Toutefois, il fallait améliorer sur ces prototypes certains organes trop volumineux ou de médiocres performances tels que les flotteurs, les sonars, la qualité des câbles, ou encore utiliser d'autres matériaux que l'acier. Car ces véhicules-robots, qui font partie des catégories téléopérées par câble ou sans liaison mécanique avec la surface, subissent de nombreuses contraintes. Même avec les sphères autoflottantes, aujourd'hui en titane, qui constituent le cœur de ces ROV et qui abritent le matériel technique, électronique ou les caméras de télévision, il faut compenser le poids des éléments tels

que les batteries, les bras manipulateurs ou l'éventuel moteur.

Pour ce faire, on a d'abord employé des flotteurs remplis d'essence, moins dense que l'eau de mer. Mais, outre les risques d'explosion et de pollution, ces flotteurs résistaient mal à la pression et leur encombrement était assez important. Les mousses syntactiques, composées principalement de microbilles de verre d'un diamètre de 25 à 40 micromètres et de macrosphères creuses plastiques de 50 mm de diamètre encapsulées dans de la résine synthétique, ont permis de grands progrès.

Fabriquées à Bordeaux par Euroshore, une filiale de la Société nationale des poudres et explosifs, ces mousses syntactiques, d'invention relativement récente, résistent, pour les plus performantes, à des pressions de 900 bars avant d'imploser, ce qui correspond à une profondeur maximale de 9 000 m pour une densité de 0,58 ; et les plus légères ont une densité de 0,38 pour une profondeur maximale de 600 m. Avec un encombrement et un poids restreints, ces mousses assurent une excellente flottabilité.

Depuis le premier ROV automoteur compact, conçu par la firme californienne Hydro-Products, qui était d'un volume équivalent à un poste de télévision, ces appareils ont formé une famille de véhicules-robots tractés ou automoteurs.

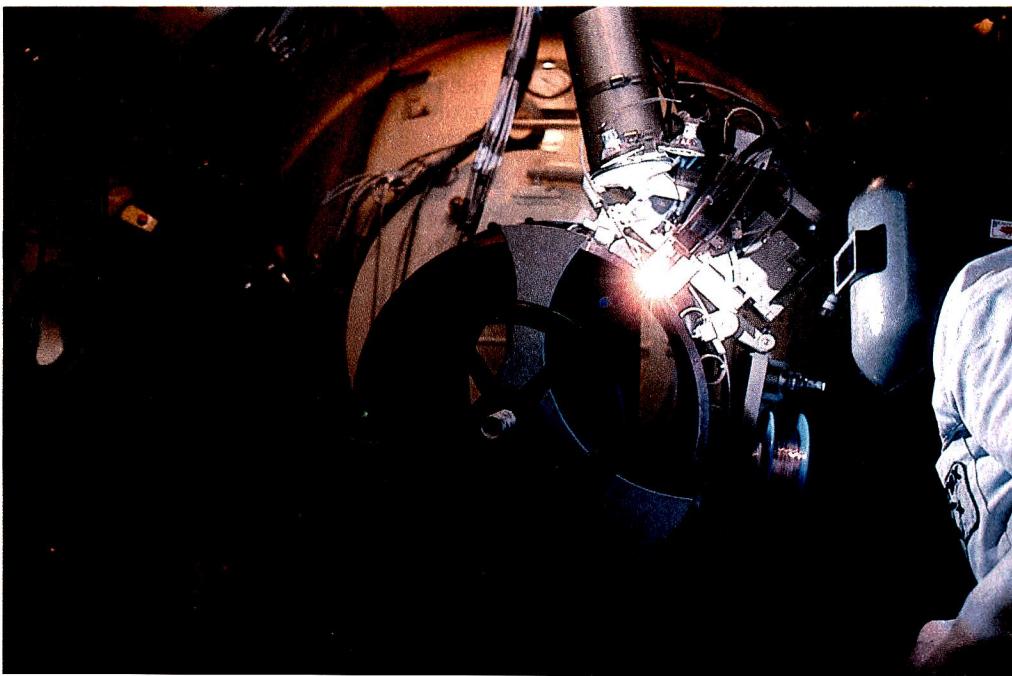
Parmi les ROV tractés le plus profond est le *SAR*, construit par *ECA* pour l'*Ifremer* ; son sonar latéral

a permis le repérage de l'épave du *Titanic*. Cependant, pour ce robot capable de plonger à -6 000 m, le câble nécessaire à cette profondeur atteint 8 500 m. Tout le long du câble, les pertes en énergie (par échauffement) sont importantes, puisque, pour alimenter le *SAR* en 220 V, le bâtiment de surface doit fournir, lui, la bagatelle 1 500 V, ce qui impose d'installer un générateur spécifique (en plus de celui du bateau).

Ces câbles coaxiaux électroporteurs en cuivre, qui amènent l'énergie, transmettent les informations et supportent l'engin, ont une double armature en acier et doivent déjà soutenir leur propre poids. A 8 500 m, avec un coefficient de sécurité acceptable, ils atteignent leur limite de résistance. Et, aujourd'hui, il n'est pas possible de remorquer ces ROV à une vitesse supérieure à 2 noeuds, soit environ 3,5 km/h, à moins d'inventer de nouveaux câbles, plus légers à résistance égale. Dans l'avenir, la fibre optique remplacera le coaxial en cuivre et une matière synthétique, tel le Kevlar, sera aussi résistante que l'acier. Des remorquages à 4 noeuds (7 km/h) au-dessus de fonds de 8 000 m avec transmission vidéo couleurs seraient alors envisageables.

Dans le cas des ROV automoteurs, comme le *ROV 400* de la *Comex*, le *POPE* d'*ECA* ou le *Robin* (robot d'inspection), construit par *Spie-Capag-Intersub* pour l'*Ifremer*, le véhicule-robot filoguidé du sous-marin *Nautilus* — qui devait explorer

THOR 1, de la Comex, est le premier robot de soudure sous-marine sur pipe-lines entièrement piloté depuis la surface. Il travaille en chambre hyperbare inhabitée (**ci-dessous** surveillé par un ingénieur lors d'essais), par plus de 600 m de fond. La technique utilisée jusqu'à présent consiste à descendre des ouvriers soudeurs dans une chambre hyperbare (**photo ci-contre**). Celle-ci, opérationnelle jusqu'à -350 m, se clame sur les deux tronçons à souder puis se vide de son eau, comme un sous-marin évacue ses ballasts, pour permettre aux soudeurs de travailler au sec.



l'épave du *Titanic* cet été, mais qui restera en surface faute de fonds —, la résistance du câble a moins d'importance, puisqu'il ne subit pas d'effort de traction. Mais cet ombilical reste la source de nombreux maux dont souffrent les ROV.

Indépendamment des risques de piégeage dans les structures de plate-forme ou dans les fonds marins, le câble représente un poids mort non négligeable. Pour pallier ces inconvénients, le *PAP 104*, le plus perfectionné des robots chasseurs de mines (voir *S & V* n° 94) réalisé par ECA, déroule son câble lui-même et dispose de sa propre source d'énergie, par batterie, ce qui réduit la dimension de ce raccord avec la surface à seulement 2,6 mm de diamètre.

Pourquoi donc se rattacher à ce câble générateur de difficultés alors que la radiocommande a fait ses preuves sur terre ? Tout simplement parce que l'eau de mer s'avère un liquide très peu conducteur que les ondes radioélectriques ne peuvent traverser au-delà de quelques mètres. Cet obstacle a été contourné avec l'emploi des ondes acoustiques à basse fréquence, environ 60 kHz. Mais il reste un inconvénient : si le son porte loin dans l'eau, sa vitesse de propagation est par contre relativement lente (1 500 m/seconde en moyenne dans l'eau de mer). Ainsi, à 6 000 m de fond, une boucle complète (envoi de l'ordre et retour pour confirmation) demande plus de 8 secondes. A titre de comparaison, dans l'espace, la même boucle, établie par une communication radioélectrique, avec une sonde lunaire (la distance Terre-Lune est de 360 000 km) ne demande que 2 s, soit quatre fois moins de temps.

Ce long délai empêche tout pilotage rapide depuis la surface et la non-linéarité de la chaîne d'asservissement réclame des algorithmes de contrôle sophistiqués pour maîtriser l'ensemble du système, ce qui impose un équipement informatique dépassant la taille d'un micro-ordinateur sur le navire de surface. C'est la TAO (téléopération assistée par ordinateur).

De plus, la bande passante, qui définit la quantité d'informations que l'on peut transmettre dans un temps donné, n'est que de 20 kHz, dont une portion non négligeable — de 10 à 30 % selon les systèmes — est employée pour la protection de la liaison. Sur terre, l'émission hertzienne des signaux de télévision couleurs, par exemple, occupe 8 MHz.

A l'énoncé de ces paramètres, il n'est pas étonnant de constater qu'il n'existe qu'un seul ROV au monde capable d'atteindre 6 000 m de fond sans liaison mécanique. Il s'agit de l'*Epaulard*, réalisé par ECA en 1982 pour l'Ifremer. Ce véhicule-robot, sans attaches et démunie de bras manipulateur, remplit des fonctions passives : exploration, inspection et géologie sous-marine, bathymétrie, recherche d'épaves et de nodules. D'une autonomie

de 20 km sur fond plat, l'*Epaulard* possède un asservissement en cap grâce à un gouvernail et s'est vu adjoindre en 1983 un propulseur vertical de façon à maîtriser son altitude au-dessus du fond. Piloté depuis la surface, il peut néanmoins, à l'aide de son informatique embarquée construite autour d'un microprocesseur Intel 8085 travaillant sur 8 bits, prendre deux décisions par lui-même : attendre un ordre ou remonter si ce dernier n'arrive pas, et sauter un obstacle. Si le système de détection d'obstacles horizontaux fait appel à un sondeur sonar, son homologue pour la verticale est simple et emprunté aux anciens aérostiers : un guiderope, corde qui touche le fond et permet d'en évaluer la distance.

Déjà équipé d'un appareil photo 35 mm, avec une autonomie de 5 000 vues, l'*Epaulard* a reçu à la fin 1984 un système de transmission d'image vidéo par acoustique, conçu par l'Ifremer. Jusqu'à -2 300 m ce dispositif permet de recevoir en surface des images figées en noir et blanc, avec une résolution bien inférieure à une image de télévision classique, à la cadence d'une toutes les 10 à 40 secondes.

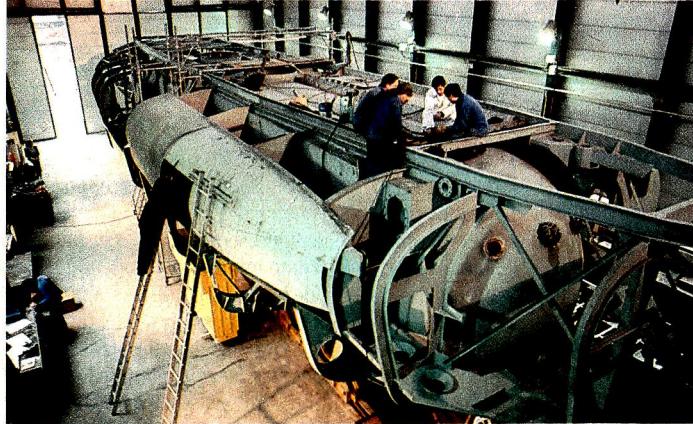
La prochaine étape vers un automatisme plus poussé sera franchie d'ici la fin de l'an prochain avec la matérialisation du projet *Elit* (engin libre inhabité télécommandé). Réalisé par la Comex en association avec l'Ifremer, ce ROV sans fil devrait être opérationnel jusqu'à 1 000 m de profondeur et se définit comme un véhicule-robot multi-service.

Outre une vocation passive pour le premier prototype, il est prévu que l'*Elit* soit muni d'organes de travail, tel que bras manipulateur.

Avec ses quatre moteurs, l'*Elit* disposera de 4 degrés de liberté, (l'*Epaulard* n'en a que 2), déplacement dans l'espace en X, Y et Z et tenue de cap. Il nécessitera pour cela une puissance d'informatique embarquée comparable à ce qu'offre un microordinateur IBM-PC et le logiciel, assimilé à un système expert, recevra ses informations de sondeurs traditionnels et d'une centrale inertielle, ce qui permettra d'économiser les frais d'un navire à positionnement dynamique.

En effet, que ce soit pour un ROV filoguidé ou libre, le pilote de l'engin en surface ou le futur ROV autonome doit avoir un point de repère fixe. Il n'est donc pas question de se baser sur le navire, agité par la houle et les courants marins, ni de jeter une ancre à 3 000 m de fond ou plus. Grâce aux informations fournies par un satellite géostationnaire, le navire à positionnement dynamique conserve strictement sa position par l'intermédiaire de plusieurs hélices commandées par un ordinateur.

Dans un futur proche, grâce aux progrès de l'informatique, des capteurs, sondeurs et autres centrales inertielles, il sera possible de réaliser un véhicule-robot entièrement affranchi du contrôle de l'homme, c'est ce que demandent les militaires,



SAGA, L'HÔTEL DES PROFONDEURS

Face aux besoins, pour les plongeurs, d'une véritable base mobile de travaux sous-marins, indépendante des conditions météorologiques en surface, l'Ifremer et la Comex vont lancer, à la fin de cette année, le *Saga* (ci-dessus en construction), un sous-marin dont l'infrastructure provient du projet — malheureusement abandonné — *Argyronète* du commandant Cousteau (voir *S & V* n° 804 page 106).

Ce sera le plus gros sous-marin civil jamais construit, et même les militaires s'intéressent à lui, étant donné la présence d'une chambre hyperbare à bord. Le *Saga* mesure 28 m de long, 8,50 m de haut et présente un déplacement en surface de 290 t, et de 545 t en immersion. Son autonomie en plongée atteint 200 milles nautiques, soit environ 370 km, à une vitesse moyenne de 4 nœuds (7 km/h), pour une profondeur maximale de - 600 m. Il peut transporter 13 personnes, dont 6 plongeurs dans le compartiment hyperbare. A partir de Karstö en Norvège ou de St-Fergus en Angleterre, la grande autonomie de *Saga* lui permettra d'atteindre la majeure partie des plates-formes pétrolières en mer du Nord.

Le problème majeur à résoudre était la fourniture d'énergie. Plusieurs systèmes existaient pour pallier le manque d'autonomie des petits sous-marins civils actuels mis à l'électricité stockée sur batteries : le moteur à ergols, déjà utilisé à bord des satellites, le Diesel en circuit fermé, qui a donné des résultats assez probants en Angleterre et en Italie, la pile atomique, que Cousteau n'a pu avoir pour l'*Argyronète* mais qui équipera la deuxième version du *Saga*, et le moteur stirling.

Découvert en 1817, mais peu employé depuis, ce dernier moteur représente une solution très originale jamais appliquée sur un sous-marin. Il s'agit d'un moteur thermique, mais à combustion externe. Dans le cas du moteur stirling, le travail est obtenu par un gaz comprimé puis chauffé par un brûleur, autour du cylindre de compression, ce qui provoque

la brusque détente de ce gaz et assure ainsi le mouvement du piston. Les avantages de ce moteur à gaz chauds en circuit fermé — de l'hélium pour les moteurs de *Saga* — sont nombreux.

- Il accepte toutes sortes de combustibles et les brûle sans voracité, puisque sa consommation spécifique n'est que de 260 g de fuel par kWh fourni à 2 400 tours/minute, son régime maximal, il délivre alors 75 kW (100 ch). C'est à peu près la même consommation spécifique que le moteur diesel de la CX 2500 Citoën au même régime de rotation, qui par contre ne fournit à ce moment-là que 37 kW (50 ch).
- Ce moteur stirling ne rejette que peu de gaz imbrûlés, ce qui est intéressant pour un sous-marin en immersion, puisque ces gaz doivent être comprimés à la pression du fond pour être évacués.
- Le faible régime de rotation de ce moteur accroît sa longévité et diminue le besoin en lubrifiant.

Développé par United Stirling, en coopération avec Kochums, en Suède, les deux moteurs stirling de *Saga* seront alimentés par du fuel, et le combustible, de l'oxygène, sera stocké sous forme liquide et cryogénique pour gagner de la place.

Le bilan énergétique du stirling est très avantageux, car si les petits sous-marins de poche, d'environ 15 t de déplacement en surface, disposent de 50 kWh d'énergie en moyenne, les sous-marins militaires en arrivent à 6 000 kWh environ pour 1 500 t de déplacement en surface et le *Saga*, avec ses 300 t de déplacement en surface, atteindra le record de 10 000 kWh disponibles grâce aux moteurs stirling et au diesel Hispano Suiza de 170 kW pour la navigation en surface.

Cependant, pour performant que soit le moteur stirling, ce ne sera pour *Saga* qu'une étape de transition vers la pile atomique. Associés depuis 1984 avec deux compagnies canadiennes, ISE (International Submarine Engineering) et ECS (Energy Conversion System), la Comex et l'Ifremer ont formé une nou-

velle société, ISTS (International Submarine Transportation Systems). Les deux entreprises canadiennes réalisent le réacteur nucléaire et, si le programme est respecté, le premier sous-marin civil à propulsion nucléaire, dénommé *Saga N*, devrait faire ses premiers essais en 1989. Pourquoi deux firmes canadiennes au lieu de notre CEA national ? Outre d'obscures raisons financières, les Canadiens sont très intéressés par ce sous-marin de très grande autonomie, car les grandes ressources pétrolières de ce pays se trouvent sous la banquise, donc accessibles au seul *Saga*.

D'une puissance thermique de 1,5 MW, ce petit réacteur nucléaire utilise l'uranium enrichi comme combustible et l'eau ordinaire comme modérateur. Avec une dizaine de kilogrammes d'uranium 235, soit une charge du réacteur, le *Saga N* aura une autonomie d'énergie de 7 ans. Ce réacteur entraînera deux génératrices délivrant chacune 50 kW d'électricité, par l'intermédiaire d'une turbine à cycle de Rankine où le gaz vaporisé circule en circuit fermé. Étant donné l'équipage réduit à bord de *Saga*, le pilotage de ce submersible a été automatisé au maximum. Toutes les commandes sont centralisées pour qu'un seul opérateur puisse contrôler le sous-marin, l'immersion, la remontée et le maintien du cap sont automatiques, toutefois, ces groupes de commandes sont manœuvrables manuellement, de façon séparée ou ensemble (photo du poste de pilotage ci-dessous). Un moniteur vidéo affiche en permanence la position du submersible, sous la forme, maintenant habituelle, d'un jeu vidéo. Comme sur les avions à réaction modernes, toutes les commandes sont électriques, ce qui a automatisé le triplement des postes de commandes : un situé au centre du sous-marin ; un intégralement sous la coque, à l'avant et face à un hublot, pour un contrôle d'approche très précis ; et le troisième sur le château du *Saga* pour permettre la navigation en surface ou la télécommande d'un ROV. En effet, ce château abrite également un petit robot filoguidé pour assister les plongeurs ou travailler dans les conditions difficiles. Le *Saga* va ouvrir de nouvelles voies au travail sous-marin, mais également pour la recherche scientifique, le sauvetage en profondeur et pour les militaires.



reprochant son manque de discrétion à la télécommande acoustique et ses limitations au câble. L'industrie du ROV est en pleine expansion, même la Chine les a adoptés avec le *HR-01* conçu par l'Institut d'automatisation de Shenyang, et cette année, au mois de juin, se tenait à Aberdeen en Ecosse, Mecque de l'off-shore pétrolier, une exposition entièrement consacrée à la technologie des ROV.

Et les hommes dans tout ça ? L'intervention de l'homme sous la mer, bien que techniquement complexe, est aujourd'hui quotidienne, mais la profondeur de -350 m reste le seuil limite d'action des plongeurs. Des expériences menées notamment par la Comex et dénommées *Hydra*, permettront d'atteindre prochainement -500 m voire -700 m. Les sous-marins nucléaires militaires français et américains atteindront -600 m environ et un modèle soviétique -900 m ; mais les grandes profondeurs sont l'apanage de peu d'engins habités.

Du *Bathyscaphe* du Pr Auguste Piccard, au *Trieste* qui plongea à -10 916 m en janvier 1960, les rares engins civils actuels en sont revenus à des performances plus modestes. Ils se divisent en soucoupes plongeantes : *Cyana* (Ifremer France), *Alvin* (Etats-Unis) et *Pisces* (Canada), et en sous-marins de poche : *Nautile* (SM 97) de l'Ifremer et *Sea-Cliff* (DVS 4) de la Marine américaine. Ces engins atteignent quand même -6 000 m, ce qui représente 97 % des fonds océaniques.

De ces engins, il n'est pas question de sortir, et la sphère résistante, à pression atmosphérique, n'héberge que peu de passagers, deux pour les soucoupes ou trois pour les sous-marins. L'excès de poids étant un souci majeur, le *Nautile* n'emmène pas au fond ses accessoires de travail, une "boîte à outils", dénommée *Marianne*, descend à la verticale et le *Nautile* va y chercher bras manipulateurs, foreuse, ou y dépose sa récolte d'échantillons.

Par ailleurs, un accord franco-américain d'assistance mutuelle entre sous-marins profonds vient d'être signé entre l'Ifremer et l'US Navy. Au cas où l'un de ces deux sous-marins se trouverait bloqué au fond, le second serait envoyé à son secours. Le *Nautile* et le *Sea-Cliff* sont opérationnels rapidement, puisque transportables par les avions *Galaxy* de l'US Air Force.

L'hostilité des grandes profondeurs pour l'homme provient d'abord de la pression. Celle-ci croît avec la profondeur d'immersion de 1 bar tous les 10 mètres. Au-delà de quelques mètres, la respiration dans ce milieu hyperbare n'est possible que si les pressions de l'air pulmonaire et du milieu ambiant s'équilibrivent. Toute différence de quelques décimètres d'eau s'exercerait sur la cage thoracique et sur l'abdomen et s'opposerait aux mouvements respiratoires. Mais, du fait de cette respiration en

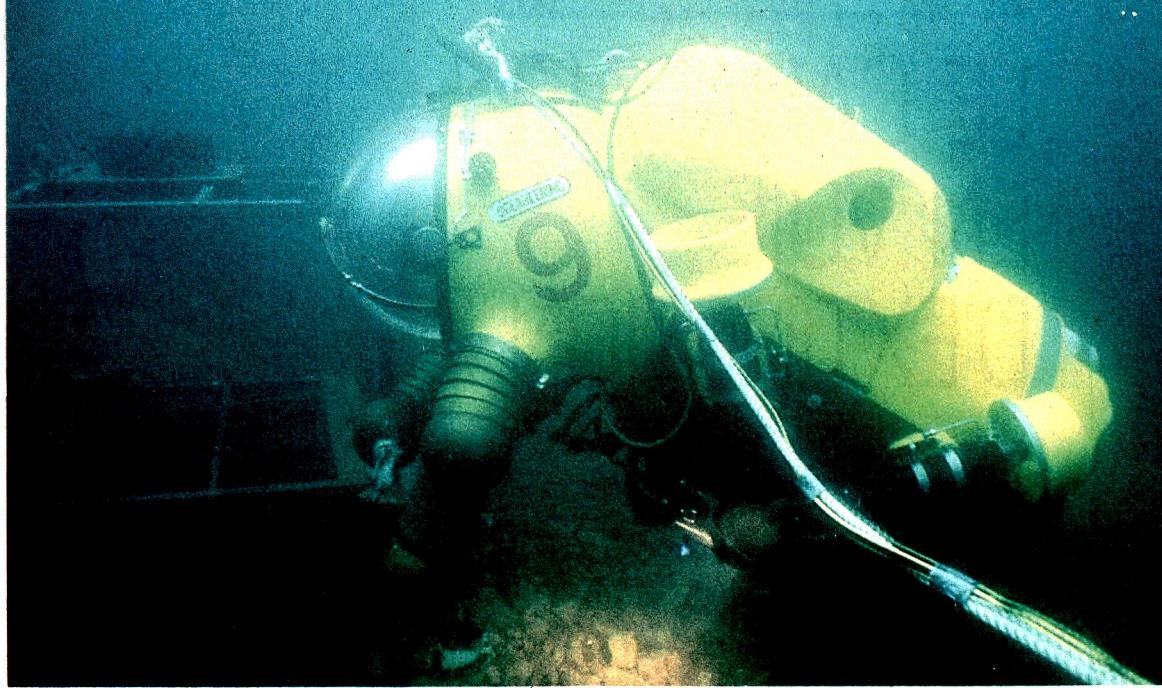
équipression, les gaz, constitutifs des mélanges respiratoires⁽²⁾, se dissolvent dans les différents liquides de l'organisme.

Le plongeur doit tenir compte de ce fait et adapter la durée de remontée à la profondeur qu'il a atteinte, en faisant des pauses régulières appelées paliers, pour que la décompression s'effectue lentement, de façon à ce que ces gaz dissous s'éliminent progressivement par la voie pulmonaire. En plongée d'intervention, limitée à environ 60 m pour des raisons de sécurité et économiques, le temps de décompression est relativement court et dépend de la durée du séjour au fond, par exemple, une heure de travail à -50 m demande deux heures et demie de remontée progressive. Pour opérer à des grandes profondeurs, des entreprises comme la Comex font de la plongée en saturation. Dans ce cas, les paliers de décompression durent 40 minutes par mètre de profondeur atteinte, soit une journée pour 30 m. Après un travail même de quelques heures à -350 m, il faut près de 12 jours de décompression ! Comme il n'est pas question qu'un plongeur passe 12 jours sous la mer à remonter du fond, la plongée en saturation requiert un ascenseur à plongeurs.

Ces travailleurs de la mer sont amenés sur leur site de travail par un bateau disposant d'une chambre hyperbare. Plongés progressivement et fictivement dans cette chambre à la profondeur du fond à atteindre, les hommes-grenouilles descendent ensuite grâce à une cloche, véritable ascenseur des mers, sur leur lieu de travail. Reliés au navire par un "narguilé" qui leur amène le mélange respiratoire, et munis de bouteilles de sécurité, les plongeurs sont remontés après quelques heures de travail, se reposent dans la chambre à pression du fond et repartent finir leur tâche. Ce cycle peut durer jusqu'à 30 jours, puis la décompression s'effectue dans la chambre hyperbare à bord du navire. Toutefois, ces bâtiments supports, tel le *Seabex-One* de la Comex ou le *HMS Challenger* de la Royal Navy britannique, voient leurs capacités fortement limitées par les contraintes de l'océan, notamment en mer du Nord où la météo n'est guère favorable tout au long de l'année.

Pour contourner cette difficulté, les petits sous-marins "crache-plongeurs" sont apparus. La marine canadienne met en œuvre, avec le bâtiment-support *Cormorant*, le *SLD-1*, très performant. En Union soviétique, le *Bentos 300* transporte une douzaine de plongeurs, et en mer Noire vient d'apparaître le dernier né dénommé *Osmotr*. Assez lent, 1,5 nœud (3 km/h), mais doté d'une bonne autonomie, cet engin est actuellement en essais jusqu'à -300 m. En

(2) L'air comprimé n'est plus utilisable au-delà de 50 m de profondeur ; on a recours à des mélanges à base d'azote, d'hélium, voire d'hydrogène expérimentalement (voir *S & V* n°814).



Le **WASP** est un scaphandre semi-anthropomorphe (qui ne remue que les bras) relié par câble à la surface et capable d'emporter un plongeur jusqu'à -350 m. Ce dernier reste à la pression atmosphérique et peut diriger l'engin grâce à de petits moteurs.

France, la Marine nationale s'est d'abord servie d'un sous-marin américain de chez Perry, le *Shell Diver* (coquillage plongeant, en français !), pour évaluer l'intérêt de ce type d'appareils. Elle dispose maintenant de la *Licorne*, conçue par le CERSM (Centre d'études et de recherche sous-marines) de Toulon. D'une longueur de 7,4 m, ce petit sous-marin est mû, comme ses homologues actuels, par des moteurs électriques. Il atteint, en plongée, une vitesse de 3 nœuds (7 km/h) grâce à un propulseur principal de 4 kw.

Pour la recherche, la *Licorne* dispose d'un sonar panoramique à haute définition d'une portée de 600 m sous l'eau. Les plongeurs peuvent en sortir selon deux procédures. En intervention courte, environ 30 minutes et jusqu'à -150 m, ils sont mis sous pression dans un compartiment hyperbare et le quittent par un sas. S'il s'agit de missions plus importantes, les plongeurs vivent en saturation à bord du bâtiment-support *Gustave Zédé* pourvu d'une chambre hyperbare, et la *Licorne* sert alors d'ascenseur.

Relativement lent, de peu d'autonomie, nécessitant l'appui d'un navire-support à proximité et de capacité restreinte, ces minis sous-marins crache-plongeurs sont plus des engins adaptés à de courtes missions très localisées que des véritables bases de travail. La réponse à ce besoin de base-vie mobile des mers est aujourd'hui prête et se nomme *Saga*. Réalisé conjointement par la Comex et l'Ifremer, ce

sous-marin d'assistance à grande autonomie, qui doit faire ses premiers essais à la fin de cette année, utilise des solutions techniques très novatrices (voir encadré page 85).

Parmi tous les engins disponibles, une place à part est réservée aux étonnantes scaphandres anthropomorphes.

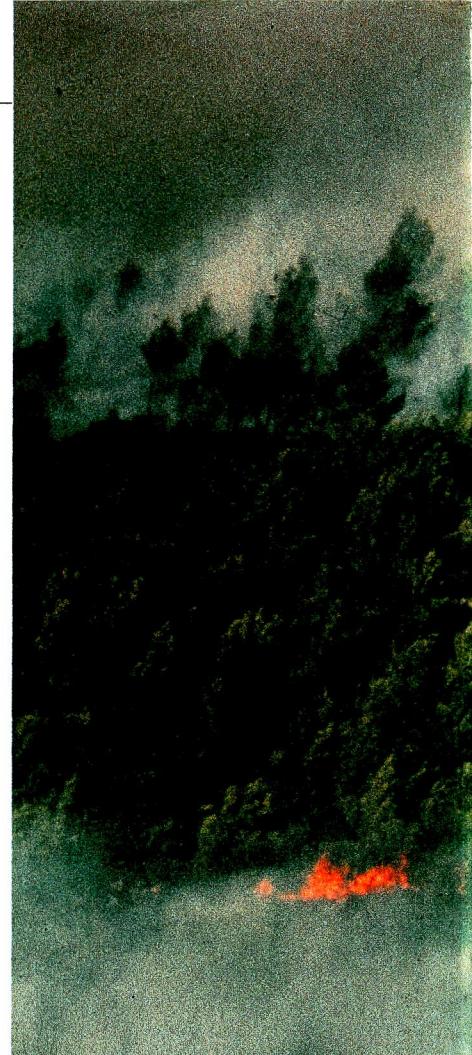
Dans sa carapace en fibre de carbone et alliage de magnésium, le plongeur reste à la pression atmosphérique et le mélange respiratoire lui est fourni par un ombilical. S'il comporte des jambes articulées, le scaphandre est appelé anthropomorphe. Sous forme de cylindre coiffé d'un dôme de résine acrylique, il est semi-anthropomorphe et des propulseurs électriques assurent sa mobilité. Ces scaphandres sont pourvus de bras articulés qui peuvent recevoir différents outils de travail ; ciseailles, pinces, clés, etc. Le modèle *Inspector*, le plus récent, a opéré jusqu'à 600 m de profondeur.

Malgré des progrès rapides et importants de la robotique sous-marine, grâce notamment à l'informatique, le plongeur conserve encore beaucoup d'atouts sous sa combinaison. Son intelligence n'est toujours pas copiée, ses performances en plongées de plus en plus profondes s'accroissent et son équipement logistique progresse également. Finalement, le seul arbitre de ce match s'appelle le pétrole ; si les cours du brut ne remontent pas, le plongeur continuera à descendre.

Laurent Douek et Jean-Albert Foëx

LE CANADAIR EN VOIE D'EXTINCTION

*Après vingt années
de bons et loyaux services,
les braves Canadair
approchent de l'âge de la
retraite. Il va
falloir les remplacer.
Or, pour des raisons qui
n'ont rien à voir
avec l'efficacité, il ne
semble pas que l'on
s'oriente vers le "bon choix".*



Une lutte aérienne contre les incendies qui se veut efficace repose sur une triple stratégie et, partant, sur trois types d'avions : des appareils de surveillance et de première intervention, semblables à ces autopompes à réserve d'eau qui foncent éteindre les feux de cheminée ou les débuts d'incendie ; des appareils de renfort, capables de faire face par des rotations rapides à un sinistre plus important ; des appareils gros porteurs, enfin, susceptibles de dresser de grandes barrières chimiques devant les flammes en déversant des milliers de litres de "retardant".

Actuellement, la France dispose de ces trois formations, les sentinelles étant représentées par les bimoteurs Grumman S 2 F "Tracker", le gros de la troupe par les Canadair CL-215, et les porteurs lourds par les Douglas DC-6.

Voyons de plus près leurs rôles respectifs dans une situation de lutte contre un incendie de forêt. Quand un feu se déclare, l'alerte est donnée, soit par les sinistrés eux-mêmes, soit, du haut des airs, par les Tracker en mission de guet. Le CIRCOSC (Centre inter-régional de coordination opérationnelle de la sécurité civile) prend aussitôt la

direction des opérations. Curieusement, cet état-major n'est pas installé sur la base aérienne où stationnent la plupart des bombardiers d'eau, mais à Aix-en-Provence, à quelque 20 kilomètres de Marignane. Les fonctionnaires du ministère de l'Intérieur qui le composent n'appartiennent pas au corps aéronautique ; ils sont cependant les seuls à décider des moyens à utiliser : véhicules terrestres, locaux et régionaux, ou bombardiers d'eau. Hors du sud-est de la France, c'est le CODISC (Centre opérationnel de la direction de la sécurité civile) de Levallois-Perret qui décide de l'engagement des appareils. Quant à la bataille proprement dite, elle est dirigée sur le lieu du sinistre par un pompier spécialisé installé à bord d'un hélicoptère, le directeur du feu.

Si l'incendie est relativement limité, l'intervention des Tracker peut être décisive : avec leurs quatre citernes contenant au total 3,5 tonnes de liquide, ils parviennent



souvent à étouffer le feu naissant qu'ils ont eux-mêmes détecté.

Mais si le sinistre, attisé par le vent, a déjà pris des proportions inquiétantes, les Tracker ne suffisent pas. Il faut alors gagner l'incendie de vitesse et, pour ce faire, disposer d'une très grande cadence de largage : un toutes les 6 minutes environ. Pour atteindre ce rythme, il est nécessaire, bien entendu, d'engager plusieurs appareils, mais le nombre de ces derniers dépend principalement de la distance qui sépare le feu du point de ravitaillement en eau. On estime que, pour un rendement optimal, elle ne devrait pas dépasser 37 kilomètres, ce qui handicape lourdement les avions terrestres obligés d'aller refaire le plein d'eau sur des terrains situés le plus souvent à des distances supérieures. En revanche, une répartition assez régulière des plans d'eau sur la frange côtière du Sud-Est — sans parler de la mer — facilite la tâche des avions amphibiés de type Canadair.

Capable de se ravitailler partout où se trouve un plan d'eau d'environ 2 000 m de long, 100 mètres de

large et 2 mètres de profondeur, le Canadair fait preuve d'une remarquable efficacité malgré la faible vitesse (280 km/h) que lui confèrent ses deux moteurs à hélice. C'est que, contrairement aux avions terrestres qui perdent de nombreuses et précieuses minutes à atterrir, à gagner la station de remplissage, à faire le plein, à rejoindre la piste d'envol et à décoller, il ne faut au CL-215 qu'une minute et demie pour adopter la trajectoire adéquate au-dessus de la surface liquide, 10 secondes pour emplir ses deux soutes de 5,5 tonnes d'eau écopée en "rase-flotte", 30 secondes pour reprendre une altitude convenable, et une minute pour accélérer et mettre le cap sur le feu. D'où la possibilité de nombreuses rotations grâce à la suppression de toute immobilisation.

Une patrouille de Canadair opérant à la queue leu leu constitue une véritable "noría" volante, dont la cadence et, partant, le rendement n'ont pas d'équivalent. Une fois le plan d'eau choisi, à proximité du lieu du sinistre, chaque appareil vient remplir ses soutes, se dirige ensuite sur l'objectif, largue sa

charge à très basse altitude (30 mètres) et à vitesse réduite (180 km/h), ce qui permet au pilote de répandre un tiers de liquide sur le feu lui-même et les deux autres tiers à l'avant de l'incendie, sur la partie non encore brûlée, retourne à la "source" pour un nouvel écopage, et ainsi de suite jusqu'à épuisement du carburant — et du pilote. De plus, depuis l'année dernière, les Canadair emportent un produit moussant, non corrosif, qui est mélangé dans les soutes de l'appareil à l'eau douce ou à l'eau de mer (dans la proportion de 0,6 %) et qui, répandu sur les flammes, peut être réactivé par des largages ultérieurs.

Mais il ne suffit pas de s'attaquer au front de l'incendie, il faut aussi le contenir latéralement en lui opposant plusieurs barrières chimiques de "retardant". Le retardant est un liquide ignifugeant constitué de phosphate diamonique, d'eau et d'oxyde de fer (cette dernière substance ne sert que de colorant et permet aux pilotes de distinguer les zones déjà traitées de celles qui ne l'ont pas encore été). Rougeâtre et visqueux, le retardant "habille" la végétation sans l'endommager, et empêche le feu d'avoir prise sur elle. Il est largué sur les flancs et à l'avant du brasier, à une distance qui dépend beaucoup de la nature du relief. L'efficacité de ce "butoir" est excellente lorsque le profil du terrain autorise un épandage sans failles. Ainsi, en zone plate, il est assez facile d'établir une barrière continue ; en zone accidentée, par contre ou en zone à végétation étagée, il peut subsister des "trous" par où le feu s'insinuera.

Ceci étant, la densité du produit de base servant à la confection du retardant est telle qu'aucune pompe légère ne pourrait en assurer le transfert et le mélange à l'intérieur d'un bombardier d'eau, de la même manière que le produit moussant est incorporé à l'eau dans les soutes des Canadair. La mixture est donc préparée au sol, ce qui la destine tout naturellement aux avions terrestres.

Parmi ceux-ci, le plus efficace est sans conteste le DC-6. Trois de ces lourds porteurs intervenant l'un derrière l'autre et emportant chacun 12 tonnes de retardant peuvent, en une seule passe, établir une barrière d'arrêt de 600 mètres de long sur 30 mètres de large. Derrière eux, au besoin, des Tracker assurent le colmatage des brèches.

DC-6 et Tracker, toutefois, sont tributaires de certaines servitudes : qu'ils emportent de l'eau ou du retardant, ils ne peuvent se ravitailler que sur des terrains disposant de stations de remplissage sous pression. Ces stations sont au nombre de 15 dans le Sud-Est (Corse comprise), mais seules 8 d'entre elles sont équipées pour délivrer du retardant. Sur ces 8 stations, 5 seulement sont accessibles aux DC-6, qui ont besoin de pistes d'au moins 1 900 mètres de long, alors que les Tracker se contentent de 1 400 mètres.

Le temps de remplissage d'un DC-6 est d'un peu plus de 6 minutes, celui d'un Tracker d'environ 2 minutes. Mais, comme nous le disions plus haut, il faut ajouter à ces minutes le temps passé à l'atterrissement, au roulement et au décollage, ce qui porte la durée d'un ravitaillement à au moins 15 minutes pour un DC-6 et à quelque 10 minutes pour un Tracker. A quoi peuvent s'ajouter, lorsque plusieurs appareils viennent simultanément remplir leurs soutes, ou faire le plein en carburant, d'inévitables temps morts dus au fait que le nombre des bouches d'alimentation est limité (il n'y en a qu'une ou deux par station). Or, dans les grands incendies, il n'est pas rare que 10 avions et plus opèrent de concert, d'où des queues devant les stations et un surcroît d'immobilisation.

Comme on le voit, les bombardiers terrestres ne pourront jamais remplacer les avions amphibiies dans les missions urgentes et essentielles, même si leur utilité est incontestable pour des opérations



ponctuelles. Les DC-6 et les Tracker ont beau avoir une vitesse de croisière (320 km/h) supérieure à celle des Canadair, ils restent dépendants des stations de remplissage, alors que les amphibiies canadiens se rechargent comme des seaux, d'un seul coup, sur n'importe quel plan d'eau de dimension appropriée.

En possédant les trois types d'appareils, la Sécurité civile est donc, théoriquement, à même de faire face à toutes les situations. Seulement voilà : tous ces avions ont pris de l'âge, et sont même, pour certains, quasiment hors d'âge. Les Canadair les plus anciens, par exemple, dépassent les vingt années de service. Sur les 15 qui ont été acquis, 4 ont été détruits dans l'exercice de leur fonction, et, parmi les 11 "survivants", 8 totalisent plus de 5 000 heures de vol. A eux tous, ces vaillants soldats du feu ont effectué plus de 50 000 heures de vol et 150 000 largages. Menés "à la dure" par des pilotes qui doivent coûter que coûte accomplir leur mission, c'est au cours de l'écopage et dans les turbulences qu'ils subissent les plus fortes contraintes et pren-

uent le plus de rides. D'autre part, leurs longerons, leurs caissons de train, leurs soutes et leurs gouvernes souffrent d'une corrosion aggravée par la salinité de l'eau de mer, et cela en dépit de rinçages réguliers à l'eau douce. Au stade où ils sont parvenus, les avaries se multiplient, et les indispensables réparations — faites de nuit pour permettre aux appareils d'être opérationnels dans la journée — mobilisent un personnel de plus en plus débordé. Finalement, c'est à coups de millions que l'on s'évertue à les prolonger jusqu'en 1990, date prévue pour leur mise à la retraite.

De toute façon, les Canadair, dans leur forme actuelle, étaient condamnés à disparaître, pour la bonne raison qu'ils appartiennent au monde des moteurs à piston et à essence, et que ce carburant se fait de plus en plus rare sur les aérodromes. Aujourd'hui, la grande aviation, qu'elle soit militaire ou commerciale, est à réaction, et donc à kérósène. Ce choix n'est pas seulement dicté par la recherche



Dans le trio de pompiers volants que forment, avec le Canadair, le Douglas DC-6 (à gauche) et le Gruman "Tracker" (ci-contre), chaque appareil remplit un type de mission bien précis. Le remplacement du Canadair par le Fokker F-27 (ci-dessus) réduirait l'efficacité de la lutte contre le feu de forêt.



de meilleures performances, il repose aussi, plus prosaïquement, sur un souci d'économie : l'essence coûte 60 % plus cher que le kérósène. D'ailleurs, la plupart des compagnies pétrolières ne raffinent plus d'essence aviation, et celles qui continuent de le faire sont de moins en moins enclines à en assurer le stockage. Bref, le kérósène est à la fois meilleur marché, plus abondant et plus maniable que l'essence. Cette dernière qualité a son importance lorsque l'on cherche à réduire au minimum les temps d'immobilisation : en effet il faut infiniment moins de temps pour ravitailler un avion à réaction (avec du kérósène sous pression) qu'un avion à moteur conventionnel (avec de l'essence qui ne peut pas être injectée sous pression).

Mais, si les Canadair ont de plus en plus de mal à « réparer des ans l'irréparable outrage », que dire alors des quatre DC-6 et des neuf Tracker qui, depuis 1980, participent avec eux à la lutte contre le feu ? Avions d'occasion reconvertis en bombardiers d'eau, les quadrimoteurs Douglas ont plus de trente ans d'âge, et les bimoteurs Grumman plus de vingt

ans. Leur entretien est à la fois un casse-tête et un gouffre à finances. Pas question en effet de s'approvisionner en pièces de rechange auprès des constructeurs : il y a belle lurette que ceux-ci ont abandonné la production de ces appareils et ne s'occupent plus de leur maintenance. Il faut donc s'adresser à d'anciens utilisateurs, qui, profitant de la situation, sont souvent portés à la spéculation. Encore n'est-on pas assuré de toujours trouver ce que l'on recherche : ainsi les Tracker tournent depuis quatre ans avec des freins de roues insuffisants et sans détecteur d'incendie sur les moteurs !

Telle est la réalité d'une situation que l'on se garde bien de clamer sur les toits. Les pilotes du feu sont gens pudiques qui font passer leur devoir avant des récriminations pourtant bien légitimes. En haut lieu, on sait qu'il va falloir renouveler cette flotte, et l'on a même déjà envisagé une solution, qui, nous allons le voir, est plus une « combine » de technocrates qu'un choix motivé par la seule recherche de l'efficacité.

En 1983, le ministre de l'Intérieur, dont relève la Sécurité civile, a eu une idée : transformer le Fokker F-27, appareil à deux turbopropulseurs Rolls-Royce, en bombardier d'eau terrestre. Cinquante exemplaires de ce transporteur de passagers volent en France et pourraient être rachetés d'occasion. Une convention dans ce sens a déjà été signée entre l'Association interdépartementale pour la protection contre les incendies de forêts, la

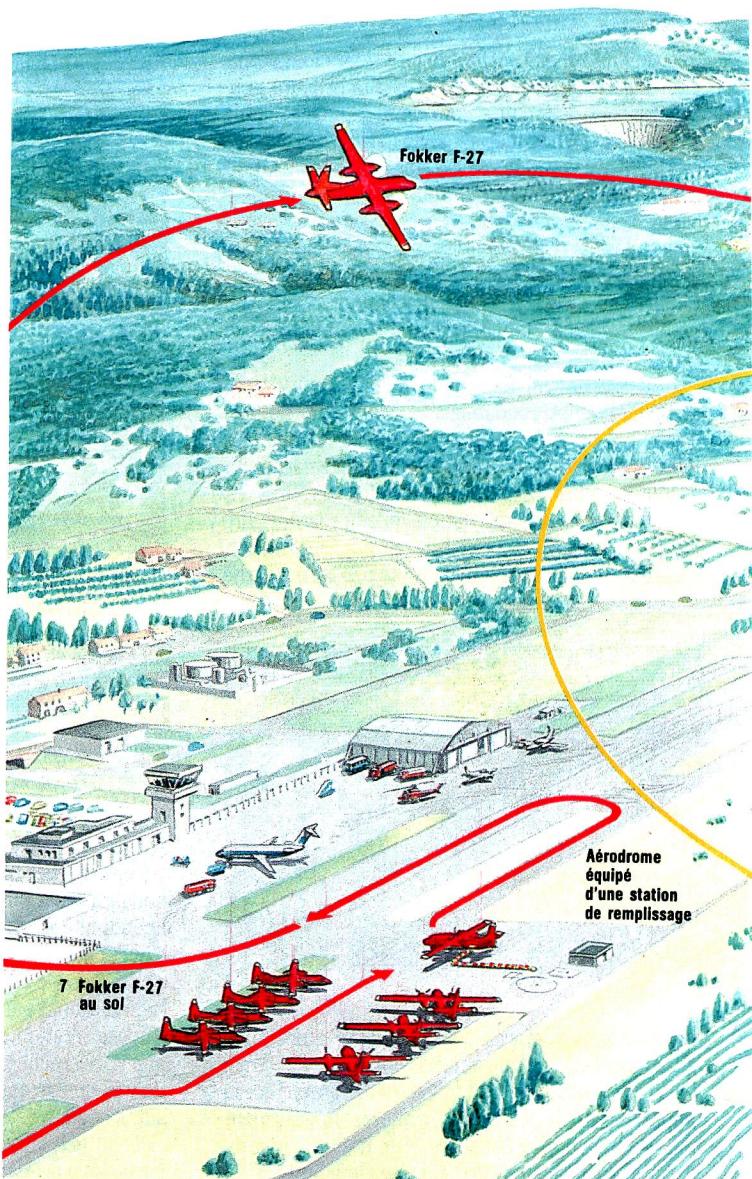
Commission économique européenne et la Société d'exploitation et de constructions aéronautiques (SECA), filiale de l'Aérospatiale. La SECA serait chargée des ultimes transformations, l'essentiel de la reconversion étant assuré par la société canadienne Convair Aviation Ltd, concurrente de Canadair sur le marché mondial des bombardiers d'eau⁽¹⁾.

Bien sûr, la SECA et l'Aérospatiale poussent à la roue, la première parce que l'aménagement des Fokker constituerait pour elle un marché intéressant ; la seconde parce que le rachat des F-27 lui permettrait de placer le nouvel avion de transport régional, l'ATR-42, qu'elle construit. Convair Aviation, de son côté, flaire la bonne affaire, se disant que les Fokker seront nécessairement à vendre d'occasion un jour ou l'autre, et évaluant les besoins occidentaux en bombardiers d'eau à quelque 200 machines.

Le F-27 transformé emportera 6 000 litres d'eau ou de retardant à 400 km/h. Ses turbopropulseurs lui permettront de réaliser enfin le saut technologique évoqué plus haut : il marche en effet au kérosène et se met en route plus rapidement que ses prédecesseurs à essence. C'est en soi un bon appareil, mais, comme bombardier d'eau, il présente plusieurs défauts.

D'abord, il est sensible à la température ambiante, ce qui risque de lui interdire les décollages à charge maximale ou nécessitera des longueurs de piste de l'ordre de 1 600 mètres. Cela réduira encore le nombre des points où il pourra s'avitailler, cette opération n'étant praticable, ainsi que nous l'avons expliqué, que sur les seuls terrains dotés d'une station de remplissage. Ainsi les terrains d'Alès, d'Aubenas, du Luc et d'Aix-en-Provence, par exemple, seront inutilisables faute d'une piste de longueur suffisante (*voir carte p. 94*).

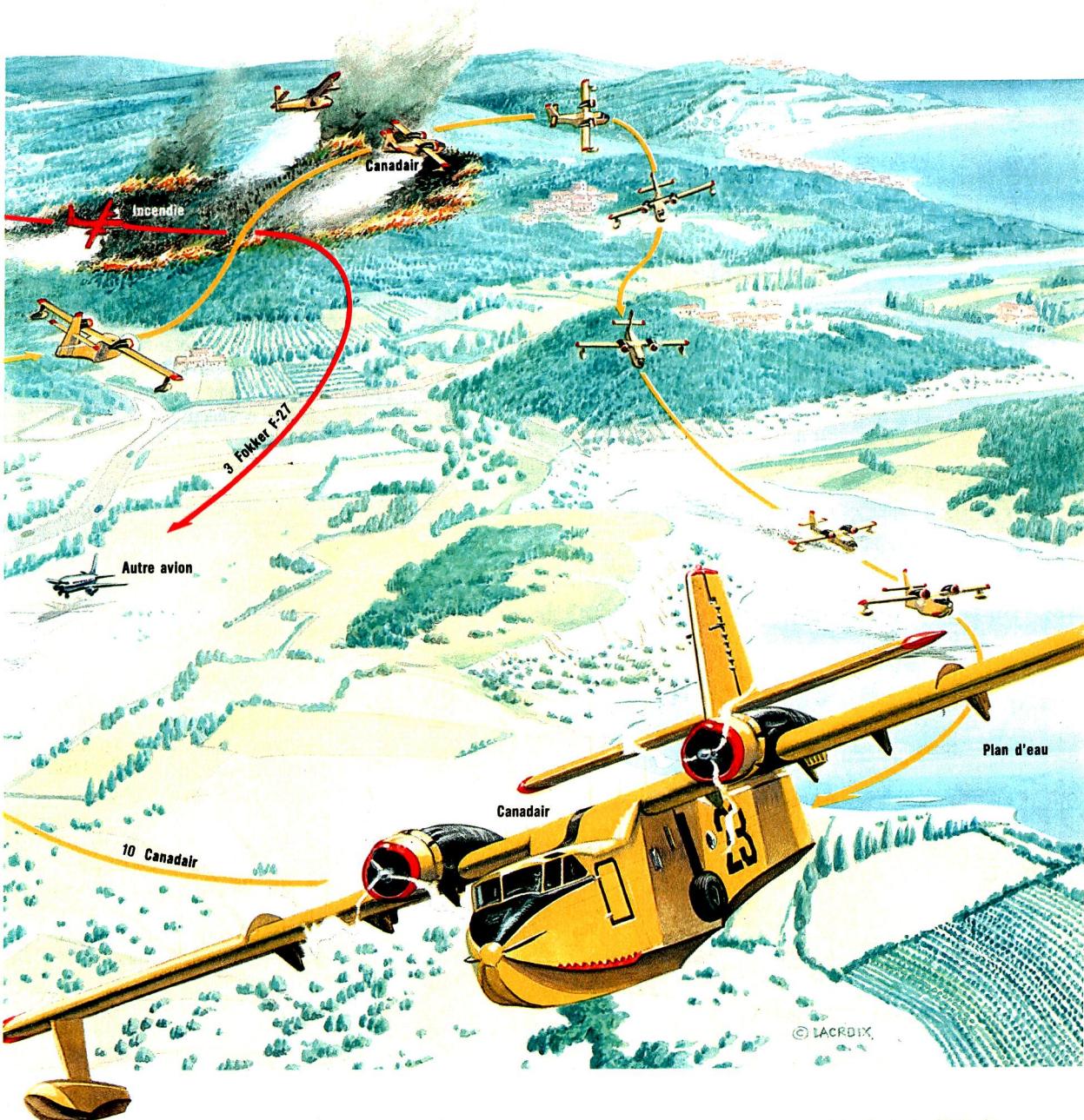
(1) Canadair est cependant le seul constructeur qui produise des amphibiies de lutte contre le feu.



CANADAIR, L'IMBATTABLE POMPIER DES AIRS

Prenons le cas d'un feu qui se déclare à égale distance d'un plan d'eau où le Canadair peut écopier et d'un aérodrome où le Fokker F-27 doit se poser pour faire le plein d'eau, puisque cet avion (que l'on veut adopter pour remplacer le Canadair vieillissant) ne sait pas "boire" dans la nature. Et remarquons d'emblée que cette hypothèse en apparence impartiale avantage déjà l'avion terrestre puisque le Sud-Est compte, hormis la Méditerranée, 8 fois plus de plans d'eau que d'aérodromes de ravitaillement.

Mais poursuivons. Supposons que l'incendie se déclare à 37 km des deux points de ravitaillement (soit 20 milles nautiques, distance moyenne d'intervention). Cette distance sera couverte en 8 minutes par le Canadair et en 5,5 minutes par le Fokker (les vitesses respectives étant de 280 et 400 km/h). Soit respectivement 16 et 11 minutes pour un aller et retour, temps auquel il faut ajouter 2 minutes au-dessus du feu, soit 18 et 13 minutes. Pour pouvoir s'acquitter de leur mission, les avions doivent évidemment faire le plein d'eau.



3 minutes suffisent au Canadair, dont quelques secondes seulement pour l'écopage à proprement parler, le reste étant utilisé pour les manœuvres avant et après. Pour un Fokker, le temps passé à la station de remplissage au sol est de 7 minutes en moyenne, auxquelles il faut ajouter 4 minutes pour l'attente et les manœuvres au décollage et à l'atterrissement.

Au total, donc, une rotation dure 21 minutes pour un Canadair, contre 24 pour le Fokker. Une différence de 3 minutes entre les deux cadences de

largage, pourrait-on penser, mérite-t-elle que l'on défende ainsi le Canadair ?

C'est là qu'intervient l'avantage décisif de l'écopage par rapport au ravitaillement au sol. Car, contrairement aux plans d'eau, les aérodromes ont une capacité d'accueil limitée (nombre de pompes, de réservoirs, personnel au sol, pistes, autre trafic), capacité réduite encore par le fait que ces avions-pompiers n'ont pas la priorité, ni au décollage, ni à l'atterrissement : ils doivent attendre leur tour, comme n'importe quel autre appareil de lignes ou de tourisme.

Cette limite "n" du nombre d'avions-citernes "terrestres" que l'on peut en-

gager sur un incendie donné, se calcule en divisant la cadence de largage (24 minutes pour le Fokker) par le temps passé au sol (7 minutes). Pour le Fokker F-27, donc, "n" = 3. C'est-à-dire qu'au-delà de trois appareils, tout avion supplémentaire est en pratique inutile, puisque cloué au sol à attendre son tour : même si l'on engage 10 Fokker 27, il n'y en aura jamais plus de trois en l'air, alors qu'avec des Canadairs, on aura une succession de largages très rapprochés : pour 10 appareils engagés, il y aura ainsi un largage toutes les 2 minutes environ ($21 \div 10 = 2,1$), contre un, toutes les 8 minutes pour les Fokker.

Le Fokker pourrait à la rigueur remplacer le Tracker, mais, si l'on abandonne les avions amphibiés pour ne conserver que des avions terrestres, ce n'est pas de Tracker que l'on a besoin en priorité, mais de porteurs lourds de type DC-6, capables d'emporter de très grandes quantités d'eau ou de retardant et d'avoir ainsi un rendement horaire approchant celui des Canadair. Car c'est bien de cela qu'il s'agit : quitte à remplacer un avion, autant que son successeur ait au moins une efficacité comparable. Or, si nous nous reportons aux statistiques de 1985, nous constatons que le tonnage largué à l'heure de vol est de 18,5 tonnes pour le Canadair, 15,8 tonnes pour le DC-6 et 6,6 tonnes pour le Tracker. Bien qu'ayant une vitesse moindre que le DC-6 et des soutes d'une capacité deux fois plus faible, le Canadair a le meilleur rendement, parce qu'il ne lui faut que 10 secondes pour se remplir et qu'il ne subit aucune immobilisation.

Selon une première estimation, et dans des conditions d'utilisation analogues à celles des avions terrestres existants, on pense que le rendement horaire du Fokker 27 se situerait autour de 10 tonnes, ce qui à l'évidence ne le destine pas à succéder aux DC-6, et encore moins aux Canadair.

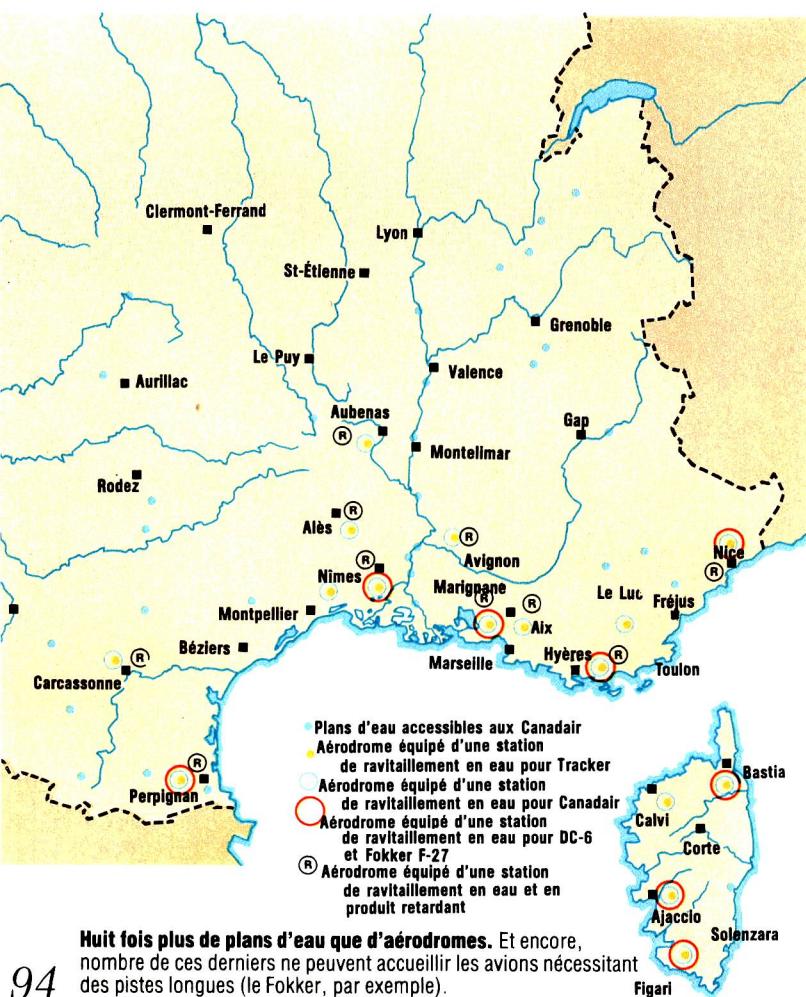
Si donc l'on décidait de remplacer notre flotte actuelle uniquement par des bombardiers d'eau terrestres, il faudrait choisir un appareil plus conséquent. Malheureusement, il n'existe pas en Europe d'avion à turbopropulseurs capable d'emporter au minimum 15 tonnes d'eau (ou de retardant) à moins que l'on ne reconvertisse à cet usage le Breguet Atlantic 1150. Sinon, il faudrait se tourner du côté des Etats-Unis où le Lockheed C-130 Hercules pourrait faire l'affaire.

Cela dit, pour que, dans le sud-est de la France, des avions terrestres, quels qu'ils soient, puissent réellement rivaliser avec des amphibiés, il faudrait,

d'une part, qu'il y ait autant d'aérodromes équipés de stations de ravitaillement qu'il y a de plans d'eau, et que, d'autre part, par on ne sait quel miracle, le temps passé au sol à refaire le plein de liquide soit aussi court que celui de l'écopage. Or, d'un côté, il y a 40 plans d'eau, sans compter la mer ; de l'autre, 15 aérodromes aménagés ou en cours d'aménagement, dont 9 de 1 900 mètres et plus, capables par conséquent de recevoir les DC-6 et les Fokker (Marignane, Nice, Hyères, Nîmes, Perpignan, Carcassonne, Ajaccio, Bastia, Figari), et 6 de 1 400 mètres, où peuvent se poser les Trakker (Le Luc, Aix-en-Provence, Aubenas, Avignon, Alès, Calvi).

On avait envisagé un moment d'installer des stations de ravitaillement (en eau ou en retardant) sur 13 aérodromes supplémentaires : 8 de plus de 1 900 mètres (Valende, Orange, Béziers, Montpellier, Rodez, Saint-Etienne, Grenoble, Solenzara), et 5 entre 1 500 et 1 700 mètres (Millau, Aurillac, Cahors, Le Puy, Le Castellet) ; mais on a reculé devant le coût de l'opération. Il eût fallu, en effet, acheter de nouvelles parcelles de terrain, des cuves, des mélangeurs, construire des bretelles d'accès aux stations à partir des chemins de roulement, amener l'eau, l'électricité, etc.

Mais alors, demanderez-vous,



Huit fois plus de plans d'eau que d'aérodromes. Et encore, nombre de ces derniers ne peuvent accueillir les avions nécessitant des pistes longues (le Fokker, par exemple).



pourquoi ne remplace-t-on pas les avions mis à la retraite par de nouveaux appareils de même type ? Encore une fois, pour des raisons financières. Le prix de revient d'un Fokker d'occasion transformé en bombardier terrestre s'élèverait à environ 2,7 milliards de centimes, et un Canadair neuf à turbopropulseurs (actuellement mis au point par la firme canadienne) coûtera à peu près 5,5 milliards de centimes, soit le prix de 2 Fokker d'occasion.

A ne considérer que le prix, la solution Fokker est donc la plus avantageuse. Mais l'administrateur qui fait ses additions sur le papier n'est pas le pilote qui va au feu, ni le petit propriétaire dont la maison est cernée par les flammes. Il est plus sensible aux chiffres qu'à l'efficacité et à l'urgence. Et pourtant, à y regarder de plus près, on s'aperçoit vite que ces sacro-saints chiffres sont trompeurs. Exemple : le Canadair à turbopropulseur coûtera, certes, deux fois plus cher que le Fokker, mais il sera proposé avec une soute de 6,5 tonnes, ce qui lui permettra de larguer 22 tonnes de liquide à l'heure de vol, soit plus de deux fois le rendement dudit Fokker (10 tonnes à l'heure). Autrement dit, un seul Canadair pourra faire le travail de 2,2 Fokker. Où est alors la solution la plus avantageuse ?

Quelques secondes d'écopage suffisent au Canadair (ci-dessus) pour remplir ses soutes d'eau, contre 7 minutes en moyenne d'immobilisation à la station de remplissage pour les avions-citernes "terrestres" comme le DC-6 (ci-contre).

Quoi qu'il en soit, un fait nouveau risque de modifier les données actuelles et de remettre en question le choix — un peu hâtif et, pourquoi ne pas le dire, assez inopportun — du Fokker. En effet, la société Aeritalia de Naples vient d'annoncer qu'elle lançait, en collaboration avec la firme allemande Dornier (2), le projet "Euromar". Ce projet porte sur la construction d'un avion amphibie polyvalent, baptisé "Eureka", et destiné aussi bien à la lutte contre les incendies qu'aux recherches et aux sauvetages en mer, à la surveillance des eaux territoriales et au transport des passagers ou du fret.

L'appareil en question serait mû par deux turbopropulseurs Pratt & Whitney de 4 000 ch, aurait une longueur de 25 m pour un poids total de 20 t, et emporterait, dans sa version feu, 5 500 kg de retardant à quelque 350 km/h. Ses caractéristiques et ses performances seraient donc comparables à celles du Canadair turbopropulsé — dont la réalisation est toutefois nettement plus avancée —, mais il bénéficierait d'une technologie plus "pointue", notamment dans le rapport coque-fuselage et l'aérodynamique de sustentation, et utiliserait largement les matériaux composites. Il serait doté en outre d'équipements plus perfectionnés.

Aeritalia et Dornier font d'ores et déjà appel aux autres constructeurs européens afin de constituer

(suite du texte page 160)

(2) Dornier a expérimenté, ces dernières années, un amphibie à coque de plastique, donc peu sujette à la corrosion. Mais, ne trouvant pas de débouchés, la firme de Friedrichshafen a renoncé en 1985 à construire cet appareil.

10 "MARCHÉS À SAISIR"

Voici les dix premières de vingt inventions à fabriquer ou à commercialiser, glanées par Science & Vie, au dernier Salon international des inventions et des techniques nouvelles de Genève. Nous vous présenterons les dix suivantes le mois prochain, développées dans nos "Echos de l'Industrie" ou dans notre rubrique "Des Marchés à saisir".

"ROCKING" PAS CHER... ET AUTOMATIQUE

Chaise à bascule pour les grands, berceau pour les tout-petits, le balancement repose, détend, endort. Mais comme il faut faire des pieds et des mains pour l'entretenir, à la longue, c'est la lassitude.

Cette cale particulière composée d'un électro-aimant, d'un contacteur et d'un fusible thermique réunis, entretient le mouvement à peu de frais.

Qu'elle soit mobile ou fixée par simple pince au piétement du siège, le principe est le même : en fin de course, le basculement actionne le contacteur qui, par l'intermédiaire de l'électro-aimant, provoque une poussée par appui sur le sol et sur le siège. Le balancement devient automatique.

Sur secteur ou alimenté par une batterie, — autonomie de 10 heures —, cet accessoire, dont le prix public serait compris entre 150 et 300 F selon les versions, prend place "de plain-pied" sur marché des cadeaux. (Roger Lecal, 74 rue de Meaux, 75019 Paris.)

PAR GÉRARD MORICE

SEL DE DÉNEIGEMENT NON CORROSIF

Chaque hiver, l'utilisation du sel de déneigement sur les routes entraîne, par la corrosion des parties métalliques, des dégâts considérables sur les véhicules et les ouvrages fixes.

Les anticorrosifs connus, à base de dérivés d'acides gras, protégeant le métal par un film hydrophobe, sont insuffisants (trop vite éliminés par abrasion) et trop coûteux pour être utilisés à grande échelle.

Ce nouveau procédé, mis au point par un ingénieur suisse, neutralise la réaction électro-chimique qui provoque la rouille. Lorsqu'un métal est immergé dans l'eau ou dans une solution saline, il se crée un phénomène de piles locales : le couple métal-air devient cathodique, alors que le couple métal-eau devient, par compensation, anodique.

Un courant électrique s'établit de l'anode à la cathode, et la com-

binaison des électrons libérés et de l'oxygène produit la rouille. Elément important : la quantité de métal corrodé dépend de la quantité d'oxygène se trouvant à la surface du métal.

Le produit, à base de composants chimiques minéraux, empêche la liaison métal oxygène et par conséquent la formation de la rouille. Ajouté simplement au sel, dans une proportion de 2 à 4 %, il absorbe de plus le CO₂ provoqué par le trafic routier, conférant au sel de déneigement une meilleure adhérence à la chaussée et plus de résistance au délavage par les eaux de ruissellement.

Le produit devient par là facteur d'économie : l'Etat et les collectivités peuvent économiser un salage sur 4, ou 25 % du sel répandu, avec un produit qui n'augmente le coût du sel que de 7 %.

L'Ecole polytechnique fédérale suisse a testé et démontré l'efficacité de ce produit, comme d'ailleurs en France le Centre d'études techniques et de l'équipement, qui a émis un rapport favorable quant à sa commercialisation. (Nofrost, c/o SEREG, Route de Préverenges 4, CH-1026, Denges-Lausanne, Suisse.)

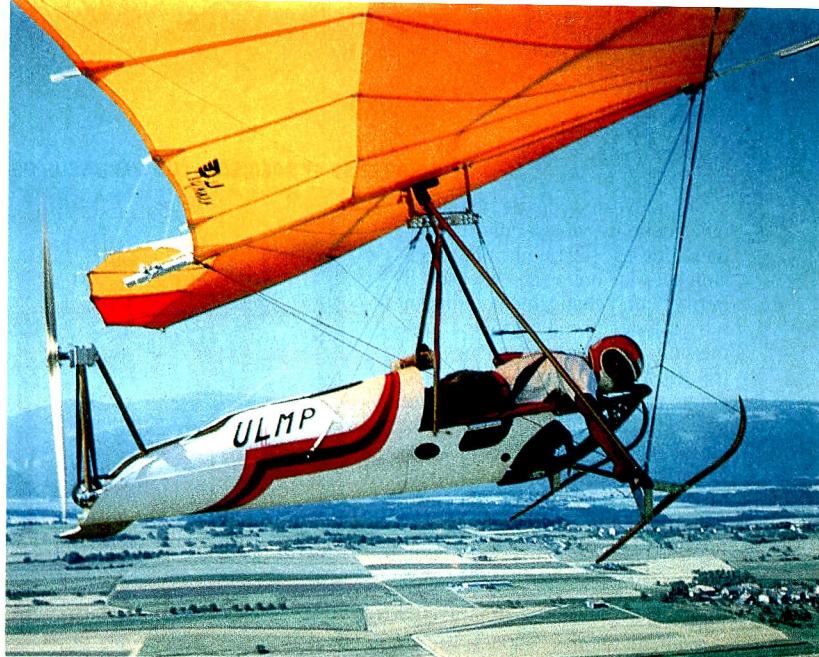


LE "DELTA-PLAINE"

Qui disait deltaplane sous-entendait pic, sommet, hauteurs, du moins un point géographique suffisamment élevé pour autoriser l'envol vers les joies icariennes. Qui voulait "deltaplaner", devait donc bien souvent effectuer des centaines de kilomètres terrestres vers ce lieu adéquat.

Cet appareil, un fuselage aérodynamique équipé d'un moteur, se fixe sans modifications sur n'importe quelle aile delta et permet de décoller des plus vastes platiitudes pour aller capter, là-haut, les courants ascendants. Alors, moteur coupé, hélice et train d'atterrissement rentrés, nous sommes en vol libre... un pilotage identique à celui des "delta" classiques, plus un atout : on peut, en vol et à volonté, ressortir l'hélice et remettre le moteur en marche.

Le prototype a été réalisé artisanalement et monté sur skis, eux, inamovibles, pour une utilisation en régions enneigées. Une fabrication industrielle permettrait de



tout améliorer : fuselage mono-coque en fibre moderne, carénage avant en plexiglas, enfin, un moteur léger à piston horizontal réduisant l'encombrement entre barre de contrôle et pilote, dont les bras retrouveraient l'exacte posi-

tion du vol libre. Un demi à un litre d'essence suffit pour s'élever à 500 mètres et pourquoi ne pas chauffer l'habitacle, en hiver, par dérivation de l'air chaud du moteur. (André Lecoultrre, Le Paquis, 1522 Curtilles VD, Suisse.)

L'AUTO-VIDANGE



On visse un nouveau bouchon, plus long de 5 mm que l'ancien, sous le carter ; on fixe la poignée de commande sous le capot ; entre les deux, un câble en acier galvanisé. Le système est en place, il y reste en permanence : désormais pour vidanger sa voiture, il suffira de placer un récipient dessous, de serrer la poignée et de la laisser

bloquée jusqu'à la fin de l'opération qui devient ainsi propre et confortable.

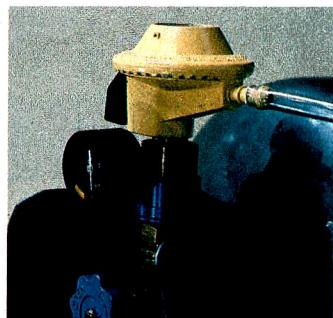
Le nouveau bouchon est traversé d'une soupape munie d'un ressort qui exerce une pression constante sur un joint nitrile (résistant à 140 °C), solidaire de la soupape. Lorsque l'on serre la poignée, le câble se tend et pousse la soupape : la vidange commence. En temps normal, rien ne peut affecter l'étanchéité du bouchon qui reste parfaite, pas même la rupture ou l'arrachage accidentel du câble.

Un produit peu coûteux (175 F prix public) pour un vaste marché : 40 % des 22 millions d'automobilistes français seraient prêts à effectuer eux-mêmes leur vidange. Les inventeurs ont décidé de créer leur propre entreprise et cherchent leur réseau de distribution en France et à l'étranger. Ils souhaitent concéder des licences pour d'autres applications : vidange des machines agricoles, industrielles, des bateaux, purge des réservoirs, transfert de fluides, etc. (Francine Brouel, Distrinove, 38 rue des Noisetiers-Ecole, 25480 Miserey.)

BAPTÈME DU FEU POUR LE "GAZ-FUSE"

Sécurité absolue en matière de gaz : le "Gaz-fuse", premier coupe-circuit (*fuse* signifie fusible en anglais) du genre, s'adapte par le système de raccord conventionnel, entre la sortie de n'importe quelle bonbonne ou bouteille de gaz et le régulateur-détendeur. Dès qu'il détecte un changement de pression en aval, au niveau de l'arrivée ou du brûleur, il coupe instantanément l'alimentation, prévenant ainsi tout risque d'explosion.

Fabriqué en cuivre et en caoutchouc, le Gaz-fuse est parfaitement fiable, sûr et efficace : il a d'ailleurs été testé en mettant le feu au tuyau. (Geoff Foster, Prem-Gaz, 14 Venetta Road, Glenorie 2157 N.S.W., Australie.)

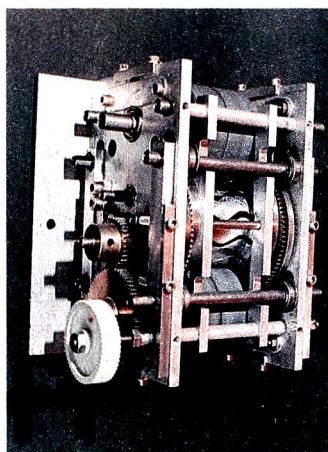


SOUPLESSE ET PRÉCISION : UN VARIATEUR DE VITESSE

Ce nouveau type de variateur mécanique de vitesse allie la souplesse de l'accélérateur à la précision de la boîte de vitesse. Il permet un changement continu ultra-rapide du rapport de transmission entre deux valeurs extrêmes, à partir d'une puissance de commande très faible, et ce, quel que soit le couple transmis, à l'arrêt comme en fonctionnement. Enfin, il peut être débrayé ou embrayé instantanément, indépendamment du rapport de transmission.

Le secret : les multiples engrenages classiques sont remplacés par des éléments de transmission identiques, disposés en cylindre rotatif. Indépendants les uns des autres, mais entraînés par des moyeux, on peut modifier la répartition des éléments sur le cylindre : c'est cette modification qui provoque le changement du rapport de transmission.

Avantage d'un tel système : des moyens mécaniques simples et peu



L'expérience l'atteste, il faut de bons ciseaux pour couper proprement la gaze et les pansements adhésifs.

Or, de bons ciseaux ne servent pas qu'aux pansements et sont

coûteux ou de très petits servomoteurs suffisent pour assurer l'asservissement automatique du rapport de transmission ; le variateur possède une puissance de transmission très élevée par rapport à sa masse ; le passage marche avant — marche arrière

est instantané ; enfin, l'usure est uniforme, pas de "marquage" lorsque le variateur est utilisé longtemps sur le même rapport.

Plusieurs variateurs peuvent ainsi être couplés en parallèle pour doubler, tripler, etc. la puissance transmise.

Des variantes de ce système permettent de résoudre de manière simple la majorité des problèmes nécessitant un variateur de vitesse : de la bicyclette (on abandonne alors la chaîne classique pour une courroie) à la boîte de vitesse ou aux poulies d'une machine, en passant par les véhicules à une ou deux roues motrices (le variateur remplaçant alors boîte de vitesse, embrayage et même différentiel).

Un marché qui est suffisamment vaste pour intéresser différents industriels dans les secteurs des machines-outils, véhicules ou de la robotique. (A. Courty, 21 rue des Bondes, 95370 Montigny-lès-Cormeilles.)

LA COUPE DERNIER CRI

même rarement là au moment utile. Car de bons ciseaux, ça coupe, les enfants s'y blessent facilement et les infirmières ne peuvent les garder dans leur poche.

Le "Précicoupe" est conçu pour

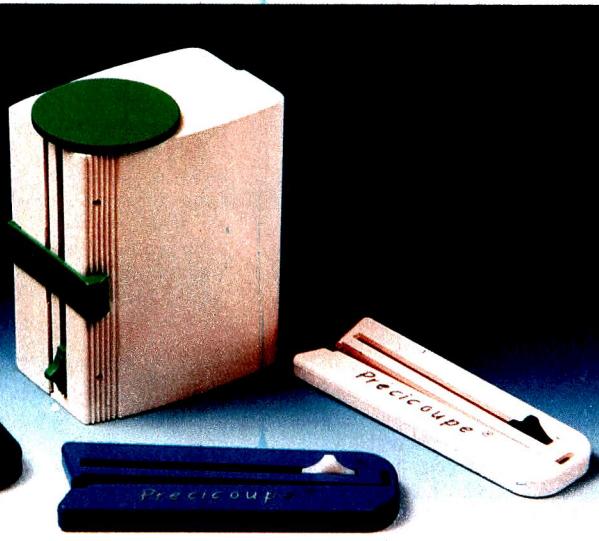
remédier aux inconvénients et aux dangers des bons ciseaux ; lui, avec la précision de sa coupe, il n'est là que pour ça : découper sur mesure la gaze et les pansements variés.

C'est simple, on introduit le pansement dans la fente, un aller du curseur l'appuie sur la lame (type lame de cutter, 25/100 de mm), c'est coupé, propre, net.

Le curseur contient une gorge qui évite tout contact avec la lame, toute souillure, et limite son usure à celle due au seul contact avec le pansement.

Le marché du Précicoupe talonne donc celui du pansement. Il pourrait être vendu en pharmacie aux alentours de 30 F avec 50 cm de pansement, ou, autre version, intégré dans un boîtier rechargeable de 1 m de pansement et muni d'une lame interchangeable, aux alentours de 50 F.

Une version professionnelle (25 F) est également prévue pour les hôpitaux, mais alors sans fournit de pansement : là, ils l'utilisent au kilomètre. (J.-P. de Ruyter, Sogueplast, 4 rue d'Issenheim, 68500 Guebwiller.)



L'ANTIVOL EST DANS LA ROUE

Tout simplement, une ou plusieurs roues du véhicule (voiture ou moto) sont munies de jantes spéciales avec une valve verrouillable de l'extérieur. Fermée, la serrure de la valve interdit tout dégonflage. En position "antivol", lorsque le propriétaire a déverrouillé la serrure incrochetable, la valve est



libre. La pression interne du pneu la maintient fermée tant que le véhicule est à l'arrêt ; volé, celui-ci n'ira pas loin, car la force centrifuge agit alors sur la tête de la valve mobile et l'ouvre aux premiers tours de roues. Le ou les pneus se dégonflent immédiatement, immobilisant le véhicule.

Si le voleur a parcouru quelques mètres sur des pneus à plat, le propriétaire n'aura qu'à les changer, ce qui est beaucoup moins onéreux pour les compagnies d'assurance que les réparations de carrosserie et autres dégâts qui suivent habituellement les vols de voitures.

La valve antivol est tout aussi fiable et sûre, en position normale, que la valve usuelle. Par contre, en cas de vol, le dégonflage est si rapide, que le voleur n'a pas le temps d'atteindre une vitesse qui le rende dangereux.

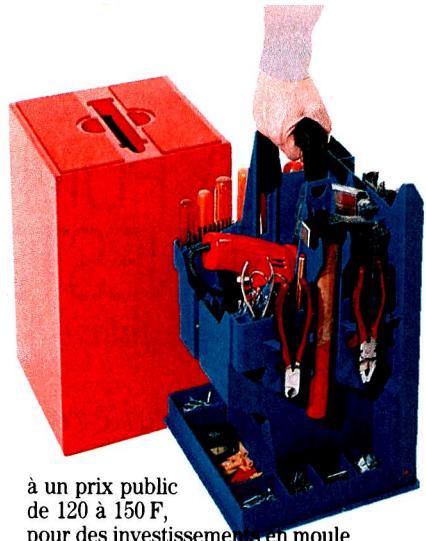
Simple, efficace, cet antivol ne coûte que quelques francs en première monte, et peut, bien sûr, s'adapter sur n'importe quelle jante déjà fabriquée. (Saint Nicolas Technologies, 5 allée Frion, 93340 Le Raincy.) Ce bureau d'ingénieurs conseil, très actif jusqu'à présent dans le domaine médical, dispose d'un portefeuille d'inventions conséquent dans des domaines divers (antivols, systèmes de repérage, appareils ménagers).

LA BOÎTE-OUTIL

Conçue par un architecte-designer, cette boîte à outils permet, grâce à ses présentoirs, d'avoir sous les yeux et la main tous les outils standard (120 outils différents, dont 30 types de perceuses y ont été essayés). Un tiroir basculant ou coulissant, complémentaire, accueille en vrac le petit matériel. Le tout dans 22 × 22 × 42 cm. Transportable ouverte comme fermée, elle est verrouillable par cadenas. Le couvercle, indépendant, peut servir d'établi, de tabouret ou de marchepied.

En polyéthylène, incassable, cinq moussages suffisent à la fabriquer (le corps, la poignée, le couvercle, le tiroir et les casiers) selon deux modèles, "grand public" et "amateur". Une troisième version est réalisable pour les professionnels. Prix sortie d'usine envisagé : entre 41 et 58 F.

Il ne reste qu'à la commercialiser (500 000 boîtes à outils sont vendues chaque année en France),



à un prix public de 120 à 150 F, pour des investissements en moule de l'ordre de 1 à 1,3 million de francs. Tout est prévu : conforme aux normes des colis postaux, elle peut être vendue par correspondance. Sinon, sa forme et sa taille permettent de la stocker ou de la mettre facilement à l'étau. Des brevets sont déposés dans tous les grands pays industriels ; l'inventeur cherche un industriel fabricant. (Eric Jantzen, 38 av. Thierry, 92410 Ville-d'Avray.)

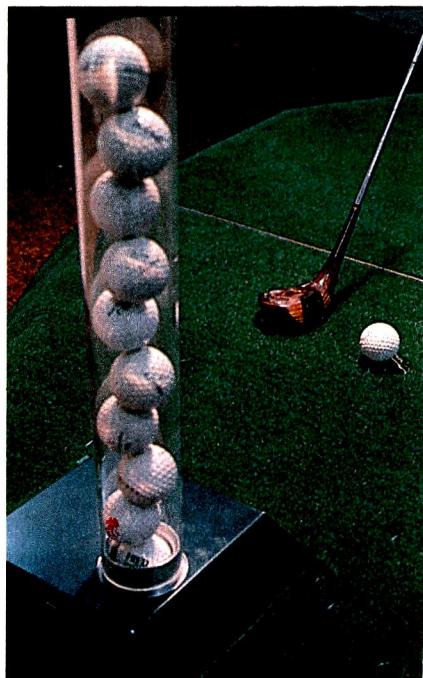
DISTRIBUTEUR AUTOMATIQUE DE BALLES DE GOLF

Une bonne pratique du golf repose sur un entraînement régulier et répétitif. Le "Practigolf", en assurant la pose automatique des balles sur le tee et permettant, selon les modèles, de 10 à 50 essais d'affilée, sans que le joueur ait à intervenir, élimine donc temps mort et déconcentration entre deux coups. Notre sportif, tout à son affaire, peut soit garder la même position et répéter son mouvement, soit le modifier à son gré.

Le Practigolf, c'est d'un côté le tee articulé qui supporte la balle (il s'escamote au moment du coup pour ne pas endommager les clubs) et qui va immédiatement présenter la balle suivante ; de l'autre côté, à 30 cm, espace suffisant pour le passage du club, le réservoir de balles et le dispositif distributeur. En tout, un boîtier de 58 cm de long, 26 cm de large et 12 cm de haut, système que l'on peut enterrer ou intégrer à un podium, qui peut être installé sur un "practice" ou chez soi, dans son jardin. L'appareil peut éventuellement être alimenté par des pan-

neaux solaires. (Berthoud et Burky Technology, 51 route du Mon-Idée, CH 1226 Thonex, Suisse.)

Gérard Morice



LA POMPE FUNESTE

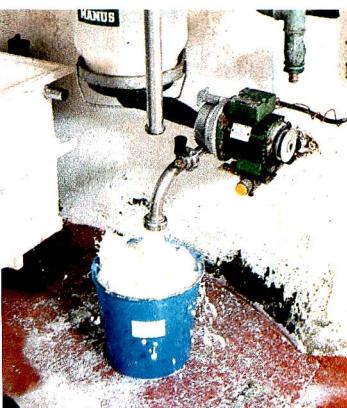
Un éleveur de chèvres réclame plus d'un million de francs de dommages et intérêts à un fabricant de machines à traire. Motif invoqué : la pompe centrifuge qui extrait le lait de son système de traite rendrait les fromages fermiers impropre à la vente.

Le caillé est la première étape de la fabrication du fromage. Il résulte de la coagulation du lait sous l'effet d'enzymes protéolytiques (contenues dans la préssure) et de fermentations acidifiantes (comme les bactéries lactiques...). Or parfois le caillé présente des petits trous qui le rendent plus léger et le font remonter à la surface du récipient (*photo 3*). Un tel caillé gonflé — dit aussi bullé ou spongieux — est un vice rédhibitoire pour la confection de fromages "sains" ou "loyaux"; l'égouttage et l'affinage ultérieurs se font mal, les fromages sont coulants, porteurs de mauvais goût et parfois même de bactéries pathogènes.

Car ce gonflement signale la présence de "coliformes", des bactéries qui fermentent le sucre du lait, le lactose, et produisent du gaz (gaz

carbonique et hydrogène principalement), à l'origine des bulles du caillé. Les coliformes sont des hôtes normaux de l'environnement et de l'intestin des mammifères et, comme une étable n'est pas un laboratoire, le lait de la traite en contient toujours quelques unités à quelques dizaines. Mais normalement leur développement est stoppé par l'acidification précoce du lait qui coagule. Heureusement car certains d'entre eux — peuvent être pathogènes.

Les sources possibles de coliformes dans le lait sont variées : l'ambiance de la salle de traite, les animaux, la machine à traire et les récipients, le levain (c'est souvent du sérum pris sur la fabrication de la veille), les conditions de stockage du lait avant l'emprésurage (les coliformes colonisent plus rapidement le lait en ambiance chaude, humide). Aussi la meilleure prévention consiste-t-elle en une bonne hygiène du troupeau et du matériel, et le



1

refroidissement du lait après la traite lorsque celui-ci est livré à une laiterie, ou son acidification rapide lorsqu'il est transformé à la ferme.

Mais au milieu de ce concert de conseils unanimes, s'élève une voix discordante, celle d'un éleveur de chèvres qui accuse un autre coupable : la pompe à lait centrifuge de sa machine à traire.

Aujourd'hui, en effet, dans presque tous les élevages laitiers, la traite est mécanisée. Le lait est extrait du pis par des gobelets-trayeurs où un vide alternatif, créé par un pulsateur, simule la succion (ou la traite manuelle). Le lait est ensuite acheminé par des canalisations de transfert (lactoducs) au récipient final : en l'occurrence, la bassine où l'éleveur fait le caillé. Un "extracteur" doit assurer le passage du lait qui circule sous vide dans le lactoduc à la pression atmosphérique du récipient. Différents types d'extracteurs remplissent cette fonction mais dans la majorité des installations, dont celle qui nous concerne, ce sont des pompes centrifuges, dont la puissance sert également à propulser le lait dans la canne de sortie (*photo 1*).

Or, selon cet éleveur, qui tire son revenu des fromages fermiers, l'usage de sa pompe centrifuge ferait gonfler ses caillés. Comment est-il arrivé à cette conclusion ? Lentement, mais sûrement. Tout d'abord, il note que les problèmes apparaissent avec l'arrivée de la machine à traire (en février 1983). Il analyse et élimine alors progressivement diverses causes possibles : produits de lavage, qualité de l'eau de rinçage, nature du levain, conditions de stockage du lait avant emprésurage, état et hygiène des canalisations de transfert, des bassines de caillage, etc.

Après 18 mois de tâtonnements, il soupçonne l'effet de la pompe à lait. Il trait ses chèvres à la machine et récupère le lait avant passage dans la pompe. Surprise : le caillé provenant de ce lait se comporte normalement. Fort de cette découverte

(1) Des travaux de l'INRA ont montré que plus l'agitation est violente, plus certaines bactéries — dont les coliformes — sont dispersées.

(2) La "flore totale" est actuellement le seul critère de qualité bactériologique pris en compte pour payer le lait à la production. Un lait de classe A contient (le meilleur) moins de 100 000 germes/ml.

empirique, il préleve le 21 novembre 1984 des échantillons de lait "avant pompe" et "après pompe" qu'il fait analyser par la Direction des services vétérinaires de la Vienne. Parmi les résultats, il en est un qui montre un écart significatif de contamination : 50 coliformes pour l'échantillon de lait non passé dans la pompe et 57 000 pour le lait passé par la pompe !

Bien qu'un tel écart n'ait jamais été retrouvé dans les quelques analyses bactériologiques faites ultérieurement, l'éleveur maintient que sa pompe centrifuge est le fauteur de trouble. Tel ne fut pas l'avis du fournisseur de son système de traite, la société Diabolo Manus, et de l'installateur, la société Oble. Il leur intente alors un procès, considérant que le matériel qu'il a choisi avec l'appui de ses conseillers techniques a un vice caché qui "fusille" sa production. La pasteurisation, qui vient à bout des coliformes, n'est pas envisageable sans remettre en question sa spécialité de "fromages au lait cru".

Sachant que sa pompe extractrice tourne à 2770 tours/mn et sachant que plus un lait est agité fort, plus les coliformes sont dispersés (1), la question légitime qu'il pose est alors de savoir si cette dispersion a une incidence sur l'évolution de la qualité bactériologique du lait cru dans les 48 heures qui suivent.

Or l'expérience effectuée le 20 décembre dernier en présence d'un spécialiste de l'INRA ne répond pas à cette question. Elle a simplement fait parcourir au lait d'une traite trois transferts dans l'installation complète de l'éleveur, des gobelets-trayeurs à la canne de sortie et conclu que l'installation avait un fonctionnement et une utilisation normaux. Il est en effet établi que les machines à traire sont la source majeure des contaminations du lait (circuits longs, endroits peu accessibles au nettoyage, etc.) et les dénombrements de la flore totale après chaque transfert n'ont pas montré des élévations "anormales" du nombre de germes. Ces



La propulsion du lait hors de la pompe centrifuge (1) de ce système de traite (2) favorise-t-elle la multiplication des germes qui font gonfler le caillé (3) (seau noir) ? Habituellement, celui-ci, plus lourds (densité = 1,06), est invisible sous le sérum (densité = 1,02) qui surnage (3) (seau rouge).

dénombrements ont d'ailleurs montré, au passage, que l'éleveur maîtrisait l'hygiène de son lait, dont la flore totale ne dépassait pas 34 000 bactéries/ml après un passage dans la machine à traire (2).

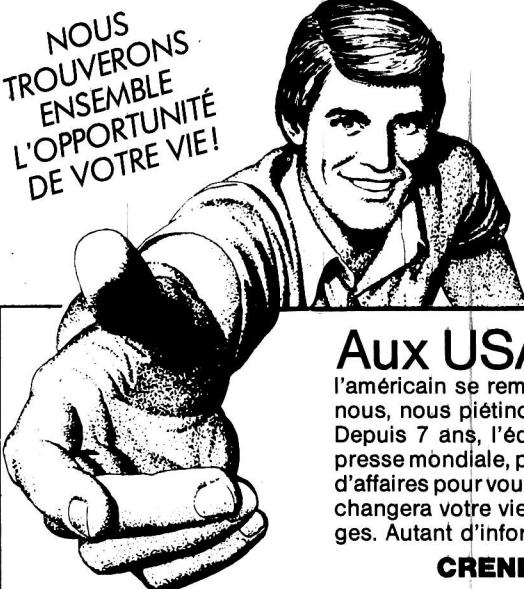
Quant aux coliformes dénombrés lors de l'expertise, ils sont passés de 100 dans le lait témoin, agité manuellement, à 130 et 220 après agitation mécanique et 220, 260 et 320 après chaque transfert dans le circuit. La multiplication par un facteur 2 n'est pas très significative en analyse bactériologique mais ces différences peuvent refléter une dissociation des colonies, et l'on peut supposer alors avec l'éleveur que les bactéries séparées les unes des autres colonisent d'autant plus rapidement le lait que le brassage dans la pompe peut favoriser l'accès à l'oxygène et aux nutriments. Ce brassage peut aussi homogénéiser une contamination artificielle.

D'autre part, si la pompe donne un coup de fouet aux coliformes (ils sont sensibles au mode d'agitation et se multiplient très rapidement), elle leur permet de gagner du terrain avant que l'acidité du caillé ne gêne leur développement. Les deux paramètres "pompe" et "délai de formation du caillé" se conjugueront alors pour le pire ! C'est ce que croit l'éleveur, qui n'écoute que sa pratique ; depuis qu'il a remplacé la pompe par un système de bac sous vide qui extrait le lait, ses caillés, assure-t-il, ne gonflent plus, toutes choses égales par ailleurs !

D'autres éleveurs ont-ils constaté un tel effet multiplicateur des pompes centrifuges sur leurs fabrications fromagères ? Si tel était le cas, *Science & Vie* ne manquerait pas de pousser les bactériologues et les fabricants de matériel laitier dans leurs derniers retranchements.

Marie-Laure Moinet





NOUS
TROUVERONS
ENSEMBLE
L'OPPORTUNITÉ
DE VOTRE VIE!

Préférez-vous créer : une pizzeria, un bowling, un élevage de sangliers, ou un circuit de 4 × 4 ?

Aux USA,

chaque américain change en moyenne 3 fois de job dans sa vie. Toujours à l'affût des nouveautés, des opportunités, l'américain se remet en question sans arrêt. Le résultat : il réussit, il s'enrichit... et nous, nous piétinons !

Depuis 7 ans, l'équipe journalistique de « Créneaux et Opportunités » épingle la presse mondiale, parcourt les salons spécialisés, contacte des centaines d'hommes d'affaires pour vous proposer les meilleures informations sur votre futur job, celui qui changera votre vie : des chiffres, des adresses, des comparaisons, des témoignages. Autant d'informations précises dont vous pourrez immédiatement tirer profit.

CRÉNEAUX et OPPORTUNITÉS, C'EST LE JOURNAL DE VOTRE BUSINESS !

Dans chaque numéro, vous trouverez :

- des études complètes, (marché actuel et futur, technicité requise, investissement, lancement, plages d'exploitation, concurrence, ratios financiers, etc.) de types d'entreprises performantes à créer **immédiatement** dans les domaines les plus divers (agriculture, services, artisanat...).
- des annonces, mettant en relations créateurs, chercheurs, financiers et commerciaux. **Gratuites** pour les abonnés, ces annonces prouvent chaque jour leur très grande **efficacité**.
- des Opportunités, de reprises d'affaires existantes, en difficulté ou tout simplement... à vendre.
- des Produits nouveaux, du monde entier, à la recherche de distributeurs en France. **Pourquoi pas vous ?**
- des Licences et franchises, avec nos commentaires sur leur vraie valeur (gare aux escrocs).
- des Conseils, et tuyaux en matière de financement et de démarrage des jeunes entreprises.

DEPUIS 7 ANS
DES CENTAINES DE LECTEURS
ONT CRÉÉ LEUR AFFAIRE
SELON NOS CONSEILS
POURQUOI PAS VOUS ?

CE JOURNAL CONFIDENTIEL N'EST DISPONIBLE QUE PAR ABONNEMENT (Coupon ci-dessous)

Vous pouvez déjà choisir dans les numéros parus l'activité de votre futur business, celle qui peut vous rapporter des millions*. Nous le prouvons, ça marche pour les autres, pourquoi pas pour vous ? (Notez les numéros correspondant aux dossiers qui vous intéressent, et portez-les sur le bon de commande ci-dessous).

AGRICULTURE

La culture de noisettes (3). Les framboisiers (4). Les myrtilles (6). Valoriser les taillis (11). Une ferme marine (22). Devenir apiculteur (23). La chèvre angora (23). Un élevage de chiens (28). Les germes de soja (30). La lombriculture (22 et 30). Les eucalyptus (32). L'élevage du myocastor (34). Cultiver les betteraves rouges (34). Les orchidées (35). Les châponnes (36). Les escargots (38). Les potagers en libre-service (40). L'élevage du pigeon (41). Cultiver les brocolis (41).

SERVICES

Louer des moules de planches à voiles (2). Décapage des meubles (10). Créer une entreprise de coursiers (21). Une discothèque de prêt (26). Location de chiens de garde (28). Développement rapide des photos (31). Les travaux dactylo (32). Faire des vitraux (33). Salles de relaxation (34). Le marché du vandalisme (37). Matériel pour handicapés (34). Les laveries automatiques (39). Centres de digitalogie (40). Le survitrage (41). Les labo-photos ambulants (41).

AUTOMOBILE

Les ateliers de pots d'échappements (6 et 33). Les ateliers de peinture (9 et 31). Les ateliers de lavage (26 et 28). Les pare-brises (30). Les casse-autos (32). Transformer une station-service (32). Centres de vidange à domicile (28). Rénovation des culasses (33). Centres diagnostic (36). Le créneau des taxis (38). Location de voitures (39). Rénovation des autos (34). Circuits de karting (37). Stations services automatiques (40). Locations auto (40). Créer un circuit (4 × 4) (41).

RESTAURATION

Les tacos mexicains (22). Restaurants d'omelettes (23). Les pizzerias (26). Les patates frites (26). Les croissanteries (27). Les crêperies (30). Distributeurs automatiques de frites (32). Restaurant "féminin" (34). Restaurant diététique (34). Faire cuisiner le client (35). N° spécial "Restauration rapide" (37). Les pâtes fraîches (38). Les sandwicheries (40).

COMMUNICATION

Les journaux lumineux (3). Un guide des mariés (5). Un hebdo de football (7). Les poubelles publicitaires (11 et 32). Les nappes publicitaires (21). Les lettres confidentielles (24). Créer une radio Fm (25 et 31). Les journaux de congrès (28). Publicité vidéo (31). Créer un studio d'enregistrement (33). Les mailings charter (37). La permanence téléphonique (38). La télématicité (38). Les radio-répondeurs (40). L'affichage libre (41).

TOURISME LOISIRS

Le tourisme fluvial (7 et 39). Les patinoires en plastique (5). Bateaux tamponneurs (9). Le créneau des chercheurs d'or (24). Créer un ULMdrome (27). Créer un minigolf (26). Les hôtels 2 étoiles (28). Les vérandas (32). Réparations des motoculteurs (35). Photos aériennes (35). Le rafting (40). Le créneau du bowling (41). Les wagons-hôtels (41).



BULLETIN D'ABONNEMENT
plus de 300 pages annuelles d'informations confidentielles et exclusives !

Nom

Adresse

Je commande les numéros suivants de "Créneaux et Opportunités".

et je joins le règlement, soit 35F par exemplaire.

Je m'abonne pour un an (6 numéros) et je joins le règlement, soit 210F (France) ou 250FF (étranger).

SATISFAIT OU REMBOURSÉ

L'éditeur s'engage à rembourser le prix de votre abonnement, en cas de déception sur simple lettre de votre part.

à expédier aux Editions Midinova
9, rue de l'Aqueduc 31500 Toulouse.

* de centimes, bien évidemment. Nos informations sont sérieuses, pas mirifiques...

ECHOS DE L'INDUSTRIE

MARINE DE GUERRE

Le Richelieu : 1^{er} porte-avions nucléaire français

La décision a été prise : le Richelieu va être mis en chantier. La construction de ce navire apportera à l'arsenal de Brest et à l'établissement d'Indret, maîtres d'œuvre, près de 3 millions d'heures d'études et environ 13 millions d'heures de travail.

Le *Richelieu* sera opérationnel en 1996, date à laquelle le *Clemenceau*, alors vieux de 43 ans, aura atteint la retraite. Un second bâtiment semblable au *Richelieu*, prendra, quelques années plus tard, la relève du *Foch*, lui aussi atteint par la limite d'âge. La marine de guerre française, devenue la 3^e du monde, affirme ainsi son rang.

La lourdeur des coûts financiers des porte-avions, à la construction comme à l'utilisation, a conduit la plupart des marines étrangères à leur substituer des porte-hélicoptères, capables de missions anti-sous-marines, de contrôle et de soutien des forces de débarquement. Pour garder des capacités offensives à leurs bâtiments, la Grande-Bretagne, l'Italie, l'Espagne et l'URSS les ont équipés d'avions à décollage et atterrissage vertical dotés de moyens d'attaque au sol. Mais la guerre des Malouines a démontré l'incapacité de ces bâtiments à conduire efficacement ces actions d'attaque. Au point que l'URSS, ralliée à la doctrine américaine (l'US Navy utilise des porte-avions géants dont les plus récents jaugent près de 90 000

tonnes et emportent de 80 à 120 aéronefs), construit actuellement son premier port-avions géant à propulsion nucléaire.

Disposant d'un pont d'envol de 261,5 m de long, avec une piste oblique de 195 m, inclinée de 8°30 pour une surface totale du pont d'envol de 12 300 m², le *Richelieu*

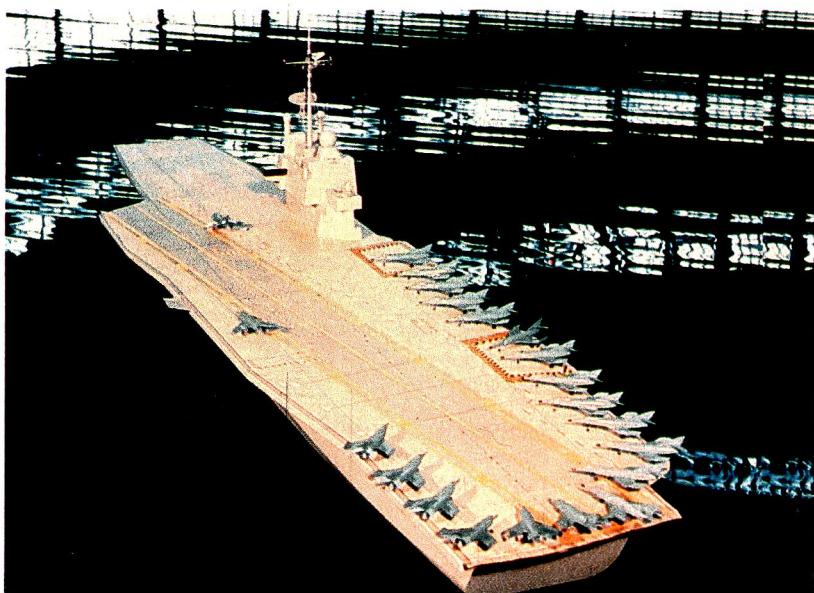
sera muni de deux catapultes à vapeur de 75 m de long, assurant une vitesse de sortie de 150 noeuds, l'une sur la piste oblique, l'autre à babord du parking avant.

Cette disposition privilégiant la capacité des parkings — 35 à 40 appareils (intercepteurs, chasseurs-bombardiers, avions de surveillance et de lutte anti-sous-marin, hélicoptères), le *Richelieu* ne pourra, comme ses homologues américains, réaliser simultanément des opérations d'apportage et de catapultage.

L'ensemble des installations aéronautiques du bâtiment permettra la mise en œuvre de la version navalisée du futur avion de combat tactique, appareil de la classe 15/20 tonnes qui succédera au célèbre Super Etandard.

Des mesures conservatoires ont été prises visant à l'installation d'un tremplin de décollage, dans le cas du développement d'un appareil à décollage et atterrissage vertical.

Deux chaufferies nucléaires,



TÉLÉSURVEILLANCE

Le son plus l'image

Ce système vidéo compact à microphone incorporé, le POS, permet la surveillance générale, intérieure et extérieure, visuelle et sonore, de toutes sortes de locaux et de bâtiments.

On peut l'utiliser pour les boutiques, banques, écoles, hôpitaux, entrepôts, stations services, entrées d'usines... Mais aussi pour des applications spécifiques où l'écoute et la vision sont nécessaires, comme dans le cas de la surveillance des bébés, malades ou handicapés ; ou dans celui des fermiers et des éleveurs pour l'assistance au moment de l'agnelage, du vêlage, du poulinement...

Le POS est constitué d'abord d'une caméra équipée d'un tube vidicon, d'un objectif 16 mm (des objectifs grand angle 8 mm peuvent être utilisés) et d'un microphone incorporé, associés à un support universel. L'enregistrement de l'image est excellent même en éclairage très faible : un diaphragme électronique automatique s'adapte à toutes les conditions d'éclairage de 3 à 30 000 lux et la caméra est munie d'un système de protection contre les sources lumineuses excessives.

La consommation de courant est faible (2,4 W en fonctionnement, 0,4 W en veille), les dimensions sont compactes (114 x 64 x 228 mm), pour un poids total de 0,56 kg. La caméra peut fonctionner de -20°C à +45°C et son support permet l'adaptation d'un capuchon en matière plastique avec semelle métallique pour la protéger en utilisation à l'extérieur.

Quant au moniteur noir et blanc de 300 mm (12 pouces), il est équipé d'un tube image 90° à démarrage instantané (image et son reçus dans les 5 secondes) et d'un

sélecteur incorporé pour 4 caméras, dans le cas d'une surveillance de zones multiples. Il fonctionne sur secteur ou batterie 12 volts, pèse 6,5 kg et mesure 305 mm de long sur 276 de haut et 303 de profondeur. Il permet l'enregistrement et la relecture des zones surveillées et on peut lui adjoindre un moniteur asservi pour doubler le poste d'observation.

Enfin le système comporte un câble coaxial de 10 m de long, qui véhicule le son, l'image et l'alimentation électrique entre la caméra et le moniteur. Selon les besoins, on peut utiliser un câble d'une longueur maximale de 100 m.

Il est possible d'ajouter à cet ensemble de base trois caméras supplémentaires permettant ainsi la surveillance à distance et centralisée de 4 zones différentes. Les 4 caméras peuvent être commandées soit en manuel, soit en automatique avec priorité au manuel. En commande automatique, elles fonctionnent selon un mode cyclique avec, pour chacune d'elles, un temps d'affichage réglable. (Système POS de Philips ; commercialisation Porten-seigne, 50 rue Roger-Salengro, Péripole 114, 94126 Fontenay-sous-Bois cedex).

Capital-risque chinois. China Venturetech Investment Corp. : la Chine vient de créer une société de capital-risque pour financer le développement des nouvelles technologies. La société aidera les petites entreprises et celles qui viennent de se créer, qu'elles appartiennent au secteur privé ou étatique. Le directeur de la société reconnaît : « le concept du capital risque est au centre du capitalisme » : mais il estime que « ce concept peut être adapté partout où l'on en a besoin » pour déterminer les activités qui vont se développer et les idées qui doivent recevoir un financement.

ÉNERGIE

Mer Noire contre or noir...

La première machine thermique soviétique, exploitant l'énergie de la mer a été mise en service à Yalta, en Crimée. D'une puissance de 2 MW, elle utilise le potentiel thermique de la mer Noire au moyen de deux pompes, ayant chacune une capacité horaire de 500 m³. L'eau de la mer, circulant dans des tubes, est mise en contact avec du fréon, qui commence à bouillir. Les vapeurs de ce gaz sont ensuite comprimées, ce qui a pour effet de porter sa température à quelque 100-110°. La chaleur ainsi produite est exploitée en hiver pour le chauffage de l'hôtel Droujba, ou pour fournir de l'air conditionné à la belle saison. Une seconde installation du même type doit équiper prochainement un autre hôtel, en Crimée. Cette source d'énergie non polluante est particulièrement appréciée dans cette zone touristique, l'une des plus importantes que compte l'URSS.



MAINTENANCE

Check up permanent des installations de production

L'automatisation a pour corollaire une complexité croissante des machines d'usinage et d'assemblage, ainsi que de leur environnement. L'époque où l'agent technique surveillait visuellement la bonne marche exécutant une opération unique d'une machine est révolue : opérations complexes et simultanées, carénages de protection imposent désormais de recourir à d'autres procédures et moyens de protection pour continuer à exercer une surveillance d'autant plus rigoureuse que tout arrêt de machine devient particulièrement coûteux.

D'où l'intérêt de la carte d'assistance au diagnostic et à la produc-



tion Polydiag 2000, présentée par Polymont, 5 av. Caroline, 92210 Saint-Cloud, tél. (1) 47 71 04 59. Cette carte suit la production en temps réel, surveille la machine et informe les opérateurs, diagnostique les pannes en clair, enfin peut transmettre l'information issue des machines vers un ordinateur. Elle fonctionne autour d'un microprocesseur autonome dialoguant avec le système de commande (numérique ou automate) de la machine ; elle s'adapte très facilement sur toutes les machines de production et de contrôle automatisées et sa compatibilité avec les techniques utilisées en matière de pilotage des équipements lui confère une véritable universalité.



TOURISME

Le plus gros engin amphibie

27 mètres de long, 6 mètres de large, pouvait accueillir 150 passagers : c'est la *Sirène de la baie*, destinée à la découverte touristique de la baie du Mont Saint-Michel, vue de la mer, en 1 h 30. Au départ du Vivier-sur-Mer, elle emprunte une large piste tracée dans la grève avec aperçu sur les 210 km de bouchots, situés en pleine mer à 4 km du rivage, et présentation d'un étonnant panorama sur les plages de Cancale et sur le Mont Saint-Michel.

De tels engins, mais beaucoup plus petits, étaient déjà utilisés dans la baie pour la mytiliculture : celui-ci est le plus gros de ce type jamais construit au monde pour le trans-

port de passagers. Il a été réalisé en moins de trois mois par les chantiers Hus de Saint-Malo pour le compte d'un mytiliculteur de la région (le Vivier-sur-Mer est le premier centre myticole de France).

Ses performances : 14 km/h sur terre et 9 noeuds sur mer. Il est équipé de 8 roues motrices (4 directrices), d'une suspension hydraulique et de deux moteurs de 230 chevaux chacun. Son rayon de braquage atteint 42° — celui d'une voiture. Construite en aluminium, la *Sirène de la baie* pèse 52 tonnes en charge (Société des Bateaux de la baie du Mont Saint-Michel, 35960 Le Vivier-sur-Mer, tél. 99 48 82 30).

USINAGE

Le centrage des machines en marche

Ce nouvel instrument, le CO-AX, réduit les temps de centrage des pièces à usiner et améliore la précision obtenue.

Son originalité, permettre le centrage machine en marche, dans les conditions exactes de l'usinage. Le CO-AX se monte en effet à la place de l'outil — il accepte une vitesse de rotation de 800 tr/min — ce qui lui permet de prendre en compte les imperfections de la broche en rotation.

L'ouvrier observe en lecture directe, sur le cadran fixe, la valeur

de l'excentration avec une précision de 5 micromètres. Il lui suffit alors de recentrer la table ou la broche, puis de remplacer le CO-AX par l'outil.

S'adaptant sur toutes les machines, compact, particulièrement destiné aux machines à commande numérique ou aux multibroches, ce nouveau dispositif, qui ne coûte que 2 950 F HT, constitue un progrès important en matière de qualité pour les ateliers d'usinage (Uni-Technologie, rue de la Mule, 13320 Bouc-Bel-Air).

VERRE

Vitrage énergétique : Saint Gobain contre Pilkington

Saint Gobain, le premier producteur de verre plat en Europe, annonce à grand renfort de promotion avoir mis au point, après dix ans de recherche, un nouveau vitrage énergétique.

“Eko” laisse pénétrer l’apport solaire gratuit (constitué de courtes longueurs d’onde) tout en empêchant de ressortir la chaleur interne, provenant du Soleil ou du chauffage, réémise sous forme de grandes longueurs d’onde, piégeant ainsi l’énergie à l’intérieur du local. De l’extérieur, ce vitrage à faible émissivité présente des reflets légèrement bleutés, de l’intérieur il conserve son aspect habituel et respecte les couleurs du paysage. Assemblé en vitrage isolant, ce verre bloque, à l’intérieur de la lame, 2/3 des pertes de chaleurs par rayonnement (transfert de chaleur par ondes électromagnétiques entre le corps chaud et le corps froid).

Voilà qui nous rappelle quelque chose : le Kappafloat de la firme Pilkington (voir *Science & Vie* n° 808 de janvier 1985) dont plusieurs millions de mètres carrés ont déjà été installés dans le monde. « Le procédé Kappafloat, écrivions-nous, consiste à déposer par une technique de pulvérisation magnétique une couche métallique spéciale, très légèrement teintée, sur l’une des surfaces du vitrage. Ce revêtement à faible émissivité et haut pouvoir de transmission de la lumière, permet le passage de l’énergie de courte longueur d’onde, comme celle de la lumière solaire, mais se comporte comme un miroir envers les énergies de plus grande longueur d’onde. La chaleur émise par les sources de rayonnement internes est ainsi conservée à l’intérieur des pièces. »

C'est exactement ce que dit Saint Gobain : « Eko est un vitrage classique dont une face est directement revêtue, lors de sa fabrication, d'une couche d'oxydes métalliques semiconducteurs permet-

tant d’abaisser l’émissivité ». L’originalité de son procédé par rapport à celui de Pilkington, qui permet le même résultat avec les mêmes moyens, consisterait donc à déposer cette couche à faible émissivité directement sur la chaîne de fabrication, le float, alors que les

techniques connues « obligent à une reprise du verre pour effectuer le traitement ». Sinon, à une guerre de brevets, on peut s’attendre à une autre lutte industrielle entre les deux géants du verre. Pour l’instant, la position de Pilkington consiste à mettre en avant la supériorité technique de son procédé. En particulier en matière de “coefficient K” qui caractérise les pertes de chaleur. Ce coefficient est de 5,7 pour un vitrage simple ; 3,4 pour un vitrage isolant classique, le plus répandu actuellement en France ; 2,4 pour le vitrage Eko et 1,8 pour le Kappafloat, c'est-à-dire qu'il est meilleur d'environ 1/3. Pilkington se dit aussi qu’après tout, ce ne serait pas une mauvaise chose qu'un géant comme Saint Gobain ouvre le marché... -

SÉCURITÉ

Un ciré flottant

Régulièrement des marins-pêcheurs tombent à la mer au cours de leur travail et se noient faute de système de secours efficace. C'est que les contraintes du travail et celles de la sécurité n'ont pu jusqu'à présent être conciliées de manière satisfaisante.

Cette vareuse flottante résoud le problème. Imaginée par un patron pêcheur de Concarneau, M. Bauchard, elle va être fabriquée par un spécialiste du vêtement de mer (Guy Cotten SA, BP 538, 29185 Concarneau cedex).

Les éléments de flottabilité (de la mousse PVC à cellules fermées) sont inclus dans le vêtement à des

endroits qui ne gênent pas le pêcheur dans ses activités et n'entraînent pas ses mouvements : nuque, épaules, aisselles et milieu du dos.

Le ciré insubmersible est en outre équipé d'un sifflet et de bandes réfléchissantes en tissu luminescent pour permettre au naufragé de signaler sa position.

Et une poignée composée d'une sangle a été fixée à la capuche pour pouvoir agripper le naufragé et le ramener. La résistance de cette sangle atteint 1 500 kg, ce qui est suffisant, même pour sauver le naufragé dans le cas d'un hélicoptère.



Radars anti-collision : sur les automobiles

Les premières voitures équipées d'un radar anti-accident vont apparaître. Détectant tout véhicule qui va être rattrapé, en cas de danger il alerte le conducteur ou déclenche le freinage.

L'idée d'équiper les véhicules d'un radar anti-collision est loin d'être nouvelle. Elle germa voilà 30 ans dans l'esprit de George Rashid, un industriel du Michigan, une région où l'air humide produit souvent des brouillards denses, dangereux pour la circulation automobile. Le projet aboutit après de longues années à la création d'un système couplé électroniquement à un dispositif de freinage automatique. Mais à cette époque, l'électronique faisait appel à des tubes encombrants, fragiles et coûteux et le système se révéla inexploitable commercialement.

A la fin des années 70, avec l'arrivée des transistors et des circuits intégrés, le projet fut repris par Charles Rashid, fils de l'inventeur, et aujourd'hui vice-président de la société Vehicle Radar Safety Systems (VRSS). Un prototype fut achevé en 1982. Après trois ans d'essais et de mise au point, VRSS (10, Gratiot Street, Mt Clemens, Mich. 48043) se prépare à commercialiser son appareil qui peut être facilement monté sur n'importe quel véhicule : (prix : 558 dollars pour l'automobile et 965 dollars pour le camion).

Il est constitué de 3 pièces : une antenne dans un cylindre de métal, l'émetteur radar et le tableau de commande.

L'antenne, à l'avant du véhicule, émet un faisceau étroit de micro-ondes de plus de 24 GHz. La largeur du faisceau radar est telle que les ondes ne peuvent être réfléchies que par un véhicule roulant en avant de la voiture équipée. Les véhicules arrêtés sur le bord de la route, les panneaux de signalisation sont sans influence. Les ondes

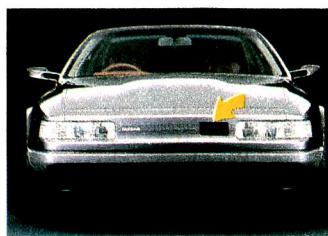
système anti-collision, radar de police).

Ces difficultés semblent avoir été en partie contournées au Japon par le constructeur d'automobiles Nissan qui s'est dirigé vers un radar à laser qu'il se propose de lancer en 1987.

Le principe du processus de détection est le même que pour un radar ordinaire, mais le faisceau de micro-ondes est remplacé par un faisceau laser (**flèche ci-contre**) ayant un angle d'ouverture de 3,4° et une amplitude de 50 nanosecondes. Il travaille à partir du calcul de la distance entre deux véhicules et de leurs vitesses relatives. Et il ne détecte pas les cibles fixes (véhicules arrêtés, panneaux de signalisation, colonne de voitures immobilisées à la suite d'un accident, etc.).

Dans un virage, le pouvoir de détection est réduit, mais, précise Nissan, reste suffisant compte tenu du fait que le conducteur est tenu de réduire sa vitesse. Pour un virage de 300 m de rayon, le radar à laser détecte un véhicule roulant à 30 m devant lui. Par brouillard, il a une portée plus faible, égale à la moitié de la visibilité du conducteur.

Ce système est très sophistiqué, le radar à laser étant couplé aux commandes des freins, d'admission des gaz et de la transmission. Ces commandes sont automatiquement actionnées pour réduire la vitesse dès que la distance entre les deux véhicules passe à moins de 120 mètres (système dit ASCD : *Automatic Speed Control Device*). Dans tous les cas, la distance séparant les véhicules est affichée au tableau de bord (**photo ci-dessous**). Le conducteur informé peut donc devancer le système automatique s'il le souhaite. ■



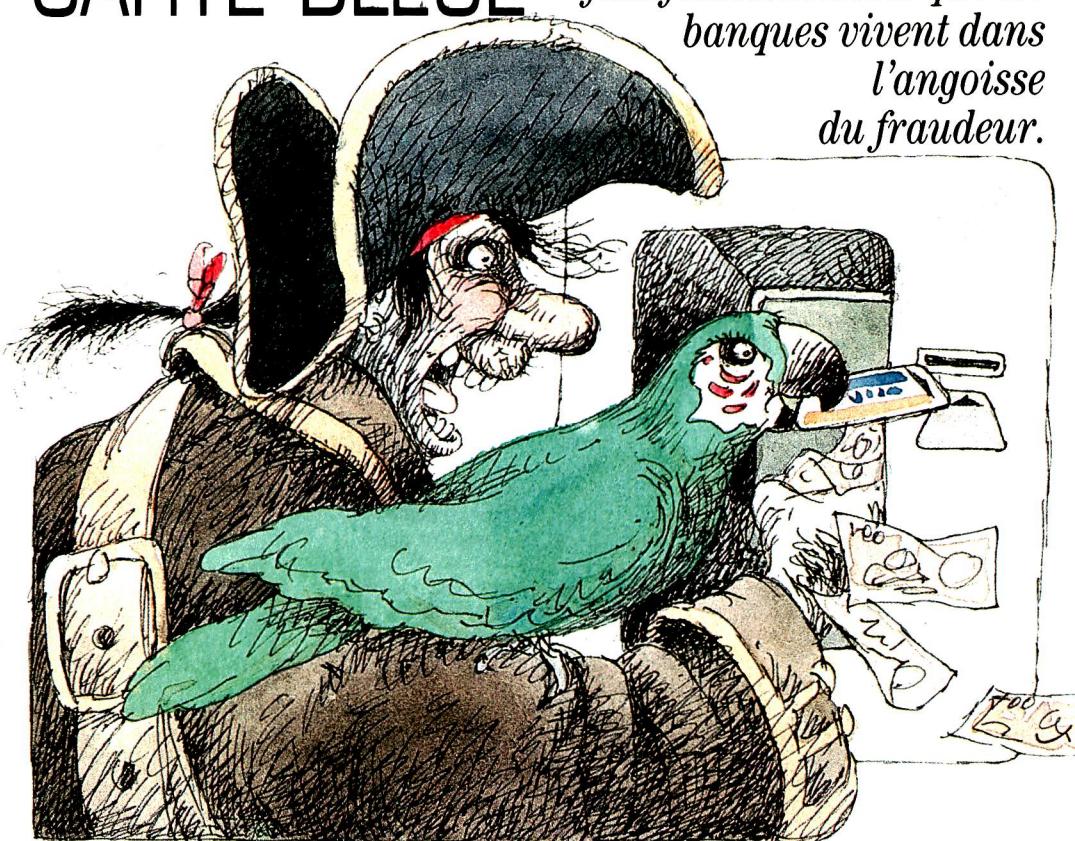
réfléchies sont recueillies par le récepteur radar et converties en un signal automatique. Ce signal est modulé selon les variations de distance entre les deux véhicules et leurs vitesses relatives. Un microprocesseur détermine en fonction de la vitesse des véhicules, la distance de sécurité qui doit les séparer. Si cette distance est franchie, le conducteur est alerté afin qu'il freine.

Le système fonctionne par brouillard ou la nuit. Mais il ne semble pas sans failles. Son efficacité est réduite dans les virages. Des mesures erronées peuvent être provoquées par interférences avec d'autres radars (véhicule venant en face, lui-même équipé d'un



LES PIRATES DE LA CARTE BLEUE

Pistes magnétiques, puces électroniques, des systèmes qui prétendent à l'immunité technologique contre toute falsification. Reste que les banques vivent dans l'angoisse du fraudeur.



Pour déjouer les combinaisons d'un distributeur automatique de billets de banque, il y a la manière forte : arracher l'appareil au bulldozer et partir avec le tout, comme c'est arrivé récemment. Un travail à l'emporte-pièce. De la cambriole musclée que les Arsène Lupin de l'ère électronique considèrent avec dédain.

Déjà un cran plus raffinée est la technique du vol au "fer à repasser", terme qui désigne l'appareil utilisé par les commerçants pour établir une facture à partir de la carte de crédit d'un client. Mais cette escroquerie, assimilable à la pratique des faux-monnayeurs, n'est toujours qu'un moyen plutôt grossier de contrefaçon. Il est en effet relativement facile, pour qui veut s'en donner la peine, de se

procurer une machine à "embosser", c'est-à-dire à estamper les cartes pour y faire apparaître des chiffres et des lettres en relief. Trouver le support en plastique ne soulève pas non plus d'insurmontables difficultés ; ces cartes, au format désiré, ne sont pas fabriquées à l'usage exclusif des banques, elles sont courantes sur le marché, et l'industrie du gadget en fait même une assez grosse consommation. Il suffit donc de remonter à la source pour en obtenir des copies vierges.

Ce type de fraude devrait être en grande partie éliminé grâce à une mesure en voie d'être généralisée : l'apposition, sur chaque carte, d'un hologramme à figure de colombe, qui joue ici le rôle du filigrane des billets de banque. Réaliser un holo-

gramme, en effet, n'est pas aussi simple pour un particulier qu'estamper un bout de plastique.

Venons-en à l'escroquerie haut de gamme, celle qui intéresse non pas les caractères imprimés au recto de la carte, lesquels de toute façon ne sont pas lus par l'électronique d'un distributeur de billets, mais les pistes magnétiques figurant au verso, la véritable serrure qu'il s'agit de forcer ou de crocheter pour accéder aux richesses défendues.

Ici encore, comme souvent — première filière nucléaire, lignage TV, procédé Secam — la France a voulu se singulariser par rapport au reste du monde, en adoptant un système particulier concernant les données enregistrées : le code Transac, consigné sur une bande magnétique à trois pistes comportant le numéro de compte du titulaire, la date de péremption de la carte, l'adresse bancaire, et un code spécial qui, après avoir subi un traitement algorithmique, sera comparé par la machine au code confidentiel introduit sur le clavier par le client. Deux bandes plus fines ont été ajoutées pour rendre la carte compatible avec la norme internationale, laquelle prévoit des renseignements annexes (réservations d'avion ou d'hôtel, par exemple) que n'admet pas le format français. Actuellement, nos guichets automatiques n'exploitent que les pistes Transac. C'est là aussi qu'ils indiquent, par inscription magnétique, de combien est amputé le crédit hebdomadaire, fixé forfaitairement par accord des banques à 1 800 francs.

Les distributeurs de billets fonctionnent les uns *on-line*, les autres *off-line*. Dans le premier cas, ils sont en liaison permanente avec l'ordinateur d'un grand centre informatique, ils travaillent en conjonction directe avec lui. Dans l'autre, ils sont autonomes la quasi-totalité du temps, n'échangeant des informations avec l'unité centrale qu'une fois toutes les 24 heures. La différence est très intéressante pour quiconque entend pirater l'appareil. Le système *off-line* favorisera considérablement ses mauvais desseins.

En effet, considérons le parcours d'une carte bancaire dans un distributeur *off-line*. Dès qu'on l'introduit dans la machine, cette dernière prend connaissance des renseignements portés sur la partie magnétique. L'appareil est équipé d'un micro-ordinateur qui vérifie la période de validité de la carte et calcule, à l'aide d'un algorithme présent dans sa mémoire — généralement une simple disquette —, le code secret du titulaire, ainsi que la somme maximale qui peut être débitée en fonction du montant et de la date du dernier prélèvement. Il consulte également sa mémoire pour savoir si la carte ne tombe pas sous le coup d'une opposition.

Nous voilà au premier point noir du parcours. Un système *off-line*, en raison de la capacité limitée de la disquette, ne peut guère mémoriser plus de 2 000 numéros de cartes frappées d'une interdiction de

paiement. C'est très peu par rapport aux quelque 160 000 avis d'opposition existant en moyenne à tout moment donné. Lors de son échange d'informations quotidien avec l'ordinateur central, le distributeur *off-line* ne connaîtra que les 2 000 numéros actuellement les plus "chauds", et ignora les 158 000 autres. Cette notion de "chaud" correspond à un facteur de probabilité, géographiquement parlant. Une carte vient-elle à être perdue ou volée à Paris, tout distributeur automatique de la région parisienne en sera averti, il l'avalera" dès que quelqu'un tentera de l'y introduire. Les appareils implantés à Besançon ou à Royan, par contre, n'en sauront très vraisemblablement rien. Sous réserve qu'il en connaisse le code confidentiel — condition souvent remplie, nous le verrons —, n'importe qui pourra retirer normalement de l'argent grâce à cette carte, s'il prend la précaution d'aller s'en servir dans une autre ville. Certes, l'ordinateur central sera ensuite mis au courant de ce prélèvement illicite, et préviendra les appareils de la région nouvellement incriminée qu'un arrêt de paiement a été décidé contre la carte en question. Le fraudeur prévoyant devra changer de lieu chaque fois qu'il effectue ses retraits, qui sont de toute façon soumis au plafond des 1 800 francs hebdomadaires.

Si l'appareil, à la suite de ce premier contrôle, ne trouve dans sa mémoire aucune raison de refuser le paiement — une recherche qui correspond au temps que dure l'avertissement "veuillez patienter" —, il demande à l'usager de lui fournir son numéro confidentiel, en le tapant sur un clavier. Le micro-ordinateur de la machine compare ce nombre au résultat issu du traitement algorithmique d'un chiffre enregistré sur la carte. Car bien entendu, la piste magnétique de la carte ne donne pas "en clair" le code privé du client ; autrement, il serait trop facile à un électronicien bien équipé de le lire en direct. Elle contient seulement une série de chiffres sans rapport immédiat avec le code réel, série qui doit être décryptée grâce à un calcul savant par le micro-ordinateur, utilisant un algorithme. C'est-à-dire un ensemble de règles opératoires pré-établies dont l'application permet de résoudre un problème donné. Le propre de la procédure mathématique appelée algorithme est de convertir certaines quantités, les "grandeur d'entrée", en d'autres quantités, les "grandeur de sortie", par une suite bien définie d'instructions de transformation, qui sont ici exécutées par le micro-ordinateur adéquatement programmé à cet effet.

Malgré d'occasionnelles alertes qui jettent l'émoi chez les banquiers, il semble que la "formule magique" de l'algorithme soit jusqu'ici restée inviolée. Mais rien n'exclut qu'un informaticien surdoué parvienne un jour à faire avouer sa combinaison secrète à un micro-ordinateur de distributeur automatique. Le cas s'est produit aux Etats-Unis ; on

peut donc supposer que le même danger nous guette. Au demeurant, l'algorithme est, nécessairement, connu d'un certain nombre de gens, ne seraient-ce que ceux qui l'ont élaboré et ceux qui l'appliquent dans la programmation des machines. Or, la nature de tout secret détenu par quelques hommes est d'être éventuellement percé par d'autres.

Pour l'instant encore, l'usage illicite des cartes bancaires repose sur un fait bien plus terre-à-terre : la négligence de leur propriétaire. En dépit des appels à la prudence, bon nombre d'entre eux, par peur d'oublier leur numéro de code personnel le note sur un papier rangé dans le même portefeuille que la carte, quand ce n'est pas sur la carte elle-même. Comme celle-ci est souvent perdue ou volée en même temps que le portefeuille, le code dit confidentiel tombe dans le domaine public.

Avant de restituer la carte, l'appareil se livre sur elle à une dernière opération : il enregistre sur une des pistes magnétiques la somme qui doit être prélevée et la date de transaction. Les autres distributeurs de billets seront donc avertis, si on leur présente la carte, du crédit qui reste disponible pendant la période hebdomadaire en cours.

Sur certains anciens modèles de distributeurs, si cette information n'était pas enregistrée, le compte du titulaire n'était pas débité du montant tiré. Occasion sublime pour les fraudeurs imaginatifs, qui en conçoivent une méthode de piratage originale, la "tirette". A vrai dire, elle s'inspire du truc, vieux comme les Pieds Nickelés, qui consistait à accrocher une pièce de monnaie à une ficelle pour tricher avec les machines à sous. Ici — modernité oblige — la ficelle est remplacée par un fil de nylon très fin, la pièce par une carte bancaire. L'auteur de cet ingénieux dispositif introduit sa carte normalement dans l'appareil, procède au rituel d'usage, tape son code confidentiel. Le distributeur, confiant, lui demande le "montant désiré". Dialogue entre honnêtes gens. L'homme lui indique la somme qu'il veut toucher, qui est dans les limites admises. Jusqu'ici, rien que de régulier. Mais voici que le malin tire sur un fil pour "repêcher" sa carte. Continuant sur sa lancée, le robot délivre le montant demandé mais se trouve subitement fort embarrassé lorsqu'il doit inscrire la somme débitée sur la carte. Et pour cause ; celle-ci a disparu de la machine. Face à ce contre-temps, la logique artificielle suit son cours : la transaction est considérée comme nulle, elle est purement et simplement effacée de la mémoire. Le centre de traitement informatique ignorera tout de l'opération, en particulier l'identité de son auteur, dont le compte ne sera jamais débité de la somme en question.

Ce mode de piratage n'est actuellement plus possible ; les nouveaux distributeurs de billets inscrivent, et contrôlent, le montant désiré avant de le

verser effectivement.

Un distributeur *on-line* réalise exactement les mêmes phases de traitement qu'un appareil *off-line*, mais en liaison continue avec un centre informatique, par un réseau de transmission de données spécialisé et à haut débit. (Pour leur échange ponctuel avec l'ordinateur central, une fois toutes les 24 heures, les machines *off-line* passent par les lignes téléphoniques ordinaires). Donc, chaque fois qu'on y introduit une carte, le distributeur *on-line*, entre en communication avec le centre informatique dont il dépend. Il a par conséquent accès à la liste complète des cartes frappées d'opposition, et non plus à une sélection réduite, plus ou moins arbitraire, enregistrée sur simple disquette ; la mémoire du centre informatique est en effet de taille à contenir la totalité des quelque 160 000 cas d'interdiction de paiement. Plus question pour le fraudeur de jouer sur l'ignorance de la machine, d'autant que les centres de traitement régionaux sont interconnectés ; même si le titulaire de la carte possède un siège bancaire dans une région autre que celle à laquelle appartient le distributeur, tous les contrôles, concernant l'approvisionnement du compte notamment, sont dès lors effectués directement. Si cette particularité présente un inconvénient pour l'amateur d'escroquerie, elle procure par contre des avantages à l'utilisateur légitime ; outre le retrait d'espèces, il peut contrôler l'état de son compte ou commander des chéquiers, par exemple.

Actuellement, les appareils *on-line* constituent environ 40 % du parc des distributeurs automatisques en France ; le matériel *off-line* devrait être totalement retiré de la circulation d'ici deux ans, selon le GIE (Groupement d'intérêt économique) Cartes bancaires, l'organisme qui gère l'ensemble du système.

Mais la technique *on-line* n'est pas, non plus, entièrement à l'abri du piratage, comme l'ont montré les événements du week-end pascal dernier, lorsqu'une bande d'escrocs extrêmement organisée a dévalisé un certain nombre de distributeurs. L'idée de départ de cette opération de grande envergure était simple : un distributeur de billets, pour prévenir les autres distributeurs de billets qu'une somme a été prélevée par le titulaire d'une carte, doit inscrire le montant de ce prélevement sur la partie magnétique de la carte ; si donc on parvient à produire un grand nombre de copies d'une carte dont le crédit hebdomadaire est intact, chacune des copies offrira une possibilité de retrait de 1 800 francs. Reste que, même si les distributeurs de billets se laissent abuser par un tel manège, ils répercutent l'ensemble des retraits ainsi effectués au centre de paiement informa-

tique. Pour déjouer le système, il faut donc le prendre de vitesse et monter un coup multiple parfaitement synchronisé. Et il faut avoir le moyen matériel de réaliser des fac-similés de cartes bancaires.

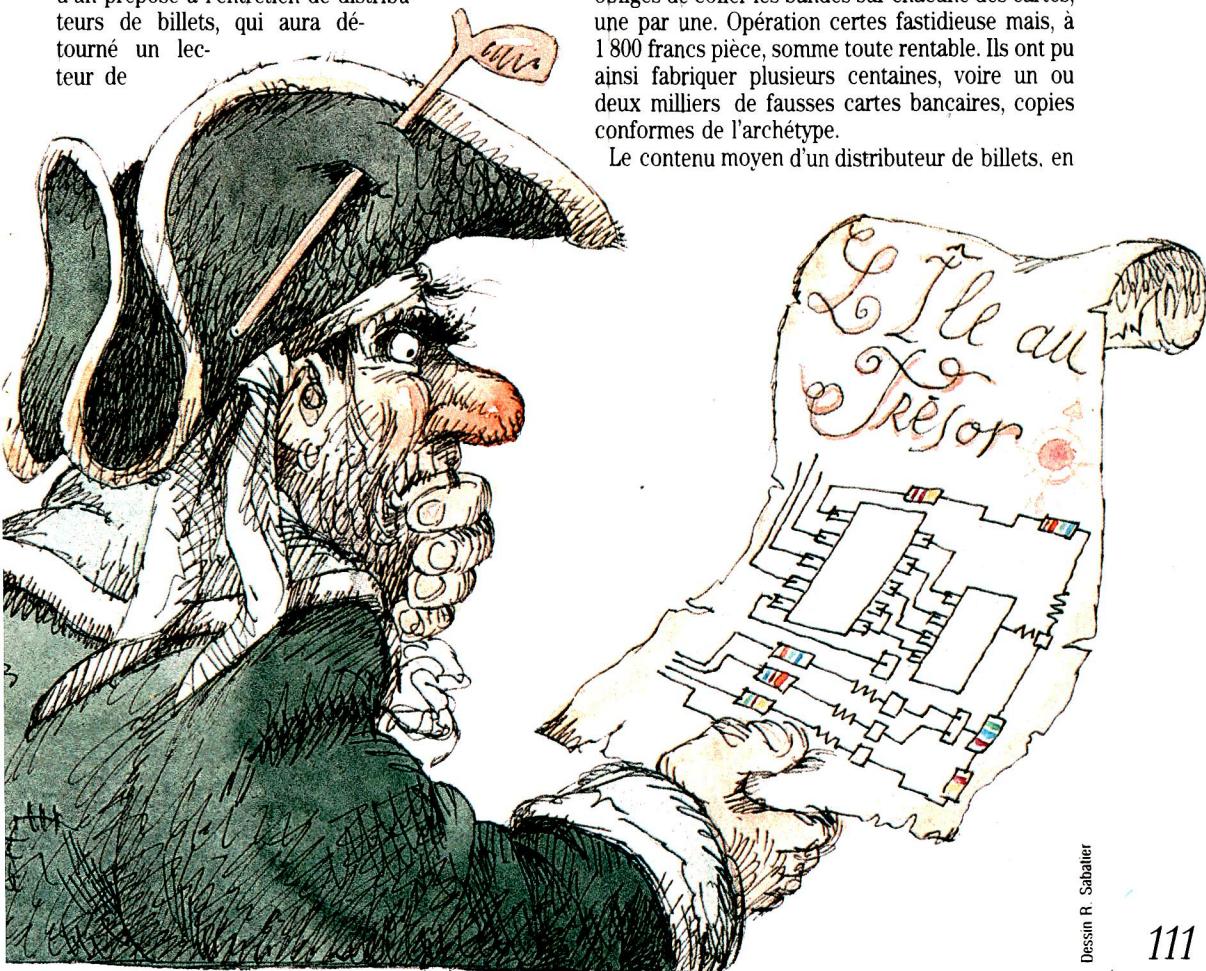
Pour commencer, il s'agissait d'ouvrir un compte "bidon", ce que fit l'un des acolytes, sous un nom d'emprunt évidemment, dans une petite agence niçoise de la BNP. Ce compte était très régulièrement, et même généreusement, approvisionné ; la banque ne pouvait que se féliciter d'avoir gagné un si bon client. Quand celui-ci, l'état de confiance maintenant bien établi, fit la demande d'une carte, elle lui fut délivrée sans difficulté et avec le sourire.

La bande des escrocs possédaient donc leur original, dont il fallait maintenant tirer des reproductions. Une manipulation qui n'est pas à la portée de tout le monde. Si le support en plastique, de format carte bancaire est un article qu'on se procure facilement, l'enregistrement des pistes magnétiques pose un autre problème. Il n'a pu être surmonté, probablement, que grâce à la complicité d'un préposé à l'entretien de distributeurs de billets, qui aura détourné un lecteur de

cartes, appareil aux normes très particulières et, théoriquement du moins, spécialisé exclusivement dans la lecture de cartes bancaires. Encore qu'un technicien avisé saurait modifier quelque autre système — un lecteur de cartes de parking, par exemple — de façon à lui faire accepter le codage des cartes bancaires.

Comme une platine de mini-cassette, un tel appareil fait office à la fois de lecteur et d'enregistreur. Nos astucieux larrons l'ont branché sur un micro-ordinateur, qui a inscrit dans sa mémoire le contenu des différentes pistes magnétiques de la carte "éton". Réglant ensuite l'appareil sur le mode enregistrement, ils ont créé une innombrable série de pistes magnétiques identiques à celles de leur modèle. Il a fallu au préalable résoudre le problème logistique du support magnétique. Car toutes ces cartes de plastique format bancaire, qu'on trouve si facilement dans le commerce, ne possèdent pas de pistes magnétiques. Les escrocs ont donc dû se procurer de la bande magnétique aux dimensions exigées. L'enregistrement terminé, ils ont été obligés de coller les bandes sur chacune des cartes, une par une. Opération certes fastidieuse mais, à 1 800 francs pièce, somme toute rentable. Ils ont pu ainsi fabriquer plusieurs centaines, voire un ou deux milliers de fausses cartes bancaires, copies conformes de l'archétype.

Le contenu moyen d'un distributeur de billets, en



Dessin R. Sabatier

début de week-end, est de 250 000 francs. Après avoir bien repéré l'emplacement des machines qu'ils projetaient de piller, les membres du gang, chacun muni d'une bonne quantité de cartes copiées, ont procédé à des retraits en série. Le central informatique mit un certain temps à réagir, car s'il se passait en effet quelque chose de bizarre, les cartes utilisées n'en étaient pas moins valides, le code était tout à fait exact, le crédit autorisé absolument intact. L'ordinateur finit quand même par trouver anormal qu'un même compte fût débité "normalement" tant de fois de suite ; il commanda alors la mise "hors service" de tous les distributeurs *on-line* impliqués dans cet étrange trafic.

Mais les machines *off-line* continuaient de payer ; la communication entre ces distributeurs et le central n'ayant lieu qu'une seule fois par jour, il n'y avait aucune raison, au départ du moins, d'interrompre le processus. Les appareils, que personne n'avait jamais programmés pour une éventualité aussi insolite, enregistraient consciencieusement sur leur disquette de mémorisation chacune de ces transactions en apparence légitimes, sans songer à faire de recouplements entre elles. La seule précaution que devaient prendre les pirates était de ne pas réutiliser deux fois la même carte, ce qui aurait amené la machine à rejeter toutes les cartes suivantes. A la condition de bien séparer les cartes déjà employées de celles encore "vierges", les lascars pouvaient s'adonner à leur rafle en toute quiétude.

On a avancé divers chiffres concernant cette affaire. Des journaux ont parlé d'une "recette" de 40 millions de francs. Le GIE Cartes bancaires, plutôt enclin à minimiser publiquement l'ampleur du butin, affirme que le vol n'a pas rapporté beaucoup plus d'un million. Pour notre part, après supputation de toutes les hypothèses pratiques — temps nécessaire, nombre probable de compères, etc. —, nous pensons que la somme détournée n'a pas été très supérieure à 5 millions. Un demi-milliard de centimes, tout de même.

Le GIE Cartes bancaires a tiré parti de cette expérience en modifiant les distributeurs de billets en conséquence. Les machines *off-line* recoupent maintenant les renseignements issus de la carte avec les informations contenues dans la disquette de mémorisation des transactions journalières.

Mais les banques placent désormais leur espoir d'une sécurité parfaite, non plus dans la carte à pistes magnétiques, mais dans la carte à puce. Celle-ci, en effet, ne se contente pas, comme la première, d'être un support d'informations strictement passif. Equipée d'un véritable micro-ordinateur logé dans son épaisseur, la carte à puce est capable d'effectuer d'elle-même un certain nombre de contrôles avant toute transaction et de déterminer s'il est prudent ou non d'entamer un

échange d'informations avec une autre machine.

Prenons le cas de son utilisation comme titre de paiement chez un commerçant, où l'échange d'informations se fera entre elle et un lecteur spécial — le terminal point de vente — installé à la caisse du magasin.

Dès l'insertion de la carte dans le lecteur, le terminal fournit à celle-ci la tension nécessaire à son fonctionnement ainsi qu'un signal d'"horloge" chargé de faire "tourner" son micro-processeur. Il lui envoie alors une impulsion d'initialisation ; la carte est maintenant prête à entamer le protocole de présentation. Pour commencer, le terminal s'emploie à vérifier s'il est bien en présence d'une authentique carte à puce bancaire. Grâce à son propre micro-processeur, il tire un nombre aléatoire qui va servir de "grandeur d'entrée" aux transformations algorithmiques qu'il demande à la carte d'exécuter. Le terminal fait en effet passer à celle-ci un véritable examen de haute mathématique ; à partir du nombre aléatoire, elle doit calculer la "grandeur de sortie" en utilisant l'algorithme de chiffrage (basé sur une décomposition en facteurs premiers des nombres proposés) caché dans sa mémoire. Ce résultat est alors comparé à celui que le terminal aura lui-même obtenu à l'aide de son propre algorithme. Si les nombres trouvés de part et d'autre sont identiques, c'est qu'ils sont issus du même algorithme. Il s'agit donc bien d'une vraie carte bancaire.

Mais la carte veut être sûre, elle aussi, d'avoir affaire à un vis-à-vis honnête. Pour savoir si le terminal point de vente n'est pas un lecteur de cartes traffiqué, elle lui fournit à son tour un nombre aléatoire qu'elle lui demande de coder. Si les réponses des deux microprocesseurs concordent, ils considèrent l'un comme l'autre pouvoir dorénavant dialoguer en confiance.

Rien dans tout cela ne prouve que la carte, toute officielle qu'elle soit, n'a pas été volée. Pour lever ce doute, le client compose sur un clavier son code confidentiel, qui est transmis à la puce pour vérification.

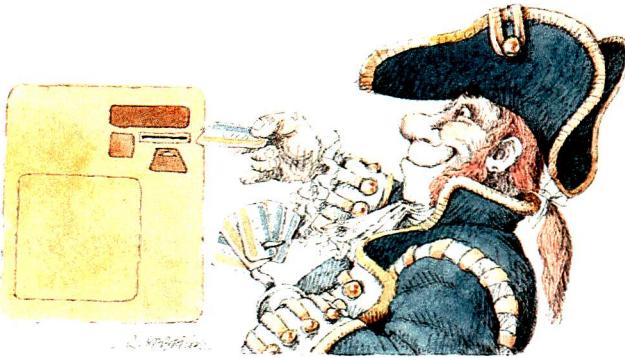
Si l'une ou l'autre de ces phases de contrôle conduit à trois échecs successifs, la carte s'autodétruit. Elle refuse dès lors d'entrer en communication avec quelque appareil que ce soit. Seuls les techniciens spécialisés de la banque peuvent la remettre en état de communicabilité, grâce à une série de codes, mais à condition qu'elle soit vraiment une carte à puce bancaire de bonne et fidèle origine, et qu'elle n'ait subi aucune tentative de viol en cours de route. Si elle a fait l'objet de manipulations irrégulières et sent sa propre sécurité menacée, elle s'autodétruit, en grillant le contenu de sa mémoire par court-circuit.

En supposant, au contraire, que tout passe bien entre la carte et le terminal point de vente,

l'échange continue. Le commerçant tape le prix de l'achat sur le clavier du terminal, qui demande à la carte si elle se porte garante de la somme à régler ; autrement dit, si le montant ne dépasse pas le maximum débitable inscrit en mémoire. Il s'agit ici, non plus des 1 800 francs hebdomadaires des cartes actuelles, mais d'une somme que le banquier accepte de garantir en fonction de la solvabilité de son client, de ses revenus, de la confiance qu'il lui accorde. Un crédit variable, donc, et dans bien des cas supérieur à 1 800 francs par semaine. Dans le cas où la somme à payer n'est pas acceptée par la carte, le terminal pourra soit refuser carrément de conclure la transaction, soit passer automatiquement en mode *on-line* et téléphoner au centre informatique pour consulter l'ordinateur ; celui-ci aura peut-être reçu entre-temps l'ordre d'être un peu plus généreux avec ce client, et répondra alors au terminal point de vente qu'il peut passer outre au refus de la carte, avec l'accord de la banque.

Voilà donc un nouveau moyen de paiement très sophistiqué mais appliqué à des situations commerciales parfaitement classiques. Il n'est actuellement pas question d'introduire dans la carte à puce d'autres fonctions, celle de "porte-monnaie électronique" par exemple, qui permettraient, avec une carte unique, de disposer de crédits divers dans un très vaste éventail de domaines : péages d'autoroute, taxes téléphoniques, parmi une multitude d'autres. Pas question encore de s'en servir non plus comme carte médicale (où la mémoire de la puce contiendrait le dossier sanitaire du titulaire), ou comme laisser-passer électronique. Les cartes à puce ne seront même pas acceptées en tant que telles par les distributeurs de billets ; dans les régions où elles commenceront à être diffusées, à savoir celle de Rennes dès septembre, de Lyon et du Sud-Est par la suite, elles porteront pour cet usage de très traditionnelles pistes magnétiques.

Problème de coût, certes. Créer des distributeurs bi-standard, pour que les étrangers et autres utilisateurs ne possédant pas de carte à puce, puissent continuer de tirer des fonds avec leur carte de crédit conventionnelle, reviendrait évidemment fort cher. Mais on ne peut s'empêcher de soupçonner que les considérations de sécurité sont pour beaucoup dans les atermoiements dont souffrent les applications, potentiellement très larges, de ces cartes. Le GIE Cartes bancaires a beau affirmer catégoriquement, tout comme le disait Canal plus de ses décodeurs, qu'elles sont "inviolables", il est évident qu'on a peur de procéder au lancement à grande échelle de ce nouvel outil d'échange, avant de voir à quel point il résistera à l'inépuisable ingéniosité des malfaiteurs modernes. D'autant plus que la sécurité des systèmes prévus pour l'avenir, reposera très largement sur l'inviolabilité des cartes elles-mêmes, et beaucoup moins sur celle des équi-



gements chargés de les traiter.

Nous avons vu que dans l'épaisseur de la carte à puce est logé un circuit intégré. Seuls les contacts nécessaires aux diverses connexions sont apparents en surface, sous forme de bandes cuivrées. L'architecture générale du circuit s'apparente à celle d'un micro-ordinateur. On y trouve d'abord un micro-processeur huit bits, entouré de plusieurs éléments. Une mémoire morte, qui comporte un programme de base destiné à lui faire exécuter une série d'opérations de contrôle, avec un logiciel propre à chacune des applications possibles, mais non encore exploitées, que nous évoquions plus haut. Une mémoire vive qui sert de bloc-note, ou de cahier de brouillon, au micro-processeur pendant ses calculs. Enfin une mémoire programmable qui contient toutes les informations relatives à la carte, mais dont les données ne seront accessibles qu'après exécution du programme contenu dans la mémoire morte et sous le contrôle de celle-ci.

Indéniablement, les dispositifs de protection mis en place sur une carte à puce sont extrêmement performants. S'agissant d'un véritable micro-ordinateur, on est en présence d'un grand nombre d'opérations de contrôle difficilement contournables. S'il est relativement facile à un bricoleur en informatique, par raccord de certains contacts de la puce à un micro-ordinateur extérieur, de lui extirper quelques renseignements d'intérêt secondaire — numéro de série, type d'application —, les choses se compliquent dès qu'on tente d'aller plus loin. Pour extraire des informations importantes, telles que le code confidentiel ou le montant maximum autorisé, il faut obligatoirement passer par un protocole d'accès aux données. C'est-à-dire une série de combinaisons chiffrées que seule la puce possède en mémoire et qui ne peuvent être retrouvées qu'à partir de renseignements fournis par son programme interne, en utilisant un algorithme déterminé. Si l'on envoie à la carte n'importe quel code au hasard, dans l'espoir de lui faire dire sa combinaison secrète (précher le faux pour connaître le vrai !), elle s'auto-vérouillera ; elle refusera toute communication tant qu'on n'aura pas introduit une séquence chiffrée spéciale, dite de "réanimation". En supposant qu'on parvienne à la réanimer, si on continue de l'alimenter en codes erronés, l'essai se

(suite du texte page 158)

CANDIDE JOUE AU FLIPPER

construction set" (1)... Quant aux autres, les habitués des flippers en tous genres, ils n'en croiront ni leurs yeux, ni leurs mains, ni leurs oreilles...

Même ceux qui n'ont jamais lancé la moindre bille d'acier parmi les "bumpers" et les trappes magnétiques d'un billard électrique seront étonnés par "Pinball

Vraiment, il y a des "logographes" (2) qui ne sont pas sérieux!... Comme nous allons le voir avec le "Pinball construction set", le chef d'œuvre de Bill Budge et de Bob Upshaw, les voies de l'imagination sont insondables... Ce logiciel se classe incontestablement parmi

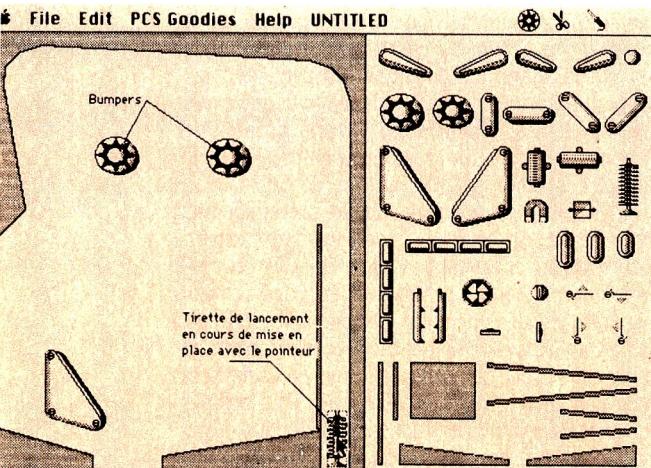
les jeux d'adresse. Mais nous verrons pourquoi et comment son principe va bien au-delà d'un simple divertissement.

Laissons de côté pour l'instant les exemples "tout fait" que la disquette propose et essayons de construire notre premier billard électrique en piochant dans la panoplie reproduite **figure 1**.

La première remarque concerne les composants électromécaniques ("bumpers", tirettes, cloisons, aimants, trappes, etc.) que l'on voit à droite. Ces objets ne sont pas seulement des images : chacun est doué de pouvoirs qui deviennent réels dès qu'ils sont transportés (avec le pointeur mû par la souris) dans le rectangle de gauche. Sur cette figure, on voit justement la flèche du pointeur qui vient de déposer la tirette de lancement. Et cette tirette va vraiment comprimer son ressort et lancer la bille exactement comme le ferait une vraie tirette. Il sera même possible de régler la force de rappel de ce ressort et ainsi de faire varier la vitesse initiale de la bille pour viser tel ou tel "bumper". Les flippers, extrêmement sensibles, se commandent par deux touches sur le clavier. Ils autorisent blocage et coulé de la bille pour la diriger vers tel ou tel obstacle, couloir ou trappe génératrice de bonus.

La seconde remarque se rapporte à la sonorisation du jeu. Et si je vous dis que son réalisme est vraiment extraordinaire, je suis bien obligé de vous demander de me croire sur parole... Lorsque la bille frappe un "bumper" ou tombe dans une trappe, le bruit métallique de l'électro-aimant, le choc sourd de l'acier contre le bois ou les rebonds contre les parois sont rendus avec fidélité.

La **figure 2** montre comment on "câble" les divers composants en se servant du "fer à souder" et de la "paire de pinces"... Pour relier les pseudo-circuits intégrés aux divers obstacles et changer le son qu'ils émettent lorsqu'ils sont touchés par la bille, il suffit de cliquer avec le pointeur : les fils de câblage se dessinent tout seuls. On valide en "soudant" avec le fer ou bien on annule en

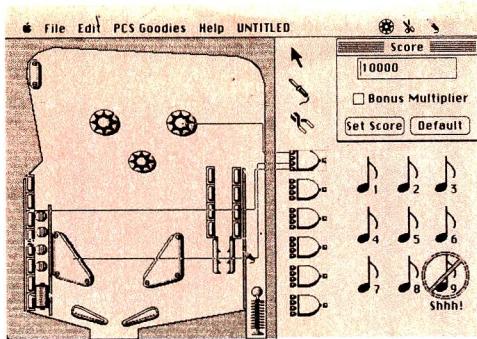


1. Premier stade de la construction. La tirette de lancement et deux "bumpers" ont été transférés sur la table de jeu.

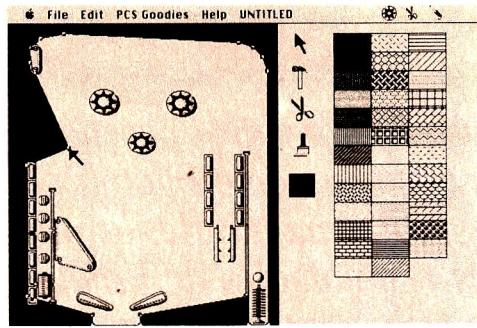
(1) "Pinball construction set" est édité par Electronics Arts. Nous remercions Sivea Informatique, 33 bd des Batignolles, 75008 Paris, de nous avoir confié l'un des premiers exemplaires de ce logiciel importé en France par Softmart, 7 rue de la Bourse, 75002 Paris.

(2) Le mot le plus souvent employé pour désigner ceux qui créent et mettent au point des programmes informatiques est "développeurs". Ce terme me semble plat et trop restrictif, c'est pourquoi, je propose "logographe".

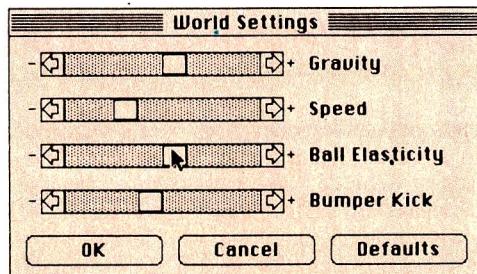
(3) Les amateurs lui feront tout de même un reproche. Malgré son extrême sophistication cette simulation souffre d'un inconvénient psychologique : la menace du "tilt" est absente...



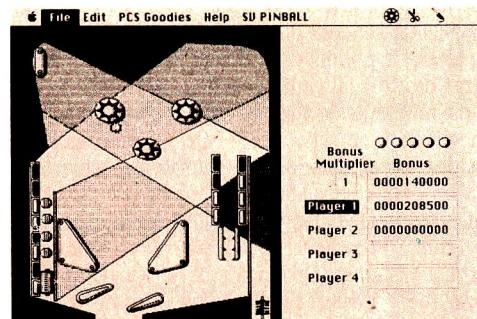
2. "Câblage" des composants et des "circuit intégrés". Pour cela on utilise successivement le pointeur (la flèche) pour les désigner, le fer à souder pour valider ou les pinces pour corriger...



3. Menuiserie et peinture. Le pointeur saisit une "poignée" et déforme la cloison. Le pinceau, précédemment utilisé, a "peint" en noir cette même cloison...



4. Le tableau de commande des paramètres physiques (intensité de la pesanteur, vitesse, élasticité de la bille et "nervosité" des "bumpers"). Il suffit de déplacer les curseurs avec le pointeur pour les régler.



5. Après passage sur le logiciel de dessin MacPaint au cours duquel les décors ont été ajoutés, le flipper est prêt. A droite, le tableau affiche le score de chaque joueur et le nombre de billes restant.

"couplant" avec les pinces...

Les travaux de menuiserie et de peinture se font par l'intermédiaire des "outils" présentés *figure 3*. On modifie la couleur du bâti extérieur de la machine en "tremplant" le "pinceau" dans les "couleurs" proposées sous forme de trames, ou bien l'on change sa forme en saisissant une "poignée" avec le pointeur. Pour ajouter une "poignée", il suffit de planter un "clou" avec le "marteau" !

La construction terminée, il ne reste plus qu'à l'essayer en lançant la première bille. Rien n'empêche évidemment de la modifier en fonction des résultats obtenus : il suffit de reprendre un ou plusieurs des stades qui viennent d'être décrits. Mais les réglages définitifs s'obtiennent en agissant sur les paramètres physiques (*figure 4*). En déplaçant les curseurs, on modifie finement l'intensité de la pesanteur (ce qui revient à changer l'inclinaison de la table de jeu), la vitesse, l'élasticité de la bille ou bien la nervosité des "bumpers" !

Le flipper technique mis au point, il ne reste plus qu'à le décorer (*figure 5*). Ce qui ne pose aucun problème si l'on transfère son image sur Mac Paint. Toutes les fantaisies seront alors permises et les graphistes s'en donneront à cœur joie.

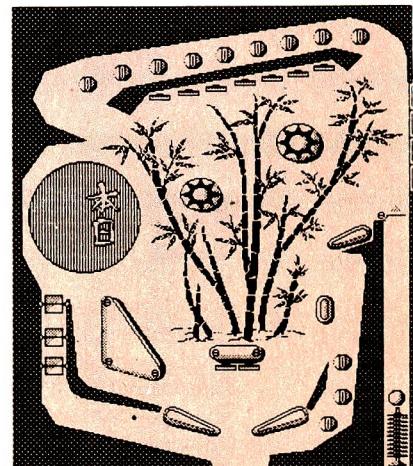
La *figure 6* montre un des quatre exemples proposés par les auteurs de "Pinball construction set", ce logiciel où la simulation atteint de véritables sommets (3).

D'aucuns regretteront qu'autant de talent et de virtuosité technique aient été ainsi déployés à propos d'un sujet aussi futile...

Il me permettront de n'être pas de leur avis car ce logiciel ouvre d'immenses possibilités dans le domaine de l'EA O (Enseignement assisté par ordinateur). Remplacez, par exemple, ces divers composants — ici exclusivement ludiques — par des objets virtuels interactifs destinés à composer des expériences de physique, chimie, mécanique, cristallographie, etc.

Alors des "manips" percutantes, spectaculaires et sans le moindre danger passionneront l'élève le moins doué. Mélanger soi-même sur l'écran de l'acide nitrique et de la glycérine, voir s'élever la température et exploser le tout dans un éclair et un "bang" qui simulent une fracture de l'écran... ça vaut bien dix parties gratuites !

Pierre Courbier



6. Exemple choisi parmi ceux qui sont fournis en "prêt à jouer".

PHOTO, MAGNÉTIQUE ET SUPER FLASH ÉLECTRONIQUE

L'Olympus
OM-4 Ti
équipé de
son flash
F 280.



*Du 3 au 9 septembre prochain,
Cologne (RFA) accueillera la dix-neuvième Photokina.*

*Cette manifestation mondiale, la plus
importante pour les technologies de l'image,
présentera cette année un grand nombre
de nouveautés remarquables, tant
dans le domaine de la photo que de la vidéo 8 mm.
Nous commençons ce mois-ci leur présentation.*

En matière de photo conventionnelle, la suprématie du matériel 24 × 36 dominera la Photokina 86. Il y a quelques années, ce sont les appareils à chargeur qui occupaient le marché grand public (principalement les 110 donnant des images 13 × 17 mm). Aujourd'hui, les 24 × 36 représentent près de 70 % des ventes d'appareils, dont 40 % de compacts, 30 % de reflex. Si les compacts sont les plus demandés, ce sont les reflex qui ouvrent la voie du progrès technologique de tout le matériel de prise de vue 24 × 36. Ces derniers mois, plusieurs modèles ont été dotés de micro-ordinateurs 8 bits permettant soit d'adapter l'automatisme de l'exposition aux conditions de prise de vue, soit d'obtenir la mise au point automatique avec toute la gamme des objectifs interchangeables. C'est le cas, notamment, des Minolta 7000 et 9000 (Science & Vie n° 811 d'avril 1985), du Canon T 90 (Science & Vie n° 821 de février 1986) et du Nikon F 501 (Science & Vie n° 823 d'avril 1986).

A ces transformations que nous retrouverons à la Photokina, il faut ajouter une nouvelle tendance : la synchronisation intégrale au flash électronique qui permet, pour la première fois, l'utilisation d'un tel flash à toutes les vitesses de l'obturateur à rideau

dont sont dotés les reflex. Ainsi, avec le dernier-né des appareils Olympus, dont les caractéristiques viennent d'être dévoilées par la presse japonaise, l'Olympus OM-4 Ti (pour titane) et son flash F 280, la synchronisation de l'éclair est obtenue à toutes les vitesses d'obturation, de 1 à 1/2000 seconde. Une fois de plus, ce sont les ressources de la micro-électronique qui ont permis cette performance. Un émetteur produit dans le circuit de décharge du flash un cycle d'impulsions à la fréquence de 20 kHz qui permet, si l'on peut dire, de fragmenter l'énergie qui alimente le tube à décharge et, ainsi, de prolonger la durée de l'éclair. Celle-ci varie de 20 à 40 millisecondes, alors qu'elle est d'une milliseconde avec les flashes conventionnels. La sélection de cette durée entre 20 et 40 millisecondes est automatique et commandée en partie par un circuit spécial dans le boîtier OM-4 Ti. Elle est sélectionnée par la position des rideaux qui détermine la largeur de la fente de l'obturateur. Expliquons-nous. On sait qu'avec un obturateur focal (ou à rideau) la vitesse de prise de vue est obtenue par la largeur d'une fente séparant deux rideaux qui se déplacent devant le film. Le réglage de la vitesse, obtenu en tournant le bouton de commande, revient donc à régler la largeur de cette

fente. Avec les vitesses lentes (de 1 ou plusieurs secondes jusqu'à 1/60, 1/125 ou 1/250 s, selon les types d'obturateur) la fente est suffisamment large pour découvrir toute la surface 24 × 36. Si un éclair de flash qui dure 1 milliseconde part à cet instant, le film est exposé en totalité. Pour les vitesses rapides, jusqu'au 1/1000 s ou plus, la fente est étroite et défile devant le film sans jamais le découvrir en entier. L'exposition de la surface sensible se fait donc durant le balayage. De ce fait, un flash électronique classique n'est pas utilisable à ces vitesses, car son éclair s'éteint avant la fin de la course de la fente. L'émulsion sensible ne peut donc pas être exposée sur toute sa surface. Avec le nouveau flash Olympus, l'éclair pouvant durer 40 millisecondes (temps supérieur au temps que met la fente du rideau pour parcourir la surface sensible), la photo devient possible à toutes les vitesses de l'obturateur.

Tel est le principe. En fait, les ressources de l'obturateur de l'Olympus OM-4 Ti associé au flash F 280 sont plus étendues encore car cet obturateur permet l'exposition automatique au flash avec mesure de la lumière de l'éclair directement sur le film. Quatre possibilités de synchronisation sont offertes au photographe :

- Synchronisation "super FP" et flash connecté en exposition automatique : durée de l'éclair de 20 à 40 millisecondes, vitesses utilisables de 1/60 à 1/2000 s.
- Synchronisation "super FP" et flash en exposition non automatique : durée de l'éclair de 20 à 40 millisecondes, vitesses utilisables de 1 à 1/2000 s.
- Mode "OTF Flash" : automatisme avec mesure de la lumière sur le film ; la vitesse de synchronisation est ici de 1/60 s ou plus lente. La cellule règle la durée de l'éclair de 1 à 25 millisecondes (nous retrouvons ici le système de réglage classique de tous les flashes mesurant la lumière sur le film).
- Synchronisation X, vitesse sur le 1/60 s ou plus lente : réglage manuel du diaphragme (c'est, ici encore, le système conventionnel).

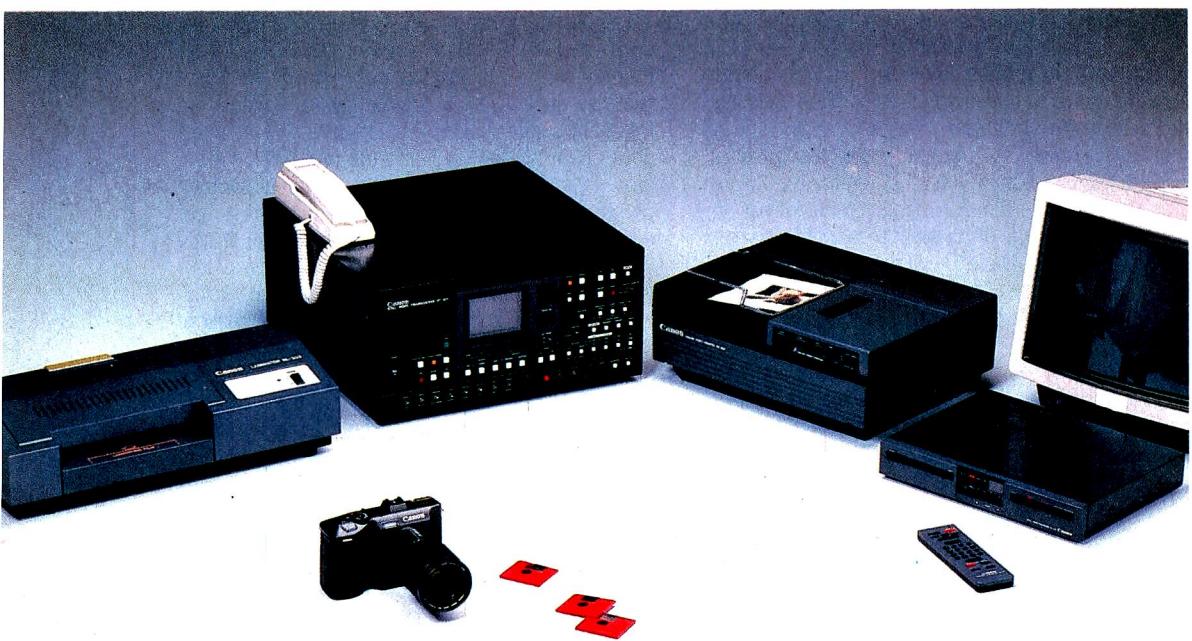
Pour le photographe, l'intérêt de pouvoir utiliser toutes les vitesses au flash apparaît lorsqu'il opère en plein jour. Un sportif en pleine action vu à contre-jour, par exemple, peut ainsi être fixé au 1/2000 s en éclairant les ombres d'un coup de flash. Il en est de même en photo rapprochée pour fixer le mouvement d'un insecte ou d'une fleur agitée par le vent, le flash servant alors simplement à réduire le contraste de l'éclairage en lumière du jour.

L'appareil Olympus OM-4 Ti, par ailleurs, est dérivé de l'OM-4. Mais son boîtier en titane est léger et robuste, ce qui en fait un appareil de classe professionnelle. Ses caractéristiques générales sont les mêmes que celles de l'Olympus OM-4 ; il est doté, en particulier, de la mesure multispot, c'est-à-dire de la possibilité de mesurer la lumière en plusieurs points du sujet, de mémoriser ces mesures afin d'en choisir une pour la prise de vue ou de faire cette prise de vue avec une valeur moyenne automatiquement déterminée par un microprocesseur. Le boîtier permet aussi une mesure globale pondérée. En exposition automatique (sans flash), la mesure se fait en temps réel, sur le rideau, puis sur le film durant l'exposition. C'est donc la lumière impressionnant la surface sensible qui est mesurée. Dès que l'exposition est assurée, la commande électronique ferme l'obturateur. Les durées d'exposition obtenues s'échelonnent ainsi de 1 minute à 1/2000 s. L'Olympus OM-4 Ti, enfin, reçoit les objectifs et les accessoires des Olympus de la série OM.

Second événement de la Photokina 86 : le lancement de la photo magnétique, notamment par Canon. Un événement qui sera peut-être considéré par certains observateurs comme le plus marquant. Pourtant ce n'est ni une première, ni une nouveauté. La photo magnétique (une photo vidéo) existe déjà. Elle utilise comme support d'enregistrement un disque souple d'environ 6 cm de large, conçu par Sony, standardisé aujourd'hui à l'échelle mondiale. Ce disque permet de stocker 50 images en couleurs. Depuis quelques mois, il est utilisé par des constructeurs pour l'enregistrement de photos conventionnelles ou d'images de télévision en vue de leur reproduction ultérieure sur un téléviseur, sur papier au moyen d'une imprimante, ou à distance par téléphone (Fujix de Fuji, système SVS 7000 de Kodak, Mavigraph de Sony, etc.). Autant de matériels qu'on pourra voir à Cologne. Mais la plupart des constructeurs n'ont pas encore proposé le disque magnétique pour la prise de vue à cause du prix excessivement élevé des appareils. Canon



Le Vidéo-Copy HC 1000, imprimante vidéo conçue par Toshiba et Polaroid



Le Canon RC-701 et ses périphériques, le récepteur et le transmetteur PT-971, l'imprimante RP-601 et le lecteur-enregistreur RR-551.

est le premier à commercialiser, outre les matériels d'enregistrement et de visualisation sur disque, un appareil de prise de vue. L'ensemble de ce matériel est d'ailleurs disponible en France dès ce mois-ci. Il est destiné à des applications professionnelles et comprend :

- L'appareil photo Canon RC-701, à viseur reflex, à obturateur donnant les vitesses de 1/8 à 1/2000 s et à objectifs interchangeables de 6 à 150 mm (ce qui correspond à 34-600 mm en format 24 × 36). Les images obtenues ont une définition de 380 000 points (soit environ 60 fois moins qu'en photo conventionnelle 24 × 36). Le système couleur est le NTSC américain et japonais. L'appareil coûtera quelque 22 000 F HT. Son poids est de 900 g.
- Le lecteur-enregistreur Canon RR-551, qui permet de passer sur un téléviseur les images de la disquette et d'enregistrer toutes les images vidéo. Son prix sera approximativement de 17 000 F.
- L'imprimante Canon RP-601, qui assure le tirage sur papier des images en couleurs, par jet d'encre, avec une densité de 6,7 points par millimètre et 64 teintes. Les images sont obtenues en 3 min pour le format 69 × 92 mm et en 4,30 min pour le 92 × 122 mm. Un pelliculage assure la conservation de l'épreuve. Prix : environ 39 000 F.
- Le récepteur-transmetteur Canon PT-971 qui transmet les images sur ligne téléphonique. La transmission dure 6 minutes pour une définition de 476 000 points, et 3 min pour 238 000 points.

Prix : environ 115 000 F.

Les applications de ce matériel coûteux se situent dans la presse (reportage avec transmission rapide des images), la recherche scientifique, l'information, la surveillance et la sécurité. Les prix et la définition relativement faible des images, ne permettent pas l'utilisation en photo classique. La photo magnétique reste donc inaccessible aux amateurs. Le sera-t-elle à longue échéance, avec une diminution des prix et une amélioration de la qualité ? Rien n'est moins certain. Le camescope 8 mm pourrait même compromettre son avenir. En effet, d'une cassette enregistrée, les imprimantes vidéo tirent des images fixes. C'est le cas avec la Canon RP-601 déjà citée. Mais il en existe d'autres. Et les visiteurs de la Photokina pourront peut-être voir la dernière-née, la Vidéo-Copy, conçue ensemble par Polaroid et Toshiba. Cet appareil procure des images de qualité photographique sur film Polaroid à partir de l'image vidéo générée par un téléviseur. Le signal de l'image que l'utilisateur souhaite reproduire est préalablement stocké dans une mémoire de 1,34 Mbit. Il commande ensuite l'imprimante qui permet de reproduire 128 tonalités de couleurs. Cette technologie existe à partir du camescope 8 mm (Sony, Kodak, Fuji, etc.). Son prix est encore élevé. Mais si elle se vulgarisait, elle serait beaucoup plus séduisante pour les amateurs que la photomagnétique, puisque le même appareil fait appareil photo et caméra vidéo.

Roger Bellone

ARMÉE DE TERRE INFORMATION

UN AVENIR !



BROCHURE SUR DEMANDE
BUREAU CENTRAL DES ENGAGES SV
37 BD PORT ROYAL
75998 PARIS ARMEES



diplômes de langues UN ATOUT PROFESSIONNEL

anglais, allemand, espagnol, italien, russe, grec

Dans tous les secteurs d'activité, la pratique utile d'au moins une langue étrangère est devenue un atout majeur. Pour augmenter votre compétence, assurer votre promotion, votre reconversion, quelle que soit votre situation, vous avez donc intérêt à préparer un diplôme professionnel, très apprécié des entreprises :

- Chambres de Commerce Etrangères, compléments indispensables aux emplois du commerce international.
- Université de Cambridge (anglais), pour les carrières de l'information, publicité, tourisme, hôtellerie, etc...
- B.T.S. Traducteur Commercial, formation complète au métier de traducteur ou interprète d'entreprise.

Langues & Affaires (Etablissement privé) assure des formations complètes (même pour débutants) à distance, donc accessibles à tous, quelles que soient vos occupations quotidiennes, votre lieu de résidence ou votre niveau actuel. Enseignements originaux et individualisés, avec progression efficace et rapide grâce à l'utilisation rationnelle de moyens audiovisuels modernes (disque, cassettes...). Cours oraux facultatifs à Paris. Service Orientation et Formation

Documentation gratuite à Langues & Affaires. Service 4490. 35, rue Collange 92303 Paris - Levallois. Tél. : 42 70 81 88.

BON D'INFORMATION

à découper ou recopier et renvoyer à

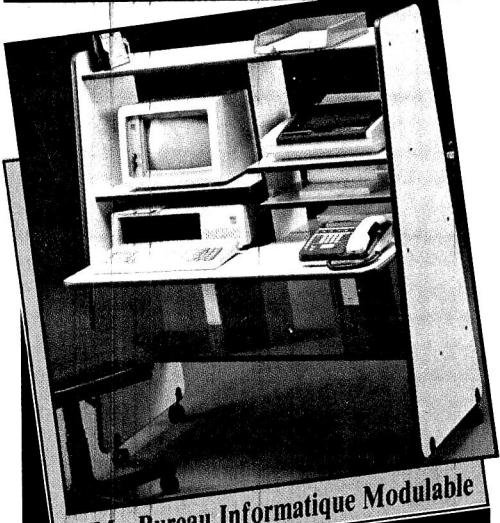
L. & A. service 4489. 35, rue Collange 92303 Paris-Levallois. Veuillez m'adresser gratuitement et sans engagement votre documentation complète.

NOM :

Prénom :

Adresse :

POSTE DE TRAVAIL COMPACT POUR L'INFORMATIQUE



BIM - Bureau Informatique Modulable

*Pour les sociétés,
l'enseignement ou
les administrations.*

10 bons points pour l'ergonomie et la sécurité.

- Poste de travail fonctionnel
- Confort des gestes et de la vision
- Rangement rationnel des matériels
- Bords arrondis à profils anti-chocs
- Position du poste à droite ou à gauche
- 3 étagères réglables en hauteur
- Système de blocage des étagères
- Encombrement mini pour un maxi rangement
- Sécurité totale : au dos, auge pour câbles et connecteurs
- Meuble en bois : sans électricité statique



malora
simeuble

BP 20, 54420 SAULXURES-LÈS-NANCY - TÉL. 83.29.23.19

CREA-Nancy

Bon à découper et à retourner à l'adresse ci-dessus.

Je désire recevoir sans engagement votre documentation

Nom _____ Prénom _____

Société _____

Fonction _____

Adresse _____

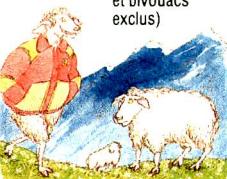
Tél. _____

SV08

LA PANOPLIE DU RANDONNEUR DEVIENT TECHNIQUE



Conçus à l'origine pour les combinaisons spatiales, le ski de haute altitude ou la course à pied, divers matériaux techniques ont été adaptés, après recherches en laboratoire et tests en montagne, à la randonnée tout terrain.



ARTICLES	QUALITÉ VISÉE	MÉTIERS ET SOLUTIONS TECHNIQUES	MODÈLES ET PRINCIPAUX FABRICANTS
Vestes et anoraks pour intempéries (vêtements intérieurs et bivouacs exclus)	<ul style="list-style-type: none"> ● Imperméabilité ● Isothermie ▲ Elimination de la condensation 	<ul style="list-style-type: none"> ● Nylon enduit (Gore-Tex) ● Coton au tissage serré, imperméabilisé par bain. ● Feuille métallisée (Reboxtherm) ou ● Feuille métallisée ouatinée perforée ▲ Doublure du dos en coton absorbant ▲ Soufflets d'aération ● Garnissage fibres synthétiques — Thinsulate — Hollofil — Corotherm — Microfill ● Doublure fourrure polaire ● Doublure Polarfleece 	<ul style="list-style-type: none"> ● Vests "escalade", chez Roggé, Lafuma, Millet ▲ ● Vests style Cardis 1979 et ▲ ● Broad Peak 1979, chez Moniteur et Francital ▲ ● Broad Peak doublure dos coton, chez Moniteur ▲ ● Veste "Bibollet intempéries", chez Jamet-Sports ▲ ● Modèles modernes, chez Jamet, Francital, Moniteur, Millet, Trak, etc. ▲ Modèle coton et doublure amovible Thinsulate (1983), chez Moniteur ● Vests en coton — fourrure polaire — cuir, chez Furygan ● Vests doublées de Polarfleece, chez Fusalp, Moniteur
Pulls, gilets, blousons, doublures, survêtements	<ul style="list-style-type: none"> ■ Légereté ■ Séchage rapide ■ Extensibilité, aisance ● Qualités isothermiques 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ■ Polarfleece, fourrure "polaire" synthétique (jersey avec pelage sur une face) ■ ■ Molleton Polarfleece extensible 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ■ Blousons et gilets, chez Helly, Hansen, Cimalp, North Cape, entre autres ■ ■ ■ Doublures chez Fusalp, Moniteur, Lowe ■ ■ ■ Survêtements, blouson, chez Moniteur
Pantalons, ensembles "jogging"	<ul style="list-style-type: none"> ■ Aisance de mouvement, extensibilité ▲ Solidité ■ Durée, résistance aux intempéries, usage "montagne" 	<ul style="list-style-type: none"> ▲ ■ Jersey renforcé par empiècement d'usage toile ▲ ■ ■ ■ Toile légère coton + synthétique, doublée ▲ ■ ■ ■ Toile coton + fibre élastique bi-extensible 	<ul style="list-style-type: none"> ▲ ■ ■ ■ Joggings renforcés, chez Cimalp ▲ ■ ■ ■ Joggings toile doublée molleton coton, chez TBS ■ ■ ■ Salopette d'escalade "Charter", chez Cimalp ■ ■ ■ Salopette d'escalade en coton-lycra, chez Eider
Chaussures	<ul style="list-style-type: none"> ■ Légereté ● Imperméabilité ▲ Cramponnage sur terrains difficiles ● Contact amorti avec terrain dur ▲ Elimination de la condensation compatible avec imperméabilité ■ Tenue de pied, commande "prise de carres" 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Toile nylon (pour la tige) ■ Toile coton ● Toile nylon enduite ▲ Semelle à forts reliefs (inspirée des pneus cross) ● Semelle mousse enrobée ou doublée de gomme ● Semelle mousse cellulaire Vibram ● Semelle à "ame" tubulaire ▲ Toile enduite Gore-Tex (ou autre matériau respirant imperméable) ■ Renfort ferme de cuir sur l'arrière de la chausse 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ■ ■ Van Way (280-290 g), à tige haute, chez Francital ■ ■ ■ Jogging urbains, à tige basse améliorés, chez Lotto (modèle Honolulu), chez Coq Sportif (modèle Jogging) ■ ■ ■ chez TBS Technisynthèse (modèle TBS 86 à semelle tubulaire) ■ ■ ■ ■ ■ Vallençant (gamme Ténéré), à tige haute, enduite de Gore-Tex. Semelle à crampons, chez Noël ■ ■ ■ ■ ■ Vallençant (gamme Ligne 7), à tige haute, enduite Gore-Tex. Semelle à crampons-ventouses, chez Noël ■ ■ ■ ■ ■ Chaussure à tige haute, en cuir souple, doublée Gore-Tex. Semelle Vibram en caoutchouc "montagne" classique, chez Dolomite ■ ■ ■ ■ ■ Chaussure à tige haute, en peau "3 couches" (dont une couche "imper-respirante"), chez Fjäll-Raven

En plus des vêtements et chaussures présentés dans nos tableaux, voici quelques autres exemples d'équipements ayant bénéficié des mêmes avancées techniques.

- Tentes de bivouac sans condensation, fabriquées en Gore-Tex (chez Maréchal, Salewa, entre autres).
- Sac de couchage garni "Microfill". Plié, il tient à peine le volume d'une serviette de toilette (chez Fjäll-Raven).
- Sacs à dos en nylon enduit : 780 g pour un 35 litres ; 550 g pour un 31 litres (chez Racer, par exemple).
- Les sacs de portage lourd, eux, se sont faits plus confortables, grâce à la ceinture ergonomique, qui répartit une part de la charge sur le bassin, soulageant les vertèbres dorsales et lombaires.

PRÉCISIONS ET COMMENTAIRES

Les vêtements

- Le Gore-Tex : évolution d'une fine couche de Téflon qui rend le tissu imperméable à l'eau, tout en laissant passer l'air. Les vêtements ainsi traités sont "imper-respirants".
- Le Rexotherm : feuille de plastique imprégné d'aluminium, il renvoie la chaleur par rayonnement. Ouaté, il acquiert du gonflant : la couche d'air ainsi emprisonnée augmente ses qualités isothermiques et supprime le bruit de papier chocolat froissé. Extrêmement robuste à l'usage. Condense un peu à la marche. Se plie facilement pour n'occuper que peu de place dans le fond du sac à dos, d'où on le ressort pour la tempête, ce que la traditionnelle veste en duvet n'importe plus difficilement.
- Hollofil (fibre creuse), Thinsulate (fibre isolante en couche mince), Microfibre, Corotherm, Microfill, etc... toutes fibres synthétiques concurrentes du duvet, en étant plus abordables et plus pratiques d'emploi.
- La fourrure polaire. Laine artificielle en fibre synthétiques portant le poil à l'intérieur. Trempée par l'averse, elle reste ultra-légère, et sèche en un temps record. Très bonnes qualités isothermiques.
- Le Polarfleece : autre laine synthétique, bi-extensible et légère. Utilisée comme doublure ou en vêtements complets par de nombreuses grandes marques.
- La toile coton. Epaisse, serrée, ses fibres se dilatent dès qu'il pleut, resserrant ainsi le tissu et le rendant imperméable. En atmosphère sèche, elle laisse passer l'air, évitant la condensation : matériau "imper-respirant", naturel cette fois. Coude et épaules renforcés de cuir chez Furygan : toile "Gidoo" réimperméabilisable à volonté avec un fart spécial chez Fjäll-Raven.
- Toile coton + synthétiques hautement élastiques font des salopettes et des survêtements "jogging" polyvalent grâce à cet alliage résistant, bi-extensible, qui ne s'allonge pas sous l'averse, protège efficacement de la fraîcheur (molleton intérieur), en restant très élégant, même avec des empêtements aux genoux, aux coudes, aux épaules et au fond de pantalon.
- La coupe. Les différences sur le terrain sont surtout sensibles dans le comportement aux plis, aux compressions pour les bretelles du sac à dos, etc. Les meilleurs concepteurs les améliorent par les dessins des coutures : pas de coutures d'épaule chez Francital ; rabats et coutures des poches en biais pour faciliter le ruissellement de l'eau de pluie chez Jamet.

Les chaussures

- Le gain de poids est dû, chez de nombreux fabricants, à l'adoption de la tige en toile et à l'utilisation de matériaux légers pour la semelle. 280 g pour la Van Way de Francital grâce à la semelle en mousse cellulaire. Chez Noël, une enveloppe de gomme portant des reliefs, avec une "ame" en mousse ultra-légère.
- L'adhérence : forts reliefs de semelle (Noël) ; gaine de gomme moulée jusqu'aux côtés du pied pour un meilleur cramponnage latéral (Isba-Bitoblet, chez Jamet).
- La commande latérale est obtenue par la présence d'un renfort cuir au talon-tendon d'Achille (Noël) ou des renforts le long du pied (Dolomite).
- Respiration et imperméabilité : tige en coton, nylon ou Gore-Tex. Chez Noël (ligne 7), la doublure peut être retournée comme une chaussette pour un séchage rapide.
- La chaussure de "jogging" urbain devient randonneuse tout terrain. Chez TBS, une semelle tubulaire (bâtie par montage autour de deux tubes compressibles) absorbe les reliefs du terrain ; chez Noël, la semelle à relief spécial fait prendre conscience des défauts d'attitude, que le porteur rectifie instinctivement.



Dessins DR

• Pour les randonneurs chic, qui souhaitent transporter intacts d'éventuels vêtements de ville, Lafuma a dessiné des "combi-bags", valises ultralégères que l'on porte en sac à dos.

• Quant à la "popote" métallique, cauchemar traditionnel des scouts de naguère, la voilà muée en aluminium rigide et ultra-léger, avec les cuisines combinables et gigognes de Markill ou d'Emery.

L'abondance des matières utilisées dans les vêtements, chaussures et équipements divers traités ici, et surtout la multiplication des modèles nous interdisent de donner des prix précis pour chaque gamme d'articles. Pour l'information du consommateur, voici l'adresse des fabricants ou des distributeurs spécialisés dans ces équipements et cités dans cet article :

• Cimalp (Helly — Hansen), rue Joliot-Curie, BP 11, 38690 Le Grand-Lemps, tél. 76 55 80 05.

• Eider, BP 112, Eloïse, 01200 Bellegarde, tél. 50 48 07 15.

• Emery (ustensiles de cuisine), rue Riff-Tronchard, BP 60, Le Fontanil, 38120 St-Egrève, tél. 76 75 26 90.

• Fjäll-Raven 38 rue St-Jacques, 75005 Paris, tél. 43 25 23 57.

• Francital, 20 rue Dr-Joseph, 42004 St-Etienne, tél. 77 33 45 85.

• Furygan, km 2, route de St-Gilles, 30000 Nîmes, tél. 66 84 33 62.

• Fusupal, 15 avenue de Chambéry, 74000 Annecy, tél. 50 45 82 25.

• Jamet-Sports, rue des Metteanies, 38530 Pontcharra, tél. 76 71 90 00.

• Karrimor-Trak, ZI du Haut-Galy, La Fosse à la Barbière, 93600 Aulnay-sous-Bois, tél. 48 67 90 58.

• Lafuma, Annecy, BP 60, 26140 St-Rambert-d'Albon, téléphone 75 31 50 68.

• Lotto, 64 route de Frangy, 74000 Annecy, tél. 50 22 33 42.

• Millet, 16 rue du Champ-de-la-Taillée, 74600 Seynod, tél. 50 51 11 59.

• North Cape, 75 avenue Ampère, 38000 Grenoble, tél. 76 49 91 29.

• Racer, bd de l'Industrie, BP 87, 41102, Vendôme cedex.

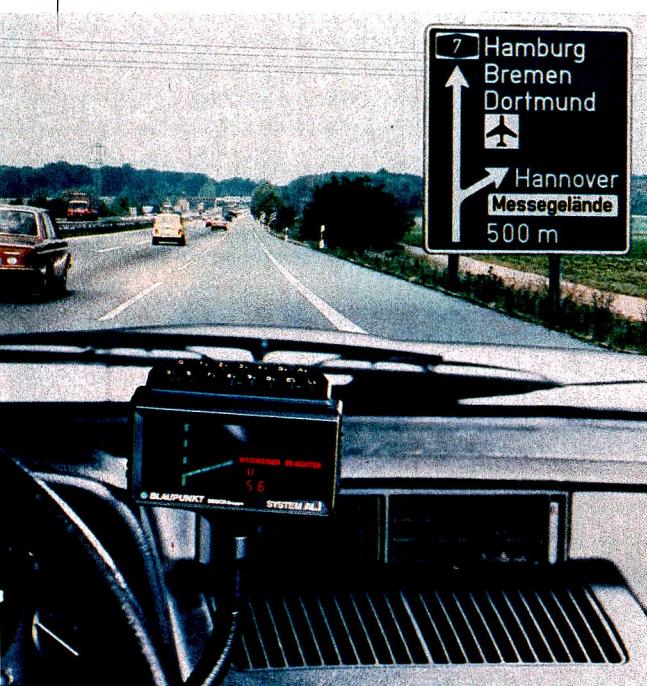
• Roggé, rue du Mt-Paccard, BP 10, 74170 St-Gervais, tél. 50 70 29 66.

• TBS Technisynthèse, BP 36, 49110 St-Pierre-Montlimart, tél. 41 65 20 66.

Citons aussi, bien qu'il n'apparaisse pas dans l'article associé à un quelconque produit : Au Vieux Campeur, 48 rue des Ecoles, 75005 Paris, tél. 43 29 12 32. On y trouve un éventail très large d'articles concernant divers sports.



LA CARTE ROUTIÈRE ÉLECTRONIQUE ET EUROPÉENNE



Les constructeurs hâtent la constitution de l'Europe. En effet, jusqu'à présent, chacun développait ses propres techniques électroniques, que ce soit pour l'allumage, l'injection, les transmissions automatiques, les dispositifs anti-blocage ou anti-patinage ou encore la régulation de la vitesse ; mais aussi pour l'information du conducteur avec les ordinateurs de voyage (kilométrage parcouru depuis le départ, consommation instantanée ou moyenne, vitesse horaire moyenne, etc.), les essais de commandes simples par reconnaissance de la parole, les alertes visuelles ou sonores, voire par synthèse de la parole en énoncé clair à l'aide de multiples capteurs, pour l'aide au diagnostic et à la réparation, etc.

D'autres investigations s'orientaient vers le radio-guidage et la navigation : affichage sur écran d'une carte routière électronique, visualisation de la position du véhicule, détermination de l'itinéraire et guidage pas à pas.

Rien n'interdisait par ailleurs d'envisager la multiplication des services en recourant à des données extérieures communiquées au voyageur en temps

Fini la carte routière que le passager déplie au risque de la déchirer, sinon d'aveugler le conducteur ; vive la carte électronique intégrée au véhicule et qui vous dit d'un simple coup d'œil où vous allez et comment vous y rendre. Mais pour se promener partout en Europe et sur n'importe quel véhicule il faut des systèmes standard. C'est ce à quoi travaillent les constructeurs européens.

réel ; trafic, chantiers sur les routes, météo, liste de parkings ou d'hôtels avec l'état de leurs réservations, stations-service ou garages ouverts la nuit ou le week-end.

Dès lors, il n'était plus question de travailler chacun dans son domaine. Car dès l'instant où la communication était appelée à s'établir avec l'environnement, voire avec d'autres véhicules, les systèmes devaient devenir compatibles.

Tous les constructeurs européens, à l'exception de Volvo, en ont convenu et se sont désormais alignés sur le programme Prometheus (*Program for a European Traffic with Highest Efficiency and Unprecedented Safety*) à l'initiative de Daimler Benz dans le cadre d'Eureka. A défaut d'une telle initiative, ils auraient, de leur propre aveu, été très rapidement devancés par les constructeurs américains — dont les filiales européennes d'ailleurs ne sont pas associées à Prometheus —, ou par les Japonais.

Il suffit de quelques chiffres pour donner la mesure de cette ambition : Renault, dont les études en la matière ont débuté en 1981 en collaboration

avec TDF dans le cadre du programme Atlas, (Acquisition par télédiffusion de logiciels automobiles pour les services), engageait jusqu'alors un budget de 20 millions de F par an. Quand il fallut recourir aux banques de données extérieures, Renault et TDF ont fait appel à la Sagem (Société d'application générale et de mécanique) et un dossier Minerve (Media intelligent pour l'environnement routier du véhicule européen) a été créé dans le cadre d'Eureka.

Sagem a ensuite approché Philips qui avait mis au point son procédé de navigation Carin (*Car Information and Navigation*) et les efforts ont été conjugués dans le programme Carminat (Carin-Minerve-Atlas).

Progression du budget : 100 millions de F par an sur quatre ans. Enfin, globalement, Prometheus représente un investissement de 300 millions de F sur sept ans.

La mise en commun de ces efforts a deux aspects spectaculaires :

- Elle montre une volonté des industriels d'aboutir mais en même temps elle témoigne d'un acte de modestie au prix de certaines blessures d'amour propre car il faudra naturellement se plier à des spécifications uniformes et aussi veiller à conserver originalité, personnalité, voire avance technologique dans la mise en œuvre des nouvelles techniques.
- Elle met les Etats et les administrations devant le fait accompli, hâtant le progrès sans s'embarrasser de l'inertie des institutions nationales ou communautaires. « Chat échaudé craint l'eau froide » : les constructeurs ont été mis au pied du mur pour les

normes anti-pollution ; cette fois, ils s'imposent eux-mêmes le cahier des charges.

Les premières manifestations de ce nouvel "art de vivre l'automobile" devraient apparaître vers la fin de la décennie et le prix avancé pour l'équipement des véhicules — uniquement de haut de gamme dans un premier temps — est évalué à quelque 18 000 F.

L'efficacité et l'agrément seront bien sûr étroitement dépendants du degré d'équipement de l'environnement, de l'alimentation des banques de données, du dynamisme des fabricants de cartes routières ou de guides touristiques à se diversifier dans un autre support que le papier.

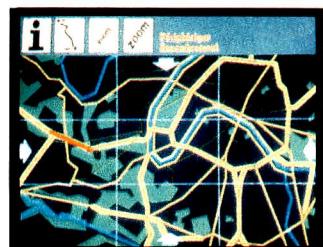
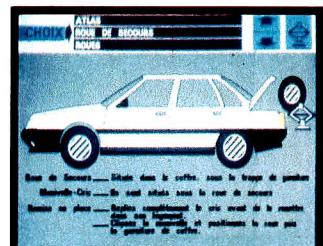
Reste aussi à définir, peut-être, les modalités d'abonnement, de redevance pour accéder aux centres serveurs.

Mais cette assistance, cette prise en charge, ne dépendra, au bout du compte, que de la volonté de l'automobiliste lui-même. C'est à lui qu'incombera la décision de recourir ou non à ce service qui ne retire rien à l'essence même du transport individuel. L'auto restera toujours le moyen privilégié pour partir quand on veut, où on veut, en s'arrêtant où et quand on le désire.

Et qui donc s'est rejoui de s'engluer dans un embouteillage ou de s'aventurer de nuit, en plein brouillard vers une destination inconnue pour ne pas appeler de ses vœux un conseil efficace au moment opportun ? Il serait puéril de condamner ce progrès en y voyant une dégradation de l'automobile au rang du train.

Luc Augier

Radioguidage en milieu suburbain (ci-contre). Après indication à l'appareil des points de départ et d'arrivée, ce système mis au point par Blaupunkt et Mercedes, permet de visualiser, en permanence, sur l'écran la direction à suivre. Guidage pas à pas en ville ou manuel d'entretien du véhicule (ci-dessous), grâce à une disquette embarquée.



AVEZ-VOUS MANGÉ DU RAGONDIN ?



Préférez-vous le nutria à la moutarde ou en gibelotte ? Et quelle différence faites-vous entre cette viande et celle de coypou ? Aucune ? Vous êtes un connaisseur, car il s'agit bien du même animal, que tout amateur "branché" de nouvelle cuisine doit connaître.

Le 21 avril dernier, en effet, les services officiels compétents⁽¹⁾ autorisaient l'emploi de ces deux termes pour désigner la viande de *myocastor coypus molina*. Les éleveurs sont satisfaits ; les consommateurs vont peut-être enfin se mettre à ce char-

mant petit mammifère, boudé sous le nom de "ragondin" et boycotté sous celui de "myocastor". Pourtant ce gros rongeur végétarien n'est ni un rat, à la triste réputation, ni un castor, espèce protégée ; mais il a hérité de caractères propres à ces deux espèces (*myos*, en grec, veut dire rat), et son



origine d'Amérique du Sud (de la Terre de Feu à l'estuaire de La Plata, entre l'Argentine et l'Uruguay) lui vaut une multitude de surnoms : "nutria" (nom universel aujourd'hui et malencontreusement attribué par les conquérants espagnols, puisque "nutria", en espagnol, désigne la loutre), "coypu" ou "quuiya" (noms indiens), "ragondin" (nom habituel en France), "myopotame" (du grec *potamus* : rivière)... Certains restaurants en proposent sous des appellations plus fantaisistes telles que castor des marais, lièvre ou lapin d'eau.

D'apparence, le myocastor n'a du rat que sa queue arrondie et presque aussi longue que le corps ; trapu, il pèse 5 à 10 kg à l'âge adulte, a de longues incisives marron orangé, et deux originalités qui marquent son adaptation à une vie semi-aquatique : ses pattes postérieures sont palmées comme chez le castor ou la loutre, et la femelle porte ses mammelles très haut sur le flanc, presque sur le dos.

Bien que sa viande, maigre et riche en protéines, n'ait rien à envier à celle du veau ou du lapin, le myocastor est surtout élevé pour sa fourrure, dont la valeur fluctue avec les aléas de la mode. Très en vogue au début du siècle, elle a fait naître des espoirs et des élevages se sont constitués à partir d'animaux importés d'Amérique du Sud. La crise des années trente et la Seconde Guerre mondiale aidant, de nombreux élevages non rentables ont libéré leurs animaux dans la nature. Le ragondin, s'est alors très bien accommodé de notre climat et du

manque de prédateurs⁽²⁾. Il a proliféré et, depuis les années 60, l'écart s'est creusé entre l'image de marque du ragondin sauvage et celle du ragondin d'élevage. Le premier, aujourd'hui naturalisé, est chassé, empoisonné ou piégé par des trappeurs plus ou moins professionnels ; sa peau gris-brun (couleur sanglier) est vendue dans les 50 F. Le second est sélectionné et bichonné à l'abri des murs, dans des cases en plein-air ; il fournit une gamme de fourrures allant du blanc platine au noir ébène, et les peaux sont vendues 150 à 250 F, selon la couleur, la taille et la qualité du soyeux.

Si les éléveurs bannissent l'appellation ragondin, aussi bien pour le cheptel vivant que pour la fourrure ou pour la viande, c'est que son extension rapide dans les zones humides de France, en particulier sur la bordure atlantique et en Camargue, l'a fait classer parmi les espèces nuisibles. En 1975, c'était encore une curiosité dans les départements de l'Ouest où aujourd'hui il pullule⁽³⁾. C'est en effet un animal prolifique : deux à trois portées de 4 à 7 petits par an et une maturité sexuelle atteinte vers l'âge de 6 mois. Ils vivent en famille de 2 à 5 adultes,

50 % des peaux de ragondins "français" utilisés pour la fourrure proviennent d'animaux sauvages, au poil gris-brun pour la plupart (photo du haut). L'autre moitié, aux couleurs plus variées, est fournie par les élevages (photos du bas). La saison d'abattage est limitée, pour la qualité du poil, entre le 1^{er} décembre et le 30 mars. C'est à cette période que vous pourrez tester les qualités de la viande.



sur les berges de cours d'eau peu profonds et calmes, riches en végétation. L'eau saumâtre ne les gêne pas, d'où leur affection pour les marais. Ils creusent ou agrandissent des terriers (ceux des rats musqués notamment — *ondatra zibethica* — qui fuient leur territoire lorsque les ragondins deviennent trop nombreux) ; ils demeurent au-dessus du niveau de l'eau mais aménagent des tunnels parfois très longs jusqu'au cours d'eau. C'est un animal gourmand qui consomme facilement le quart de son poids de végétaux par jour et apprécie une nourriture variée : herbes aquatiques (lentilles d'eau, roseaux, iris, etc.) et, de préférence, plantes cultivées en bordure de rive (maïs surtout, blé, orge, légumes...).

Aussi au-delà d'un certain seuil de population, les dégâts se font-ils sentir, notamment sur les cultures, à l'automne et en hiver, lorsque la végétation aquatique est moins luxuriante. Berges effondrées, digues percées, canaux envasés, bétail accidenté (pattes cassées) dans les gueules béantes des terriers, épis de maïs consommés sur pied (500 à 1 000 F de pertes en moyenne à l'hectare, selon une estimation du service de la Protection des végétaux de Nantes), écorce des jeunes arbres rongée : les plaintes proviennent d'origines aussi diverses que les agriculteurs, les services de l'équipement, la navigation, le Génie rural, la SNCF, les syndicats de marais, d'irrigation, d'entretien des canaux, les sociétés de pêche et de pisciculture...

Les carnassiers tels que le renard et le chien ayant du mal à poursuivre cet excellent nageur, son principal ennemi est le froid, ce qui explique qu'on n'en trouve pas en zone montagneuse et en climat continental. Dans le Marais poitevin, paradis du ragondin à cause de l'omniprésence de l'eau, la végétation abondante et le climat très doux, l'hiver 1984/85 a fait chuter la population de 50 % (celui de 1962/63 avait éliminé 90 % des individus dans l'est de l'Angleterre, confrontée au même problème). Cet hiver encore, de nombreux animaux ont été retrouvés sans doigts et sans queue, les ayant perdus par suite du gel ! Mais les myocastors souffrent aussi d'une crue prolongée, ou inversement d'un été trop sec.

Paradoxalement, le chasseur que représente tout agriculteur ne s'intéresse pas à ce gibier peu "noble" ! Dédain opportun car l'animal est difficile à atteindre ; il est capable de longues apnées et son activité est plutôt nocturne. Chacun préfère aussi laisser à la collectivité le soin de le débarrasser des nuisances dont il ne se sent pas responsable. Et il est vrai que les familles de ragondins se déplaçant, la lutte doit être coordonnée à l'échelle du réseau hydrographique concerné.

Cette lutte, obligatoire puisqu'il s'agit d'un ennemi des cultures, est réglementée par arrêté préfectoral. Chaque département peut opter pour la

lutte de son choix : piégeage ou lutte chimique. Des battues sont parfois organisées, en période de crue, lorsque les ragondins se réfugient sur les îlots. Il n'y a pas en France de stratégie nationale, contrairement à l'Angleterre qui, de tradition plus naturaliste, a interdit toute lutte chimique contre les espèces sauvages. Les ragondins y sont plus circonscrits et se sont principalement multipliés dans les provinces de l'Est, selon le même processus qu'en France. Dès 1962, un laboratoire spécialisé de recherche sur le coypu était fondé à Norwich et une organisation gouvernementale de contrôle des populations de coypu s'est fixée pour but l'éradication de l'espèce en 1990 ; pour atteindre cet objectif, l'Etat emploie aujourd'hui une quarantaine de trappeurs (contre six en 1970) !

En France, la tendance est plutôt à la lutte chimique, au grand regret des chercheurs du Centre d'études biologiques des animaux sauvages (CEBAS), du Parc naturel régional du Marais poitevin et... des chômeurs. Les deux premiers, parce que ce mode de lutte ne leur paraît ni écologique, ni même efficace, les seconds parce qu'ils se satisferaient volontiers d'un salaire de trappeur, que viendrait gonfler la vente des peaux et des carcasses. La lutte chimique est à base d'appâts empoisonnés : il s'agit de morceaux de carottes (ou, éventuellement de pommes) fraîches enrobés de bromadiolone, une substance anticoagulante rodenticide (qui tue les rongeurs) découverte par les laboratoires Liphä. Très毒ique, cette matière active (de la famille des hydroxy-coumarines) est employée couramment dans la lutte domestique contre les rats et les souris à la dose de 0,05 g/kg d'appâts (à cette concentration de 0,005 %, la bromadiolone est classée au tableau C — produits dangereux — du code de la Santé). Pour lutter contre le ragondin (et le campagnol terrestre), cette concentration était insuffisante et, sur la demande des services de protection des végétaux, un arrêté paru en juillet 1979 autorisa l'extension d'utilisation du produit dans des appâts deux fois plus concentrés pour venir à bout de ces rongeurs.

La préparation et la pose de ces appâts sont confiées aux Groupements de défense contre les ennemis des cultures, sous les directives d'un technicien de leur fédération départementale et la responsabilité du Service de la protection des végétaux. Seuls ces groupements sont en effet habilités à acheter, détenir et manipuler le concentrat huileux de bromadiolone à 1 % nécessaire pour préparer régulièrement les appâts : un litre de cette solution concentrée (alors inscrite au tableau A des produits toxiques, soumis à des règles d'utilisation très précises) est brassée avec 100 kg de carottes pour obtenir la concentration réglementaire de 0,01 % (0,1 g de bromadiolone par kg d'appât). Puis les appâts sont disposés dans une bassine qui sera

posée sur un plateau en polystyrène recouvert d'un grillage. Un tunnel en plastique transparent doit recouvrir l'ensemble pour éviter la dispersion des carottes, et les radeaux doivent être amarrés sur la rive de façon à n'être accessibles qu'aux ragondins (*voir photo page 129*). L'approvisionnement en appâts frais est renouvelé toutes les semaines, et les appâts non consommés dans un délai compris entre 8 et 10 jours après leur dépôt doivent être récupérés et détruits ou enfouis, de même que les



geurs empoisonnés (le bromadiolone se concentre dans leurs viscères) ?

C'est pour répondre à ces interrogations, et sur la demande pressante du CEBAS — qui poursuit des études fondamentales sur le ragondin depuis 1974 —, que s'est constitué en 1983 un groupe de travail scientifique et technique sur le ragondin. D'ores et déjà, le piégeage d'animaux préalablement marqués dans une zone soumise à la lutte chimique a conduit des biologistes du CEBAS à conclure que 50 % au moins des ragondins en réchappaient ! Or les sommes que les conseils généraux allouent à cette lutte sont impressionnantes : elles vont de 280 000 F pour un département comme les Deux-Sèvres à 800 000 F pour la Vendée, le Maine-et-Loire ou la Loire-Atlantique, les communes prenant en charge une partie des frais d'achat des carottes (8 000 F pour Magné, une petite commune des Deux-Sèvres, en 1985).

Les adversaires de la lutte chimique s'insurgent contre tant d'argent et de produit toxique versés

emballages qui ont servi à leur transport.

Des contraintes tout aussi strictes concernent les ragondins morts qui doivent être recherchés, ramassés et détruits ou enfouis à 30 cm au moins de profondeur. Car le bromadiolone agit, comme tous les anti-coagulants, en perturbant la biosynthèse de plusieurs facteurs nécessaires à la coagulation (prothrombine, etc.) en concurrençant la vitamine K (qui est l'antidote à ce genre de poison). Il provoque donc la formation spontanée d'hémorragies dans le corps du rongeur mais les symptômes n'apparaissent pas immédiatement. L'animal s'affaiblit et ne meurt que 4 à 5 jours après la première ingestion ; il a alors largement eu le temps de regagner son terrier. C'est là que le bâton blesse : comment comptabiliser l'efficacité de la lutte chimique alors que les ragondins morts sont rarement retrouvés ? Les agriculteurs adhérents aux Groupements de défense appliquent bénévolement, et par suite plus ou moins fidèlement, les prescriptions de la lutte chimique. Que deviennent dans ces conditions les dizaines de tonnes d'appâts placés chaque année dans les cours d'eau d'un département (100 tonnes en 1986, sur plus de cinquante communes dans le Maine-et-Loire) ? Et les cadavres des ron-

Les ragondins dégradent les berges et les ouvrages en agrandissant les terriers des rats musqués et en creusant des galeries de plusieurs mètres de long. De plus, ils consomment, au début de l'automne, les épis de maïs qu'ils font tomber à terre en sectionnant les tiges à quelque 40 cm du sol.



dans la nature à l'encontre du ragondin alors que certains départements, comme l'Indre-et-Loire, maîtrisent la situation en employant exclusivement le piégeage. S'appuyant sur deux "gardes-piégeurs" salariés, et, depuis trois ans, sur la participation de bénévoles au sein des communes concernées, la lutte ne coûte pas plus de 310 000 F au département et les ragondins piégés peuvent être dénombrés : près de 4 000 l'année dernière... Un tel décompte est impossible avec la lutte chimique. Quant au devenir

du bromadiolone dans les cours d'eau, son action sur les organismes aquatiques (poissons, huîtres, moules...), son métabolisme chez les autres animaux qui consomment soit les appâts, soit les charognes empoisonnées (des loutres, des rapaces, des chiens, des renards...), ils sont encore mal élucidés ; le dossier d'homologation n'en fait pas état puisque le produit ne visait pas initialement cette lutte contre les ragondins.

C'est pourquoi une étude de la toxicité secondaire du bromadiolone démarre aujourd'hui avec un programme concerté réunissant le CEBAS, le Laboratoire de chimie de l'eau de Poitiers et le Centre de recherche en écologie marine et d'aquaculture de l'IFREMER (Institut français de recherches pour l'exploitation de la mer). Si les résultats (non disponibles avant 18 mois) devaient remettre en cause ce poison, la lutte chimique n'en aurait pas pour autant dit son dernier mot puisque de nouvelles molécules sont actuellement en expérimentation ; ainsi le laboratoire de phytopharmacie de l'INRA (Institut national de la recherche agronomique) a déjà testé la très grande efficacité d'un autre toxique puissant et à action rapide (la mort survient dans un délai de 6 à 12 heures après l'ingestion), le scilliroside, un raticide mis au point par Sandoz à partir d'une substance issue de la scille maritime rouge et qui ralentit les contractions du cœur.

Quelques initiatives, tout à fait officielles, ont été prises cependant pour favoriser une alternative à la lutte chimique. Dix chômeurs ont ainsi pu suivre un stage de formation sur "les techniques de piégeage et la valorisation du ragondin", mis en place par le chargé de mission pour l'environnement de la Charente-Maritime pendant l'hiver 1984-85. La production annuelle d'un piégeur était évaluée raisonnablement à 1 000 peaux utilisables et 10 tonnes de viande, soit un minimum de 100 000 F de marchandises... Mais le métier de trappeur n'est pas si facile et aujourd'hui, des dix candidats constitués en une "Association des piégeurs de ragondins", un seul ancien stagiaire persiste à vouloir en vivre !

Celui-là capture environ 10 animaux par jour en plaçant le soir une quarantaine de pièges à mâchoires qu'il relève le lendemain matin ; il vend les peaux brutes à un pelletier qui les fait apprêter pour la confection des fourrures (seule la toison d'hiver fournit une belle fourrure) et écoule les carcasses en viande... pour chiens, entre 5 et 10 F le kg. Pour mieux valoriser cette viande et la destiner à la consommation humaine, il faudrait abattre les animaux dans des conditions contrôlées par les services vétérinaires d'hygiène. La "profession" n'en est pas à ce stade d'organisation, au grand soulagement des éleveurs.

Car eux sont équipés d'abattoirs agréés et peuvent commercialiser la chair de leurs ragondins —

pardonne, leurs nutrias — avec ni plus, ni moins de contraintes que celles de toute volaille. La bataille fut rude pour faire reconnaître ce droit et, tant que la lutte chimique persiste, il n'est pas question de risquer une assimilation entre les bêtes d'élevage et le gibier sauvage, plus souvent empoisonné que chassé. D'autant que pour les éleveurs — une dizaine aujourd'hui — la commercialisation de la viande à 25 F/kg (une carcasse pèse 2,5 à 3 kg) et celle des pâtés est un appoint non négligeable au revenu de la fourrure.

Celle-ci ressemble, en un peu plus lourd, à la fourrure du vison. Elle s'achète aujourd'hui "ébarbée" mais non "éjarrée", c'est-à-dire qu'on laisse les poils protecteurs de l'animal (poils de garde), égalisés aux 2/3 ou à la moitié de leur hauteur. Ces poils recouvrent et gardent sec le fin duvet, très serré qui isole l'animal du froid. C'est la finesse et la compacité de ce duvet (ou poil de bourre) qui donne son aspect velouté aux fourrures éjarrées, à la mode autrefois, ou aux feutres de chapellerie.

La fourrure de ragondin a connu un regain d'intérêt grâce aux mutations blanc-champagne, pastel-argenté, jaune-miel, noir-ébène, etc., fixées dans les souches d'élevage. Le pionnier et principal artisan de cette sélection, M. Sarhan, est un horticulteur qui s'est mis à l'élevage du myocastor, d'abord en amateur, puis en professionnel, en 1948, sur les bords de l'Avre, à Nonancourt (dans l'Eure). Ses reproducteurs, qu'il a sélectionnés, sont à la base du cheptel français et sa technique d'élevage est restée un modèle pour tous les éleveurs qui s'installent. Elle est basée sur un maillage de cases en ciment à ciel ouvert, de 8 à 15 m² selon les élevages. Les murs sont hauts d'un mètre pour éviter les fugues ; le sol, en pente douce, se termine par un fossé plus ou moins large, qui se prolonge dans les cases contiguës d'une même ligne et est alimenté par de l'eau courante. Ces canaux de baignade sont indispensables au ragondin qui s'avère être un animal d'élevage en or : calme, propre, comique, affectueux et joueur... Chaque case accueille une famille : un mâle et 5 à 6 fe-

(1) Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes ; sous-direction technique des produits.

(2) Ses prédateurs naturels sont les alligators qui, eux, sont restés dans leur pays d'origine contrairement à ce qu'annonçait *La nouvelle république du Centre-Ouest* dans ses colonnes, le 1^{er} avril dernier : la mise à l'eau ce jour-là de trois couples de crocodiles destinés à éliminer les ragondins qui pullulent dans les Deux-Sèvres. Ce poisson d'avril fut pris très au sérieux.

(3) Voir *Un hôte du Marais Poitevin en expansion : le myocastor*, brochure éditée par le Parc naturel régional.

(4) L'élevage du myocastor et celui du vison sont décrits dans des documents édités par l'ITAVI (Institut technique de l'aviculture et des petits élevages). La "bible" du métier, pour le nutria, est ancienne mais riche en détails d'actualité : *Théorie et pratique de l'élevage du myocastor*, de G.V. Kinsel, distribué par F. Sarhan, Castel Fleur, 27320 Nonancourt.

melles, sœurs entre elles pour garantir un minimum de convivialité. Les accouplements ont lieu fin août et fin janvier, de telle manière que la progéniture, née 4 mois plus tard, ait entre 9 et 11 mois (plus de 4 kg) à la saison d'abattage, qui s'étale entre le 1^{er} décembre et le 30 mars (4).

Contrairement à l'élevage du vison carnassier, celui du myocastor (herbivore) ne sent pas mauvais. Il n'est pas non plus bruyant, ni polluant ; il reste artisanal et à l'écart des circuits vétérinaires.

De plus, la nécessité de faire passer un courant d'eau dans les cages pour que ces animaux amphibiens puissent s'ébattre, faire leur toilette et avoir une belle fourrure, est le gage d'un environnement plutôt sympathique. La proximité d'une rivière est ainsi indispensable ; son débit doit être suffisamment régulier pour supporter, été comme hiver, des prélèvements de 500 litres à un m³ d'eau par animal et par jour ; sa température doit se maintenir assez haute l'hiver pour que les canaux de baignade dans les cases ne gèlent pas. Il faut aussi

prévoir un bassin de décantation à la sortie des eaux qui ont couru dans les cases ; moyennant quoi, les eaux qui retournent à la rivière ne chassent pas les truites éventuellement présentes.

Pour M. Gruand, passionné par son élevage situé en bordure de la Pamprou (Deux-Sèvres) et secrétaire général de l'Association des éleveurs, l'existence d'un tel environnement placé dans un micro-climat tempéré prime sur l'investissement de départ, estimé à 500 000 F environ pour son élevage de 1 500 bêtes. Mais la qualité de la fourrure ne dépend pas seulement de l'élevage. Il faut savoir aussi dépecer l'animal (opération soigneuse qui dure un quart d'heure environ), dégraissier sa peau, la faire sécher ni trop vite (elle serait cassante), ni trop lentement (elle risquerait de pourrir) ; il faut connaître un bon tanneur qui donnera à la peau sa souplesse ; enfin il faut démarcher les confectionneurs qui travaillent souvent ces peaux "en allonge" (minutieux travail de découpe et de couture qui transforme une peau en une bande étroite indéformable de la longueur souhaitée) et les transforment en manteaux ou en vestes.

Enfin, il faut créer son propre débouché et être, de ce fait, aussi bon commerçant qu'éleveur. Pour

Plusieurs centaines de tonnes de carottes empoisonnées sont placées chaque année en France sur ce type de radeau (1). Cette méthode de lutte, bien que très réglementée, n'est pas sans inconvénients. Aussi le CEBAS et le Parc naturel régional du Marais poitevin ont-ils mis au point des pièges à appâts (2) qui permettent de ne capturer que les ragondins et de relâcher sains et saufs les loutres, hérons, poules d'eau...



se faire connaître de sa clientèle, M. Gruand parcourt ainsi 25 000 km par an ! La vente directe de lots homogènes à un fourreleur (il faut une vingtaine de peaux pour faire un manteau) évite de passer par le marché de la pelleterie, où la concurrence est vive. Car les "pelletiers" achètent les peaux brutes qu'ils font apprêter, éventuellement "lustrer" (teindre) et qu'ils classent par couleur, taille et qualité (poids du cuir, soyeux des poils, etc.).

Des millions de peaux importées principalement d'Argentine, de Louisiane et de Pologne transitent ainsi sur les marchés internationaux. A cette concurrence, s'ajoute celle des 50 à 70 000 peaux "lustrées" de myocastors sauvages français. Face à cela, la force des éleveurs est de pouvoir présenter une gamme d'une dizaine de nuances colorées différentes. Ce naturel se paie jusqu'à 300 F la peau, dans les couleurs les plus rares (noir, par exemple), mais les fourreurs se plaignent de ne pas avoir le choix, le classement et le suivi souhaité dans la production française d'élevage (environ 15 000 peaux par an). Tous cependant reconnaissent que le myocastor d'élevage français a un avenir si les couleurs se diversifient encore, et si l'offre s'organise mieux.

Marie-Laure Moinet

LIVRES

L'enfant, ce sphinx

Dès l'âge de 3 mois — sinon plus tôt — les bébés distinguent les visages humains parmi les divers objets qui sollicitent leur attention. Quelques semaines plus tard, ils réagissent différemment à des expressions faciales de joie, de colère, de tristesse...

Ils semblent donc reconnaître le sens de ces expressions. Pour étudier leurs réactions, on a pris comme indice de reconnaissance le temps de fixation visuelle. Mais c'est un indice difficile à interpréter. Plus tard s'établira la communication verbale, mais il faudra attendre plusieurs années pour être sûr que des mots comme "joie", "peur", correspondent vraiment chez l'enfant à des concepts clairs. Trois chercheurs québécois ont donc imaginé une méthode qui n'exige pas que l'enfant emploie des mots. On lui raconte une petite histoire très courte dont le héros se trouve en situation d'être effrayé, surpris, joyeux, etc. Puis on lui montre des photos de personnages (hommes ou femmes) mimant l'une des six émotions considérées comme fondamentales. L'enfant est invité à reconnaître la photo correspondant à l'histoire qu'il vient d'entendre. Le système a été appliqué à 240 enfants des garderies et écoles primaires de Québec, répartis en six groupes d'âge. On a trouvé que même avant 4 ans, la détection des messages émotionnels véhiculés par des expressions faciales atteint un niveau élevé. Dès 6 ans, elle se situe à son étage quasi définitif.

Cette observation, avec bien d'autres, est relatée dans *Ethologie et développement de l'enfant* (1) un ouvrage dont le titre mérite

cours de l'évolution, l'espèce a choisi cette solution face aux problèmes posés par l'environnement. A quoi s'est ajoutée l'étude de l'organisation du comportement, c'est-à-dire de la façon dont se regroupent les divers éléments d'une séquence comportementale.

Ayant ainsi reçu son statut, l'éthologie s'est dotée de nouveaux moyens d'action : techniques d'enregistrement (cinéma, vidéo), traitement des données par l'étude statistique et le recours à l'informatique. Elle s'est même montrée assez impérialiste, par sa tendance à empiéter sur d'autres disciplines, voire à les absorber. Des oies et choucas de Lorenz, elle est passée aux primates, dont l'homme lui-même. Inévitablement, elle devait s'intéresser à la compréhension de l'enfance. Domaine d'abord défriché, du point de vue éthologique, par des auteurs anglo-saxons. D'où l'intérêt d'un ouvrage collectif qui, pour la première fois, présente en français un état détaillé des acquis de l'éthologie appliquée au comportement des petits humains. Parmi les auteurs, une majorité de Québécois. Quelques Français, pour la plupart de l'université de Besançon.

Les trois maîtres d'œuvre canadiens de l'ouvrage — R.E. Tremblay, M.A. Provost, F.F. Strayer — en ont confié la préface à un psychologue français, René Zazzo, choix d'autant plus remarquable que la psychologie (comme le souligne Zazzo), tout en ayant elle aussi renoncé à sa définition étymologique (étude de l'âme) ne s'en efforce pas moins de garder sa spécificité menacée d'un côté par l'éthologie, de l'autre par la neurophysiologie. Mais Lorenz lui-même, tout en dialoguant avec ses voilà, n'avait-il pas prévu que l'attitude éthologique enrichirait la compréhension de l'enfance humaine ?

Ethologie et développement de l'enfant justifie cette prédition. Plus de 400 pages où la rigueur méthodologique s'accompagne du souci de conserver un langage accessible aux non-spécialistes, une quarantaine d'études dont la diversité n'empêche pas l'ensemble d'être clairement structuré. Dans la partie consacrée à l'adaptation individuelle, outre l'étude déjà mentionnée, on trouve un travail

sur l'exploration de l'environnement par le jeune enfant, sujet déjà traité par de nombreux chercheurs, à commencer par Piaget, mais que Marc A. Provost renouvelle dans le cadre d'une salle de jeu spécialement aménagée, avec un matériel sophistiqué comprenant une caméra fixe et deux caméras télécommandées, toutes trois dissimulées. A propos de l'adaptation adulte-enfant nous découvrons l'importance des relations olfactives dans l'établissement du lien mère-enfant. Particulièrement importante est la partie consacrée aux relations des enfants entre eux : les données recueillies sur les hiérarchies de dominance, les conflits, les relations amicales pourraient éclairer bien des traits du comportement de l'adulte. A propos des difficultés de l'adaptation chez des enfants handicapés, nous apprenons qu'à partir des interactions précoces mère-enfant, le langage peut se développer de la même manière chez les sourds et les entendants, le langage gestuel étant seulement privilégié chez les premiers, et le langage oral chez les seconds.

Instrument de travail pour les étudiants et les chercheurs, livre-guide pour les parents et les éducateurs, ce livre passionnera tous ceux qu'intéressent les découvertes récentes sur l'enfance humaine.

Michel ROUZÉ

(1) Tremblay, Provost et Strayer. Stock/Laurence Pernoud, 473 p., 130 F.

Jacqueline Fabre et Dr G. Pathé MAÎTRISEZ VOTRE POIDS

Stock, 290 p., 99 F

Un peu moins de 300 pages, mais assez de substance pour le triple. C'est que les auteurs sont riches d'expérience : le Dr Pathé, spécialiste de l'obésité, a dû traiter dans sa carrière une quarantaine de milliers de cas, Jacqueline Fabre, auteur de plusieurs ouvrages (sur le cancer, l'angoisse...), est rompue au dialogue médical et les deux vont droit aux faits.

Les données physiologiques sont présentées dans toute leur complexité, mais clarifiées à l'intention de ceux qui, et ils sont nombreux, ne connaissent ni les adipocytes ni le rôle de l'iode sur l'obésité. Les

données psychologiques, celles qui portent à trop et mal manger, sont également révélées dans toute leur évidence.

Quelques faits "annexes" utiles à rappeler. Tels le témoignage de ce médecin de famille qui, pendant l'Occupation, a vu fondre comme neige au soleil les maladies de surcharge de ses patients, ou encore, l'utilité du yaourt comme moyen de faire prendre du lait à ceux qui ne l'aiment pas. Le rôle de l'entourage est dûment souligné : "les autres" permettent de lutter contre l'obésité.

Il y a aussi de nombreuses indications de menus, qui ne demandent ni de l'héroïsme, ni une organisation domestique compliquée. Un livre sage, compétent et donc utile.

Dr Jean-Michel Bader

Joël de Rosnay LE CERVEAU PLANÉTAIRE

Orban, 298 p., 89 F.

L'intérêt d'un bon chroniqueur est que son commentaire sur l'événement est immédiat, ponctuel et détaillé. L'intérêt d'un chroniqueur tel que Joël de Rosnay est que, scientifique rompu aux problèmes techniques, son commentaire est diversifié. La collection d'articles qu'il vient de réunir en livre conserve, pour ceux qui les ont déjà lus aussi bien que les autres, toute sa fraîcheur, car ils traitent tous de problèmes très actuels.

On reconnaît d'emblée dans ces textes les thèmes chers à l'auteur du *Macroscope* et notamment celui des réseaux d'information, cellulaires, humains ou technologiques. Rosnay s'est attaché depuis plusieurs années à illustrer l'idée que la vie est fondée sur la communication et que celle-ci se structure en partie selon des lois connues et déterminables, et en partie sur des lois autonomes encore indéterminées (thème qui nous rappelle d'ailleurs de près celui d'un génie méconnu de l'informatique au sens très large, l'Anglais Ashby). Nulle surprise, donc, que ses chroniques soient réunies sous les rubriques suivantes : l'explosion de la "micro", les percées de la biologie, le système nerveux de la planète, de l'énergie à l'information, les défis technologiques, des équilibres fragiles (il s'agit de ceux qui

régissent le développement de l'industrie et la qualité de la vie, autrement dit, l'écologie) et la conscience globale.

« Nous sommes les neurones de la Terre », écrit-il dès l'abord, et son effort pédagogique (car qu'est-ce qu'un bon livre sinon un livre qui apprend quelque chose?) vise à rendre son lecteur conscient du fait que la technologie informatique sert à accroître les échanges individuels et collectifs, donc à rendre ces neurones plus performants et finalement, à améliorer la qualité de la vie. Sa confiance dans la technologie est "infectieuse" : Joël de Rosnay ne méconnaît pas les aléas des technologies, il refuse seulement de s'y attarder avec morosité. Il est beaucoup plus intéressé par ce qui se fait — et il est, par exemple, enthousiaste sur l'avènement de la vidéo — que par les grinements des réalisations. Peut-être, parfois, pèche-t-il par excès d'optimisme ; commentant le fait que les micro-ordinateurs soient devenus aussi faciles d'accès dans les universités américaines que l'étaient autrefois les encriers, il ne s'interroge guère sur l'intérêt de l'informatisation massive des jeunes esprits américains. Mais enfin, l'optimisme est d'un commerce plus tonique que son antagoniste. **Gerald Messadié**

Elisabeth Badinter L'UN EST L'AUTRE

Odile Jacob, 366 p., 99 F.

Titre spécieux pour un thème épique : les relations entre hommes et femmes. Nous vivrions l'agonie, sinon la mort, du patriarcat parce que hommes et femmes sont aujourd'hui des « jumeaux de sexe opposé ». La démonstration fait l'objet du livre. Au départ (paléolithique supérieur : - 30 000 à - 10 000 ans), était l'âge d'or de l'humanité, qui se distinguait de l'animalité des primates par une répartition sexuelle des tâches : il y a l'un et l'autre, complémentaires, dépendants mais l'un n'ayant pas une meilleure place que l'autre (ce qui est ignorer qu'il y a répartition des tâches chez les primates, comme chez de nombreux autres animaux).

Les huit millénaires suivants 131

prolongent cet "âge d'or", mais le prestige initial des femmes glisse insensiblement vers leur effacement de la scène. La procréation n'est plus perçue comme une parthénogénèse ; l'homme a découvert l'élevage, s'est approprié l'agriculture et devient le symbole de l'humanité. Aux déesses-mères se substitue la dyade divine, bientôt changée en un dieu que seul peut respecter le système patriarcal progressivement mis en place depuis 3 à 4 millénaires. C'est l'époque historique, qu'E. Badinter place sous le signe de "l'un sans l'autre" : les stéréotypes féminins et masculins se forgent... à peu près tels que les restituent les sondages des Français au début des années soixante.

Pourtant, après la Révolution française, l'exclusion a progressivement cédé la place à la ressemblance : aujourd'hui "l'un est l'autre".

Après le meurtre de Dieu, du roi et du père (piliers du système patriarcal), les hommes ont contribué en luttant pour la démocratie, à faire des femmes leurs égales. Deux conquêtes récentes ont achevé d'en faire, en Occident, ces êtres autonomes que l'on sait : la contraception, qui achève de dissocier féminité et maternité, et l'accès au marché du travail. Ainsi simplifiée, l'analyse perd de sa saveur.

Lorsqu'on n'est pas arrêté par les difficultés d'une lecture constamment entrecoupée de notes de références (fort intéressantes, au demeurant), et que l'on dépasse un démarrage irritant sur la fable préhistorique de la complémentarité originelle des sexes, on lit alors avec intérêt les arguments invoqués : les mythes sur l'origine des sexes, les rites de couvade et d'initiation qui permettent à l'homme de récupérer les pouvoirs de procréation de la femme, les pratiques visant à chasser la bisexualité (tel serait, pour certains peuples, la raison d'être de la circoncision et de l'excision), la guerre des sexes et ses armes ("aux hommes les droits, aux femmes des devoirs"), les "perles" de la misogynie pure (chez un Rousseau ou un Talleyrand) et dure (chez les Nazis), etc.

Mais les dernières conquêtes féminines — maîtrise de la fécondité

et partage du monde économique — sont-elles suffisantes pour justifier ce "l'un est l'autre" d'E. Badinter ? Autant son analyse est pertinente pour ce qui concerne les ressorts de nos modes de vie actuels (en couple ou en célibataire), la mixité de notre société, le narcissisme de ses individus et l'égocentrisme de leur morale, autant son interprétation des sentiments qui s'élaborent entre les "nouveaux androgynes" laisse sceptique. Au moins E. Badinter annonce-t-elle la couleur : pour elle, c'est l'amour-tendresse qui lie le plus sûrement l'homme et la femme, ce qui est l'argument du bonheur pour l'égalité des sexes. Fini, selon elle, l'amour-passion dont le nerf est le désir et la guerre. E. Badinter est de ceux qui « déposent les armes » pour compenser en tendresse et complicité la perte de passion et de désir que notre "similarité" et notre rapport au temps nous interdisent désormais.

Ce dernier est malheureusement peu analysé. A vouloir faire passer toute l'explication du rapport institué entre hommes et femmes par le goulot des spécificités sexuelles, E. Badinter passe sous silence de nombreuses autres causes possibles comme, par exemple, la révolution industrielle : si la femme recherche tant l'autonomie à l'extérieur, n'est-ce pas aussi parce que les machines à laver ont libéré son temps ? Et ce temps libre n'est-il pas la donne, fondamentalement nouvelle — avec son corollaire le chômage — de notre société post-industrielle ?

Autre critique à ce livre dont la matière est extrêmement riche ; comme toute démonstration, elle est parfois tendancieuse. Ainsi son analyse paraît à certains endroits très "parisienne".

De même, elle surestime les découvertes scientifiques sur le développement embryonnaire, la fécondation *in vitro*, l'endocrinologie qui ne s'appliquent qu'à un nombre restreint de personnes, leur coût (humain, économique...) étant encore trop élevé pour qu'on les exploite à d'autres fins que des remèdes de dernier recours (pour l'homme enceint, c'est encore une fiction à peu près aussi souhaitable qu'une grossesse extra-utérine!).

Mais, et l'auteur le souligne

assez, nous sommes seulement à l'aube de ces révolutions biotechniques. Et elles nous réservent des surprises certainement moins agréables que ce livre, ponctuation nécessaire et opportune sur notre société où, plus que jamais, « l'enfer c'est les autres ».

Marie-Laure Moinet

**Ouvrage collectif dirigé par
Thierry Grillet
et Daniel Le Conte des Flots
LA FRANCE HIGH TECH**

Editions Autrement, 279 p., 85 F

Voilà un ouvrage qui devrait remonter le moral de tous les pessimistes, de tous ceux qui pensent que notre industrie est vieillotte, que nos secteurs de pointe ne font pas le poids face à ceux des Japonais et des Américains, que notre recherche bat de l'aile. Oui, affirment bien haut les auteurs, la France de la haute technologie existe, nous l'avons rencontrée. Où ? Dans de petites sociétés au fin fond de la Bretagne ou de la Franche-Comté, dans de grandes compagnies proches des cités. De courts textes d'une ou deux pages nous présentent un panorama de ces entreprises "gagneuses" qui ont tout misé sur les technologies de pointe : l'électronique, les biotechnologies, les nouveaux matériaux (les composites, les plastiques, les alliages particuliers, les céramiques, etc.), l'informatique et sa cohorte de dérivés en "tique" (bureautique, robotique).

Comment certaines entreprises se sont-elles modernisées ? Comment ont-elles abandonné la "chaîne" pour la remplacer par des robots. Comment ont-elles automatisé l'ensemble de leur production du bureau de recherche à l'atelier de fabrication, comment enfin s'y prennent-elles pour faire respecter des normes de qualité ? Là encore c'est avec une suite d'exemples que les auteurs s'efforcent de répondre à ces questions.

La troisième partie de l'ouvrage est consacrée à l'argent ; il ne suffit pas d'avoir des idées, de vouloir moderniser son entreprise, ou de souhaiter y développer des activités de recherche pour réussir, encore faut-il avoir des moyens financiers et savoir frapper à la bonne porte. Le livre vous y aide.

Enfin, cette France *high tech* a-t-elle un quelconque retentissement hors de nos frontières ? Bien sûr, répondent les auteurs qui passent en revue les grands succès de notre technologie comme Ariane, les satellites, le TGV, l'Airbus, etc.

La France *high tech* est un euphorisant tricolore pour les déprimés dont la confiance en notre industrie est défaillante.

Françoise Harrois-Monin

Pardon. De nombreux lecteurs ont sans doute déjà lu dans notre précédent numéro, les dernières lignes de cette critique. En effet, une malencontreuse inversion nous a fait remplacer la fin du texte concernant *Pour une éthique de l'enseignement des sciences* de Gérard Fourez par celle sur *La France high tech*. Nous prions nos lecteurs et Gérard Fourez de nous excuser.

Gérard Guillot LES ORCHIDÉES SAUVAGES DE FRANCE

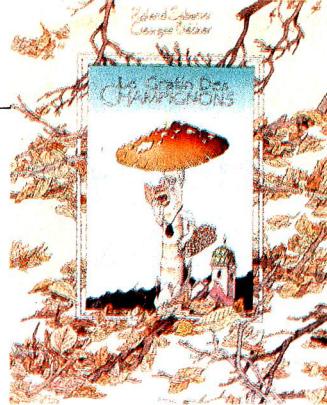
Hatier, 120 p., 52,50 F.

La famille des orchidacées (on disait autrefois orchidées) compte plus de 25 000 espèces. Environ une centaine vivent en France. Gérard Guillot leur a consacré son guide.

Ouvrage d'initiation illustré de 75 photos en couleurs, il contient les notions minimales nécessaires à l'identification de chacune de nos orchidées et à la connaissance de leur mode de vie. La description de chaque plante est accompagnée de données spécifiques, comme l'époque de sa floraison, son écologie, sa distribution géographique. Sont également précisées les variantes d'une même espèce et les caractéristiques qui différencient les espèces ayant des similitudes apparentes.

Ce petit guide n'en serait pas vraiment un s'il avait omis d'évoquer le comportement qu'un amateur naturaliste se doit d'avoir sur le terrain pour contribuer à la sauvegarde des orchidées. La protection de ces espèces, particulièrement menacées par la civilisation, est une nécessité car leurs conditions de vie et de reproduction en font des plantes très sensibles aux modifications du biotope et de ce fait, extrêmement fragiles.

Roger Bellone



Roland Sabatier et Georges Becker LE "GRATIN" DES CHAMPIGNONS

Glénat, 224 p., 185 F éd. courante, 400 F éd. luxe

Originale entreprise, dont l'un des auteurs, Becker, est président d'honneur de la Société mycologique de France : offrir à l'amateur des repères mnémotechniques pour l'identification immédiate des champignons, grâce à un dessin anthropomorphique, non dénué d'humour. Mais ce repère est dûment complété par des indications scientifiques, taille, coupe, biotope, espèces tutélaires, époque de poussée et nom latin ou grec.

Guy Fourré PIÈGES ET CURIOSITÉS DES CHAMPIGNONS

Chez l'auteur 152 rue Jean-Jaurès, 79000 Niort, 288 p., 83 photos, 120 F

Journaliste agricole et mycologue, l'auteur a réuni 120 chroniques sur les champignons, où il traite aussi bien de l'influence de la Lune sur la poussée et du coprin aux vertus présumées anti-alcooliques, que de la vertu des désherbants sur la poussée des morilles et de la "défaite" de la marine britannique par la mérulé... C'est vif et scientifiquement fondé, et c'est aussi une mine d'informations que l'on ne trouve qu'éparpillées dans des publications confidentielles. Voilà bien du Gai Savoir !

Roland Sabatier

LA MÉDECINE EN GAULE

Ed. Picard, 270 p., 200 F.

Un titre peut en cacher un autre. C'est presque le reproche que l'on peut faire à ce recueil de textes parus dans la *Revue archéologique du centre de la France*. En effet, le lecteur en quête d'informa-

tions sur les pratiques médicales du temps de nos "ancêtres les Gaulois", sera déçu par cette étude qui couvre l'époque allant de la Gaule gallo-romaine au Moyen-Age ; il risquera de se perdre dans la masse de textes consacrée aux fouilles, aux relevés archéologiques effectués sur certains sites thermaux ou sanctuaires des eaux et aux divinités gauloises.

L'état des connaissances à ce jour, sur la médecine gallo-romaine se réduirait-il à une histoire d'eaux ? Ce ne serait cependant pas si mal. La tradition médicale celte longtemps n'excelle que dans le domaine des plantes médicinales et la préparation de collyres solides ; puis elle s'enrichit des nouveautés apportées par les Grecs et par les Romains. Parallèlement, des stations thermales françaises se sont développées suivant un axe Rhône-Saône, dès l'époque gallo-romaine.

La fouille de ces sanctuaires thermaux a permis de découvrir des ex-votos anatomiques permettant de mieux connaître les maladies de nos ancêtres, maladies le plus souvent en rapport avec un manque d'hygiène, la sous-alimentation et les maladies pulmonaires.

Les liens très étroits entre le culte des divinités des sources et les guérisons laissent supposer qu'à l'époque le clergé tenait les thermes, et les médecins complétaient l'équipement des grandes stations thermales. C'est à partir de Marcellus, médecin d'origine aquitaine, que le bain est présenté comme thérapeutique en lui-même alors que dans les textes hippocratiques, il n'avait qu'une valeur d'hygiène et que chez Pline, il n'était qu'un adjuvant d'efficacité d'une préparation médicale. Un seul personnage reste à part de cette médecine officielle, principalement masculine dans ses écrits, c'est celui de la sage-femme. Le recueil lui consacre bien peu de lignes.

A noter cependant dans ce livre, une étude intéressante sur la pratique des trépanations, le comportement devant une luxation ou une fracture et les interventions sur la denture à partir de vestiges anthropologiques sur une période allant de l'Epipaléolithique au Moyen-Age.

Dr J.-M. B.▲

SCIENCE JEUX

Les Gaulois avaient raison

JOURNAL DE L'ASTRONOME

Nos ancêtres les Gaulois avaient, dit-on, peur que le ciel leur tombe sur la tête. De nos jours, chacun sait que les étoiles et les corps célestes suivent des orbites parfaitement définies par la mécanique céleste. Les risques de collision avec notre planète sont nuls ou presque. Et pourtant, tous les jours, depuis des millions d'années, la Terre reçoit des "corps célestes".

Le phénomène connu dans le langage courant sous le vocable "d'étoiles filantes" n'engendre à juste raison aucune crainte. Il suscite même l'émerveillement et certains forment un vœu.

Il faut reconnaître que l'appari-

tion subite dans le ciel étoilé d'un point brillant qui se déplace à vive allure, en laissant une traînée lumineuse, avant de disparaître dans une explosion de lumière, étonne et rend admiratif.

De quoi s'agit-il? Rien que de

très banal. L'espace interplanétaire est encombré de particules pierreuses ou ferreuses qui sont probablement les résidus de la création du système solaire.

La Terre, dans son mouvement orbital autour du Soleil, rencontre constamment ces particules. Celles-ci pénètrent alors l'atmosphère terrestre et, sous l'effet de la vitesse, s'échauffent jusqu'à devenir lumineuses avant de se consumer complètement et de disparaître à vos yeux.

Les résidus de cette combustion retombent lentement sur le sol au gré des vents. Il s'agit alors d'un météore (étoile filante) c'est-à-dire un phénomène lumineux.

Si ces particules ont une masse importante (au moins 5 kg) certains fragments parviennent entier au sol, on parle alors — lorsqu'on les retrouve — de météorites.

On estime généralement que la masse totale des matériaux ainsi recueillis par notre globe s'élève à 100 tonnes par jour. Mais cela reste négligeable par rapport à la masse de notre globe. En dix milliards d'années, elle ne s'accroît que d'un vingt millionième !

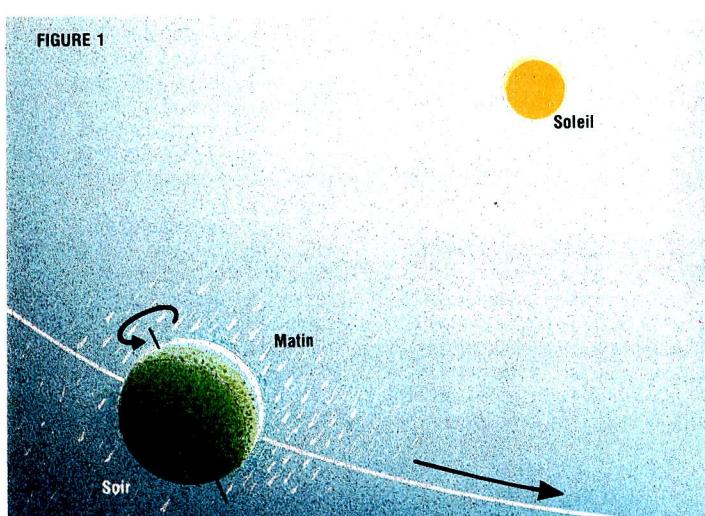
Météore sporadique ou périodique. On s'accorde communément à reconnaître que l'observation d'un météore est due au hasard, et que la trajectoire apparente dans le ciel est imprévisible. Pourtant on peut augmenter ses chances d'observation en regardant le ciel entre 3 h et 6 h du matin. C'est à ce moment-là que les météores sont les plus nombreux.

Les particules que rencontre la Terre sur son orbite sont animées, dans l'espace, d'un mouvement propre quelconque. La **figure 1** nous montre que pour qu'un de ces fragments donne lieu à un météore le soir, il faut qu'il "attrape" la Terre ; alors que le matin (3 h à 6 h) la Terre balaye tout sur son passage.

Le phénomène est le même lorsqu'on se déplace rapidement sous une pluie qui tombe verticalement. Le devant du personnage sera davantage mouillé que le dos.

L'on croit également que les météores sont plus nombreux l'été que l'hiver. Il n'en est rien. On en observe autant en toutes saisons. Mais généralement, les nuits d'été sont moins nuageuses et la température clémente incite davantage à

FIGURE 1



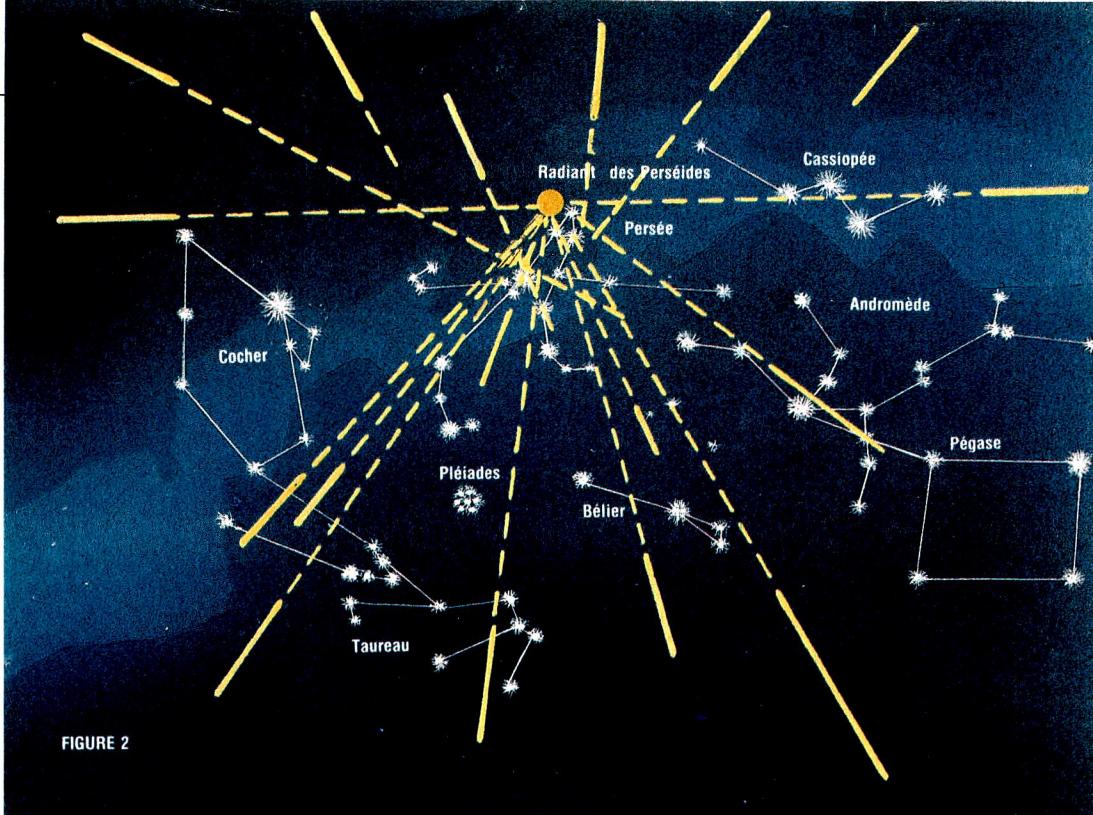


FIGURE 2

En reportant la trajectoire apparente des météores sur une même carte, on détermine ceux qui appartiennent au même essaim.

lever les yeux vers les étoiles.

Pourtant, à certaines dates bien répertoriées, on a plus de chance d'assister à un beau spectacle céleste. Il s'agit alors de météores périodiques car revenant à date régulière. Ces météores ont un point commun. Si, sur une carte du ciel, on reporte leur trajectoire observée, on s'aperçoit qu'ils semblent tous provenir d'un même point du ciel (*figure 2*). Quelquefois d'ailleurs ils apparaissent en grande quantité en même temps. On assiste alors à une "pluie d'étoiles filantes".

Ainsi, en 1866, on nota plus de 6 000 météores à l'heure. En 1933 une pluie d'étoiles filantes dura 3 heures au rythme de 60 météores à la seconde et, en 1966, le 17 novembre, c'est plus de 60 000 que l'on put voir en 40 minutes.

Un fabuleux spectacle qui peut se produire un jour prochain.

Les essaims de météores. L'explication du phénomène est maintenant bien établie : les pluies d'étoiles filantes ou essaims de météores sont dues aux résidus que laissent les comètes périodiques sur leur orbite, poussières issues du noyau et par la perte desquelles les comètes meurent peu à peu.

Lorsque la Terre coupe l'une de ces orbites, la concentration des particules donne lieu à une pluie d'étoiles filantes. Cela se reproduit chaque année à la même époque (*figure 3*).

Le fait qu'à l'observation tous les météores paraissent provenir d'un même point du ciel appelé "radian" n'est qu'une illusion d'optique. Rappelez-vous la dernière fois que vous rouliez à vive allure sous la pluie, toutes les gouttes d'eau semblaient provenir d'un même point en avant du capot.

Pour les pluies d'étoiles filantes, l'illusion est identique (*figure 4*).

Les Perséides. Chacun de ces essaims est répertorié. On lui donne un nom dérivé de celui de la constellation où se trouve le radian.

Ainsi en août, la Terre recoupe l'orbite de la comète de 1862. Le radian se trouve dans la constellation de Persée. On nomme cet essaim "les Perséides". En moyenne, 50 météores sont observables à l'heure. L'essaim des Perséides peut être observé du 23 juillet au

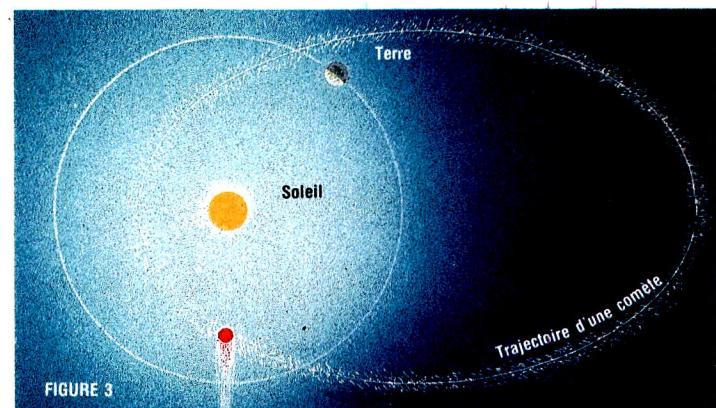


FIGURE 3

24 août. Mais c'est dans la nuit des 11 et 12 août que la concentration est maximale. La Lune, à 48 heures de son premier quartier, ne sera pas gênante, se couchant vers 23 h 38 (heure légale).

Mais attention, n'observez pas uniquement la constellation de Persée. Les Perséides peuvent apparaître dans la totalité du ciel visible. Ce n'est qu'en reportant votre observation sur une carte céleste que vous pourrez déterminer son appartenance à l'essaim.

Intérêt de l'observation des Perséides. L'observation scientifique des météores est encore poursuivie de nos jours pour mieux connaître la trajectoire de ces fragments et améliorer nos statistiques sur le sujet. Pour l'amateur, c'est un excellent entraînement à la connaissance du ciel et surtout des constellations.

Aidez-vous pour cela d'une carte mobile qui vous indiquera de façon simple le ciel visible en fonction de l'heure et du jour d'observation (1). Un entraînement particulièrement nécessaire pour observer en octobre prochain un essaim d'étoiles filantes constitué par les résidus de la comète de Halley. Celle-ci venant d'effectuer son 30^e passage, on peut supposer que la partie d'orbite que la Terre rencontrera alors est la plus chargée de particules ! Il convient d'être fin prêt à cette période.

Photographier les météores. La photographie des météores est possible. Aucun matériel complexe

VISIBLE AU MOIS D'AOUT

4 août	Mercure à 8° de la Lune (à observer le matin vers 6 h légale à l'est)
9 août	Vénus à 2° de la Lune (à l'ouest vers 22 h légale)
14 août	Saturne à 5° (le soir de 22 h à 24 h 30 vers l'ouest)
16 août	Mars à moins de un degré de la Lune (vers minuit au sud-ouest)
21 août	Jupiter à 1° 30' (toute la nuit)
31 août	Vénus à moins de un degré de l'étoile Spica de la Vierge (peu après le coucher du Soleil vers l'est)
Lumière cendrée de la Lune	
du 1 au 3 août	(le matin vers l'est)
du 7 au 10 août	(le soir à l'ouest)
du 30 août au 2 septembre	(le matin vers l'est)

n'est nécessaire. En réalité, le succès sera surtout dû au hasard. Voici comment procéder :

- Utilisez un appareil photo permettant la pose B.
- Munissez-le d'un déclencheur simple à blocage, de façon à laisser l'obturateur ouvert.
- Fixez le tout sur un pied photo stable. Utilisez un film noir et blanc ou diapositive sensible (400 ASA). L'objectif, un grand angle de préférence, sera réglé sur l'infini et le diaphragme ouvert au maximum.
- Pointez au jugé l'appareil vers le ciel. Opérez par une nuit claire, sans Lune, et loin de toute lumière (attention aux phares de voiture).
- Commencez une pose en laissant l'obturateur ouvert par exemple 10 minutes.

Si un météore se produit dans le champ de l'appareil, il sera enregistré par la pellicule. Faites ainsi

plusieurs photographies. Une fois développé, le cliché montrera les étoiles sous forme de traînées parallèles en raison de la rotation de la Terre. Les météores éventuels apparaîtront comme des traits couplant ceux des étoiles (**figure 5**).

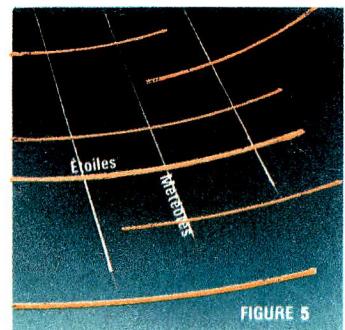
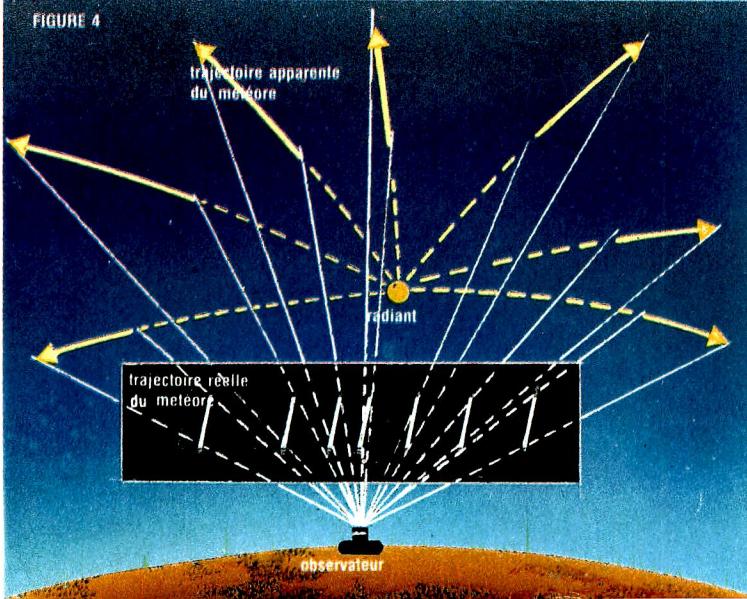
Si vous réussissez un bon cliché, envoyez-le nous en indiquant vos nom et adresse bien sûr mais aussi les détails de la prise de vue (appareils, date, heure, films utilisés, lieu, etc.). Les meilleurs pourront être publiés.

A vos cartes, à vos appareils, pour vérifier si le ciel vous tombe sur la tête. Et puis, si vous observez un beau météore, rien ne vous empêche de faire un vœu.

Yves Delaye

(1) Carte mobile du ciel 2000, éd. ARALR, avec mode d'emploi détaillé. En vente à la Maison de l'astronomie, 33 rue de Rivoli, Paris 4^e. 60 F au magasin — 75 F franco pour les lecteurs de *Science & Vie*.

FIGURE 4



Aspect d'une photographie de météores prise en pose fixe (**ci-dessus**). Une illusion d'optique (**ci-contre**) tous les météores semblent provenir du même point, le radiant. En réalité, leurs trajectoires sont parallèles.

Lévitation inertielle

PHYSIQUE AMUSANTE

D'une machine bien conçue, qui fonctionne à pleine puissance sans une secousse, on dit qu'elle tourne rond : une expression que tout le monde comprend et qui peut s'appliquer à n'importe quel système mécanique, et même aux systèmes humains : une entreprise qui tourne rond, chacun sait aussi. Ce qui suppose d'ailleurs qu'il y a des choses qui ne tournent pas rond, et que ce sont même les plus nombreuses. Sans chercher très loin, un ensemble qui tourne rond, c'est un ensemble où toutes les forces antagonistes sont mutuellement équilibrées. Autant dire que c'est un idéal peu commode à atteindre en mécanique puisque l'équilibre total des forces suppose une précision mathématique qui n'est jamais atteinte dans la réalité quotidienne. Tous les ensembles montés de main d'homme supposent des attaches et des liaisons, pour ne pas voir les éléments constitutifs se disperser au premier mouvement, et ces liaisons présentent obligatoirement un certain jeu : dès le départ, c'en est fini de la précision géométrique absolue.

Au ciel, par contre, les liaisons entre planètes, étoiles et satellites sont immatérielles : ce sont des champs de force parfaitement définis par le calcul vectoriel, et du coup les corps célestes suivent leur voie dans le vide intersidéral avec une fluidité absolue, sans un bruit ni une vibration. A y regarder de près, les forces qui gouvernent les planètes sont pourtant exactement les mêmes que celles qu'on retrouve dans un moulin à café ou une mobylette : l'inertie et la force centrifuge, la seconde n'étant qu'une conséquence de la première.

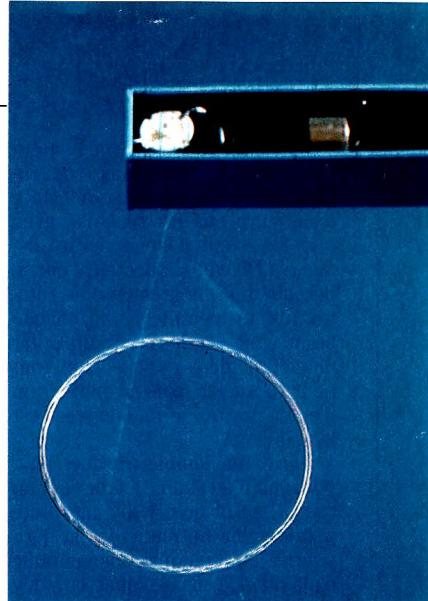
Dans son énoncé formulé il y a maintenant trois siècles par Newton, le principe d'inertie est simple : tout corps abandonné à lui-même sans aucune contrainte poursuit son chemin en ligne droite à vitesse constante. Autrement dit, l'état de tranquillité absolue, c'est la fuite en avant sans espoir de retour, ce qui suppose un

horizon illimité et parfaitement dégagé. Mais, même au ciel, cet horizon n'existe pas : le fond de l'espace est plein d'étoiles — il y en a toujours une dans une direction donnée — qui, non seulement constituent des obstacles très solides, mais exercent autour d'elles une attraction de gravitation qui fera dévier le mobile. Autant dire que la fuite en avant se termine toujours mal.

La ligne droite *ad aeternam* étant impossible dans l'Univers, il ne reste qu'une alternative : la ligne droite aller-retour, le mouvement de va-et-vient, ou abandonner la ligne droite pour tourner en rond. Mais dans les deux cas on va se heurter au principe d'inertie : le mouvement naturel, c'est la ligne droite en sens unique, et pour contrer la nature il faut apporter une force en sens contraire ; si elle n'équilibre pas exactement la force d'inertie, d'autres forces secondaires vont apparaître et apporter des perturbations qui se traduiront par des secousses et des vibrations.

Le mouvement de va-et-vient rectiligne, celui d'une aiguille de machine à coudre ou d'un piston de moteur à essence, est utile en mécanique mais très médiocre par principe : car le mobile parti en ligne droite, il va falloir le freiner pour l'arrêter avant de le relancer en sens inverse, d'où une perte d'énergie irrécupérable. Qui plus est, la même perte se retrouve en fin de course arrière, quand il faut relancer le mobile en avant, et ainsi de suite à chaque fois. Il en résulte que toute machine alternative est génératrice de secousses, de vibrations, et de pertes d'énergie importantes. Un moteur à piston ne tourne jamais vraiment rond, et il a fallu des années de recherches et d'expérimentations pour amener les voitures à leur niveau actuel de rendement et de fiabilité.

Le mouvement en rond est plus satisfaisant parce qu'il n'y a plus ces discontinuités à chaque changement de sens. Mais le principe d'inertie est toujours là : pour faire



quitter la ligne droite à un mobile quelconque, il faut lui apporter une force, dite centripète, dont la réaction n'est autre que la force centrifuge. Si une voiture menée trop vite sort de la route, c'est simplement parce qu'elle veut poursuivre son mouvement en ligne droite. Quand on oriente les roues directrices pour la faire changer de cap, c'est exactement comme si on tiraillait la route à droite ou à gauche avec la voiture dessus. Quand on tire trop sec, ou quand on braque le volant trop vite, ce qui revient exactement au même, il se passe un phénomène identique à celui qui survient quand on tire d'un coup brutal le tapis sur lequel marche quelqu'un : il y a décrochement.

Du point de vue théorique, pour amener une voiture à tourner sans risque, il vaudrait mieux lui lancer un grappin au bout d'un câble solidement fixé au sol : elle virerait aussi vite qu'on fait tournoyer une pierre au bout d'une ficelle. La tension exercée par le fil pour tirer le mobile hors de la ligne droite n'est autre que la force centripète. La force antagoniste qui tend le câble, c'est la force centrifuge. Cette force existe dès qu'il y a mouvement tournant, même si celui-ci n'est pas circulaire, et elle existe pour tout point matériel suivant une trajectoire courbe.

C'est là que les choses se compliquent, car en pratique les mobiles tournants ne sont pas des points au bout d'un fil infiniment mince, mais des hélices, des roues, des disques, des engrenages qui

représentent une masse de matière répartie autour d'un axe de rotation. Or chaque point de cette masse tire sur les suivants, avec une force qui dépend de sa distance à l'axe et qui peut être considérable dès que la vitesse de rotation est un peu élevée. Si chaque point était équilibré par un point diamétralement opposé, tout irait pour le mieux mais, la perfection n'étant pas de ce monde, ce n'est jamais le cas.

Dans un simple disque plat, pourtant bien simple à fabriquer au tour, il suffit qu'il y ait une toute petite saillie de matière à la périphérie, ou une microbique bulle d'air dans la masse, pour qu'il n'y ait plus compensation parfaite de chaque point matériel. On dit que le disque a un balourd même si celui-ci n'est décelable qu'au microscope : à très grande vitesse, la force centrifuge sera suffisante pour que ce balourd, ne tirant que d'un seul côté sans être équilibré, crée des vibrations qui ne seront nullement négligeables.

Ajoutons que l'équilibre entre chaque point doit être rigoureusement symétrique par rapport à l'axe — toute dissymétrie de ce type correspond à ce qu'on appelle un disque voilé. Autant dire qu'il est difficile d'avoir une banale roue parfaitement équilibrée, ce que tous les conducteurs connaissent depuis qu'il y a des voitures. En pratique, ce sont d'ailleurs les vibrations qui usent un moteur, beaucoup plus que les frottements, car ces vibrations sont équivalentes à de très petits chocs indéfiniment répétés.

Les seules rotations équilibrées sont celles qui se passent d'axe matériel, à commencer par le mouvement des planètes autour du Soleil : la force centrifuge est à chaque instant équilibrée par l'attraction gravifique ; ne le serait-elle pas que la planète s'éloignerait ou se rapprocherait du Soleil jusqu'à se stabiliser à la distance exacte où la balance entre les deux forces est réalisée. A part les corps célestes, tout objet lancé en l'air avec une certaine rotation se met aussi à tourner sur lui-même sans aucun axe matériel, réalisant ce qu'on appelle une rotation libre. Toute perturbation due à la force centrifuge amène un changement dans la position du mobile tel que

l'équilibre soit atteint. A ce moment, l'objet se met à tourner autour de l'un des trois axes principaux d'inertie, en général autour de l'axe d'inertie maximum qui correspond aussi à la stabilité maximum.

Il faut ici considérer que le principe d'inertie, qui stipule que tout corps offre une résistance au déplacement, se traduit par la loi fondamentale $F=m.a$ où F est la force, m la masse de l'objet et a l'accélération. Il faut donc exercer une certaine force pour déplacer

d'inertie maximum, alors que l'axe du barreau lui-même est l'axe d'inertie minimum. En rotation libre, c'est-à-dire sans aucun support matériel ni palier de liaison, un tel barreau lancé en l'air — ou dans le vide interplanétaire — avec une rotation autour d'un axe quelconque finira toujours par tournoyer autour de la droite perpendiculaire à son milieu. De même les balles de fusil, souvent très allongées, sont lancées avec une rotation très rapide autour de leur axe pour bénéficier de la stabilité

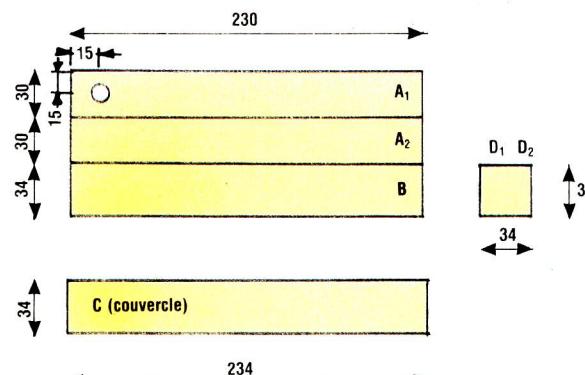


FIGURE 1

avec une accélération qui lui est proportionnelle, une masse donnée. Le même principe s'applique aux rotations : il faut exercer un couple, une torsion, pour remettre un objet en rotation, et de même qu'un corps résiste à une translation par sa masse qui est un coefficient d'inertie, il résiste à la rotation par son moment d'inertie.

Mais, tandis que la masse est une caractéristique intrinsèque de tout corps matériel, le moment d'inertie dépend de l'axe selon lequel on veut faire tourner l'objet. On peut en avoir une idée intuitive et réaliste, en considérant par exemple un barreau de fer ayant 20 cm de long pour 4 cm de diamètre ; on peut déjà le faire tourner selon deux axes différents : soit en le considérant comme une hélice (axe perpendiculaire au milieu du barreau) soit en le prenant comme un cylindre. Or il faut 20 fois plus d'effort pour le faire tourner comme une hélice que comme un cylindre autour de son axe.

De ce fait, l'axe perpendiculaire au milieu du barreau est l'axe

gyroscopique ; mais il suffit qu'elles heurtent la moindre brindille pour que le déséquilibre produit les amène à osciller, puis à tournoyer en tous sens autour de leur centre de gravité.

En effet, en rotation libre, tout objet se met automatiquement à tourner autour d'un axe passant par son centre de gravité. Ajoutons que, de même que la loi fondamentale de la dynamique s'écrit $F=m.a$ pour une translation, elle se note $C=J.w$ pour une rotation, C étant le moment du couple à fournir pour l'amener à tourner avec l'accélération angulaire w autour d'un axe pour lequel le moment d'inertie est J .

Abandonné à lui-même avec une rotation quelconque, un objet de forme quelconque se met toujours à tourner autour de son axe d'inertie maximum. Et s'il est lancé autour de l'un des deux autres axes principaux (il y en a trois perpendiculaires entre eux : inertie maximum, moyenne et minimum) la moindre perturbation l'amènera à changer de lui-même pour se

mettre autour de l'axe d'inertie maximum. Cela est dû à ce que tout décalage en direction par rapport à cet axe engendre des forces centrifuges non équilibrées dont le couple de rappel ramène l'objet vers l'axe d'inertie maximum.

Cette propriété est facile à vérifier avec le montage proposé qui consiste à faire tourner une chaîne pendue verticalement au bout d'un fil ; en peu de temps, la chaîne se redresse pour venir dans un plan horizontal où elle tourne en formant un anneau circulaire presque parfait. Ceci est dû à ce que le moment d'inertie d'un anneau de rayon r et de masse m autour d'un diamètre est $1/2 m.r^2$, alors qu'autour de son axe il est $m.r^2$, donc deux fois plus grand. C'est pourquoi la chaîne, qui au départ pendouille verticalement, se met à tourner comme une auréole.

Voici le matériel nécessaire :

- polystyrène choc de 2 mm d'épaisseur,
- 1 moteur électrique 4,5 V,
- 1 boîtier de pile ronde 1,5 V,
- 1 potentiomètre, ou résistance variable bobinée de 10 ohms,
- 50 cm de chaînette laiton mailloons de 6×3 mm,
- fil nylon pour la pêche de 30 centimètres.

Tous les éléments se trouvent facilement chez les revendeurs de matériel radio ou les spécialistes de modèles réduits ; quant à la chaîne et au fil à pêche, on peut se les procurer chez les quincaillers ou dans les grandes surfaces. Toutefois, ceux qui n'ont pas envie de courir les magasins peuvent s'adresser à Pierson entreprise, BP 609, 57206 Sarreguemines cedex, qui se chargera d'expédier ces éléments, franco de port, pour 98 francs ; on joindra donc un chèque de ce montant à la commande.

Ajoutons le matériel classique du hobbystyrène : trichloréthylène, colle cyanocrylate, cutter X-acto avec lame courbe n° 28, règle métallique, papier abrasif, fer à souder et crayon. Muni de tous ces ingrédients, on peut entamer la construction.

Ainsi qu'on le voit **figure 2**, le dispositif comporte un petit moteur électrique fonctionnant normalement sous 4,5 V mais ici alimenté sous tension bien moindre : une pile de 1,5 V logée dans un support ; le support n'est pas indis-

pensable mais si l'on soude directement les fils aux bornes de la pile, il faudra prévoir un interrupteur. Il faut aussi un potentiomètre, ou rhéostat, ou résistance variable de 10 ohms à piste bobinée (ceux qui sont à piste carbonée ne conviennent pas, l'intensité du courant, quoique faible, dépassant leur tolérance).

Les trois composants, moteur, pile et rhéostat sont montés en série ; le rhéostat est destiné à contrôler l'intensité du courant qui alimente le moteur pour en faire

du moteur. On l'immobilisera avec un peu de colle cyanocrylate en faisant très attention de ne pas en mettre dans le palier. Le boîtier de la pile sera collé avec de la colle Uhu-Plast. Pour le potentiomètre, il n'y a pas de règle car la présentation varie selon les modèles ; on le fixera donc selon le possibilités, soit en rabattant les languettes dans deux trous percés à l'avance dans A_1 , soit en le vissant à l'aide de son écrou axial à C on ménagera une longueur de fil enroulé en spires. Les liaisons électriques

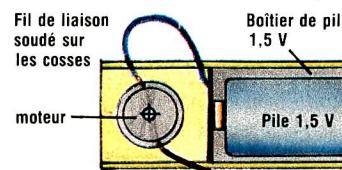


FIGURE 2

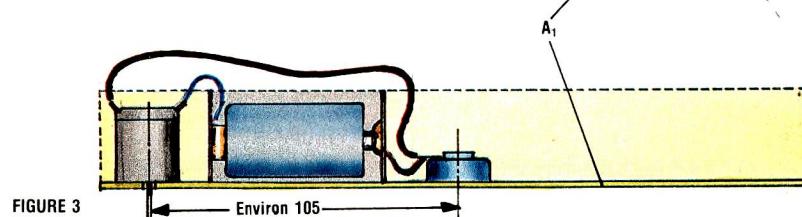


FIGURE 3

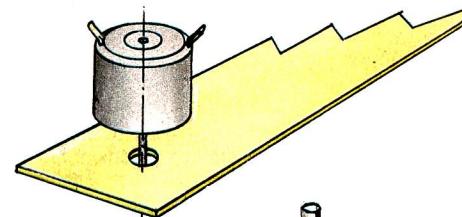
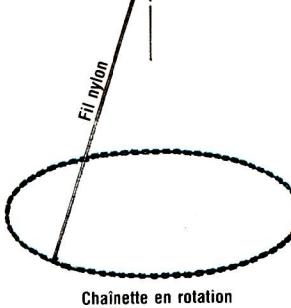
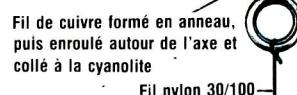


FIGURE 4
Anneau de fixation
du fil de nylon



(figures 2 et 3), se feront par soudure du fil sur les cosses prévues à cet effet sur les divers composants. Si l'on ne dispose pas d'un support de pile, on soudera directement aux deux bouts, la polarité étant indifférente ; mais il faudra

alors prévoir en plus un interrupteur selon le plan de câblage de la **figure 3**.

On coupera ensuite 45 cm de chaînette en laiton dont on réunira les deux extrémités afin de former un anneau fermé, en s'aidant de pinces pour ouvrir et refermer l'un des maillons. Il restera à nouer l'extrémité du fil de nylon — fil à pêche de 30/100 — à la chaînette. La fixation de l'autre extrémité du fil (40 cm de long) à l'axe du moteur se fera par l'intermédiaire d'une pièce fabriquée avec un petit morceau de fil de cuivre mis en anneau, torsadé sur l'axe et enfin fixé avec de la colle cyanoacrylate, genre Uhu, Lock-Tight ou Cyanolit ; encore une fois, on fera attention à ne mettre que la quantité nécessaire en évitant toute fuite en direction du palier. Ce type d'attache permet de changer facilement le fil de nylon qui travaille en torsion et a tendance à boucler.

La mise en œuvre est simple : il s'agit d'obtenir la rotation de la chaîne selon la verticale, puis d'observer comment elle se redresse pour se mettre à l'horizontale et prendre une forme circulaire. La pièce A₁, équipée de ses composants mais pas encore fermée ni munie de la pile, sera posée sur une table de telle façon que la chaîne pende au bout de son fil sans toucher ni le sol, ni un pied

de la table. Autrement dit, la pièce A₁ doit dépasser le plan qui la soutient (**voir photo**).

Cela fait, on engage la pile dans son logement, ou on met l'interrupteur en route, et on règle la vitesse du moteur en agissant sur le potentiomètre de telle façon qu'elle soit la plus faible possible. On remarquera qu'une certaine intensité est nécessaire pour que le moteur démarre en charge. A une position donnée de l'axe du rhéostat, le courant suffit pour entretenir le mouvement, mais pas pour lancer le moteur. Pour y parvenir dans ce cas, il suffit de le lancer à la main.

Au début de la rotation, la chaîne aura tendance à se torsader et ne prendra pas la forme souhaitée. On arrêtera alors l'axe du moteur avec les doigts, et on attendra que la chaîne s'ouvre d'elle-même sous l'action de la force centrifuge et commence à s'ovaliser — par inertie et sous l'influence du fil torsadé, elle continue à tourner. Dès que la chaîne commence à s'ouvrir, on libère l'axe et on lance le moteur. La chaîne s'ouvre de plus en plus au fur et à mesure que la vitesse croît ; sa forme est ovale, avec la plus forte courbure à la partie supérieure par suite de la pesanteur. Mais elle tourne autour d'un diamètre, axe de moindre inertie et la moindre disparité dans la position des maillons par rapport

au centre de l'ovale formé amène des forces centrifuges dont le couple tend à remonter les anneaux. Sous l'action de ces forces, la chaîne finit par se redresser pour se mettre à l'horizontale. Elle tourne alors selon son axe d'inertie maximum, position stable comme on pourra le vérifier en essayant, délicatement, de rabaisser la chaîne.

Il est curieux de voir cet anneau mobile défier les lois de la pesanteur, mais les couples dus à la force centrifuge lui sont nettement supérieurs en intensité. En utilisant un fil mince et un éclairage soigné, on peut ainsi voir un anneau qui semble tourner dans le vide comme une auréole dorée.

En pratique, il n'est pas toujours commode d'obtenir directement cet effet, et au début on sera obligé de reprendre plusieurs fois la manœuvre de lancement. Si on lance trop rapidement le moteur, des boucles ne manqueront pas de se produire, car le fil en nylon joue le rôle d'une ressort axial intermédiaire entre l'axe du moteur, et la chaînette dont l'inertie n'est pas négligeable. Avec un peu de patience, on obtiendra aisément l'effet, et on le répétera ensuite sans aucune difficulté. Si le fil de nylon venait à trop se vriller, il faudra le remplacer.

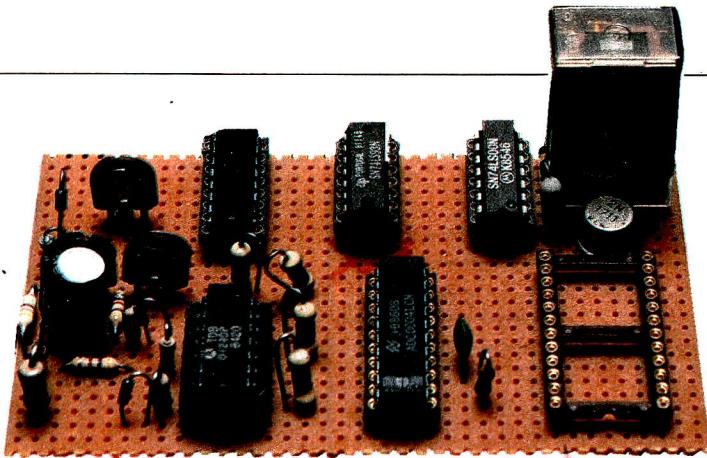
Le même procédé peut être appliqué à des chaînes beaucoup plus lourdes, mais avec une liaison plus solide qu'un fil de pêche et un moteur plus puissant. Le principe reste identique, mais chacun devra composer son montage. Il faut toutefois rappeler qu'en cas de rupture du fil de soutien, une chaîne lourde lancée avec une très grande vitesse de rotation se comporte comme un anneau rigide. En effet, l'équilibre entre les forces de liaison des anneaux entre eux et la force centrifuge, très intense pour les rotations rapides, lui donne la rigidité d'un cerceau métallique. C'est ainsi que si la chaîne se décroche, on la verra rouler au sol à toute vitesse et rebondir sur le premier mur venu. En fait, la trajectoire exacte d'une chaîne abandonnée librement avec une rotation très élevée fait intervenir les moments d'inertie, la force centrifuge et des effets gyroscopiques qui justifieraient à eux seuls un autre sujet.

Renaud de La Taille

LA MACHINE DE WIMSHURST

L'année dernière, il nous avait fallu quatre numéros (avril n° 811 à juillet n° 814) pour décrire complètement la machine de Wimshurst, matériel perfectionné et performant mais délicat à construire. Un de nos lecteurs de la Côte d'Or, M. Rigneault, a perfectionné notre montage et réalisé la machine en altuglas, apportant à l'assemblage et à la finition un soin qui est évident sur cette photographie. Nous sommes heureux de voir que notre rubrique peut mener à des montages dont la qualité n'a rien à envier aux réalisations industrielles.





Commandez votre chauffage central

INFORMATIQUE AMUSANTE

Comme nous l'avons dit nous améliorerons, ce mois-ci, notre thermomètre de manière à pouvoir l'utiliser comme régulateur de température pour une installation de chauffage central individuelle. En premier lieu nous le doterons de deux capteurs. Le premier utilisé pour la mesure de la température intérieure, le second pour la température extérieure. En effet ces deux contrôles sont indispensables pour éviter des problèmes de surchauffe et donc pour optimiser le fonctionnement de la chaudière. Rappelons que les radiateurs d'une installation de chauffage central possèdent une inertie thermique qui est loin d'être négligeable. Par exemple, si un thermostat d'intérieur unique est réglé sur 20°C, la chaudière s'éteint au moment où l'air de la pièce se trouve à 20°C; cependant les radiateurs seront alors à leur température maximale de fonctionnement. Bien que le chauffage soit coupé, la température continuera à monter au-delà de 20°C et ce jusqu'à un point dépendant des pertes thermiques de la maison, donc essentiellement lié à la température extérieure. Inversement, toujours dans le cas d'un thermostat unique, la chaudière se remettra en route lorsque la température de l'air sera inférieure à 20°C. Mais alors les radiateurs se-

ront froids. Avant d'être efficaces il faudra donc qu'ils commencent par chauffer et durant ce laps de temps la température descendra au-dessous de 20°C. Pour optimiser le fonctionnement d'un chauffage central, l'idéal est donc de couper la chaudière un peu avant que la température désirée soit atteinte, et ce en fonction de la température extérieure, puis de la redémarrer également avant que le seuil minimum soit atteint. Certes en dehors de la température extérieure, le coefficient d'isolation thermique de chaque habitation devra être pris en compte afin de calculer le décalage à donner aux ordres de mise en route ou d'arrêt de la chaudière. Ce coefficient sera déterminé expérimentalement puis transmis au programme.

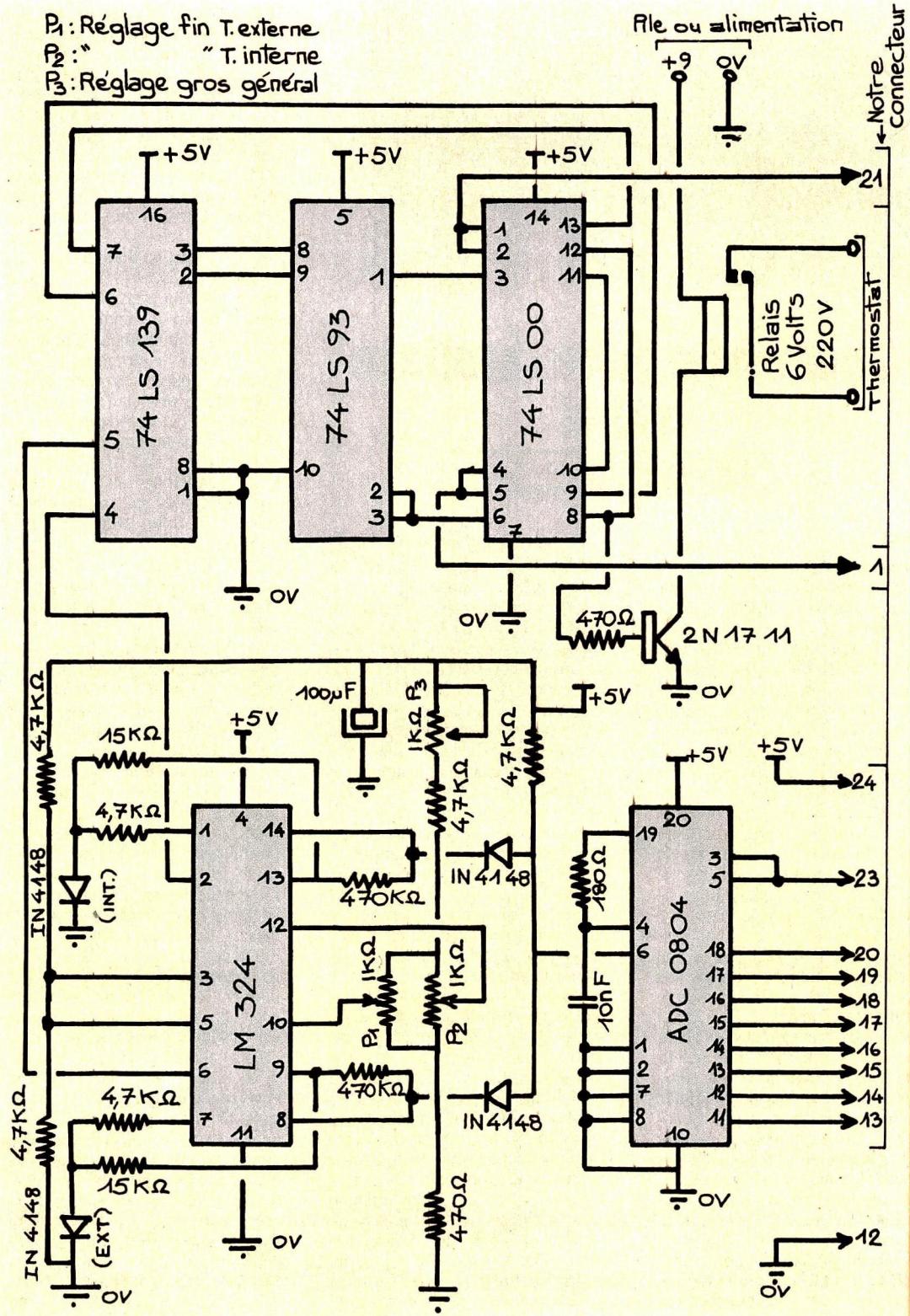
Munis de ces quelques précisions passons donc à l'étude de notre carte. Comme plusieurs informations différentes devront être échangées avec l'ordinateur à partir du même port (même adresse) d'entrée-sortie, nous mettrons en place un petit protocole de conversation. Afin de conserver un bon synchronisme de fonctionnement entre carte et programme nous initialiserons celle-ci régulièrement grâce à une instruction OUT 255. Chaque fois que cet ordre se présentera la carte se positionnera en début de cycle et sera donc prête, à la première in-

terrogation du programme, à fournir la température intérieure, puis la température extérieure, puis à commander la mise en route de la chaudière et enfin son arrêt. Le cycle complet sera donc effectué après quatre demandes du programme suivant un ordre OUT 255. Notons que ce cycle ne sera que rarement effectué entièrement. En effet dans la majeure partie des cas OUT 255 interviendra avant qu'il soit terminé et la carte sera donc prête à entamer un nouveau cycle. Ce protocole sera géré par un simple compteur. OUT 255 commandera sa remise à 0 et chaque instruction IN 255, question posée à la carte par le programme, provoquera son incrémentation. Un décodeur sélectera alors le sous-ensemble de la carte concerné par la question posée. Les mesures de température seront effectuées par un procédé similaire à celui utilisé le mois dernier.

La commande de la chaudière sera, quant à elle, assurée par un relais. Nous verrons plus loin où le placer.

Le programme que nous vous proposons pour piloter cette interface n'est qu'un exemple et pourra être modifié au goût de chacun. Ses points les plus intéressants, directement réexploitables en cas de modification, sont les trois sous-routines d'échange de données. La sous-routine 1000 (lignes 1000 à 1120) permet à l'ordinateur de connaître température intérieure et extérieure. Un facteur de linéarité (KL) sera utilisé pour compenser les erreurs de mesure dues aux composants du montage. Ici, comme dans le cas du thermomètre décrit le mois dernier, la température sera calculée en effectuant une moyenne sur 100 mesures. La sous-routine 2000 se charge de la mise en route de la chaudière. Pour cela, elle enverra à la carte un OUT suivi de trois IN. Le relais collera alors. Inversement la sous-routine 3000 aura pour fonction de couper le chauffage. Son principe est identique à celui de la sous-routine précédente sauf qu'ici OUT sera suivi de quatre IN. Notons que ces deux sous-routines donnent à la variable CH soit la valeur 1 soit la valeur 0. Cette variable sera utilisée pour indiquer, sur l'écran de

P₁ : Réglage fin T. externe
 P₂ : " " T. interne
 P₃ : Réglage gros général



l'ordinateur, si la chaudière est allumée ou non.

Ce programme ne comporte pas de fonction de programmation horaire. A cela deux raisons. D'une part sur les micro-ordinateurs si la fréquence de fonctionnement du quartz qui les commande est relativement stable elle peut, par contre, varier d'un appareil à l'autre. Une "horloge" réalisée autour d'un programme unique risquerait donc d'avancer fortement sur un appareil alors qu'elle retarderait sur un autre.

D'autre part chaque type de machine possède des instructions propres telles que PAUSE, WAIT, etc., permettant de déterminer des intervalles de temps calibrés. Libre à vous, donc, d'inclure ou non une telle possibilité dans le programme et ce en fonction de votre appareil.

Hormis ce point, le programme présenté ne doit pas poser de problème de frappe particulier. Les instructions utilisées étant standard, son adaptation à d'autres micro-ordinateurs que le ZX Spectrum est relativement simple.

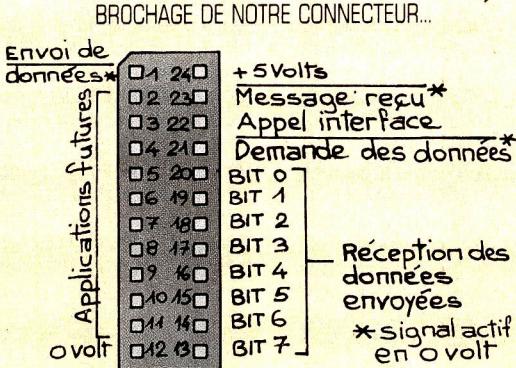
pératures intérieures et extérieures. Ce réglage devra être effectué après avoir équipé les deux sondes (diodes) de la longueur de câble définitive ; ce dernier pouvant modifier légèrement la mesure. Cette première opération terminée, on vérifiera que le relais répond correctement aux instructions transmises par l'ordinateur en utilisant les touches M, pour marche, et A pour arrêt. Si ces divers points vous donnent satisfaction le montage sera prêt à être utilisé et le programme pourra soit être lancé en tapant ENTER, soit être modifié à votre convenance.

Pour raccorder ce montage au circuit électrique de la chaudière nous utiliserons les fils du thermostat d'ambiance, si l'installation en est pourvue ; ou nous repérerons sur la chaudière le bornier destiné à son éventuel raccordement. Si l'installation ne comporte pas de thermostat, le contact travail du relais sera connecté aux deux points du bornier après avoir retiré le cavalier les réunissant. Dans le cas contraire, trois possibi-

```

10 BORDER 0: PAPER 0: INK 5: C
LS
20 LET CT=0
30 LET CH=0
40 LET KLE=0
50 LET KTH=0
60 LET DT=0
100 GO SUB 3000
110 PRINT "SEQUENCE DE REGLAGE"
120 PRINT
130 PRINT "POUR PASSER A L'EXECUTION DU"
140 PRINT
150 PRINT "PROGRAMME TAPER: ENT"
160 PRINT "PRINT: PRINT "facteur d' inertie thermique"; KTH
150 PRINT AT 14,0;"TEMPERATURE INTERIEURE"
170 PRINT AT 16,0;"TEMPERATURE EXTERIEURE"
180 PRINT AT 18,0;"MISE EN ROUTE CHAUDIERE TAPER: M"
190 PRINT AT 20,0;"ARRET DE LA CHAUDIERE TAPER: A"
200 LET KBD=CODE INKEY$#
205 GO SUB 1000
210 IF KBD=129 THEN GO SUB 2000
220 IF KBD=97 THEN GO SUB 3000
230 IF CH=0 THEN PRINT AT 10,0;"CHAUDIERE ETEINTE."
240 IF CH=1 THEN PRINT AT 10,0;"CHAUDIERE ALLUMEE."
250 IF KBD<13 THEN GO TO 200
260 LET TI=TI:CLS
300 INPUT "TEMPERATURE DESIREE"
310 CLS
320 PRINT "TEMPERATURE DESIREE"
330 :TD: PRINT: PRINT "Facteur d' inertie thermique"; KTH
330 PRINT AT 14,0;"TEMPERATURE INTERIEURE"
340 PRINT AT 16,0;"TEMPERATURE EXTERIEURE"
350 IF CH=0 THEN PRINT AT 10,0;"CHAUDIERE ETEINTE."
360 IF CH=1 THEN PRINT AT 10,0;"CHAUDIERE ALLUMEE."
370 LET DT=TI:TI GO SUB 1000
380 LET DT=TD-TE
390 IF DT<=0 THEN GO SUB 3000
GO TO 350
400 IF CH=1 THEN GO TO 500
410 IF TI>TI AND TI<(TD+1KTH+D)
T) THEN GO SUB 2000
500 IF CH=0 THEN GO TO 600
510 IF TI>TI AND TI>(TD+1KTH+D)
T)/1000) THEN GO SUB 3000
500 GO TO 350
1000 LET AI=0: LET RE=0
1010 LET TI=0: LET TE=0
1020 FOR I=1 TO 100
1025 IF INKEY$="" THEN LET I=100
1030 RETURN
1030 OUT 255,0
1040 LET HI=AI+IN 255
1050 LET RE=RE+IN 255
1060 NEXT I
1070 LET TI=INT (((((AI/100)*KL)-
1080 +10)/10)
1090 LET RE=INT (((((RE/100)*KL)-
1090 +10)/10)
1100 PRINT AT 14,255, TI
1110 PRINT AT 16,255, TE
1120 RETURN
1130 OUT 255,0
2010 FOR I=1 TO 3
2020 LET CT=IN 255
2030 NEXT I
2040 LET CH=1
2050 RETURN
3000 OUT 255,0
3010 FOR I=1 TO 4
3020 LET CT=IN 255
3030 NEXT I
3040 LET CH=0
3250 RETURN

```



Seule l'instruction PRINT AT est particulière au Spectrum ; elle détermine l'endroit où seront inscrits les commentaires sur l'écran. Elle a donc pour équivalent : LOCATE, H TAB - V TAB, CURSET, etc.

Une fois cablage et frappe du programme terminés, les essais pourront commencer. La séquence de réglage sera utilisée. En premier lieu les potentiomètres ajustables de la carte seront positionnés de manière à obtenir un affichage aussi précis que possible des tem-

ités se présentent :

- supprimer le thermostat ;
- brancher le relais en parallèle sur le thermostat, auquel cas il deviendra prioritaire si la température descend trop bas (arrêt du programme après une courte coupure de courant, par exemple) ;
- brancher le relais en série sur le thermostat ; il sera alors prioritaire si la température s'élève trop (mauvais réglages ou panne du système).

Hormis ce type d'application,

d'autres utilisations peuvent être envisagées pour ce montage, notamment en utilisant les sondes pour mesurer la température de l'eau circulant dans les tuyaux d'une installation comportant un capteur solaire, par exemple, de manière à commander ou non la mise en route de la pompe de circulation. **Henri-Pierre Penel**

• L'ensemble de ces composants est disponible chez Magnetic France, 11 place de la Nation, 75011 Paris.

Suivez vos fils

ELECTRONIQUE AMUSANTE

Il est de plus en plus fréquent, dans les installations électriques récentes, que les fils soient cachés dans des saignées pratiquées dans les murs. Si, sur le plan de l'esthétique, cette solution est idéale elle peut, par contre, conduire à certaines mauvaises surprises lorsqu'il s'agit de percer un trou dans un mur, pour y accrocher une vitrine par exemple. Notre petit montage vous permettra donc de suivre les fils de votre installation à la trace. Son utilisation sera des plus simples. Seule condition: brancher une lampe de 100 watts au moins, ou tout autre appareil, sur la prise, ou la douille, alimentée par le fil à détecter. Le principe de fonctionnement de notre réalisation est également élémentaire. En effet, dès qu'un conducteur électrique est parcouru par un courant, un champ magnétique est créé. Dans notre cas, comme il s'agit de courant alternatif le champ magnétique engendré sera également alternatif. Si nous réussissons à détecter ce champ, nous aurons, par voie de conséquence, détecté le conducteur. Comme détecteur de champ magnétique nous utiliserons un capteur à ventouse pour

amplificateur téléphonique. Ces quelques précisions apportées, passons à l'étude du montage.

La tension issue du capteur ventouse restant très faible, il nous faudra l'amplifier fortement avant de pouvoir l'exploiter. Nous utiliserons pour cela un circuit intégré type LM 324, quadruple amplificateur opérationnel — circuit déjà utilisé de nombreuses fois dans cette rubrique.

Sur les quatre cellules que comporte ce circuit intégré, seules trois seront employées. Deux d'entre elles seront utilisées en tant qu'amplificateur, la troisième fera office d'adaptateur pour le casque. Comme nous l'avons déjà dit plusieurs fois, pour pouvoir fonctionner dans de bonnes conditions, un amplificateur opérationnel demande, en plus de son alimentation, une tension de référence généralement égale à la moitié de celle-ci et aussi stable que possible. Dans notre cas cette tension de référence sera obtenue à l'aide de deux résistances de valeur égale (470 ohms) associées à un condensateur de 100 microfarads. Cette stabilisation, on ne peut plus simple, sera largement suffisante pour notre montage.

La première cellule du LM 324 conférera au montage un gain en tension, donc un facteur d'amplification, d'environ 21 en raison de la valeur des résistances lui étant associées. La seconde cellule possédera, quand à elle, un gain de 10. Au total la tension alternative issue du capteur à ventouse sera donc multipliée par 210. Cette tension est suffisante pour obtenir un signal audible dans le casque. Le dernier étage d'amplification, constitué autour de la quatrième cellule du LM 324, ne fera office que d'adaptateur d'impédance.

Il n'aura donc aucun gain en tension (multiplication par 1 de la tension d'entrée) mais, par contre, fournira le courant nécessaire au bon fonctionnement du casque. Un montage donc, dans son ensemble, extrêmement simple. Notons que divers condensateurs, en plus de

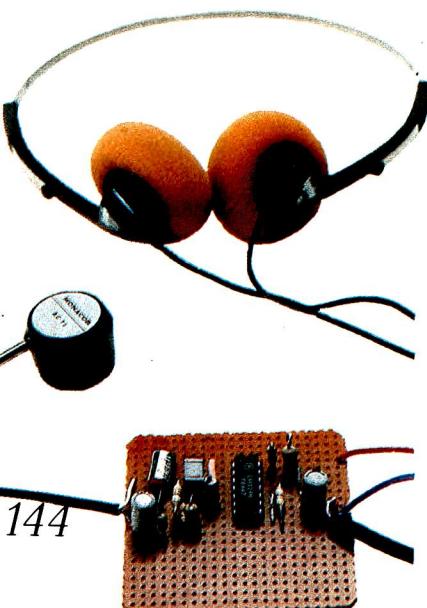
celui de stabilisation de la tension de référence, permettront d'isoler les cellules d'amplification les unes des autres.

En effet, si le LM 324 ne nécessite que relativement peu de composants pour fonctionner, en contre-partie, chaque cellule délivre, sur sa sortie, le signal à amplifier plus une composante continue, très gênante en cas de forte amplification, dont la valeur n'est fonction que de chaque circuit intégré.

Pour les gains demandés ici, un LM 324 pourra ajouter au signal une composante de plus de 1 volt alors qu'un autre n'en ajoutera pas, ou pire, introduira une composante négative. Les condensateurs placés entre les cellules (dits condensateurs de liaison) nous permettront donc de nous libérer de ce problème.

Le câblage de cette réalisation ne doit pas poser de problème particulier. Pour la mener à bon terme, il vous suffira de couper l'ensemble des bandes cuivrées sous le circuit intégré, de respecter le brochage de celui-ci ainsi que la polarisation des condensateurs chimiques employés.

Notre réalisation pourra être alimentée à partir de piles. Peu difficile pour cette tension; il vous sera possible d'utiliser soit une pile de 4,5 volts (pour lampe de poche) soit une pile de 9 volts. Il faudra cependant veiller, lors de son raccordement, à respecter la polarité du montage. Nous vous déconseillons, par contre, d'utiliser un bloc secteur. En effet la tension délivrée par de tels adaptateurs n'est



OU SE PROCURER LES COMPOSANTS ?

△ RADIO M.J., 19 rue Claude-Bernard, 75005 Paris; pour les commandes par correspondance, tél. 43 36 01 40

△ PENTASÓNIC, 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
△ ELECTRONIC AT HOME, rue des Philosophes, 51, 1400 Yverdon, Suisse

△ Ces composants sont également disponibles chez la plupart des revendeurs régionaux.

IMPLANTATION DES COMPOSANTS

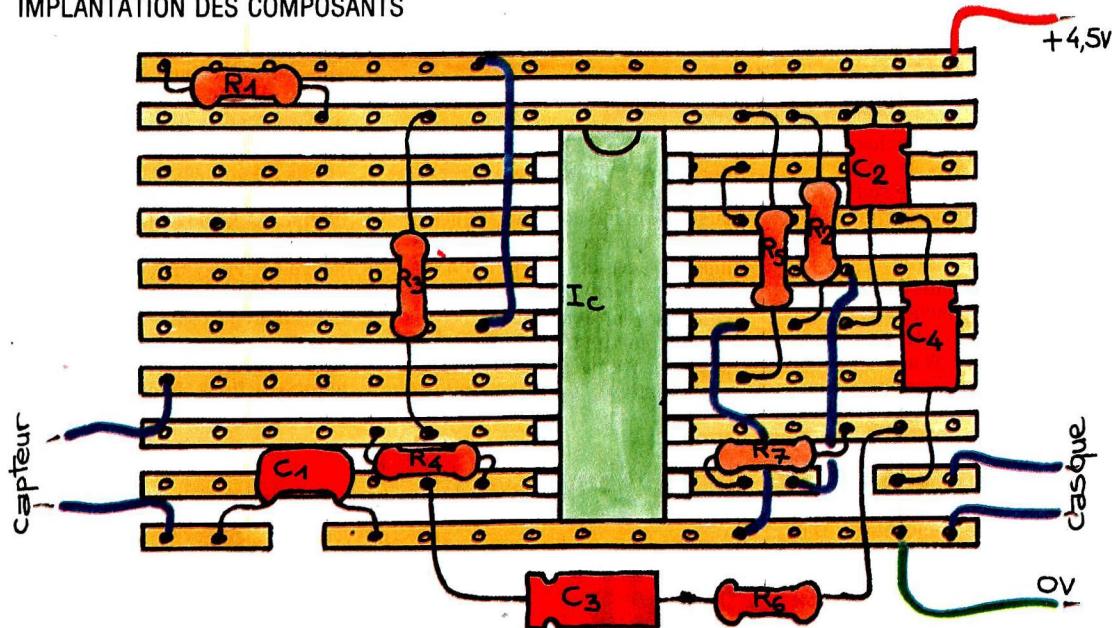
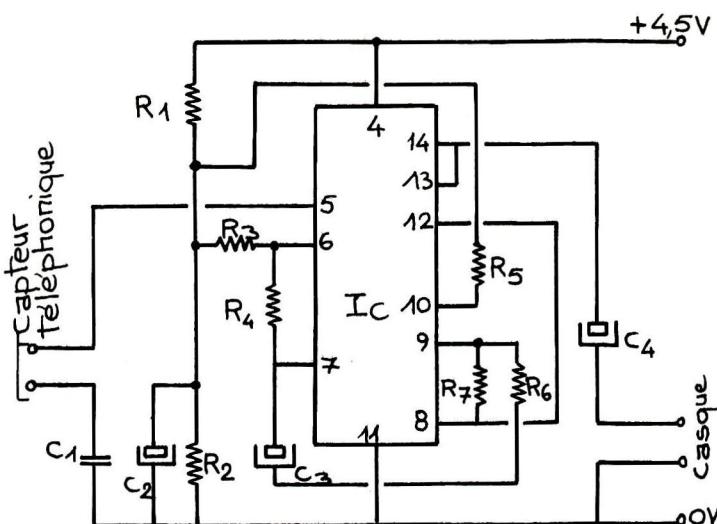


SCHÉMA ÉLECTRIQUE

NOMENCLATURE



pas suffisamment régulée et elle risquerait d'introduire dans le casque des ronflements parasites rendant l'appareil inutilisable.

L'utilisation. Après avoir complètement terminé son câblage, vous pourrez facilement tester ce montage en plaçant le capteur sur le fil de votre fer à souder. Aussitôt, un ronflement devra se faire entendre dans le casque. Si tel est le cas, l'appareil sera prêt à fonc-

tionner normalement. Pour détecter le passage des fils électriques, comme nous l'avons dit plus haut, branchez sur la prise, ou la douille, qu'ils desservent, une lampe, ou tout autre appareil, consommant au moins 100 watts. A partir de là, placez le capteur à ventouse sur la prise. Un ronflement doit se faire entendre dans le casque. Pour suivre le parcours du fil dans le mur, il suffira alors de

suivre le ronflement en promenant le capteur autour de la prise puis autour du point du mur présentant le ronflement le plus intense.

Nous espérons que ce petit montage pourra vous être utile soit pour localiser le tracé suivi par les câbles de votre installation électrique, soit pour éviter de percer un trou, à l'aveuglette, et d'avoir une mauvaise surprise...

prise...
Henri-Pierre Penel

Jouons aux pros

INFORMATIQUE AMUSANTE

La rentrée approchant nous vous proposons ce mois-ci un programme capable soit de calculer la moyenne de vos notes, soit de faire la somme des points obtenus pour un devoir écrit, soit encore de commenter vos résultats par matière, en fonction de l'évolution des notes et de leur moyenne. Dans ce dernier cas le programme que nous vous présentons tiendra compte de la meilleure note obtenue, de la plus mauvaise, de leur valeur par rapport à votre moyenne et la dernière note.

Autour de ces divers paramètres, un commentaire sera établi. Attention : comme l'indique notre programme, lors de son utilisation les diverses notes que vous lui indiquerez doivent être établies sur la même base (sur 10, 20 ou autre). De même, le nombre de notes sur lequel doit porter la moyenne devra être précisé pour chaque matière.

Ne vous attendez pas à être félicité car, si vous suivez cette rubrique avec intérêt, c'est que vous pouvez sans aucun doute faire mieux que ce qu'il vous est demandé. Tout au plus notre programme vous répondra que votre travail est bon et régulier... ce qui est à prendre comme un compliment.

Ces quelques précisions apportées, passons à son écriture.

Nous l'avons voulu "convivial" ; c'est-à-dire clair, même pour des personnes n'ayant aucune notion d'informatique. Il ne sera donc pas étonnant de trouver de nombreux affichages de textes, destinés à guider l'utilisateur dans les lignes de ce programme.

En premier lieu nous initialiserons l'Amstrad. Nous lui demanderons donc de passer en mode 1 (mode normal de fonctionnement) et d'effacer son écran (ligne 10). La page de présentation sera alors donnée (lignes 20 à 110) puis l'appareil vous demandera de taper votre choix. Si ce dernier ne fait pas partie de la liste présentée, l'ordinateur indiquera (ligne 130) "Choix non proposé" et reviendra en ligne 120. Si, par contre, votre

choix (1, 2 ou 3) est accepté la machine le signalera par l'émission d'un "bip" (ligne 180) et engagera la sous-routine adéquate. Celles-ci sont au nombre de trois. La première, placée des lignes 180 à 590 calcule une moyenne. La seconde comprise entre les lignes 600 et 810 effectue un total. Enfin la dernière, placée de 820 à 1210, après avoir réutilisé la sous-routine des

lignes 180 à 590, fournira un commentaire fonction de l'évolution des résultats. Passons donc en revue chacune de ces sous-routines.

Le calcul de moyennes : cette sous-routine, comprise entre les lignes 180 et 590 se chargera de ce calcul. En premier lieu l'ordinateur demandera sur combien de notes doit porter la moyenne (ligne 310). Une fois ce nombre indiqué la machine effacera de nouveau l'écran et confirmera le nombre de notes à prendre en compte pour le calcul de moyenne (lignes 320 à 400). Diverses variables seront alors initialisées. T correspond au

```

10 MODE 1: CLEAR: CLS
20 LOCATE 13, 1:PRINT "- Bonjour -"
30 LOCATE 5,4: PRINT "Je suis un programme d'aide a la"
40 PRINT:PRINT "notation."
50 PRINT:PRINT "J'offre les possibilites suivantes:"
60 LOCATE 10, 10:PRINT "1: Calcul de moyennes."
70 LOCATE 10, 12:PRINT "2: Notation d'un devoir écrit."
80 LOCATE 10, 14:PRINT "3: Moyenne avec commentaires."
90 PRINT: PRINT "Indiquez moi: votre choix en tapant"
100 PRINT:PRINT "la touche correspondant a la fonction"
110 PRINT:PRINT "desiree puis ENTER (touche bleue)."
120 PRINT:PRINT: INPUT "- Votre choix s'il vous plait ? -",C
130 IF C<>1 AND C<>2 AND C<>3 THEN PRINT"
":PRINT "Choix non propose ! ":"PRINT "
": GOTO 120
135 LET CM=0
140 ON C GOSUB 1000,2000,3000
150 IF INKEY$(<>)" THEN GOTO 150
160 GOTO 10
1000 PRINT CHR$(7)
1010 CLS
1020 LOCATE 15,1:PRINT "- Merci -"
1030 PRINT:PRINT "Nous allons donc calculer une moyenne."
1040 PRINT:PRINT "Pour cela pourriez vous m'indiquer"
1050 PRINT: PRINT "sur combien de notes elle doit porter."
1060 PRINT:PRINT "Si vous vous trompez en tapant ce"
1070 PRINT:PRINT "nombre veuillez le corriger en utili-"
1080 PRINT:PRINT "sant la touche verte, placee en haut"
1090 PRINT:PRINT "et a droite du clavier, marquee: DEL."
1100 PRINT:PRINT:PRINT "ATTENTION: l'ensemble des notes doivent"
1110 PRINT:PRINT "etre etablie sur la meme base (sur 10"
1120 PRINT:PRINT "ou sur 20 par exemple)."
1130 PRINT:PRINT:INPUT "Tapez ce nombre puis ENTER S.V.P.", X
1140 CLS:PRINT CHR$(7)
1145 IF INKEY$(<>)" THEN GOTO 1145
1150 LOCATE 15,1:PRINT "- Merci -"
1160 PRINT:PRINT "Nous allons donc etablir une moyenne"
1170 PRINT:PRINT "sur :";:notes."
1180 PRINT:PRINT "Je vais vous les demander une par une."
1190 PRINT:PRINT "J'accepte les decimales mais il faut"
1200 PRINT:PRINT "utiliser le point a la place de la ,"
1210 PRINT:PRINT "virgule. En cas d'erreur taper: DEL."
1215 LET T=0: LET MY=0: LET MX=0: LET MN=100: LET DR=0
1220 FOR I=1 TO X
1230 LOCATE 1,18:PRINT "Note";I;"s'il vous plait"
1240 LOCATE 24,18:INPUT N
1245 LOCATE 24,18:PRINT "
1250 LET T=T+N
1255 IF MX>N THEN LET MX=N
1256 IF MN>N THEN LET MN=N
1259 NEXT I
1265 LET MY=T/X:LET DR=N
1270 CLS:PRINT "La moyenne de ces notes est donc:"
1280 PRINT:PRINT " **** ":"MY:" ****"
1290 PRINT:PRINT "Si la moyenne suivante comporte le"
1300 PRINT:PRINT "meme nombre de notes taper ENTER, en"
1310 PRINT:PRINT "cas contraire, ou pour une autre".
1320 PRINT:PRINT "de mes fonctions, taper M."
1330 IF INKEY(18)=0 THEN GOTO 1140
1340 IF INKEY(38)=0 OR CM=1 THEN RETURN
1350 GOTO 1330
2000 PRINT CHR$(7):CLS
2005 IF INKEY$(<>)" THEN GOTO 2005
2010 LOCATE 15,1:PRINT "- Merci -"
2020 PRINT:PRINT "Notons donc un devoir ensemble."
2030 PRINT:PRINT "Pour cela tapez les points au fur et"
2040 PRINT:PRINT "a mesure suivis, a chaque fois, de"
2050 PRINT:PRINT "ENTER (touche bleue) puis S pour suite."
2060 PRINT:PRINT "Une fois l'ensemble des points memo-"
2070 PRINT:PRINT "rises taper T pour obtenir le total.":LOCATE 1,

```

Je suis un programme d'aide à la notation.

J'offre les possibilités suivantes:

- 1: Calcul de moyennes.
- 2: Notation d'un devoir écrit.
- 3: Moyenne avec commentaires.

Indiquez moi votre choix en tapant la touche correspondant à la fonction désirée puis ENTER (touche bleue).

- Votre choix s'il vous plaît ? - 3■

total des points obtenus, MY à la moyenne calculée, MX à la meilleure note obtenue, MN à la moins bonne et DR à la dernière.

Ces variables ne seront pas ici utilisées directement; elles nous serviront, lors de la sous-routine des commentaires, à établir ceux-ci. Une boucle, comprise entre les lignes 420 et 490, sera utilisée pour mémoriser les notes. Sa longueur est fonction du nombre de notes sur lesquelles porte la moyenne. Ce nombre est indiqué par la variable X de la ligne 420. Une fois l'ensemble des notes tapées, T aura pour valeur le total des points

obtenus. MY sera donc calculée en divisant T par X (nombre de notes) puis sera affichée. Ensuite le programme demandera si une autre

moyenne, portant sur un nombre de notes identique, est à effectuer et, en fonction de la réponse fournie, soit reviendra au début de cette sous-routine, soit retournera au menu principal.

La sous-routine de calcul des points, placée des lignes 600 à 810 est également très simple dans son principe. En effet, elle aura pour fonction de calculer un total. Tant que des points seront entrés au clavier ils seront additionnés. Le total sera obtenu en tapant T, P, variable utilisée pour la totalisation des points sera alors affichée et, de nouveau en fonction de la réponse fournie, soit le programme reviendra au début de cette sous-routine, soit le menu principal s'affichera.

La dernière sous-routine de ce programme concerne l'établissement des commentaires. Comprise entre les lignes 820 et 1180 elle comportera une série de tests sur les variables MY, MX, MN et DR. Pour en déterminer les valeurs, la sous-routine de calcul de moyenne sera de nouveau utilisée. En fonction de ces divers paramètres, le commentaire sera établi puis affiché. Enfin, comme toujours, après avoir fourni sa réponse le programme reviendra soit en début de sous-routine, soit au menu principal.

La frappe ne doit pas poser de problème particulier. Afin de rendre le programme facilement adaptable à d'autres machines que l'Amstrad, nous n'avons pas utilisé de basic abrégé. De même l'ensemble des instructions est mentionné sur notre listing.

L'utilisation est simple: après avoir tappé RUN le menu principal apparaîtra sur l'écran. Il suffira alors de suivre les indications présentées pour accéder aux diverses possibilités du programme.

Henri-Pierre Penel

```
22:PRINT "Pour les decimales utiliser le point":PRINT:PRINT "et n
on
la virgule, merci."
2080 LET P=0
2090 LOCATE 1,20:INPUT "Points ",Z:LOCATE 1,20:PRINT "suite (S) o
u total (T)"
2100 LET P=P+Z
2105 IF INKEY$="" THEN GOTO 2105
2110 IF INKEY(51)=0 THEN GOTO 2130
2115 LOCATE 1,20:PRINT "
2120 GOTO 2090
2130 CLS:PRINT "total des points obtenus:";P
2140 PRINT:PRINT:PRINT "Pour effectuer une autre fonction"
2150 PRINT:PRINT "taper M, pour continuer taper ENTER."
2160 IF INKEY(38)=0 THEN RETURN
2170 IF INKEY(18)=0 THEN GOTO 2000
2180 GOTO 2160
3000 CLS
3010 LOCATE 15,1: PRINT "- Bien -"
3020 PRINT:PRINT "Pourriez-vous m'indiquer sur "
3030 PRINT:PRINT "quelle base sont attribuées les"
3040 PRINT:PRINT "points (sur 10, 20, ou autre)?"
3050 PRINT:INPUT "Base de notation ",BN
3060 LET CM=1
3070 GOSUB 1000
3090 LOCATE 1,16:PRINT "Voici mes commentaires:";PRINT
3100 IF MY<BN*.8 THEN GOTO 3200
3110 PRINT:PRINT "Bons résultats dans l'ensemble."
3120 IF (MX-MN)<=(BN/5) THEN PRINT:PRINT "Travail régulier et sat
isfaisant."
3130 IF (MX-MN)> (BN/5) THEN PRINT:PRINT "Cependant manque de rég
ularité."
3140 IF DR<(MY-1) THEN PRINT:PRINT "Attention, il ne faut pas se
relâcher."
3150 GOTO 4000
3200 IF MY<BN*.6 THEN GOTO 3300
3210 PRINT:PRINT "Fournirait mieux faire."
3220 IF (MX-MN)<=(BN/5) THEN PRINT:PRINT "Les notes stagnent."
3230 IF (MX-MN)> (BN/5) THEN PRINT:PRINT "Pourtant quelques bons
résultats."
3240 IF DR>MY THEN PRINT:PRINT "Effort à poursuivre."
3250 IF DR<(MY-1) THEN PRINT:PRINT "Ce n'est pas le moment de se
relâcher."
3260 GOTO 4000
3300 IF MY<BN*.4 THEN GOTO 3400
3310 PRINT:PRINT "Résultats encore faibles."
3320 IF (MX-MN)<=(BN/5) THEN PRINT:PRINT "Il faudrait travailler
plus."
3330 IF (MX-MN)> (BN/5) THEN PRINT:PRINT "Il faut être moins dissip
atif."
3340 IF DR>MY THEN PRINT:PRINT "Peut-être sommes-nous sur la bonne
voie?"
3350 IF DR<=MY THEN PRINT:PRINT "Les choses ne semblent pas s'arr
anger."
3360 GOTO 4000
3400 PRINT:PRINT "Résultats bien médiocres."
3420 IF (MX-MN)<=(BN/5) THEN PRINT:PRINT "Un net effort est indis
pensable."
3430 IF (MX-MN)> (BN/5) THEN PRINT:PRINT "Beaucoup trop dissipé."
3440 IF DR>MY THEN PRINT:PRINT "Une légère amélioration semble po
ssible."
3450 IF DR<=MY THEN PRINT:PRINT "Une mise au point est indispensa
ble."
4000 IF INKEY(18)=0 THEN GOTO 4100
4010 IF INKEY(38)=0 THEN RETURN
4020 GOTO 4000
4030 GOTO 4010
4100 GOSUB 1140
4110 GOTO 3090
```

Le jeu cruel du chasseur et de sa proie

LE "MICRO" DE L'INGÉNIEUR

L'éologie et l'informatique n'ont, *a priori*, rien de commun. D'un côté, nous avons une science relativement récente qui étudie l'être vivant dans son milieu, en s'intéressant principalement à ses échanges avec ce même milieu, aussi bien du point de vue qualitatif (influences de l'un sur l'autre et conséquences sur leur développement) que quantitatif (échanges d'énergie et de masse, d'éléments nutritifs...).

Mais lorsque l'Organisation mondiale de la santé nous prédit 6 ou 7 milliards d'habitants pour l'an 2000, elle le fait avec le concours de l'informatique pour donner, au moyen de simulations numériques, l'évolution démographique, donc écologique, de notre espèce.

Place à la nature donc, nous allons momentanément délaisser l'aridité des calculs techniques pour des équations somme toute un peu plus divertissantes — ironisons jusqu'à dire : bucoliques ? Pour vous plonger dans l'atmosphère riche de suspense qui va suivre, imaginez une population d'antilopes vivant librement dans une zone de la savane africaine et supposez que de méchants zoologues lâchent une horde de lions qui, comme tout inconditionnel de Tarzan sait, accepteront avec une joie non dissimulée de faire des pauvres ruminants leur plat quotidien.

Une régulation va alors avoir lieu, à savoir que le nombre de lions qui pourront se nourrir et par conséquent se reproduire, sera proportionnel à celui d'antilopes et que, à l'opposé, la mortalité de ces dernières sera proportionnelle à l'abondance des félidés.

Ce schéma se retrouve absolument partout dans la nature, étendu à plusieurs couples prédateurs-proies qui coexistent en s'auto-régulant. Il est bon de rappeler que presque partout également c'est l'homme qui constitue le sommet de la hiérarchie en s'affirmant comme prédateur sou-

verain. On peut se demander non sans angoisse si l'espèce humaine sera à son tour régulée dans le futur, car pour l'instant notre démographie continue toujours d'évoluer *crescendo*.

Formulation. Entre les deux guerres plusieurs biologistes modélisèrent les variations démographiques de deux espèces en lutte pour leur survie. Les équations (très simplifiées) de l'Italien Vito Volterra restent d'actualité pour décrire, en première approximation, l'évolution d'un couple (prédateur, proie), lequel peut être constitué, comme nous l'avons dit, par l'antilope et le lion, ou par la mouche et le grillon, la paramécie et un cilié macrophage, la végétation et un herbivore, voire le

```

100 REM PROGRAMME SIMULANT L'EVOLUTION DE DEUX ESPECES <CHASSEUR,PROIE>
101 REM
102 TEXT : HOME : VTAB 5: PRINT "* CE PROGRAMME VOUS PERMETTRA DE SIMULER
103 R L'EVOLUTION DEMOGRAPHIQUE D'UN COUPLE CHASSEUR-PROIE *"
104 PRINT : INPUT "QUEL EST LE TAUX DE NATALITE DE LA PROIE (PAR AN) ? "
105 ;RP
106 PRINT : INPUT "QUEL EST LE TAUX DE MORTALITE DE LA PROIE PAR CHASSEUR ? "
107 ;NU
108 PRINT : INPUT "QUEL EST LE TAUX DE NATALITE DU CHASSEUR PAR PROIE ? "
109 ;W
110 PRINT : INPUT "QUEL EST LE TAUX DE MORTALITE DU CHASSEUR ? ";MD
111 PRINT : INPUT " QUEL EST LE NOMBRE INITIAL DE PROIES ? ";NP
112 PRINT : INPUT " QUEL EST LE NOMBRE INITIAL DE PREDATEURS ? ";ND
113 P = NP * W / MD:D = ND * NU / RP: DIM PG(500),DG(500): PRINT : PRINT
114 : PRINT
115 T = 2 * 3.1416 / SQR (MD * RP):H = T / 50:T1 = 0
116 REM
117 REM INITIALISATION DE LA BOUCLE
118 REM
119 X1 = P:X2 = D: GOSUB 1000
120 S = SGN (Y1P * Y2P)
121 B = 0:K = 1
122 REM
123 REM DEBUT DE BOUCLE
124 REM
125 PG(K) = X1 * MD / W:DG(K) = X2 * RP / NU: GOSUB 1000
126 A1 = Y1P:A2 = Y2P:B1 = X1:B2 = X2
127 X1 = X1 + H * A1:X2 = X2 + H * A2
128 GOSUB 1000
129 X1 = B1 + H / 2 * (A1 + Y1P):X2 = B2 + H / 2 * (A2 + Y2P)
130 GOSUB 1000:SP = SGN (Y1P * Y2P):T1 = T1 + H:K = K + 1
131 IF SP = S THEN GOTO 210
132 S = SP
133 IF B = 10 THEN GOTO 330
134 B = B + 1
135 IF B = 1 THEN T1 = 0
136 GOTO 210
137 REM
138 REM FIN DE BOUCLE: TRACES DES COURBES
139 KL = K:MA = 0: REM RECHERCHE DU MAXIMUM
140 FOR K = 1 TO KL
141 IF MA < DG(K) THEN MA = DG(K)
142 IF MA < PG(K) THEN MA = PG(K)
143 NEXT K
144 EX = 279 / KL / H:EY = 159 / MA
145 HGR : HCOLOR= 3
146 WX = 0:WY = 159 - EY * PG(1)
147 VTAB 22: HTAB 1: PRINT "EVOLUTION DES PROIES"
148 FOR K = 2 TO KL
149 VX = EX * (K - 1) * H:VY = 159 - EY * PG(K)
150 HPLOT WX,WY TO VX,VY
151 WX = VX:WY = VY
152 NEXT K
153 HCOLOR= 1
154 WX = 0:WY = 159 - EY * DG(1)
155 VTAB 22: HTAB 1: PRINT "EVOLUTION DES PREDATEURS"
156 FOR K = 2 TO KL
157 VX = EX * (K - 1) * H:VY = 159 - EY * DG(K)
158 HPLOT WX,WY TO VX,VY
159 WX = VX:WY = VY
160 NEXT K
161 VTAB 24: HTAB 1: PRINT "MAXIMUM= ";MA: PRINT "CYCLE DE ";T1;" ANNEE"
162 S"
163 END
164 REM
165 REM CALCUL DE LA FONCTION DERIVEE
166 REM
167 Y1P = RP * (1 - X2) * X1:Y2P = MD * (X1 - 1) * X2
168 RETURN

```

poisson et le pêcheur. En appelant N_p le nombre de proies et N_d celui de prédateurs, quatre paramètres que nous supposerons constants vont jouer sur la suite du processus écologique :

- r_p : le taux de natalité de la proie, défini par $\frac{dN_p}{dt} = r_p N_p$

- v : son taux de mortalité par prédateur, donné par :

$$\frac{dN_p}{dt} = -v N_p N_d$$

- w le taux de natalité du chasseur par proie, défini par :

$$\frac{dN_d}{dt} = -w N_d N_p$$

- m_d : le taux de mortalité du prédateur, lequel intervient par :

$$\frac{dN_d}{dt} = -m_d N_d$$

Les unités varieront suivant le couple utilisé. Pour des mammifères, on compte habituellement en têtes/an (r_p, m_d) et têtes/tête/an (w, v).

La synthèse des équations vues plus haut conduit au système à deux équations. :

$$\begin{cases} \frac{dN_p}{dt} = r_p N_p - v N_p N_d \\ \frac{dN_d}{dt} = w N_d N_p - m_d N_d \end{cases}$$

qui, en utilisant les variables réduites $P = \frac{N_p w}{m_d}$ et $D = \frac{N_d v}{r_p}$, conduit au système différentiel du premier ordre :

$$\begin{cases} \frac{dP}{dt} = r_p(1 - D) P \\ \frac{dD}{dt} = m_d (P - 1) D \end{cases}$$

Ce dernier peut être résolu par l'algorithme de Runge-Kutta, déjà vu dans cette rubrique, mais ici nous l'appliquerons à l'ordre 2, la précision restant plus que suffisante et le temps de calcul étant plus court.

On note alors : $Y = \begin{pmatrix} P \\ D \end{pmatrix}$

$$\text{et } \frac{dY}{dt} = \begin{pmatrix} \frac{dP}{dt} \\ \frac{dD}{dt} \end{pmatrix} = f(Y).$$

Si $Y(t)$ est l'état du système (proie, prédateur) à l'instant t , alors à l'instant $t + h$ nous aurons

$$Y(t+h) = Y(t) + \frac{h}{2} [f(Y(t)) + f(Y(t) + h \cdot f(Y(t)))]$$

Nous obtiendrons ainsi une simulation de proche en proche, par pas de h . Comment choisir h ?

Etant donné que le système oscille (fig. 1) avec une période proche de $T = \frac{2\pi}{\sqrt{m_d r_p}}$, on pourra prendre $h = T/50$ par exemple.

Evolution du système. Nous l'avons dit, ce système d'équations simplifiées conduit à des évolutions cycliques de période constante, dans lesquelles le maximum du nombre de proies précède de peu le nombre maximum des chasseurs. La période peut aller de quelques jours pour des organismes très rudimentaires à plus de 10 ans dans le cas des mammifères. Mais le modèle décrit ci-dessus ne tient pas compte d'autres organismes coexistants dans la même zone que le prédateur et sa proie, ni des limitations géographiques de ladite zone (niveling par le haut le nombre d'individus), ni des maladies, mouvements migratoires, évolutions climatiques, etc. Sans oublier que lorsque l'une des deux espèces se trouve réduite à quelques rares individus, il faut alors faire intervenir des notions de probabilité, la linéarité des équations vues plus haut n'étant plus de mise.

Il est cependant curieux de constater comment (et ceci pourrait être simulé au moyen de quelques lignes de programme supplémentaires) le fait d'éliminer uniformément des individus des deux espèces en quantités proportionnelles favorise l'espèce chassée. Par ailleurs, si la période des oscillations est proche de $T = 2\pi/\sqrt{m_d r_p}$, la destruction uniforme du prédateur accélère les fluctuations et celle de l'espèce chassée les ralentit.

Description du programme pour Apple IIc. L'introduction des données a lieu lignes 10 à 90, après quoi le vecteur initial Y est constitué (de coordonnées P et D). Puis la boucle 210-320 fait avancer la simulation du pas de temps h . La variable B compte le nombre de fois où les pentes des courbes représentatives des deux espèces changent de signe. La première fois, T_1 est initialisé à 0.

A chaque boucle, T_1 est incrémenté du pas h . Lorsque $B = 5$, le système a subi une oscillation complète et T_1 n'est plus incrémenté, il représente la période réelle du système. Au bout de la dixième fois, le cycle de calcul s'arrête et les deux courbes sont tracées (lignes 340 à 600), d'abord celle de la proie en trait plein, puis celle du chasseur en pointillé. Le sous-programme 1000 effectue le calcul de la dérivée de Y nécessaire à la méthode de Runge-Kutta (programmée aux lignes 220 à 260). $Y1P$ et $Y2P$ sont les pentes courantes des deux courbes. Les vecteurs $PG()$ et $DG()$ emmagasinent à chaque cycle un point de chacune des deux courbes à tracer. Par prudence ils ont été dimensionnés à 500.

Exemple d'utilisation. Le cas du couple antilope-lion peut être modélisé avec les paramètres :

$$V_p = 0,2/\text{an}$$

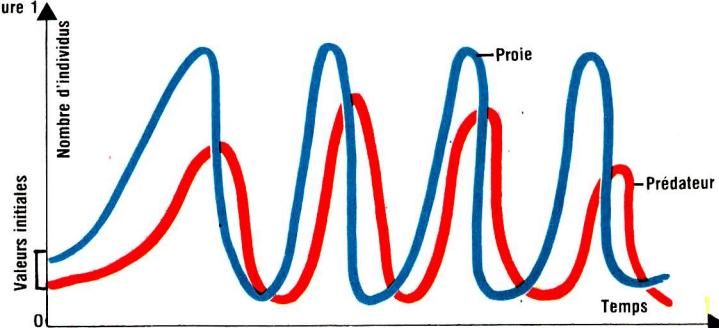
$$V = 10^{-3}/\text{an}$$

$$w = 5 \cdot 10^{-5}/\text{an}$$

$$m_d = 0,05/\text{an}$$

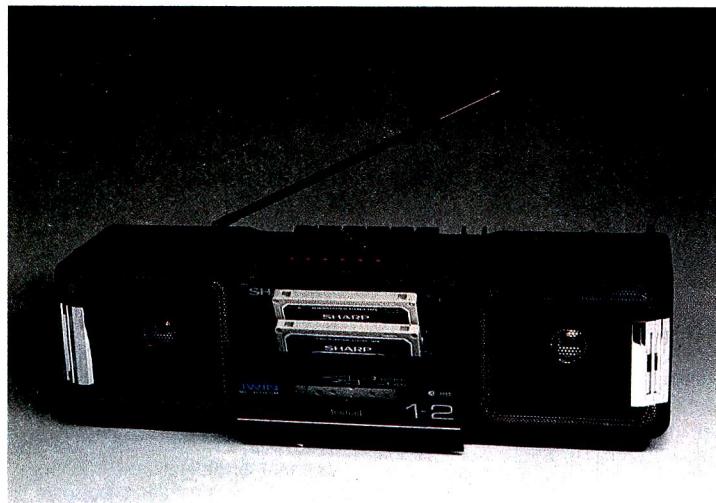
Avec un nombre initial de 10 000 antilopes et 1 000 lions, on aboutit à des oscillations de période $T = 165$ ans ; le nombre maximum d'antilopes atteint environ 28 000, tous les 165 ans donc. **D. Ferro** ▲

Figure 1



Deux populations de proies et de prédateurs livrés à eux-mêmes présentent des démographies oscillantes, dans le cas théorique idéal.

ECHOS DE LA VIE PRATIQUE



SON

Synchronisation totale en copie de cassette audio

Un dispositif astucieux a permis au Japonais Sharp de doter son radio-cassette WQ 282 d'un système de copie véritablement synchrone : le même axe du moteur reçoit les deux cassettes dont les bobines sont donc entraînées ensemble. Du coup, même à grande vitesse, il ne peut plus y avoir de décalage par glissement, entre la cassette qu'on copie et celle qui reçoit l'enregistrement. Le décalage, qui peut être de 0,6 % avec les appareils à 2 moteurs, n'est plus que de 0,012 % avec le Sharp WQ 282. Les autres caractéristiques de cet appareil sont les suivantes : son stéréophonique, égaliseur graphique à 4 bandes de fréquences, réception FM-OC-PO et GO, recherche automatique des programmes sur la cassette de la platine 2, deux enceintes acoustiques à 2 voies. Dimensions : 440 × 135 × 144 mm. Poids : 4 kg sans piles. Prix et commercialisation non fixés.

VIDÉO

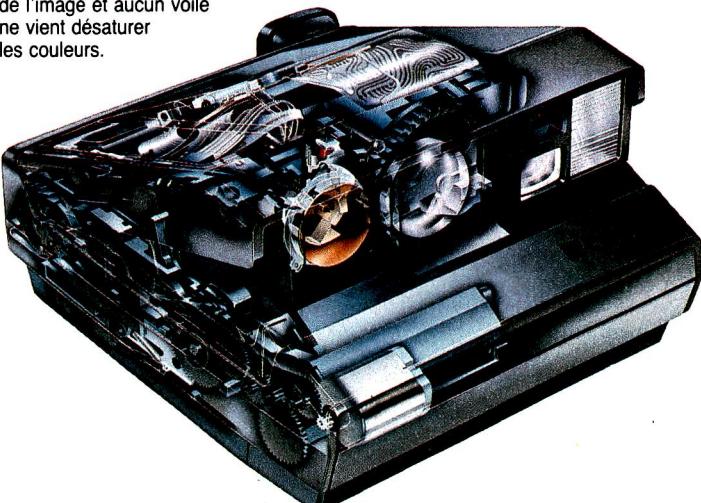
Magnétoscope programmable sans horloge

Sur un magnétoscope équipé d'une horloge, l'enregistrement d'une émission est obtenu en programmant l'heure de début et l'heure de fin. Sharp vient de commercialiser un magnétoscope, le VC 682 qui, outre cette possibilité, permet d'obtenir immédiatement l'enregistrement d'une émission en programmant uniquement sa durée (par tranches de 10 minutes). Avec le système traditionnel, l'utilisateur peut prévoir l'enregistrement de 4 émissions 14 jours à l'avance et ce, pour 32 canaux. Avec le nouveau système qui n'utilise pas l'horloge, les enregistrements immédiats sont possibles avec une programmation précise de durée qui économise la bande et permet le stockage du maximum d'émissions. Le Sharp VC 682 possède par ailleurs des caractéristiques classiques : lecture automatique dès l'insertion de la cassette, lecture sans fin d'une cassette préenregistrée, télécommande à 23 fonctions, arrêt sur image, entraînement rapide, enregistrement d'un canal pendant qu'on en regarde un autre. Prix moyen : 5 990 F.

La société Angénieux, spécialisée dans la fabrication de zooms pour la télévision, le cinéma et la photo a fait l'objet d'une participation majoritaire de la société Essilor, l'un des premiers groupes mondiaux de l'optique oculaire. L'accord financier conclu ne modifie en rien les activités d'Angénieux mais devrait au contraire les renforcer. Dans le domaine de l'optique, Angénieux devrait développer la technologie des lentilles asphériques. L'apport d'Essilor dans ce domaine sera essentiel, la firme française ayant une position dominante dans le monde pour les verres asphériques.

Des couleurs plus éclatantes en photo instantanée

En septembre, Polaroid lancera en Europe le "Système image" un procédé de photo instantanée comportant un appareil automatique et un chargeur de films donnant des épreuves en couleurs sèches dès la prise de vue. Le Système image est à rapprocher du système Polaroid 600 disponible depuis 1981 (*Science & Vie* n° 767 d'août 1981). Mais le nouveau procédé améliore fortement la pureté des couleurs et la netteté des images. Comme pour le Polaroid 600, la sensibilité du film atteint 600 ISO et le chargeur contient 10 épreuves. Le format des photos, par contre, est différent : Polaroid est passé du carré (8×8 cm) (**photo 1**) au rectangle (7,3×9,1 cm) (**photo 2**). Le gain en pureté de couleurs a été obtenu par de profondes modifications au sein des couches du film (18 couches au total). Tout d'abord, un colorant à base de thiazolidine totalement nouveau est utilisé pour le jaune. Durant le processus du développement, celui-ci est directement libéré pour aller former l'image du jaune, alors qu'habituellement (et c'est toujours le cas pour le cyan et le magenta du Système image), le colorant se forme chimiquement par combinaison d'un coupleur avec les produits d'oxydation du développement. Le colorant jaune est donc pur dès le départ et ne saurait être altéré par le processus chimique. D'autre part, des substances antivoile régulent le processus chimique de développement de façon qu'il reste insensible à la température entre 13 et 35 °C. Ainsi, lorsque l'épreuve est éjectée de l'appareil photo, la température ambiante n'a plus d'effet néfaste sur la formation de l'image et aucun voile ne vient désaturer les couleurs.



Nous avons essayé le Système image et pris plus d'une centaine de photos. Il ne fait pas de doute que les couleurs ont plus d'éclat et que la netteté est meilleure qu'avec le Polaroid 600. Ainsi le paysage qui était impossible en photo instantanée à cause de la reproduction cotonneuse des lointains et des plans moyens, devient possible (sans que la finesse, toutefois, n'égale celle de la photo conventionnelle).

A film de format nouveau, appareil nouveau : le Système image utilise un modèle spécial, incompatible avec tous les autres appareils de la marque. Mais ce nouvel appareil, il faut le souligner, est aussi plus beau et plus compact. Esthétiquement, il est réussi, très plat, d'une finition soignée et parfaitement fonctionnel. Techniquement, c'est un appareil automatique. Dès que le chargeur est introduit, le moteur libère le premier film pour la prise de vue. La mise au point est faite automatiquement par le système Polaroid classique à ultrasons (débrayable pour photographier à travers une vitre, car dans ce cas les ultrasons sont réfléchis par le verre). L'exposition, aussi, est automatique, y compris au flash. Deux cellules au silicium et 16 circuits intégrés permettent même de régler ensemble l'éclair du flash et la lumière solaire traversant l'objectif lorsque ce flash est utilisé en plein jour. Dans ce cas le microprocesseur détermine la durée de l'éclair (jusqu'au vingt millionième de seconde) en fonction de la distance du sujet (mesurée par les ultrasons). Ainsi, les ombres des premiers plans sont-elles correctement éclairées par le flash



tandis que les lointains le sont par la lumière naturelle.

Un flash comme en lumière naturelle, le photographe peut toujours, en poussant un levier, demander à l'appareil de lui donner une image plus claire ou plus sombre.

L'objectif ne compte que 3 lentilles. Mais l'une d'elles est asphérique, ce qui permet une correction poussée jusqu'aux bords de l'image. Cette surface asphérique a même été utilisée pour régler la mise au point. A cet effet, sur commande du dispositif ultrasonore, la lentille bascule plus ou moins sur l'axe optique (alors que, dans un système classique, l'objectif se déplace sur cet axe pour s'éloigner ou se rapprocher du film). C'est ce procédé qui a permis de construire un objectif relativement plat, bien corrigé sur les bords du champ et convenant à la photo rapprochée (0,60 m, ce qui est important pour un format 7,3 × 9,1 cm).

Précisons encore que l'obturateur donne les vitesses de 1/245 à 2,8 secondes et que le flash est débrayable. Divers accessoires (bonnettes, lentilles d'effets spéciaux, télécommande) élargissent les possibilités du Système image. Prix moyen : 82 F pour le film, 1 500 F pour l'appareil.

PHOTO

Lentille asphérique dans l'objectif d'un compact 24×36

La plupart des lentilles d'un objectif ont des surfaces sphériques parce que ces surfaces sont faciles à produire industriellement, le polissage se faisant par rotation dans des formes sphériques. Pourtant, les lentilles sphériques ne sont pas idéales pour obtenir des corrections parfaites. Une surface asphérique permet d'ajuster toutes les corrections dans le champ, c'est-à-dire jusqu'à sur les bords de l'image. Malheureusement jusqu'à ces dernières années, les lentilles asphériques étaient chères parce que leur usinage se faisait à l'unité avec finition du polissage contrôlée à la main. Les lentilles asphériques étaient donc réservées à quelques objectifs coûteux.

Quoique les opticiens en gardent jalousement le secret, il existe aujourd'hui des techniques de production semi-industrielles, en partie automatisées (par exemple chez Canon au Japon ou Essilor en France). Parfois ces lentilles sont en matières synthétiques. Elles sont déjà utilisées pour équiper certains objectifs d'appareils grand public.

Tel est le cas du dernier né des compacts 24×36 de Canon, le Top Shot. Il comporte un objectif 2,8/38 mm à 4 lentilles dont une asphérique. Celle-ci améliore la définition sur le bord du champ, même à distance rapprochée. La mise au point, qui est automatique, se fait ainsi jusqu'à 0,55 m. Le Canon Top Shot est, par ailleurs, un appareil automatique, y compris au flash. Dans ce dernier cas, et lorsque l'appareil est utilisé en lumière du jour, la cellule dose l'éclair de façon qu'il éclaire les ombres. L'exposition des plans moyens et des lointains est alors assurée par la lumière naturelle. Parmi les autres caractéristiques du Top Shot, mentionnons encore l'entraînement par moteur, la mémorisation de l'exposition, l'emploi d'une pile au lithium dont la durée est de 5 ans pour un total de 50 cartouches de 24 poses. Prix : moins de 1 700 F.



VIDÉO

Camescope 8 mm toujours plus petit



Le plus petit camescope du monde, le Sony Handycam CCD-M8 diminue encore de volume avec le lancement d'un second modèle, le Handycam CCD-M10. Alors que le M8 mesure 107 × 109 × 215 mm, le M10 fait 62 × 109 × 179 mm. Le poids reste sensiblement le même (1 kg) de même que les

caractéristiques : objectif 1,6/15 mm, viseur optique, éclairage minimal de 25 lux, analyse par écran DTC (dispositif à transfert de charge). La cassette vidéo 8 mm permet deux heures d'enregistrement. Pour l'instant disponible au Japon, le Handycam CCD-M10 y est vendu 168 000 yens (7 000 F).

En même temps que le Handycam, Sony a lancé un nouveau magnétoscope de salon 8 mm, l'EV-P10 qui pèse 1 300 g avec cassette et piles. Il ne mesure que 18 × 18 × 7 cm. Vendu 2 700 F au Japon, cet appareil autorise le passage de deux heures de programmes à vitesse normale (2 cm/s) et de quatre heures à demi-vitesse.

PHOTO

Bientôt un Kodachrome de 200 ISO

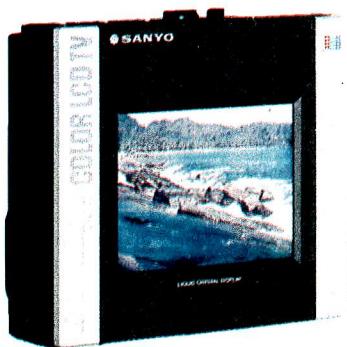
Kodak avait annoncé au début de cette année que 50 produits nouveaux seraient lancés en 1986. Certains, comme les Kodacolor Gold ou les camescopes 8 mm MVS, sont déjà sur le marché. Mais plus de la moitié d'entre eux sont attendus le mois prochain à la Photokina de Cologne. Paradoxalement, le produit qui suscite le plus de curiosité est l'un des plus vieux films de Kodak, le Kodachrome. En effet, ce film créé voilà un demi-siècle a toujours été de faible sensibilité et à grain ultra-fin. Or Kodak présentera à la Photokina le Kodachrome 200, le premier qui soit de haute sensibilité : 200 ISO. Les premières informations sur cette émulsion ont été données aux Etats-Unis en mars dernier et des films de pré-production ont été proposés à la presse. Les premiers essais montreraient que le Kodachrome 200 aurait la finesse du Kodachrome 64 et la sensibilité de l'Ektachrome 200. Une petite révolution en matière de surface sensible photographique. Il y en aurait une autre : le film, de type professionnel, serait proposé en cartouches 135 et en bobines 120 (format 6×6 et 6×9 cm) alors que, jusqu'ici, le Kodachrome a toujours été vendu en cartouches 135 et en formats inférieurs seulement. Mais il est probable qu'en France, à cause de l'absence de laboratoires pour le Kodachrome 120, seul le 135 sera proposé, au début du moins.

VIDÉO

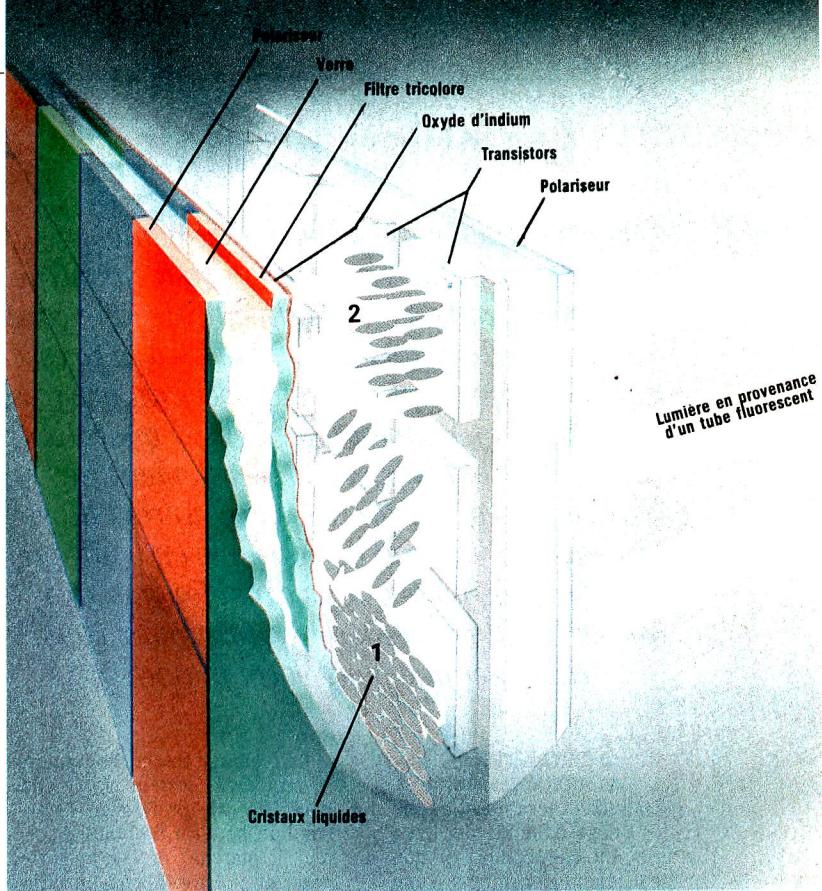
Téléviseurs à écran plat

Les industriels japonais poursuivent activement les travaux pour la réalisation de téléviseurs à écran plat, sans tube cathodique. Les derniers prototypes construits sont de Toshiba et de Sanyo et font appel à la technologie des cristaux liquides.

Le modèle Toshiba possède un écran de 192×144 mm constitué de 307 200 cellules de 0,3 mm de côté. L'image obtenue est de même finesse



que sur un téléviseur conventionnel de dimensions identiques. L'écran a la structure d'un sandwich : à l'intérieur se trouve la couche de cristaux liquides. Celle-ci est limitée d'un côté par une pellicule d'oxyde d'indium et de l'autre par la couche de 207 200 cellules au silicium séparées par de l'oxyde d'indium ; côté cellules se trouve ensuite une lame de verre revêtue d'un filtre polarisant. Du côté opposé se trouve une autre lame de verre revêtue extérieurement d'un filtre polarisant et



intérieurement d'une couche de filtres colorés (rouges, verts et bleus) se présentant en lignes de 0,4 mm de largeur.

Comme dans tout écran de ce type, une lampe fluorescente derrière l'écran (côté cellules) émet la lumière qui l'éclaire. Cette lumière le traverse en étant orientée par les deux filtres polarisants. Elle nous apparaît colorée car elle parvient à nos yeux après traversée des filtres rouges, verts et bleus. Comment fonctionne cet écran ? Le signal vidéo module la tension électrique ap-

pliquée aux cellules. Cela provoque la modification proportionnelle de l'orientation des cristaux liquides et, du même coup, la variation de la quantité de lumière les traversant avant de passer à travers les filtres colorés : variation entre 0 % en l'absence de courant (1) et 100 % lorsque la tension est maximale (2).

Bien entendu, la rangée de cellules derrière le filtre rouge est alimentée par le signal vidéo du rouge, la rangée derrière le filtre vert par le signal du vert et enfin celle du filtre bleu par le signal du vert et enfin celle du filtre bleu par le signal bleu. Ainsi est obtenue une image trichrome, comme sur l'écran d'un téléviseur conventionnel. La luminosité de l'écran du prototype Toshiba dépasse toujours 300 cd/m^2 et son contraste le rapport 10 : 1. Pour l'instant, ce type de téléviseur n'est pas réalisable en grand écran et Toshiba se propose de commencer par la proposer pour équiper les moniteurs de terminaux d'ordinateur. Sanyo a conçu un téléviseur couleurs utilisant un écran similaire à cristaux liquides. Mais, contrairement à Toshiba, cette firme se propose de le commercialiser comme téléviseur portable de la taille d'un petit poste à transistors.



Les objets du mois

Objets astucieux et appareils ingénieux produits par l'industrie arrivent souvent sur le marché sans tambour ni trompette : le fabricant les commercialise sans présentation à la presse ni publicité, parce que les retombées du progrès scientifique et technologique dans le quotidien se multiplient très vite et, finalement, se banalisent. Les acheteurs les découvrent alors par hasard, en flânant de boutique en boutique. Chaque mois, nous allons ainsi fouiner aux "puces" de la technologie, autant pour vous informer que pour votre plaisir.

1

LA BICYCLETTE À MOTEUR ÉLECTRIQUE

Solectric Cedre est le nom d'un kit de 12 kg (batterie étanche comprise) que l'on peut adapter en moins d'une heure sur tout vélo pour le rendre automoteur. Doué d'un rayon d'action d'une dizaine de kilomètres à la vitesse de 25 km/h, ce système moteur est silencieux.

Plus précisément, le Solectric comporte deux moteurs électriques montés en opposition et dont les axes sont solidaires d'un galet qui repose sur la roue avant et engrenne sur son pneumatique selon le principe immortalisé par Velosolex... Ce système bi-moteur est avantageux : d'abord les masses sont réparties symétriquement, ce qui concourt à la stabilité. Ensuite, le démarrage s'effectue en alimentant les deux moteurs en série, c'est-à-dire à tension nominale. Un bouton situé sur le guidon, à portée de la main, permet le passage en deuxième vitesse : des relais sont actionnés qui commutent les deux moteurs en parallèle. Ils sont alors sous pleine tension et délivrent leur couple maximum. Dès qu'on relâche ce bouton les moteurs sont à nouveau commutés en série et, si la vitesse est suffisante, ils deviennent automatiquement générateurs et rechargent la batterie tout en ralentissant légèrement l'allure.

La recharge totale des batteries se fera sur le secteur via un chargeur 12 V (de préférence réglé), sur une batterie de voiture (pendant la marche), ou encore sur un panneau solaire. Lorsqu'on utilise la bicyclette, si l'on "aide" la batterie en pédalant, on peut porter le rayon d'action du Solectric à 30 km par charge.

Son prix (batterie étanche comprise) varie entre 2 000 et 3 000 F selon les versions. Renseignements : F. Guerbet, 6 rue de Verghennes, 78000 Versailles, tél. (1) 39 51 44 48 et (1) 30 24 10 20.

2

UNE FORMULE 1 POUR LE GRAND PUBLIC

Piloter une Formule 1 devient à la portée de tout un chacun, à condition de le faire par radio et avec un modèle réduit — le Rabbit — lequel est tout de même capable d'atteindre la vitesse de 120 km/heure. Ce splendide engin, bien suspendu sur ses quatre roues indépendantes, est muni d'un système de freinage à disque. C'est un moteur à essence (cylindrée 3,5 cm³) qui assure ses performances. De nombreux réglages sont possibles avant de le lancer sur le terrain (lequel doit être prévu à cet effet... pas question d'essayer ce bolide dans sa salle à manger!). Ces réglages porteront sur la dureté de

la suspension, sur les pincements avant et arrière, sur la chasse et sur la progressivité du freinage et de l'embrayage.

Normalement, l'objet est livré "prémonté" mais non assemblé. Et cette nuance peut être la cause de bien des désillusions, c'est pourquoi Dune, 12-14 Rond-Point des Champs-Elysées, 75008 Paris, le propose tout monté. Prix : 9 000 F.

3

SOS-MOTEUR AU SECOURS DE L'ALLUMAGE

Selon des statistiques des automobile-clubs, un défaut d'allumage serait la cause d'une panne sur cinq. Pour réduire cette sorte d'incident, la société Solex, du groupe Matra, met sur le marché SOS-Moteur, le premier allumage de secours destiné au grand public. Il se présente sous la forme d'une petite boîte adaptable à tous les types d'allumage moteur, qu'ils soient conventionnels, transistorisés ou électroniques avec distribution mécanique de la haute tension. Il se range dans la boîte à gants. Prix moyen : 230 F. Solex groupe Matra, 3 avenue du Centre, 78182 St-Quentin-en-Yvelines cedex.

4

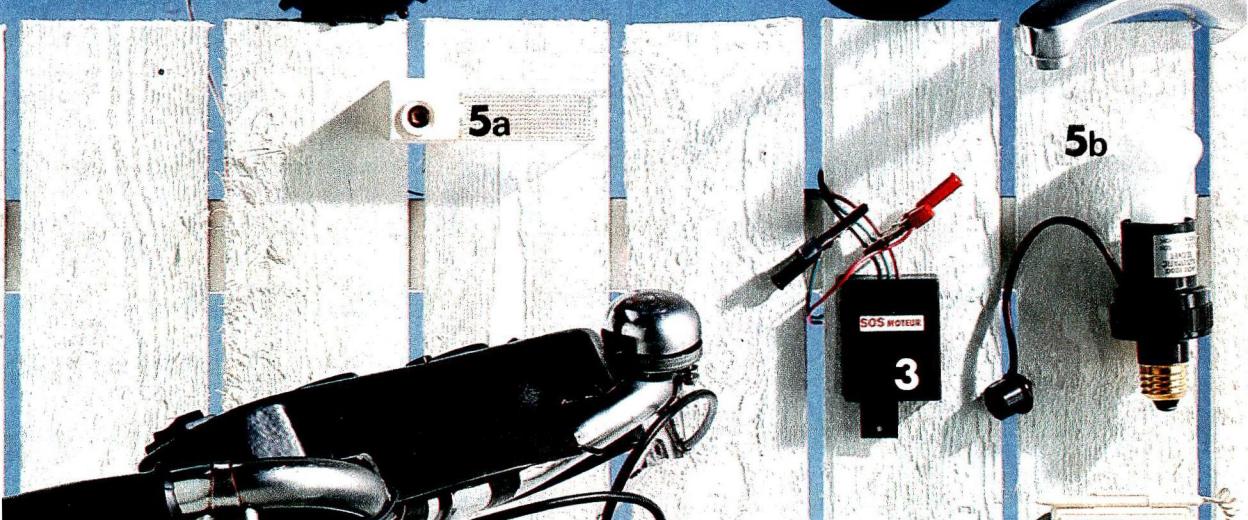
UN MÉLANGEUR D'EAU À THERMOMÈTRE NUMÉRIQUE

Obtenir que l'eau du robinet d'un lavabo ait une température précise et connaître en permanence cette température devient chose simple avec le mitigeur numérique Aquariane. Cet accessoire se monte à la place du col de cygne du robinet. L'eau (chaude ou froide) passe entre deux disques en céramique dont les déplacements permettent de régler le débit avec douceur et précision. Mais surtout l'Aquariane comporte un thermomètre numérique à affichage par cristaux liquides qui donne constamment la température de l'eau. L'alimentation électrique de ce thermomètre est assurée par des cellules photovoltaïques.

La conception mécanique de l'appareil met à l'abri des ennuis dus aux joints écrasés ou encaressés. Prix : 1 590 F. Idro, 181 avenue Galliéni, 93140 Bondy.



5a



5b

3

1

6



5

INTERRUPEURS
ÉLECTRIQUES
AUTOMATIQUES

Nite Lite (5 a) et Woc 1000 (5 b) sont capables d'allumer une lampe lorsque tombe la nuit ou de l'éteindre lorsque naît le jour. Tous deux détectent l'éclairement critique qui déclenche l'allumage ou l'extinction, grâce à une cellule photoélectrique associée à un circuit électronique.

Nite Lite (prix 150 F) destiné à l'intérieur de l'habitation, se branche directement sur une prise de courant et comporte une ampoule basse tension. Il convient lorsqu'on souhaite laisser en permanence une lumière diffuse sans se soucier de l'éteindre chaque matin. Quant à Woc 1000 (prix : 139 F), il est conçu pour automatiser l'éclairage extérieur : jardins, porches, chemins d'accès, etc. Il s'intercale directement sous l'ampoule qu'il doit alimenter (deux versions existent selon le type de douille : baïonnette ou vis). On s'assurera toutefois que sa photo-résistance n'est pas cachée par le support du lampadaire ou de la lanterne.

Nite Lite est en vente chez Dune, 12-14 Rond-Point des Champs-Elysées, 75008 Paris ; Woc 1000 chez Drancy-Est Electronique, 43 rue Morin, 93700 Drancy.

6 UN THERMOMÈTRE
À MÉMOIRE

Anne IWT 3001, le thermomètre électronique de la société RAB (70 rue de Flandre, 75019 Paris), est destiné aux femmes qui souhaitent surveiller leur cycle d'ovulation par prise de température.

Doté d'une mémoire, il enregistre les températures mesurées sur une période maximale de 12 cycles menstruels. A tout instant, ces températures peuvent être rappelées sur l'écran de visualisation de l'instrument avec une courbe graphique montrant le cycle complet. La période de pré-ovulation peut être indiquée par une ligne pointillée en bas de l'écran. La précision des mesures est de $\pm 0,04^\circ\text{C}$ entre 35,5 et 38 °C et de $\pm 0,06^\circ\text{C}$ entre 38,1 et 42 °C.

Le thermomètre est doté d'une puce du type C MOS. Il comporte une sonde qui se place sous la

langue pour la prise de température et ce, durant 20 à 30 secondes (alors qu'il faut 5 minutes avec un thermomètre classique). Les prises de température devant se faire chaque matin, avant le lever, l'instrument est équipé d'une fonction "réveil" à 2 alarmes successives sous forme de mélodie-carillon. Prix : 850 F.

BALISE

DE DÉTRESSE

Où que vous soyez à la surface de la Terre, un satellite veille sur vous. A condition que vous puissiez lui faire signe... Pour cela munissez-vous d'une balise de détresse Sarsat, étanche et insubmersible, qui ne pèse que 1 200 kg et fonctionne sur pile au lithium. En cas de besoin, elle émettra ses signaux sur 406 MHz et 121,5 GHz.



Aussitôt captés par les satellites Sarsat et Cospas, sur orbite à 850 km d'altitude, ils seront décodés, analysés et réémis en temps réel vers les stations au sol les plus proches qui organiseront aussitôt les secours. La précision de la localisation est d'environ 2 km. Enfin, la balise est munie d'une mémoire programmable sur laquelle seront enregistrés divers paramètres : identité, nationalité, et type du porteur (bateau, voiture, avion, piéton, etc.).

En location exclusive Au Vieux Campeur, 48 rue des Ecoles, 75005 Paris, tél. (1) 43 29 12 32, au prix de 1 500 F par mois + assurance obligatoire d'environ 250 F par mois.

SIMULATEUR
DE PILOTAGE

Flight Simulator de Microsoft, n'est pas le premier simulateur de vol destiné à Macintosh, mais il est certainement le plus sophistiqué... Jugez-en plutôt. D'emblée il vous propose un choix parmi trois appareils très différents : un Cessna Turbo Skylane RGII ; un jet d'affaires, le Gates Learjet 25G ; ou alors un coucou de la Guerre de 14 armé de bombes et d'une mitrailleuse.

Bien entendu, les réactions de chacun de ces appareils sont très différentes et le logiciel les simule. Dès le choix opéré, le tableau de bord apparaît sur l'écran. Tous les instruments réglementaires sont présents et fonctionnels (y compris le récepteur de radio-navigation). Dès que l'on touche au palonnier, au manche ou à la manette des gaz, les cadans intéressés s'animent tandis que l'appareil répond en tenant compte de tous les aspects du pilotage : inertie des commandes, inclinaison, glissades, etc.

Sans entrer dans les détails, notons que la vue du paysage peut s'afficher dans 8 directions horizontales plus une, montrant le sol à la verticale.

A quoi s'ajoutent trois autres points de vue extérieurs qui représentent l'appareil que vous êtes en train de piloter tel que le verrait un observateur placé dans la tour de contrôle ou dans un avion qui vous suivrait... Il est même possible d'obtenir la vision qu'aurait cet observateur muni de jumelles. Et toutes ces images sont animées en temps réel, dessinées en perspective avec leurs ombres.

Quant à l'univers accessible, il est immense. Il couvre 118 aéroports situés aux USA, Mexique, Canada et Caraïbes, ce qui permet, en consultant les cartes, de préparer un plan de vol sans oublier les étapes de ravitaillement car, bien entendu, la simulation tient compte de la consommation.

Lors du premier lancement du logiciel, les paramètres sont fixés d'avance, mais il est très facile de les modifier : cap, pilote automatique, vitesse et direction du vent, plafond et plancher des nuages, vol de jour ou de nuit, fiabilité et sensibilité de l'appareil, coordonnées de l'appareil, etc.

Pendant l'action, vous serez immédiatement prévenu si vous mettez l'appareil en perte de vitesse ce qui vous donnera l'occasion de tester vos talents de pilote et vos réflexes. Ces mêmes réflexes vous seront utiles pour pratiquer la voltige ou le combat aérien.

Pendant toute la simulation, le moteur se fait entendre et le son (différent selon le type d'appareil) varie suivant le régime réel.

Flight Simulator est bien plus qu'un simple jeu d'ordinateur. Ses possibilités et sa sophistication en font une référence dans le domaine de la simulation en temps réel et il pourrait trouver sa place dans les écoles de pilotage.

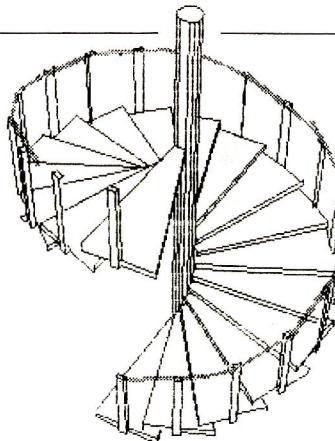
Prix : 498 F. En vente chez les concessionnaires agréés Apple et chez Microvalley, 83 rue de Javel, 75015 Paris.

UN LOGICIEL DE DESSIN POUR MACINTOSH

Les logiciels de conception assistée par ordinateur (CAO) destinés aux Macintosh gagnent en sophistication. C'est le cas du dernier-né, Space Edit. Bien qu'il soit destiné en priorité aux architectes, dessinateurs, bureaux d'études, ce logiciel, par sa facilité d'emploi et ses performances s'adresse également aux amateurs qui souhaitent accéder à la création graphique en trois dimensions. Sans compter, également, l'enseignement du dessin technique et de la géométrie descriptive...

Une fois introduit dans l'ordinateur, ce logiciel permet très simplement l'exécution de graphiques et dessins. Le tracé s'effectue à l'aide d'outils manipulés avec la souris. Il s'affiche simultanément dans quatre fenêtres décrivant les vues de dessus, de face, de profil et l'axonométrie.

A tout moment il est possible d'intervenir dans chaque image pour effacer, dupliquer (par translation ou rotation), déformer (en saisissant une facette, une arête ou un point) ou déplacer un détail ou l'ensemble. Le résultat de ces interventions est immédiatement visible dans les trois autres images. Un zoom agrandit ou réduit tout ou partie du dessin tandis que le recadrage est très facilement obtenu avec la souris... Le



générateur de volumes par rotation, est particulièrement puissant.

Mais Space Edit se distingue surtout par deux fonctions fort utiles : le calcul et l'affichage des parties cachées en perspective réelle (le point de vue et la direction de ligne de visée peuvent être introduits par leurs paramètres ou directement choisis sur les vues avec la souris) ainsi que la cotation automatique.

A ceci, il faut ajouter : une option qui gère directement de nombreuses tables traçantes auxquelles Macintosh peut être relié ; et une autre qui génère un enchaînement automatique des vues. Dans ce dernier cas, on trace une trajectoire et un ou plusieurs points de visée, et l'on voit se dessiner successivement sur l'écran les diverses images (en perspective) comme si une caméra était déplacée le long du trajet préalablement défini. Prix : environ 7 000 F. Advent, 53 avenue de Breteuil, 75004 Paris.

UN ÉCHAFAUDAGE MOBILE

L'Escamatic est un échafaudage permettant de travailler un plafond (afin de le peindre par exemple) ou le haut d'un mur. Pour le déplacer, l'utilisateur n'est pas obligé de descendre car il est automoteur : il comporte un train arrière fixe et un guidon solidaire de deux roues folles munies d'un dispositif qui ne leur permet de tourner que dans un seul sens. Ainsi si l'on fait tourner le guidon, le système tout entier avancera car l'une des roues sera bloquée tandis que l'autre parcourra un arc de cercle. Cette dernière servira à son tour d'axe de

rotation en faisant tourner le guidon dans l'autre sens. Ainsi perché sur l'Escamatic, on peut progresser à une vitesse allant jusqu'à 2 km/h, ce qui est très suffisant pour se déplacer sur un chantier.

Des dispositifs annexes font de l'Escamatic un échafaudage sûr. Par exemple, en position de repos, le train avant est surélevé et l'ensemble repose sur deux pieds, pour se déplacer, il faut donc appuyer sur une pédale qui soulève le bâti et met le train moteur en contact avec le sol.

En outre, sa conception permet de l'employer dans un escalier, cette fois évidemment en échafaudage fixe !

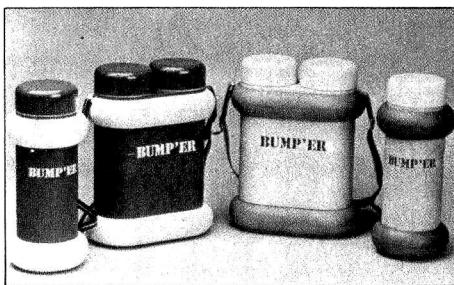
La version de base de l'Escamatic, réglable de 10 cm en 10 cm permet d'atteindre une hauteur de plafond de 3,20 m (son prix est de 2 129 F). Le modèle supérieur est livré avec un jeu de prolongateurs qui le hisse à 3,85 m (Pommier, 174 rue du maréchal Foch, 95150 Taverny). ▲



informations commerciales

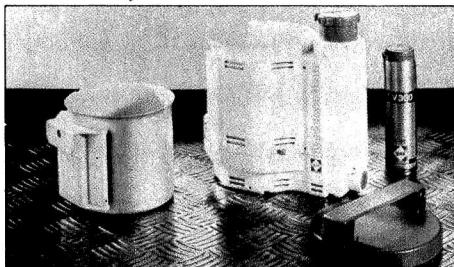
CAMPING GAZ (R) INTERNATIONAL : LES BUMP (R) ER

Une nouvelle génération de bouteilles thermo-isolantes en verre pour un nouveau style de vie : deux bouteilles, une simple et une double (vertes et jaunes ou bleues et blanches), enfin résistantes aux chocs, permettant de maintenir les boissons chaudes ou froides pendant environ 16 heures. Prix : Bump (R) er 510 SR (simple) : 100 F TTC environ. Bump (R) er 520 TSR (double) : 185 F. TTC environ. Chez les dépositaires Camping Gaz (R) International.



CAMPING GAZ (R) INTERNATIONAL : LE RECHAUFFEUR

De conception sophistiquée, mais d'utilisation très pratique, il permet de réchauffer directement ou au bain-marie n'importe quel aliment solide ou liquide et de le maintenir au chaud jusqu'à une durée d'une heure. Prix : 250 F TTC environ. Vendu avec une cartouche CV 360 chez tous les dépositaires C.G.I.



LES PIRATES DE LA CARTE BLEUE

(suite de la page 113)

termine par l'auto-déstruction de la carte. Même la dissection, l'"autopsie", du circuit intégré ne révélera aucun vestige du programme de base.

Mais affirmer *a priori* que ces cartes bénéficient d'une immunité technologique absolue vis-à-vis de toute tentative de fraude, c'est se préparer à quelques belles déconvenues quand elles seront entrées en service. Aux Etats-Unis, les établissements bancaires n'ont pas craint d'aller au devant du danger, en lançant des concours de piratage de leurs systèmes. Façon originale de tester les failles d'un système et d'y remédier avant qu'une grosse escroquerie ne survienne pour de vrai. *Science & Vie* a proposé au GIE Cartes bancaires d'organiser de telles "olympiades de la fraude électronique", mais ce type d'initiative s'accorde mal avec l'esprit d'entreprise français, et notre suggestion fut très mal reçue. Attendons qu'un fait divers, à défaut d'un résultat de concours, nous apprenne un jour que l'ingéniosité humaine aura eu raison de la carte à puce, comme de n'importe quel dispositif de sécurité à toute épreuve inventé par l'homme.

Henri-Pierre Penel

DEVENEZ 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 A 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, votre sexe, vos études, vos occupations, votre résidence, UNIVERSALIS vous initie à la technique de l'information, 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, mondanités, événements de province et de l'étranger, etc.

Demandez la documentation gratuite n° 17 à
UNIVERSALIS, 11, Faubourg Poissonnière, 75009 PARIS.
Pour la Belgique : 13, bd Frère Orban, 4000 Liège. Tél. 041/23.51.10

BON pour une documentation gratuite
sans engagement et sans frais.

à découper ou à recopier

NOM : _____

PRENOM : _____

ADRESSE : _____

information commerciale

LA LECTURE RAPIDE ENFIN POUR TOUS!

LECTIKA SYSTEM c'est la lecture profonde et rapide à la portée de tous. En 30 heures, grâce à une méthode réputée, apprenez à maîtriser attention et compréhension ; vous pourrez alors assimiler jusqu'à 300 pages en une heure, ou lire ce message en 5 secondes... essayez ! ce n'est pas si facile, et pourtant...

Renseignez-vous, LECTIKA peut vous apporter beaucoup.

Tél. (1) 42 33 34 34

DEMANDE DE DOCUMENTATION GRATUITE



12, rue Vauvilliers 75001 PARIS

B.T.S. INFORMATIQUE

Diplôme d'Etat

Vous pouvez dès maintenant préparer tranquillement chez vous le B.T.S. "Services Informatiques" diplôme d'Etat. Vous aurez alors la qualification professionnelle pour devenir Cadre Informatien. Langages étudiés COBOL et BASIC. Avec ou sans BAC ce B.T.S. se prépare en 24 mois et ne demande pas de connaissance informatique au départ. Nos élèves bénéficient de notre garantie études et peuvent en option suivre un stage pratique sur ordinateur.

Inscription toute l'année. Brochure gratuite n° Z 4393 à I.P.I.G., Organisme Privé, 92270 Bois-Colombes.

Tél. (1) 42 42 59 27

La Solitude c'est L'ENFER

Des milliers de jeunes gens, jeunes filles, veufs, veuves, divorcés(ees), de 18 à 75 ans, de toutes situations, de tous milieux, sont inscrits au CENTRE FAMILIAL.

Cette importante organisation moderne et sérieuse - créée en 1951 - met sa longue expérience à votre disposition. Le grand nombre de candidats(es) sélectionnés(es) par âge, situation, religion, REGION, etc. vous permet de rencontrer facilement, en toute liberté, des partis sérieux de VOTRE REGION ou de TOUTES REGIONS et de CHOISIR la personne "faite pour vous".

En retournant le BON, vous ferez un premier pas vers le bonheur. Vous recevrez une liste-échantillon de candidats(es) correspondant à votre âge, ainsi qu'une passionnante brochure illustrée de 68 pages qui vous donnera tous renseignements pour découvrir rapidement votre idéal.

Ce simple geste peut être pour vous le départ d'une vie nouvelle. Discrétion garantie. Plus de 42.000 références constatées par Huissier en 1975.

CENTRE FAMILIAL

43, rue Laffitte (ST) 75009 Paris

BON Veuillez m'envoyer une liste-échantillon, ainsi que votre brochure, sous pli discret, GRATUITEMENT, et sans aucun engagement de ma part.

NOM (Mr - Mme - Melle) et adresse

..... AGE

UNE MÉTHODE POUR FAIRE LE POINT

Une bonne culture générale est le support indispensable à la réussite de vos projets, qu'ils soient personnels ou professionnels. Contacts, rencontres, relations, examens, etc... en toute occasion, on vous juge sur votre culture.

La Méthode de l'I.C.F., claire et pratique, vous permettra en quelques mois, chez vous, à raison de quelques heures par semaine, de voir ou revoir les connaissances de base dans les principaux domaines : littératures, arts, philosophie, religions, histoire, sciences, économie, politique, cinéma, musique, etc.

Une méthode qui fait la synthèse des idées dans la chronologie des événements, des mouvements de pensée et des hommes qui ont forgé les civilisations. Une mise au point utile à tous ceux qui veulent progresser et réussir.

Documentation gratuite à l'I.C.F., service 3817

35, rue Collange 92303 Paris-Levallois.

Tél. : (1) 42 70 73 63.

*Ne cherchez plus...
TROUVEZ !*



DÉTECTEURS DE MÉTAUX

Trouvez tout ce qui est enterré, caché ou perdu, avec l'un des 8 détecteurs, discriminateur ou non, de notre nouvelle gamme.

Vos recherches et vos loisirs méritent SCOPE
No 1 MONDIAL

POUR EN SAVOIR PLUS SUR LA DÉTECTION :

Brochure en couleurs avec tarif et liste des distributeurs sur simple demande à S.O.C.E. 19, rue de Lisbonne 75008 Paris (1) 45.22.57.20.

Nom

Adresse

.....

LE CANADAIR EN VOIE D'EXTINCTION

(suite de la page 95)

un groupement industriel encore plus vaste que ceux qui existent actuellement sur le continent. Le marché escompté, toutes versions comprises, est d'environ 200 appareils, qui pourraient intéresser non seulement les pays européens, mais aussi le Canada, l'Amérique latine, l'Afrique, l'Extrême-Orient et le Proche-Orient. Les seules nations méditerranéennes pourraient en acquérir une cinquantaine d'exemplaires.

Six années seraient nécessaires à la réalisation du programme, et dix-huit mois sont prévus pour la recherche de partenaires. A cet égard, une réponse affirmative de l'Aérospatiale aurait une influence déterminante sur l'aboutissement du projet. Enfin, dans l'état actuel des choses, il est impossible d'évaluer le coût unitaire de la version feu d'"Eureka".

En résumé, lorsque, dans les années 60, on s'est résolu à lutter par la voie aérienne contre les incendies de forêts qui ravageaient régulièrement le sud-est de la France, cette décision s'appuyait sur un constat de logistique opérationnelle précis : l'existence d'un réseau de plans d'eau utilisables même en période de sécheresse et permettant à des avions amphibies, affranchis des contraintes du remplissage au sol, d'atteindre des cadences de largage très élevées. En d'autres termes, si, à l'époque, l'amphibie a été choisi comme vecteur principal, c'est parce qu'il était parfaitement adapté à ce milieu à la fois maritime, lagunaire et lacustre.

Vingt ans plus tard, la géographie n'a pas changé, mais les principes fondamentaux de la lutte aérienne contre le feu sont remis en question par des services administratifs plus attachés aux fausses économies qu'à la véritable efficacité. Non seulement le personnel navigant n'a jamais été consulté, mais l'opinion publique elle-même n'a jamais été informée, sinon de l'achat de nouveaux bombardiers d'eau dont on s'est bien gardé de préciser qu'ils seraient uniquement terrestres et qu'ils remplaceraient les Canadair fort justement

prisés.

Or, à ce jour, aucune étude technique, officielle ou privée, n'a démontré la supériorité de l'appareil terrestre sur l'appareil amphibie, et l'on aimeraient connaître les motifs réels qui ont guidé un choix, semble-t-il, arrêté, puisque l'achat d'un premier Fokker 27 est déjà chose faite. Que l'on nous comprenne bien : il ne s'agit pas d'opposer les bombardiers terrestres aux amphibiies — leur complémentarité est prouvée — mais de ne pas sacrifier l'avenir de la forêt française à des calculs à courte vue, où l'opportunité passe avant la recherche de la solution la plus pertinente. Toute solution qui n'offrirait pas l'efficacité des moyens mis en œuvre actuellement entraînerait à plus ou moins long terme la disparition de tout couvert forestier dans le Sud-Est méditerranéen, et donc un amoindrissement du patrimoine national. Privilégier les bombardiers terrestres pour se défaire "en douce" des amphibiies serait par conséquent non seulement un mauvais choix, mais une mauvaise action.

Reste le projet "Euromar" ; il peut nous permettre de revenir à une plus saine appréciation de nos véritables besoins, nous donner la possibilité de remplacer les Canadair par d'autres appareils de même type et de même rendement. A condition, bien sûr, que les autorités administratives ne prennent pas prétexte du Fokker déjà acquis pour refuser l'offre de coproduction proposée par Aeritalia et Dornier. Cette collaboration européenne pourrait d'ailleurs se révéler d'autant plus fructueuse que la France n'est pas la seule à devoir renouveler sa flotte antifeu : l'Italie (avec 4 amphibiies en service), l'Espagne (avec 14 amphibiies en service et 5 détruits), la Grèce (avec 9 en service et 3 détruits), la Yougoslavie (avec 3 en service et un détruit) ont le même problème.

Cela dit, même si l'on devait n'en tirer aucun profit, il conviendrait malgré tout de participer à cette vaste entreprise. Car la lutte contre le feu n'est pas une "affaire", c'est une guerre. Et une guerre ne se gagne pas avec des calculs de boutiquiers. L'armée de l'air se préoccupe-t-elle d'amortir ses avions ?

Jean Vidal

QUELQUES CHIFFRES "BRÛLANTS"

- En 1984, l'été est humide et peu venté : 14 481 hectares sont détruits par le feu dans le midi de la France, chiffre le plus bas enregistré en une année (depuis 1973). En 1985, l'été est sec et moyennement venté : 55 000 hectares brûlent dans le Midi, chiffre le plus élevé enregistré en une année (toujours depuis 1973).
- En 1985, en France, 50 000 hectares, dont 25 000 de forêts, ont été préservés des flammes grâce aux avions de la Sécurité civile. Le reboisement d'un hectare coûte environ 10 000 francs, c'est 25 milliards de centimes qui ont été ainsi économisés. Pour cette même année, le budget alloué au groupement aérien de Marseille-Marignane, qui a sous sa coupe tous les bombardiers d'eau, a été de 13 milliards de centimes !
- Le salaire mensuel d'un pilote de bombardier d'eau varie entre 12 000 et 15 000 francs (soit 3 à 4 fois moins que ce que gagne un commandant de bord à Air France !). Plusieurs de ces pilotes ont à leur actif quelque 10 000 largages.
- Au total, 897 feux ont été traités en 1985 par les moyens aériens de la Sécurité civile : 482 sur le continent, 409 en Corse et 6 à l'étranger.

CASSEZ-VOUS LA TÊTE!

PEN-E
MA-RIE
TOR-E
TAN-ER
PO-TIQUE
-IRAGE

MA-DIS
DEG-ISE
-OULAGE
LI-ER

Dans cette liste, il est possible chaque fois de former plusieurs mots en remplaçant le tiret par une lettre. Quels sont les trente-six mots cachés ? On peut, ici conjuguer. Solution dans JEUX & STRATEGIE N° 40.

Voici l'un des très nombreux jeux qui vous attendent dans JEUX & STRATEGIE. JEUX & STRATEGIE, N°1 de la presse des jeux de réflexion, c'est aussi le magazine qui vous dit tout sur le monde passionnant des jeux, tous les jeux : grands classiques, casse-tête, jeux de simulation, et naturellement, les meilleurs jeux pour micro-ordinateur testés et sélectionnés pour vous. C'est les vacances, cassez-vous donc un peu la tête... amusez-vous à réfléchir, avec JEUX & STRATEGIE.

JEUX & STRATEGIE

CHEZ VOTRE MARCHAND DE JOURNAUX



20 magasins exclusifs dans toute la France

PARIS

61, rue Froidevaux. Paris 14^e

Magasins ouverts le lundi de 14 h à 19 h et du **mardi au samedi inclus** de 9 h à 19 h sans interruption
RER Denfert Rochereau - Métro Denfert Rocher
reau - Gare Edgar Quinet - Autobus 28 38 58 68
- SNCF Gare Montparnasse

BORDEAUX 10, rue Bouffard.

tél. 56 44 39 42.

CLERMONT-FERRAND

22, rue G. Clemenceau.
tél. 73 93 97 06.

DIJON 100, rue Monge. tél. 80 45 02 45.

GRENOBLE 59, rue Saint-Laurent.

tél. 76 42 55 75.

LILLE 88, rue Esquermoise.

tél. 20 55 69 39.

LIMOGES 57, rue Jules-Nériac.

tél. 55 79 15 42.

LYON 9, rue de la République

(métro Hôtel de Ville Louis Pradel).
tél. 78 28 38 51.

MARSEILLE 109, rue Paradis

(métro Estrangin). tél. 91 37 60 54.

MONTPELLIER 8, rue Sézanne (près gare).

tél. 67 58 19 32. -

NANCY 8, rue Piétonne St-Michel.

(face St-Épvre). tél. 83 32 84 84.

NANTES 16, rue Gambetta.

(près rue Coulmiers).

tél. 40 74 59 35.

NICE 8, rue de la Boucherie (Vieille Ville).

tél. 93 80 14 89.

POITIERS 42, rue du Moulin-à-Vent.

tél. 49 41 68 46.

RENNES 18, quai Emile-Zola (près du Musée).

tél. 99 79 56 33.

ROUEN 43, rue des Charettes.

tél. 35 71 96 22.

SAINT-ÉTIENNE 40, rue de la Montat.

tél. 77 25 91 46.

STRASBOURG 11, rue des Bouchers.

tél. 88 36 73 78.

TOULOUSE 1, rue des Trois-Renards

(près place St Sernin).

tél. 61 22 92 40.

TOURS 5, rue Henri-Barbusse

(près des Halles). tél. 47 38 63 66

ouverts du mardi au samedi inclus .

Vente en magasins
et vente directe par correspondance
dans toute la France

La maison des BIBLIOTHEQUES



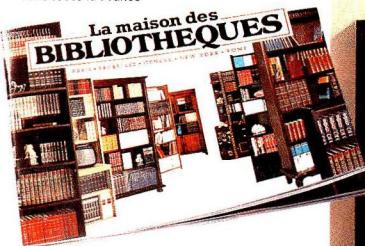
"Ligne OR" ivoire, ensemble de 3 meubles reliés par un pont bandeau.

Du meuble individuel... aux grands ensembles...



450 modèles
vitrées ou vitrables, juxtaposables sans aucune fixation murale, démontables, déménageables.

La Maison des Bibliothèques, c'est votre bibliothèque en parfaite harmonie avec le style de votre intérieur, les dimensions et la disposition de vos espaces à aménager, le nombre et le format de vos ouvrages à protéger et à ranger... Les 2 prestigieux ensembles photographiés ici, ont été composés par deux de nos clients en utilisant parfaitement les multiples possibilités et facilités que nous vous offrons dans tous nos magasins ou par correspondance : 450 modèles, 12 lignes et styles, 53 coloris, teintes ou essences de bois..., projets d'aménagements gratuits et immédiats, plans de financement et crédits personnels, reprise en cas de non convenance, livraisons à domicile sans supplément. La Maison des Bibliothèques - 30 ans d'expérience en Europe - , c'est très vite chez vous, du petit meuble au grand ensemble... **Une vraie bibliothèque à des prix imbattables.**



CATALOGUE GRATUIT

En renvoyant ce bon à :

LA MAISON DES BIBLIOTHEQUES
75680 PARIS CEDEX 14 SV41

Veuillez m'envoyer sans engagement
votre catalogue complet et le TARIF.

M. Mme Mlle. _____

Prénom _____

Adresse _____

Code postal _____

Ville _____

(facultatif) Tel. _____

Profession _____

Catalogue par téléphone 24 h sur 24
répondeur automatique

(1) 43 20 73 33



Ligne Noire : 32 modèles - 5 hauteurs - 3 largeurs - 2 profondeurs - 6 coloris