

SCIENCE & VIE

*Les tricheurs
de la
science*

*L'énergie
en conserve*

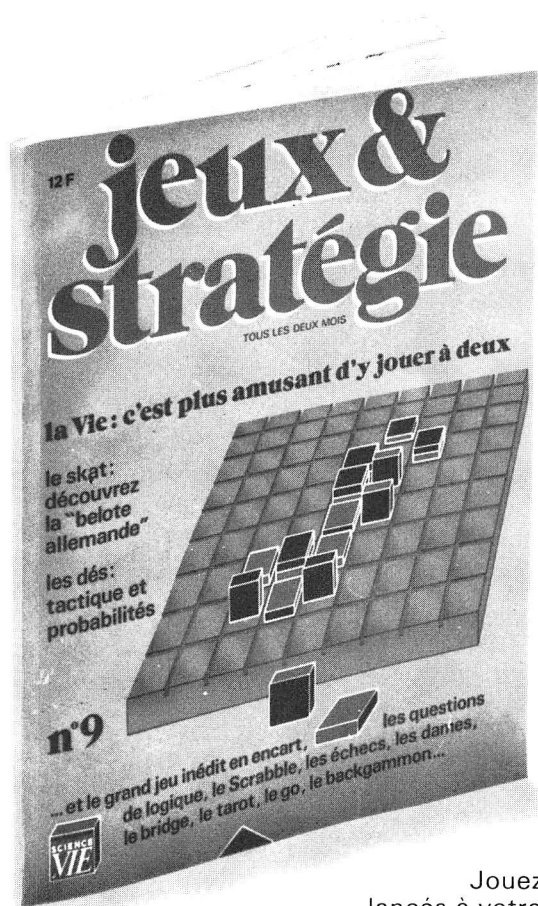
*Comment
votre TV
peut implorer*

LES PETITS ÉLEVAGES RENTABLES

ON A VU FONCTIONNER
LE CERVEAU



n°9



Découvrez Jeux & Stratégie, le premier magazine des jeux de réflexion. Vous serez conquis comme le sont déjà de très nombreux lecteurs passionnés par cette nouvelle forme de loisirs.

Jeux & Stratégie c'est plus de 100 jeux et casse-tête inédits, un jeu sous forme d'encart détachable, et les grands classiques: échecs, dames, bridge, tarot, scrabble, go... Et bien sûr, tout sur l'actualité des jeux et des joueurs.

Dans Jeux & Stratégie n° 9, revivez, avec « Jamaïca », les combats qui opposaient corsaires aux galions. Découvrez le passionnant « jeu de la vie ». Redécouvrez un jeu de carte original le « skat ».

Jouez avec Jeux & Stratégie, relevez les défis lancés à votre sens de la logique et de la déduction. Jeux & Stratégie: votre partenaire à jouer idéal. En vente partout, 12 F.

jeux & stratégie
100 PAGES A LIRE ET A JOUER

FAITES MOUSSER LES BONS MOMENTS

Kronenbourg

Kronenbourg a du caractère ; c'est une bière fine, juste assez amère. Elle est brassée depuis 3 siècles en Alsace.

V



Sommaire
Juillet 81
N° 766
Tome CXXXI

Dessin
 Christian
 Broutin

V

savoir

LES TRICHEURS DE LA SCIENCE p. 10
 par Michel Rouzé

**PHYSIQUE : L'ÉTRANGE
 EXPÉRIENCE DE LA
 NON-SÉPARABILITÉ** p. 14
 par Michel de Pracontal et Alexandre Gedilaghine

**L'ORIGINE DES "BOUFFÉES"
 DE RAYONS GAMMA** p. 22
 par Pierre Kohler

DINOSAURES ET MÉTÉORITES p. 26
 par Pierre Kohler

**COMMENT LE TIBET EST DEVENU
 LE "TOIT DU MONDE"** p. 28
 par Pierre Rossion

**L'HOMME SE SERAIT MIS DEBOUT
 POUR PROTÉGER SES PETITS** p. 32
 par Alexandre Dorozynski

**SOURIS MÉCANIQUES
 ET AUTRES ROBOTS AGILES** p. 39
 par Michel de Pracontal

ON A VU FONCTIONNER LE CERVEAU p. 46
 par le Dr Jacqueline Renaud

**NOUS AVONS UNE BOUSSOLE
 DANS LA TÊTE** p. 54
 par Jean Ferrara

**UN GRAND ÉVÉNEMENT :
 ON A DÉCOUVERT
 OÙ SE TROUVENT LES GÈNES
 DE L'IMMUNITÉ** p. 59
 par Pierre Rossion

**L'HORMONE DE CROISSANCE
 PRODUITE EN MASSE** p. 64
 par Alexandre Dorozynski

CHRONIQUE DE LA RECHERCHE p. 67
 dirigée par Gerald Messadié

pouvoir utiliser

Du mouvement en conserve p. 77
par Renaud de La Taille

L'agriculture en aile volante p. 84
par Marie-Laure Moinet

Un "syndicat" des inventeurs p. 86
par Gérard Morice

Les "Mata-Hari de la mer" p. 88
par Jean-Albert Foëx

Élever des escargots par milliers p. 91
par Marie-Laure Moinet

**Cartographie :
les ressources de la
photo aérienne** p. 98
par Marie Olivet

Chronique de l'industrie p. 103
dirigée par Gérard Morice

Marchés à saisir p. 106

HI-FI : QU'EST-CE QUI CHANGE ? p. 111
par Brigitte Sailliard

**LA PHOTOCOPIE AU LIEU DU
TIRAGE COULEUR** p. 116
par Roger Bellone

POURQUOI UNE TV IMPOSE p. 119
par Sotires Eleftheriou

LES JEUX p. 126
par Pierre Aroutcheff, Pierre Berloquin,
André Costa, Daniel Ferro, Olivier Gutron,
Pierre Kohler, Renaud de La Taille, Alain Ledoux,
Henri-Pierre Penel et Peter Watts

**CALCULATRICES : RÉPONSES AUX
LECTEURS** p. 142

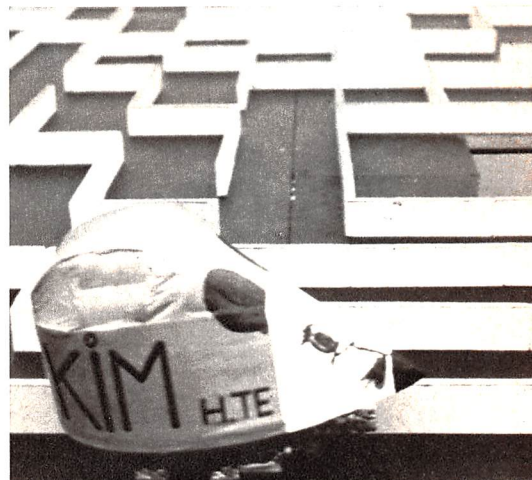
SCIENCE & VIE A LU POUR VOUS p. 146

CHRONIQUE DE LA VIE PRATIQUE p. 151
dirigée par Elias Awad

LA LIBRAIRIE DE SCIENCE & VIE p. 164



Une implosion de poste de télévision ne dure qu'une fraction de seconde ; entre le moment où le poste est intact et celui où il n'en reste que des débris de verre, on n'a rien vu... Sauf si, comme nous l'avons fait dans le laboratoire d'un constructeur, l'on filme la scène à 2000 images/seconde.



Kim est une souris mécanique pas comme les autres. Avec son moteur, ses capteurs, sa batterie et son microprocesseur, elle trouve toute seule son chemin parmi les 256 cases de ce labyrinthe, où elle a même participé à une course qui a réuni les mordus de la micro-robotique et leurs "écuries".



Le bien-être à sa banque.

La sécurité.

Les gardiens du bien-être familial c'est vous. Alors il faut savoir parer à toute éventualité, pouvoir, comme l'on dit, "se retourner"... Protéger ses économies, s'assurer des revenus futurs, êtres sûrs que les enfants auront toutes leurs chances... Tout cela s'appelle la sécurité. C'est une des conditions du bien-être et la Société Générale peut y contribuer sérieusement. N'hésitez pas à en parler avec ses conseillers. Les formules d'épargne avec un rendement garanti, les programmes de prévoyance qui vous font réaliser des économies d'impôt, les comptes de sécurité sont autant de solutions sûres qui vous permettront de disposer d'un capital en cas de besoin. Interrogez la Société Générale.

 SOCIÉTÉ GÉNÉRALE

UNE
MÉTHODE
D'ACTION
SÉRIEUSE



Garantie
par
MAURICE
OGIER

comment maîtriser la

TIMIDITÉ

et acquérir une bonne aisance

LA VÉRITÉ SUR LA TIMIDITÉ

Le Centre d'Études de la Timidité, pour la 1^{re} fois en France, s'est livré à une étude scientifique approfondie de ce problème : à partir de milliers de lettres et questionnaires confidentiels, d'années d'observations en stages ; y ont collaboré médecins, psychologues, universitaires, sociologues etc.

La timidité n'est pas une maladie

C'est une forme d'ANXIÉTÉ sociale. Tout le monde est plus ou moins anxieux à l'approche de certaines situations (prises de parole p. ex) ou en présence de certaines personnes (supérieures ou inconnues). La plus connue est le trac. Tous nos interviewés, si haut placés soient-ils, nous ont déclaré subir, à un moment ou un autre, une forme de gêne.

Une méthode anti-timidité sérieuse et efficace

est née de ces travaux au cours de plusieurs années de réflexion et d'expérimentation. C'est la 1^{re} méthode exclusivement consacrée aux solutions pratiques que posent les problèmes de timidité ; elle est totalement différente de tout ce qui a été proposé jusqu'ici.

Une rééducation complète des comportements

Guidé pas à pas, vous suivrez confidentiellement l'auto-thérapie de votre forme d'anxiété personnelle. Vous ferez le tour de toutes les questions que vous vous posez ; vous leur trouverez des solutions pratiques précises. Des exercices méthodiques concrets vous entraîneront à de nouveaux comportements d'aisance dans votre vie quotidienne. Cette méthode vous permettra de faire face à tous les problèmes ; de plus 28 exercices personnels de rééducation vous aideront à acquérir l'aisance dans les situations qui vous gênent actuellement.

Vous serez en meilleure santé

car anxiété et timidité sont la cause de nombreux maux et maladies psychosomatiques.

Vous réussirez mieux dans votre profession

Vous irez de l'avant sans être gêné par le trac ; vous rechercherez de nouvelles responsabilités. Vous romprez avec la solitude : vous vous ferez plus aisément des relations, des amis ; vous aurez une vie affective riche.

INSTITUT FRANÇAIS DE LA COMMUNICATION

Dpt : Centre d'Étude de la Timidité

6, rue de la Plaine, 75020 PARIS-NATION Tél. 373.11.70

GRATUIT & DISCRET

DOSSIER COMPLET LA VÉRITÉ SUR LA TIMIDITÉ
"Comment maîtriser la Timidité". Sous pli fermé, sans aucune marque extérieure.

Mr. Mme. Mlle

Prénom age

Profession

ADRESSE

T 505

SCIENCE & VIE

Publie par
EXCELSIOR PUBLICATIONS, S.A.
5, rue de la Baume - 75008 Paris
Tél. 563.01.02

Direction, Administration
Président : Jacques Dupuy
Directeur Général : Paul Dupuy
Directeur administratif et financier : J.-P. Beauvalet

Rédaction
Rédacteur en Chef : Philippe Cousin
Rédacteur en chef adjoint : Gérald Messadié
Chef des informations, rédacteur en chef adjoint : Jean-René Germain

Secrétaire général de rédaction : Elias Awad
Secrétaire de rédaction : Edith Pillain

Michel Eberhardt
Renaud de La Taille
Gérard Morice
Alexandre Dorozynski
Pierre Rossion
Jacques Marsault
Françoise Harrois-Monin
Sophie Seroussi
Michel de Pracontal
Jacqueline Denis-Lempereur
Marie-Laure Moinet

Illustration

Anne Lévy
Photographes : Miltos Toscas, Jean-Pierre Bonnin

Documentation

Anne-Françoise Montaron

Maquette

Mise en page : Natacha Sarthoulet
Assistante : Virginia Silva

Fabrication

Louis Bousange

Correspondants

New York : Sheila Kraft, 625 Main Street
Roosevelt Island
New York - 10044
Londres : Louis Bloncourt - 16, Marlborough Crescent
London W 4, 1 HF

Services commerciaux

Marketing et développement : Christophe Veyrin-Forrer
Abonnements : Elizabeth Drouet
assistée de Patricia Rosso
Vente au numéro : Gabriel Prigent

Relations extérieures

Michèle Hilling

Publicité

Excelsior Publicité - Interdeco
67, Champs-Élysées - 75008 Paris - Tél. 225.53.00
Directrice du développement : Michèle Brandenbourg
Chef de publicité : Dominique Bovio

Adresse télégraphique : SIENVIE PARIS

Numéro de Commission paritaire : 57284



A nos abonnés BVP

Pour toute correspondance relative à votre abonnement, en voyez-nous l'étiquette collée sur votre dernier envoi. Changements d'adresse : veuillez joindre à votre correspondance 1,50 F en timbres-poste français ou règlement à votre convenance.

A nos lecteurs

- Nos reliures : Destinées chacune à classer et à conserver 6 numéros de SCIENCE et VIE peuvent être commandées par 2 exemplaires au prix global de 42 F Franco (Pour les tarifs d'envois à l'étranger, veuillez nous consulter).
- Notre Service Livre : Met à votre disposition les meilleurs ouvrages scientifiques parus. Vous trouverez tous renseignements nécessaires à la rubrique « La Librairie de SCIENCE et VIE ».
- Les Numéros déjà parus : La liste des numéros disponibles vous sera envoyée sur simple demande.

Correspondance et règlement

- ADRESSE : 5, rue de la Baume - Paris (8^e).
- MODALITÉS DE PAIEMENT :
— Règlement joint à la commande, C. Bancaire - C.C.P. - Mandat Lettre - libellés à l'ordre de Science et Vie.
— Pour les C.C.P. transmettre directement les 3 volets sans indiquer de numéro de compte.
- FACTURES : Émises sur demande pour un montant supérieur à 30 F uniquement.

Les manuscrits non insérés ne sont pas rendus.
Copyright 1981 « Science et Vie ».

Informations commerciales

DURST

vient d'éditer une nouvelle brochure intitulée «Premières photos dans le laboratoire d'amateur — Une initiation progressive».

52 pages d'explications et d'illustrations sur la technique des tirages et des développements noir et blanc, et couleur.

Cette brochure est disponible, contre 14.80 F en timbres-poste, à toute personne en faisant la demande à :

TELOS S.A.

72-76, rue Paul-Vaillant-Couturier

B.P. 327 - 92307 LEVALLOIS CEDEX

COGNAC

GRANDE FINE CHAMPAGNE, depuis 1619, la famille Gourry récolte au domaine. Qualité rare pour connaisseurs. S.A.R.L. GOURRY DE CHADEVILLE, 16130 SEGONZAC. Échantillon contre 5 timbres.

magazine littéraire

AUTOUR DE LA FOLIE

*histoire
médecine
psychanalyse
littérature*

en vente dans tous les kiosques 12 F

40, rue des Saints-Pères, 75007 PARIS

ABONNEZ-VOUS A SCIENCE & VIE

ABONNEMENT SIMPLE 1 AN : 104 F

Tarif France et Z.F. - 12 numéros mensuels
Tarif pour 2 ans : 198 F.

ABONNEMENT COUPLE 1 AN : 150 F

Tarif France et Z.F. - 12 mensuels + 4 numéros
Hors Série thématiques trimestriels.
Tarif pour 2 ans : 280 F.

ETRANGER

- **BENELUX** 1 an simple 700 FB - 1 an couplé 1.000 FB.
Journal LA MEUSE
8-12 bd de la Sauvenière
4000 LIEGE - BELGIQUE
- **CANADA et USA** 1 an simple 35 \$ - 1 an couplé 48 \$.
PERIODICA Inc.
C.P. 220
Ville Mont Royal
P.Q. CANADA H3P 3C4
- **SUISSE** 1 an simple 54 FS - 1 an couplé 74 FS.
NAVILLE ET CIE
5-7 rue Levrier
1211 GENEVE 1 - SUISSE
- **AUTRES PAYS** 1 an simple 145 FF. - 1 an couplé 195 FF. Commande à adresser directement à SCIENCE & VIE.

Recommandé et par avion : nous consulter.

BULLETIN D'ABONNEMENT

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

- A compter du n° veuillez m'abonner pour :
☐ 1 an ☐ 1 an + hors série
☐ 2 ans ☐ 2 ans + hors série

Nom

Prénom

N° Rue

Code postal Ville

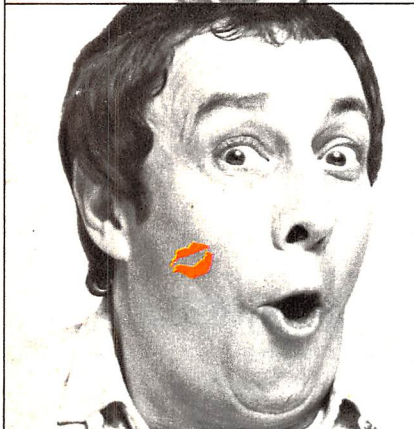
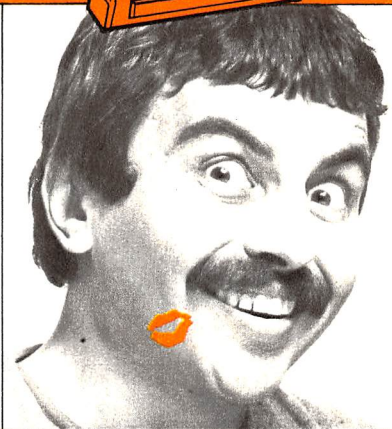
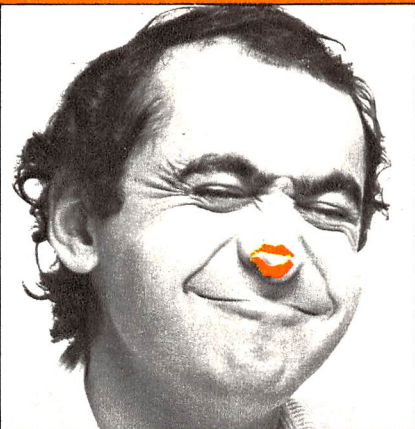
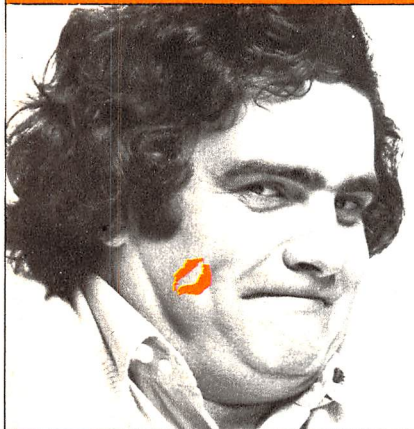
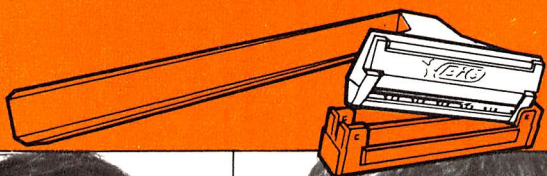
Age et profession

(Facultatif)

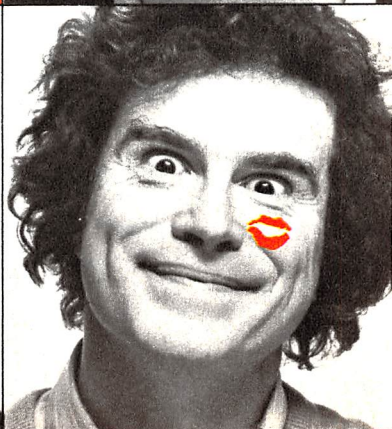
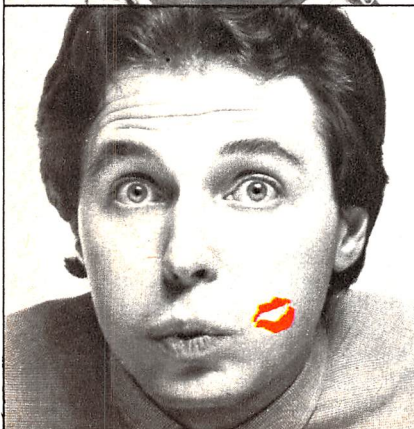
- Ci-joint mon règlement de F par :
☐ Chèque bancaire, ☐ CCP 3 volets,
☐ Mandat-lettre, établi à l'ordre de
SCIENCE & VIE.

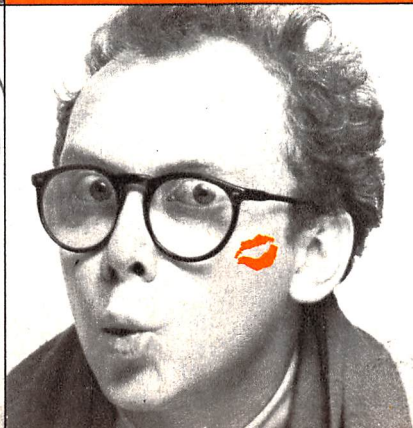
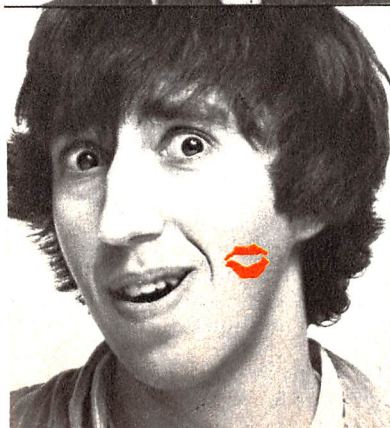
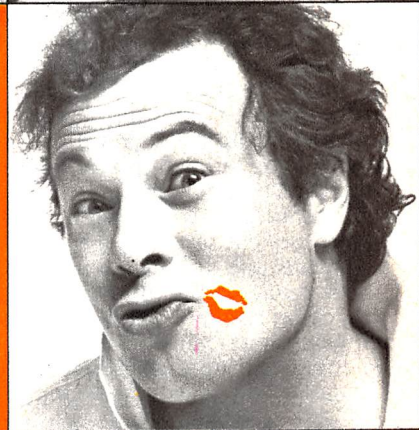
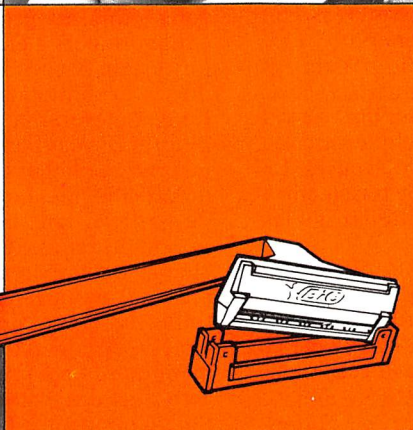
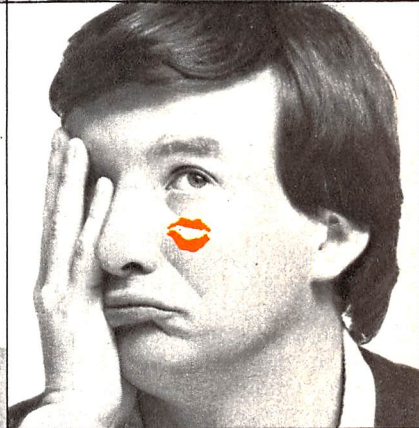
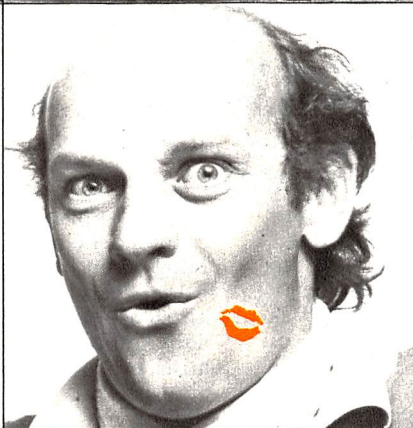
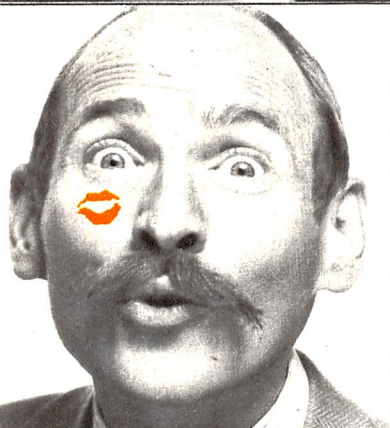
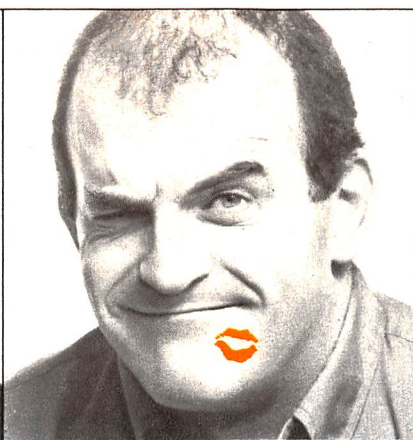
Etranger : Mandat international ou chèque
compensable à Paris.

Bic Bic Hourra.



Le nouveau
Bic orange
fait la peau douce
aux barbes bleues.





Nouveau rasoir



BIC

En vente dans
les tabacs, grands magasins,
grandes surfaces, etc.

RECHERCHE SCIENTIFIQUE: CHEZ LES SAVANTS AUX

Des résultats expérimentaux falsifiés ou inventés de toutes pièces. Des travaux volés à leurs auteurs et publiés sous d'autres noms. Quatre fraudes dévoilées

● C'est une étrange réunion qu'a tenue, les 31 mars et 1^{er} avril derniers, la sous-commission du Congrès américain chargée de contrôler l'emploi des crédits fédéraux accordés à la recherche scientifique. Étaient convoqués à Washington pour déposer : Donald Fredrickson, directeur du NIH (Institut national de la Santé) ; Philip Handler, président de l'Académie nationale des Sciences ; John Long, ex-professeur de pathologie au Massachusetts General Hospital (familièrement appelé le "Mass General") ; Philip Felig, de la faculté de médecine d'Yale ; et diverses autres personnalités, dont deux spécialistes des problèmes moraux en matière de recherche médicale. A vrai dire, quelques-uns de ces témoins faisaient plutôt figure d'accusés. Le dialogue, fut par moments, plus que tendu entre les scientifiques et les hommes politiques qui les interrogeaient sans indulgence.

Depuis une dizaine d'années, une série d'histoires désagréables trouble la sérénité des laboratoires et risque d'ébranler la confiance que les citoyens américains placent dans l'honnêteté et la compétence des responsables de la recherche de pointe. En 1980, la cote d'alerte a été dépassée avec la révélation de quatre graves affaires de fraude. Des résultats expérimentaux avaient été truqués. Des expériences n'ont eu lieu que dans l'imagination des auteurs qui les rapportaient. Des chercheurs se sont appropriés des travaux menés par d'autres et les ont publiés sous leur nom. Brochant sur le tout, des dossiers de patients hospitalisés (des cancéreux) ont été falsifiés, ce qui risquait d'entraîner des conséquences sur le traitement des malades.

En avril 1979, John Long, alors simple chercheur au Mass General, annonçait dans le *Journal of the National Cancer Institute* qu'il avait stabilisé des cultures de cellules tumorales prélevées sur des patients atteints de la maladie de Hodgkin, une affection cancéreuse qui touche notamment les ganglions lymphatiques, la

moelle osseuse et la rate. La nouvelle était d'importance. Le patron du laboratoire où travaillait Long — un membre de l'Académie des sciences — qui cherchait à savoir si la maladie de Hodgkin n'est pas due à un virus, avait été freiné dans son étude du fait que les cellules malignes mises en culture dépérissaient et finissaient par mourir.

Trois mois après la publication de son article, John Long est promu professeur assistant. Ses collaborateurs s'en réjouissent. Sauf l'un d'eux, un certain Steven Quay, connu pour la minutie de ses expérimentations. En 1978, il avait aidé Long à mesurer la densité des complexes immunitaires formés par ses cellules tumorales en culture. Or, la valeur trouvée fut très inférieure à ce qu'on pouvait attendre. Une première version de l'article dans laquelle ce résultat était mentionné fut refusée à la publication, le rapporteur chargé de lire le texte ayant trouvé le chiffre anormal et suggéré une vérification. Sur ces entrefaites, Quay prend deux semaines de vacances. A son retour, il apprend avec étonnement que Long a refait une expérience et trouvé cette fois une valeur proche de la valeur attendue. Comment a-t-il pu mener à bien en quelques jours une expérience qui normalement exige bien plus de temps ?

L'article, rectifié, est donc publié et son auteur monte en grade. En octobre, Quay, qui n'a cessé d'y penser, reconstitue la dernière expérience de Long. Le résultat est tel qu'il soupçonne Long de ne l'avoir jamais vraiment réalisée. Il exige avec insistance de voir les originaux des notes prises en cours d'expérimentation. « Je ne sais plus où j'ai mis le cahier » rétorque Long, et il demande sèchement à Quay — désormais son subordonné — s'il se rend compte de la gravité du soupçon qu'implique sa curiosité.

Durant plusieurs semaines Quay se demande s'il n'est pas plus sage pour lui de ne plus s'oc-

UN MINI-WATERGATE ÉTATS-UNIS

au cours d'une seule année ont provoqué une réunion spéciale d'une sous-commission du Congrès. La science est-elle vraiment en cause ?

cuper de cette affaire. Mais juste avant Noël, Long annonce qu'il a retrouvé le cahier, avec les notes prises en cours de route et les photos des cellules au microscope. Il le remet à Quay, lequel, y ayant jeté un coup d'œil, assure son supérieur qu'il n'a jamais douté de son intégrité et offre ses excuses, gentiment acceptées. Absorbé par ses tâches, Quay, les jours suivants, ne fait que parcourir rapidement le cahier. Mais la veille du jour où il doit le rendre, il l'emporte chez lui pour l'examiner à loisir. Stupeur : à la lumière électrique, les bandes qui fixent les photographies laissent apparaître par transparence des fragments de bandes plus anciennes, comme si les documents originaux avaient été remplacés par d'autres. Le soupçon se renforce... Toute cette partie du cahier aurait été trafiquée.

Quay remet un rapport au directeur du département de pathologie, Robert McCluskey. Alors commence un roman policier qui emplirait des centaines de pages. Convoqué chez McCluskey, Long commence par nier avoir commis la moindre fraude. A l'appui de ses affirmations, il produit le livre de bord de l'ultracentrifugeuse qui permet de séparer les constituants d'une préparation en fonction de leurs densités respectives. Les valeurs observées en cours d'expérimentation y sont notées en fonction du temps de fonctionnement de la machine. Elles correspondent à celles du cahier. Quay a l'impression que le livre de bord a été surchargé. McCluskey n'en est pas sûr. Quay a l'idée de consulter, sur le livre de bord, l'enregistrement du compte-tours de l'ultracentrifugeuse qui y est joint. Le nombre de tours enregistré est inférieur à celui qui correspondrait aux manipulations décrites. Long passe aux aveux !

Mais il affirme que c'était seulement parce qu'il était pressé par le temps — il fallait remettre la nouvelle version de l'article — qu'il a in-

venté quelques résultats. Ils ne concernent que quelques paragraphes dans un article de neuf pages. C'est la seule fois de sa carrière, soutient-il (et il continue encore actuellement de le soutenir) où il a été amené à utiliser des données scientifiques imaginaires. Le 31 janvier 1980, il démissionne du Mass General.

Mais, comme une tumeur maligne, le scandale continue de s'amplifier. Une autre assistante de Long, Nancy Harris, avait remarqué, dès 1978, plusieurs étrangetés dans les lignées de cellules tumorales cultivées par Long. Trois d'entre elles (sur quatre), possédaient le gène d'un enzyme qu'on rencontre fréquemment chez les femmes de la population noire des États-Unis. Ce type de gène — catalogué AG-6-PD — est très rare dans la population blanche. Or les trois patientes sur lesquelles Long affirmait avoir prélevé les cellules étaient de race blanche. Informé de cette anomalie, Long s'en était tiré en déclarant qu'il avait testé une des trois patientes et trouvé qu'elle était hétérozygote pour le gène en question, c'est-à-dire que dans ses cellules, un des deux chromosomes portait le gène de l'enzyme "noir", l'autre celui de l'enzyme "blanc".



Le réarrangement chromosomique, en culture, avait pu reproduire des cellules homozygotes pour le gène de l'enzyme "noir". Et les deux autres donneuses blanches des cellules tumorales étaient sans doute dans le même cas. Nancy Harris ne discuta pas l'explication, en

TROIS "BELLES" FRAUDES EN BIOCHIMIE

Un peu avant 1960, un jeune chimiste sorti d'un collège du Massachusetts est embauché dans le laboratoire du biologiste Melvin Simpson, à Yale. Il réussit bientôt à synthétiser en éprouvette une protéine qui joue un rôle essentiel dans les transferts d'énergie à l'intérieur de la cellule vivante, le cytochrome C. C'est la première fois qu'une telle protéine est obtenue à l'état de haute pureté à l'extérieur d'une cellule. Simpson et son collaborateur signent ensemble une communication. Le jeune homme reçoit le titre de docteur et entre au laboratoire de Fritz Lipmann, prix Nobel, à la Rockefeller University. Ils signent bientôt un article ensemble. Une brillante carrière s'annonce.

Parti en année sabbatique à travers l'Europe, Simpson participe à de nombreux séminaires où il raconte la synthèse du cytochrome C. Rentré à Yale, il veut reproduire l'expérience. En vain : pas de cytochrome C dans l'éprouvette.

Même échec à la Rockefeller University. L'étudiant est mandé à Yale, prié de recommencer ses expériences, sous contrôle permanent. Pas de cytochrome. En 1961, le prix Nobel Fritz Lipmann est obligé de démentir partout la découverte dont il s'était fait l'annonciateur. Pour finir, on apprend que le collègue du Massachusetts où le jeune homme avait soi-disant conquis son premier diplôme de chimiste n'en trouve aucune trace dans ses archives.

En 1976, des chercheurs allemands du laboratoire de biochimie de Hamprecht — qui jouit d'une grande réputation — relatent leurs expériences avec la leucine-enképhaline sur des cultures de neurones. Cette hormone cérébrale agirait sur une molécule bien connue des biologistes pour son rôle de messager dans la cellule, l'AMP cyclique.

La nouvelle paraît d'autant plus vraisemblable que la morphine — dont on sait l'analogie avec les "morphines cérébrales" que sont les enképhalines — agit bien de cette façon sur le tissu nerveux. Hélas ! L'année suivante un des chercheurs, J. Gullis, est obligé d'avouer que les expériences n'ont jamais eu lieu. Il était tellement sûr de sa théorie qu'il a jugé plus expéditif d'inventer la vérification.

En 1979, lors d'un congrès tenu à Tokyo, le chimiste américain Schubert reconnaît avoir inventé avec son collègue Derr les résultats qu'ils avaient publiés ensemble sur une préparation capable de "chélater" le plutonium accumulé dans les organes (foie et tissu osseux), c'est-à-dire d'emprisonner les molécules de ce métal toxique et de l'évacuer à travers les membranes cellulaires. On comprend l'intérêt d'une telle découverte. Malheureusement, ce n'était qu'un rêve. Pour le moment du moins. □

dépôt de son invraisemblance, mais elle comença à soupçonner que les trois lignées venaient en réalité du même individu. En janvier 1979, nouvelle découverte, encore plus étonnante : établissant des caryotypes — des cartes

de chromosomes — des cellules en culture, Nancy Harris découvre qu'ils ne présentent pas l'aspect de chromosomes humains. Elle obtient de Long que des échantillons des trois lignées soient soumis à un expert en culture cellulaire du National Cancer Institute, avec un échantillon du sang d'une des donneuses supposées. Quand, quelques mois plus tard, Long reçoit les résultats de l'expertise, il ne les communique pas à ses collaborateurs, se contentant de leur donner des explications confuses. Il fallut sa démission, en janvier 1980, pour pousser l'enquête à fond.

Les conclusions en sont effarantes. Résumons-les. Comme le soupçonnait Nancy Harris, trois des lignées ont la même origine. Ce n'est pas la patiente dont on a envoyé le sang à l'expertise. Elle n'est du reste pas hétérozygote pour le gène AG-6-PD, comme l'affirmait Long. Quant à la quatrième lignée, elle provient de cellules prélevées sur une malade qui ne présente aucun symptôme de la maladie de Hodgkin. Mais le plus beau, c'est l'origine des chromosomes non humains trouvés dans les trois premières lignées. Ils proviennent d'une espèce répandue en Colombie du Nord, le douroucouli ou nyctipithèque, encore appelé singe-hibou en raison de ses habitudes nocturnes. Cet animal se trouve être un des primates non humains porteurs du gène AG-6-PD.

Un article signé de Nancy Harris et de deux autres chercheurs du Mass General rend le scandale public. John Long se défend sur une ligne de repli. Oui, il a eu le tort de compléter son article avec des résultats inventés. Oui, il aurait dû communiquer à ses collaborateurs les résultats de l'expertise de l'Institut du Cancer. Oui, il n'a pas dit la vérité en affirmant qu'une des donneuses de cellules malignes était hétérozygote pour le gène AG-6-PD. Mais il n'a pas sciemment cultivé des cellules de singe. Les cultures ont été contaminées par accident.

Effectivement, et c'est Nancy Harris qui a établi le fait d'après les archives du laboratoire, Long a travaillé, à un moment, sur des cellules de nyctipithèque. Y a-t-il eu contamination accidentelle ou bien utilisation délibérée de cellules de singe présentées comme humaines ? "That's the question". Curieusement, les scientifiques qui ont établi la véritable nature de ces cellules sont les plus enclins à laisser la porte ouverte aux justifications de Long, et à lui accorder les circonstances atténuantes pour l'ensemble de son comportement. Les membres de la sous-commission du Congrès ne l'entendent pas de cette oreille. Pour eux, ce qui compte, c'est que Long a bénéficié, pour ses travaux qui s'évanouissent en bulles de savon, de crédits d'un montant total de 750 000 dollars, soit environ 3 millions 750 000 francs.

Sa performance est surclassée par celle de Marc Straus, un chercheur de l'université de Boston, qui a reçu en trois ans près d'un million de dollars — plus de cinq millions de nos francs — pour les recherches sur le cancer, lesquelles

se sont avérées truquées. Les données recueillies sur environ 200 malades avaient été introduites dans un ordinateur programmé pour contrôler sur une large échelle l'efficacité de nouveaux traitements anticancéreux.

En 1978, cinq collaborateurs de Straus révè-

LES TRUCAGES UTILES À LA SCIENCE ?

La fraude ou, pour parler un langage plus diplomatique, une certaine manipulation des résultats expérimentaux en fonction de ce qu'on veut démontrer, est-elle inhérente à la recherche scientifique ? Quelques philosophes des sciences ont soutenu cette thèse et, allant même plus loin, ils ont affirmé qu'une théorie ne peut se consolider qu'en gommant délibérément les faits qui ne "collent" pas avec elle. Tel serait un des prix à payer pour faire avancer la science.

A l'appui de cette thèse, on cite l'exemple de Mendel, qui découvrit les lois de l'hérédité en croisant des pois lisses avec des pois ridés. Un biologiste et statisticien britannique, Fischer, a démontré (en 1936) que les résultats annoncés serraient de trop près les prévisions théoriques, ils étaient "trop beaux pour être vrais". La question demeure discutée de savoir si c'est Mendel lui-même qui a donné le "coup de pouce" à ses petits pois, si c'est un de ses assistants, ou même simplement le jardinier, qui connaissait lui aussi le résultat attendu par Mendel.

Mais l'exemple ne vaut rien, car les expériences vérifient bel et bien les théories de Mendel, avec la marge d'approximation, en plus ou en moins, que comporte toujours une expérimentation. Que le coup de pouce délibéré, qui dans ce cas n'a pas eu de conséquence, en ait parfois de fâcheuses, et freine la science au lieu de la faire avancer, c'est ce qui est clairement démontré par l'exemple pathétique des souris de Summerlin. Le scandale causé par la fraude a jeté la suspicion sur une découverte authentique, et relégué pendant quelques années dans une semi-clandestinité les recherches sur la culture des greffons de peau, technique maintenant reconnue et pratiquée.

Quant à l'invention pure et simple de résultats fictifs pour étayer une théorie que rien n'appuie par ailleurs, les conséquences en sont simplement désastreuses. Simpson a perdu près d'une année — qui aurait pu être plus fructueusement utilisée — pour arriver à la vérité sur la prétendue synthèse du cytochrome C (voir encadré ci-contre).

L'annonce — mensongère — de la découverte d'agents chélatants fixant le plutonium a provoqué l'arrêt des recherches poursuivies dans cette direction par d'autres laboratoires. L'idée que le trucage des expériences puisse être utile à la science est peut-être un support à de brillants paradoxes intellectuels, mais rien de plus. La science n'a besoin que de vérité. □

lent à la direction de l'université les irrégularités dont ils sont les témoins. Straus modifie les dates de naissance des patients. Il introduit dans ses données des traitements médicaux et des recherches de laboratoires imaginaires. Il

invente une tumeur chez un malade qui n'en a jamais eu. Acculé, Straus démissionne de son poste. D'après l'université de Boston, il n'existe pas de preuve que ses falsifications aient eu une incidence sur le traitement des malades.

Tel n'est pas l'avis d'un des responsables de la toute-puissante Food and Drug Administration qui, après avoir mené une enquête sur l'affaire, déclare : « Le moins qu'on puisse dire, c'est qu'il y a eu parfois de sérieuses implications cliniques, soit parce qu'un des patients étudiés s'est trouvé en plus grand danger, soit parce que les données inexactes ont pu aboutir à des conclusions peu fondées. » Mais le public n'a été mis au courant qu'en 1980, par une série d'articles du Globe et c'est alors, seulement, que le National Cancer Institute a ouvert à son tour une enquête.

Autre témoin cité devant la sous-commission, Philip Felig, vice-président de la faculté de médecine d'Yale, s'était vu prié en décembre 1978, de donner son avis sur un article proposé à une revue médicale britannique par trois auteurs américains, dont un chercheur du NIH, Helena Rodbard. Deux rédacteurs de la revue avaient rendu des verdicts contraires : l'un recommandant de publier l'article, l'autre de le refuser. On s'en remettait donc au jugement de Felig. L'article était consacré aux relations possibles entre l'anorexie mentale et les troubles de fixation de l'insuline. Felig le donne à lire à son principal collaborateur, Vijay Soman, ancien enseignant de l'université de Poona en Inde. Les deux hommes ont déjà signé ensemble un certain nombre d'articles. Depuis deux ans, Soman prépare lui-même, sans beaucoup avancer dans son travail, une étude sur l'anorexie mentale et l'insuline.

Il donne un avis négatif sur l'article d'Helena Rodbard. Felig le suit et répond en ce sens à la revue britannique, laquelle renvoie à l'auteur l'article refusé en s'excusant de l'avoir gardé trop longtemps et en expliquant qu'il lui avait fallu recourir à l'arbitrage d'une troisième personne (qu'elle ne nomme pas). Ici commence un vrai thriller aux rebondissements imprévisibles.

Deux mois après avoir reçu son article en retour, Helena Rodbard se voit remettre par son directeur de laboratoire, Jesse Roth, le manuscrit d'un article destiné à l'*American Journal of Medicine*, pour lequel il a été pris comme "arbitre". L'article est signé de Felig et Soman. Helena Rodbard s'étouffe d'indignation : elle retrouve, mot pour mot, plusieurs passages de son propre article. Le plagiat est évident. Elle comprend immédiatement que les pirates sont les mêmes qui ont donné un avis défavorable à la publication de son travail dans la revue britannique. Il lui faudra dix-huit mois d'un combat acharné pour se faire rendre justice. Au fur et à mesure qu'elle marquera des points, le scandale, comme un réseau dont les mailles se défont une à une, prendra une dimension insoupçonnée.

Helena Rodbard s'adresse d'abord à Felig
(suite du texte page 150)

L'EXPÉRIENCE D'ASPECT ET LA NON-SÉPARABILITÉ

Dans l'actuel renouveau des discussions sur la physique quantique, une idée et une expérience occupent le devant de la scène. L'idée est que le monde physique n'est pas constitué d'objets séparés ; l'expérience est celle qu'est en train de réaliser Alain Aspect à l'Institut d'optique d'Orsay.

● On parle encore de l'« expérience de Torricelli » (sur la pression atmosphérique), de l'« expérience de Foucault » (sur la rotation de la Terre), de l'« expérience de Michelson » (sur la propagation de la lumière), de l'« expérience de Hertz » (sur l'existence de l'effet photo-électrique), de l'« expérience de King » (sur l'égalité des champs de l'électron et du proton), etc. Seul l'avenir dira si l'expérience d'Aspect, physicien français de moins de 40 ans, actuellement en cours de montage à l'Institut d'optique d'Orsay, est, elle aussi, une expérience cruciale. Néanmoins elle mérite d'ores et déjà une considération particulière. Elle est en effet la dernière en date d'un nombre restreint d'expériences consacrées à un problème vieux d'un demi-siècle et situé au cœur même de la mécanique quantique : la séparabilité ou la non-séparabilité des objets du monde physique.

Afin que le lecteur non averti puisse comprendre l'essentiel de cette expérience fort complexe, nous nous en tiendrons à ses grandes lignes, aux principes mêmes de la manipulation. Disons donc, en premier lieu, qu'Alain Aspect utilise, comme éléments de base, des photons. Ceux-ci proviennent d'une source, en l'occurrence des atomes de calcium qui, dans certaines conditions, émettent des paires de photons « corrélés » (ce qui signifie qu'ils ont un lien entre eux ; de façon imagée, on pourrait dire : des photons jumeaux).

Rappelons simplement ici qu'un atome est constitué d'un noyau autour duquel tournent un ou plusieurs électrons, chaque électron ayant une orbite bien déterminée correspondant à un certain niveau d'énergie. Lorsqu'on excite un atome, c'est-à-dire lorsqu'on lui fournit de

l'énergie (soit par une étincelle électrique, soit, comme dans le cas présent, au moyen de faisceaux laser), chacun des électrons peut « sauter » de son orbite sur une orbite d'énergie supérieure. Il revient ensuite spontanément sur son orbite d'origine en restituant l'énergie qui lui a été communiquée. Cette restitution se traduit par l'émission d'un ou plusieurs photons. Ce retour au niveau d'énergie inférieur se fait parfois en deux étapes, l'électron passant par un niveau d'énergie intermédiaire : il émet alors successivement deux photons qui sont bel et bien corrélés puisqu'ils proviennent du même atome. Cette redescente d'un électron par différents paliers d'énergie est appelée, en termes de physique, une « cascade atomique ».

Parmi la multitude des photons corrélés émis dans les conditions que nous venons de décrire et qui se dispersent dans toutes les directions, il arrive que les deux jumeaux d'une même paire prennent des directions opposées et s'engagent chacun dans un des deux tubes disposés de part et d'autre de la source à photons. Ce sont précisément ces photons-là qui intéressent Alain Aspect, car c'est à partir d'eux qu'il a conçu toute son expérience.

En effet, au bout de chaque tube, soit à une distance de 7 mètres de la source, est placé un commutateur optique. Le rôle de ce commutateur est analogue à celui d'un miroir qui réfléchit un rayon lumineux et le renvoie dans une direction donnée. Dans le montage imaginé par Aspect, le commutateur peut prendre deux positions différentes, donc renvoyer les photons dans deux directions distinctes, vers deux polariseurs. Un polariseur est un instrument qui filtre les photons selon une polarisation donnée et

ne laisse passer que ceux qui ont la polarisation choisie (pour la bonne compréhension, il suffit de savoir que la polarisation, ou quanta de radiation électromagnétique, d'un photon se mesure selon trois axes : A, B et C et que, sur chacun de ces axes, elle ne peut prendre que deux valeurs : une valeur positive et une valeur négative). Ajoutons, pour terminer cette description, que derrière chaque polariseur se trouve un détecteur dont le rôle est de compter les photons qui sont effectivement passés à travers le filtre.

L'appareillage ainsi défini, voyons son mode d'emploi. Mais auparavant, une précision. Différentes expériences antérieures ont établi de façon certaine que, chaque fois que l'on a affaire à des particules (photons, neutrons, protons, etc.) jumelles, il existe une stricte corrélation négative entre les résultats des mesures d'une composante donnée. En clair cela veut dire que, lorsqu'on mesure la composante A (l'axe de polarisation A) de deux photons jumeaux, si l'un donne A⁺, l'autre donne toujours A⁻. Il en est de même si l'on mesure la composante B ou la composante C. Donc, il suffit de connaître la valeur de la composante A (B ou C) d'un photon, pour connaître également la valeur de la composante A (B ou C) de son jumeau⁽¹⁾.

Revenons maintenant à l'expérience d'Aspect. Nous avons dit que seuls étaient intéressants les photons jumeaux dont l'un partait dans un tube et l'autre dans le tube opposé. Appelons photon n° 1 celui qui s'engage dans le tube de droite. Parvenu au bout du tube, il est dirigé par le commutateur vers l'un des deux polariseurs disposés à cet endroit. Supposons que l'un des polariseurs soit réglé de telle façon qu'il ne laisse passer que les photons A⁺ (c'est-à-dire ceux dont la composante A est positive) et que l'autre polariseur ne livre passage qu'aux photons B⁺. Si le photon n° 1 est envoyé vers le polariseur A⁺, il ne le franchira — et donc sera compté par le détecteur — que si sa composante A est positive ; sinon il sera éliminé. Même processus, si le photon n° 1 est aiguillé vers le polariseur B⁺, qu'il ne traversera que si sa composante B est positive.

Imaginons maintenant que le photon n° 1 soit envoyé vers le polariseur A⁺ et qu'il le franchisse. On saura que ce photon a une composante A positive ; mais on saura aussi, à cause de la corrélation négative que nous avons évoquée ci-dessus, que son photon jumeau (le photon n° 2 parti dans le tube gauche) a une composante A négative. De la même manière, si le photon n° 1 se révèle avoir un B⁺, on sera assuré que le photon n° 2 a un B⁻.

Venons-en maintenant au tube de gauche : il est équipé d'un système analogue, c'est-à-dire qu'il se termine lui aussi par un commutateur et deux polariseurs chargés de tester le photon n° 2. Par mesure d'efficacité, ces deux polariseurs ne sont pas réglés sur les mêmes valeurs

que les polariseurs de droite : ils sont ajustés, par exemple, sur les composants B⁻ et C⁻.

Tel est le dispositif général. L'expérience elle-même est ensuite des plus simples : elle se résume à un comptage et à une statistique. Seuls sont retenus les cas où les photons jumeaux sont mesurés selon des composantes différentes (par exemple, A⁺ pour l'un et B⁻ pour l'autre ; ou B⁺ pour l'un et C⁻ pour l'autre). Ces cas permettent en effet, toujours à cause de la corrélation négative mentionnée plus haut, de connaître simultanément plusieurs des composantes d'un même photon (si, par exemple, l'un des photons a la propriété A⁺ et si l'autre a la propriété B⁻, on peut en déduire que le premier est A⁺ B⁺ et le second A⁻ B⁻). On va donc, dans un premier temps, comptabiliser toutes les paires de photons qui se présentent sous la configuration A⁺ pour l'un et B⁻ pour l'autre. De la même façon, on comptabilisera les paires B⁺ C⁻ etc. On fera ensuite varier les polariseurs pour recenser d'autres configurations. Lorsqu'on aura dénombré un nombre suffisant de paires dans chacune des configurations possibles, on confrontera ces résultats avec la formule suivante, dite « inégalité de Bell » :

$$n(A^+ B^+) \leq n(A^+ C^+) + n(B^+ C^+)$$

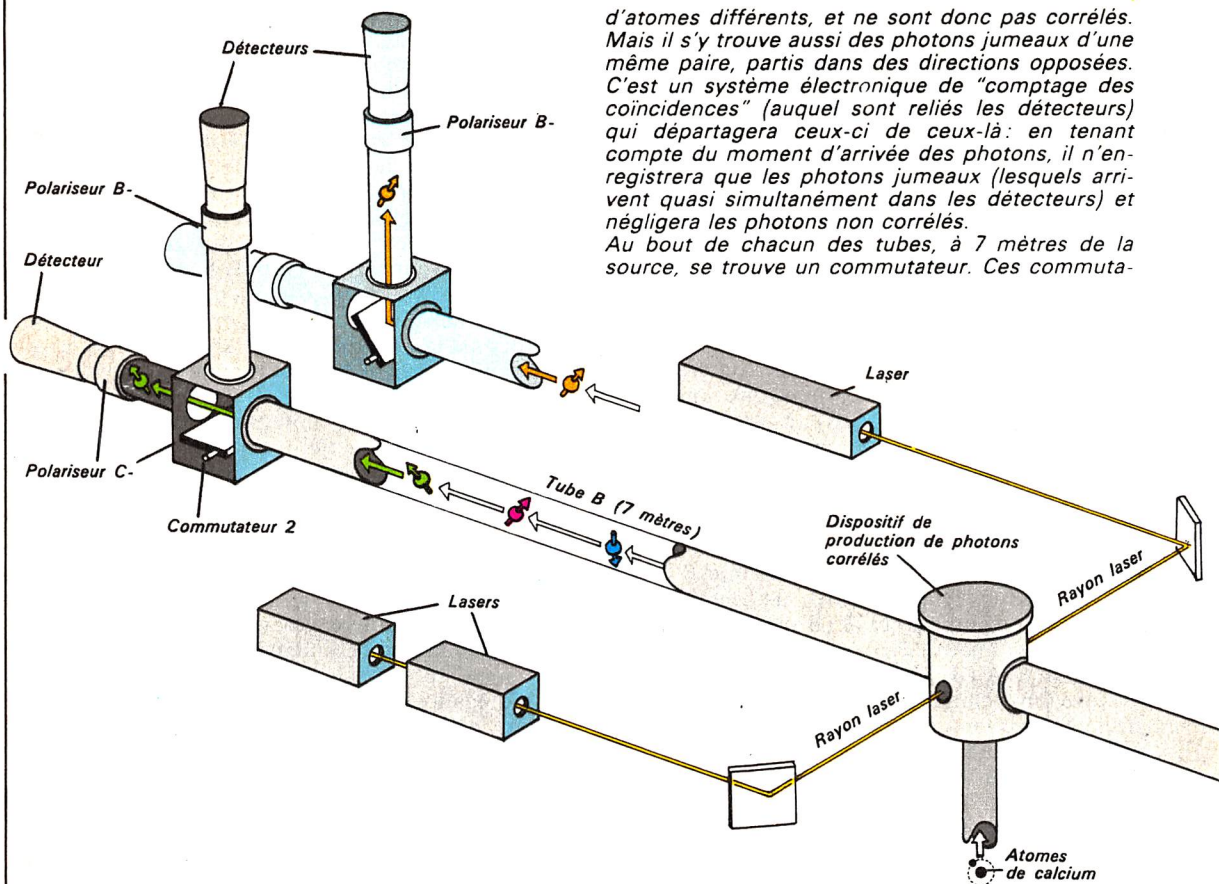
L'inégalité de Bell, sur laquelle nous reviendrons, est fondée sur un raisonnement très général de théorie des ensembles et s'applique à des expériences mettant en jeu des particules possédant trois propriétés définies A, B et C dont chacune peut avoir soit la valeur plus, soit la valeur moins. Grosso modo, elle énonce que le nombre observé de paires A⁺ B⁺ ne peut dépasser la somme du nombre observé de paires A⁺ C⁺ augmenté du nombre observé de paires B⁺ C⁺.

Finalement, de deux choses l'une : ou bien les résultats enregistrés par Alain Aspect⁽²⁾ sont conformes à l'inégalité de Bell, et ils plaident alors en faveur de la physique classique qui soutient que chaque particule, quelle qu'elle soit, possède son autonomie et que la mesure d'une particule ne peut en rien influencer le comportement d'une autre particule ; ou bien les résultats violent l'inégalité de Bell (on observe, par exemple, plus de paires de photons A⁺ B⁺ qu'il n'y a, au total, de paires A⁺ C⁺ et de paires B⁺ C⁺) et ils militent alors en faveur des prédictions de la mécanique quantique et remettent en cause le principe de la séparabilité.

Cependant, avant d'aborder cette question de la séparabilité, arrêtons-nous encore un instant sur l'expérience d'Alain Aspect pour dire ceci : d'un certain point de vue, l'organe essentiel de son dispositif est le commutateur optique. Et voici pourquoi. Pour que l'expérience ait le maximum de rigueur, il fallait absolument éliminer la possibilité d'une action quelconque d'un photon sur son jumeau (ou de la mesure d'un photon sur celle de son partenaire). Pour

(1) Chacune des composantes (A, B ou C) doit être mesurée séparément car il n'existe pas d'appareil qui puisse mesurer plus d'une composante à la fois.

(2) Ils ne seront connus que dans plusieurs mois, car le montage de l'expérience est extrêmement délicat et demande de nombreuses vérifications.



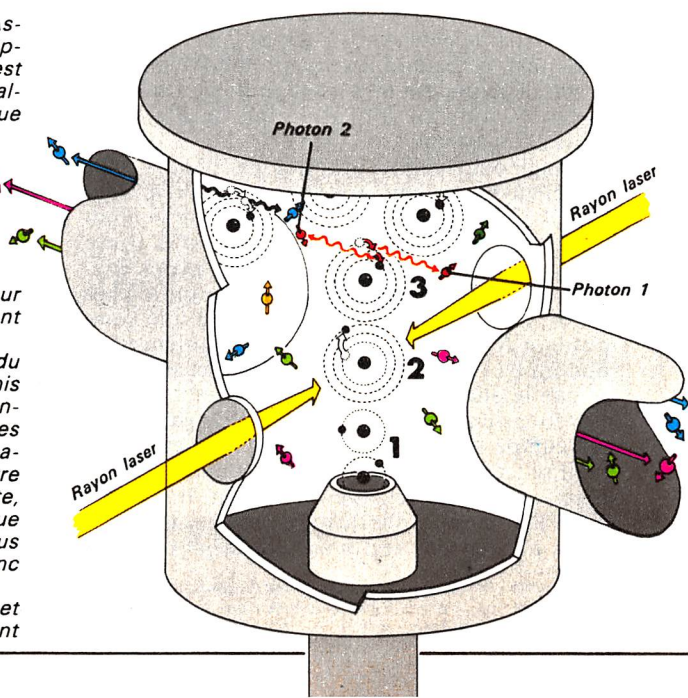
d'atomes différents, et ne sont donc pas corrélés. Mais il s'y trouve aussi des photons jumeaux d'une même paire, partis dans des directions opposées. C'est un système électronique de "comptage des coïncidences" (auquel sont reliés les détecteurs) qui départagera ceux-ci de ceux-là: en tenant compte du moment d'arrivée des photons, il n'enregistrera que les photons jumeaux (lesquels arrivent quasi simultanément dans les détecteurs) et négligera les photons non corrélés. Au bout de chacun des tubes, à 7 mètres de la source, se trouve un commutateur. Ces commuta-

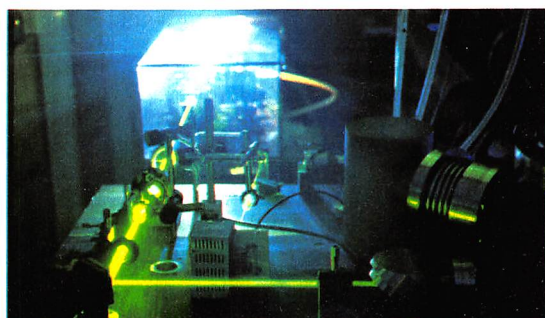
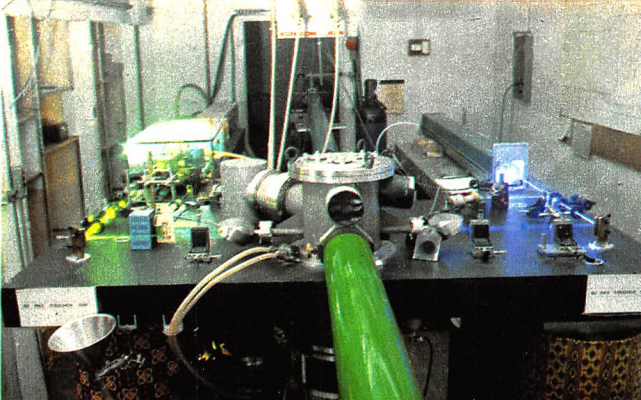
POUR COMPRENDRE L'EXPÉRIENCE D'ASPECT

Voici l'ensemble du système imaginé par Alain Aspect et monté dans un laboratoire de l'Institut d'optique d'Orsay (cf. photos). Le dispositif central est la source de photons corrélés. Des atomes de calcium sont injectés (1) dans un récipient cylindrique où a été fait le vide et où aboutissent deux rayons laser. Lorsqu'un atome de calcium passe entre ces deux faisceaux laser, il est excité, c'est-à-dire que certains de ses électrons, absorbant l'énergie apportée par les lasers, "sautent" sur une orbite d'énergie supérieure (2). Mais, aussitôt les faisceaux passés, l'atome se désexcite: les électrons reviennent sur leur orbite d'origine en deux étapes, en émettant successivement deux photons (3).

Ces deux photons jumeaux, corrélés entre eux du fait qu'ils proviennent du même atome, sont émis dans des directions parfaitement aléatoires. Cependant, sur la multitude des photons émis dans toutes les directions, il en est un grand nombre qui s'engagent dans les deux tubes disposés de part et d'autre du cylindre. Tout se passe, en quelque sorte, comme si l'on enfermaient une ampoule électrique dans une boîte de conserve percée de deux trous diamétralement opposés: un filet de lumière (donc de photons) sortirait par chacun des trous.

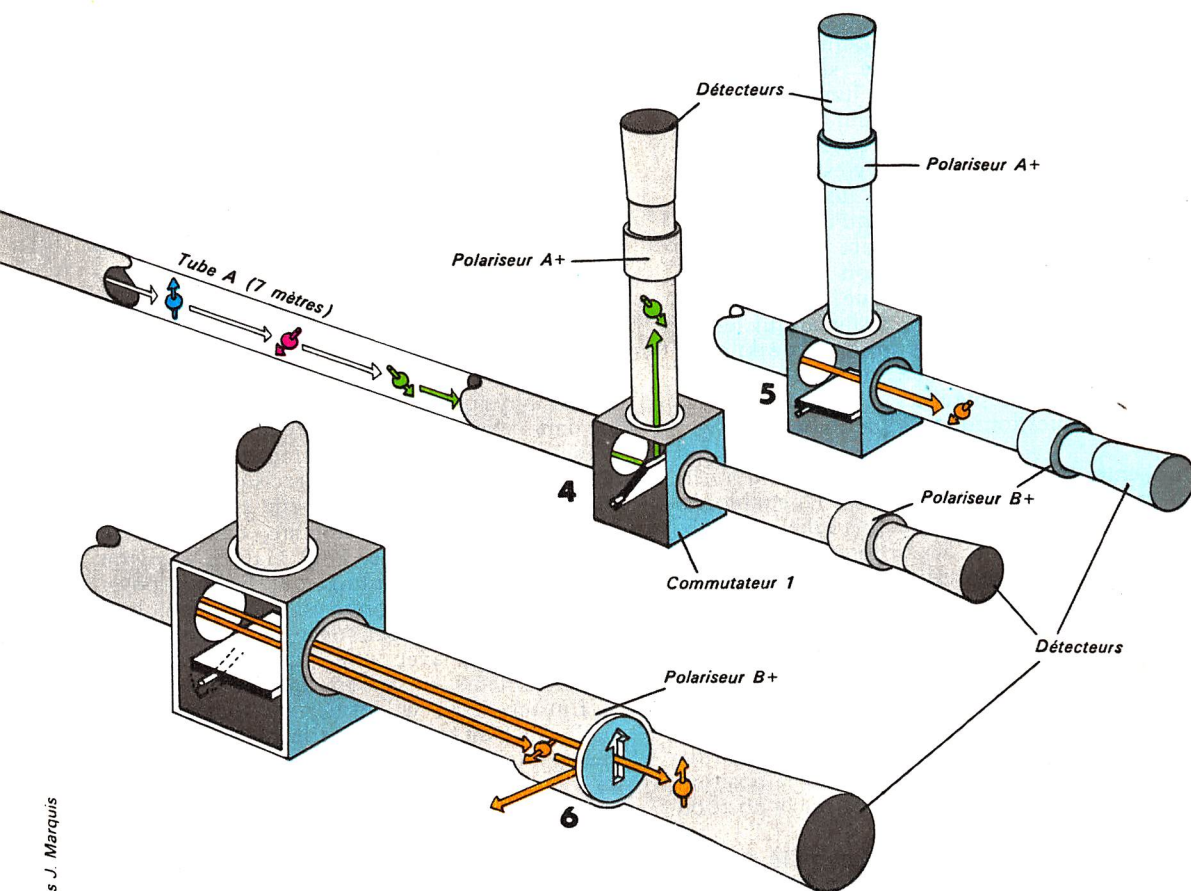
Parmi les photons ainsi recueillis dans le tube A et dans le tube B, il en est, bien sûr, qui proviennent





teurs 1 et 2 fonctionnent de façon indépendante et aléatoire. On les a représentés ici sous la forme d'un miroir mobile pouvant prendre deux positions : dans la réalité, il s'agit d'un dispositif de production d'ultrasons, qui a le même rôle réflecteur qu'un miroir. Le commutateur 1 peut envoyer le photon 1 soit vers le polariseur A^+ (4), soit vers le polari-

Les polariseurs, qui sont en fait un empilement de lames de verre spécialement traitées, a pour fonction de ne laisser passer que les photons qui ont une polarisation donnée, correspondant à celle pour laquelle l'appareil est réglé. Par exemple, si le polariseur est réglé sur B^+ , seuls les photons B^+ le franchiront ; les autres seront éliminés (6).



seur B^+ (5). De la même façon, le commutateur 2 envoie le photon 2, jumeau du photon 1, soit vers le polariseur C^- , soit vers le polariseur B^- . Le temps de commutation, c'est-à-dire le temps qu'il faut au commutateur pour changer de position, est d'environ 20 nanosecondes (20 milliardièmes de seconde). Dans cet intervalle de temps, aucun signal, eût-il la vitesse de la lumière, n'a le temps de s'échanger entre les deux photons jumeaux ou entre les deux commutateurs.

Enfin, derrière chaque polariseur, est situé un détecteur, dont la fonction est de compter les photons qui passent la barrière du polariseur. Ces détecteurs, nous l'avons vu, sont reliés à un système central de comptage, qui discrimine les photons corrélés des non corrélés. □

cela, il fallait s'assurer qu'aucun signal se propageant à une vitesse inférieure ou égale à celle de la lumière ne pût passer d'un photon à l'autre (ou d'un appareil à l'autre).

C'est cette condition que garantit le commutateur. Celui-ci, nous l'avons vu, est une sorte d'aiguillage qui, à l'extrémité de chaque tube, dirige le photon tantôt vers un polariseur, tantôt vers l'autre. Mais un aiguillage qui, d'une part, serait doué d'une rapidité extrême (un changement de direction tous les vingt milliardièmes de seconde) et qui, d'autre part, serait tout à fait aléatoire (la direction adoptée étant imprévisible et ne dépendant que du hasard). Ainsi, le photon aiguillé par le commutateur ne connaît qu'au tout dernier moment le polariseur sur lequel il est dirigé et, le temps de propagation d'un signal — même à la vitesse de la lumière — étant supérieur à vingt milliardièmes de seconde, aucun échange ne peut avoir lieu entre les deux photons jumeaux, ni entre les polariseurs situés au bout de chaque tube.

Si, dans ces conditions, les résultats de l'expérience laissent quand même supposer l'influence d'un photon sur son jumeau ou d'un polariseur sur un autre polariseur (si, par exemple, les corrélations observées excèdent la limite prévue par l'inégalité de Bell), c'est que quelque chose qui va plus vite que la lumière relie les deux corpuscules : c'est aussi qu'une action qui modifie un photon (une mesure, par exemple) se traduit par une modification corrélative de l'autre photon ; c'est enfin que deux photons corrélés, quelle que soit la distance qui les sépare (fût-elle de plusieurs millions de kilomètres), conservent entre eux des relations, bref qu'ils sont « non séparables ». Et nous voici ramenés à la question de la séparabilité.

Séparabilité, non-séparabilité. Le monde qui nous entoure nous apparaît constitué d'objets séparés, distincts et indépendants. Une table, un livre, un stylo ou bien, à d'autres échelles, le Soleil, la Terre, la Lune, les différentes molécules d'un gaz, peuvent être caractérisés individuellement. Il est possible de décrire l'état de chacun de ces objets, c'est-à-dire sa situation spatiale (position, orientation) et son mouvement (vitesse de déplacement, de déformation), sans avoir à tenir compte des autres : quand je décris la position de mon stylo sur la table, cet énoncé peut faire totalement abstraction de la position du cendrier sur cette même table car la position du cendrier n'a aucune influence sur la position du stylo.

Bien sûr, cette complète séparabilité des objets n'est valable que dans le cadre de la *description* du monde physique, non dans celui de son *évolution* car, dans ce cas, il peut exister des relations entre les objets, ne serait-ce que par les forces qu'ils exercent à distance les uns sur les autres. Ainsi, le mouvement de la Lune dépend de celui de la Terre, qui l'attire ; le mouvement d'une molécule de gaz dépend du mouvement des autres molécules et des collisions entre les molécules. Mais ces interactions elles-mêmes

sont limitées. Limitées dans l'espace, en ce sens qu'elles s'atténuent avec la distance jusqu'à devenir nulles : l'attraction de la Terre n'a aucun effet sur une planète extérieure au système solaire ; une molécule d'air située dans la pièce où je me trouve ne risque pas d'affecter le mouvement d'une autre molécule d'air enfermée dans une bouteille dérivant sur l'Atlantique. Et limitées également dans le temps.

Prenons un exemple : on sait que, d'après l'un des postulats fondamentaux de la théorie de la relativité formulée par Einstein, aucune influence physique ne peut se propager à une vitesse supérieure à celle de la lumière. En conséquence, rien de ce qui se passe à cette seconde précise sur le Soleil ne saurait avoir d'effet sur la Terre avant 8 minutes ; ou encore aucune opération accomplie à cet instant dans cette pièce ne peut modifier le cours des événements dans la pièce voisine avant un cent millionième de seconde (intervalle de temps, précisons-le, parfaitement accessible aux techniques expérimentales modernes).

Dans cette conception "classique" de la physique, le Pr Lévy-Leblond (voir encadré p. 20) distingue une double séparabilité : une séparabilité *statique*, correspondant au fait que l'on peut repérer des objets individualisés et décrire leur état indépendamment les uns des autres ; une séparabilité *dynamique*, dans la mesure où, chaque fois qu'un événement survient dans une région finie de l'espace-temps — c'est-à-dire se produit dans une zone limitée de l'espace et possède une durée limitée —, il existe conjointement une zone infinie de l'univers absolument séparée de cet événement, sans aucune connexion physique avec lui : rien de ce qui est situé dans cette zone ne peut être influencé par lui.

Bien que cette double notion de séparabilité n'ait pu être formulée avec précision que depuis l'apparition de la relativité, elle est néanmoins présente, de manière implicite, dans toute la physique prérelativiste. Pour Galilée, Newton, Maxwell et tous les grands maîtres de la physique "classique", le monde est constitué d'objets séparables, dont on peut décrire la position et le comportement avec une parfaite exactitude. C'est d'ailleurs en ce sens que l'on a pu dire qu'Einstein était le dernier physicien "classique", car c'est avec lui que la physique "classique" a atteint son plus haut degré de cohérence.

La mécanique quantique. Par une curieuse ironie de l'histoire, c'est le père de la relativité qui a ouvert la voie à la mécanique quantique — qu'il devait tant contester par la suite. En 1905, pour expliquer l'effet photo-électrique, il émettait l'hypothèse que la lumière, considérée jusqu'alors comme un phénomène de nature ondulatoire, était en fait constituée de "quanta", c'est-à-dire de grains d'énergie (que l'on appellera plus tard des "photons"). Vingt ans après, Louis de Broglie formulait l'idée, en quelque sorte symétrique, que toutes les particules matérielles possédaient un caractère ondulatoire. Autrement dit, un électron n'était plus seule-

ment une sorte de petite bille, mais une petite bille associée à une onde. On peut dire que la mécanique quantique est née de là.

Notre propos n'est pas ici d'analyser toutes les propositions de la théorie quantique : disons simplement que c'est une théorie fondamentale des atomes, des molécules, de l'état solide, du rayonnement électromagnétique, bref de l'ensemble des phénomènes microscopiques. Elle rend compte aussi bien de la conduction du courant dans un fil de cuivre que de la transformation de la lumière en électricité par une photopile ou du fonctionnement du laser. En outre, elle a le mérite d'être confirmée par l'expérience.

Pour la physique classique, le critère de l'existence d'une onde, ce sont les franges d'interférence : là où il y a franges, il y a onde. Si, par exemple, entre une source de lumière S et un écran d'observation, on interpose une surface opaque percée de deux fentes rapprochées, la lumière issue de S est séparée par les fentes en deux faisceaux, et l'on voit apparaître sur l'écran un système de franges d'interférence : des raies alternativement brillantes et obscures. Si l'on refait la même expérience, non plus avec une source lumineuse, mais avec un flux d'électrons (en remplaçant l'écran d'observation par une plaque fluorescente), on observe également des franges d'interférence. Donc les électrons ont eux aussi une nature ondulatoire. Certes, on pourrait penser que ce phénomène ondulatoire est le résultat d'un comportement collectif des électrons, un peu comme les vagues de la mer résultent du mouvement d'une multitude de molécules d'eau. Il n'en est rien : si, au lieu de projeter un flux d'électrons, on les envoie un à un, on voit encore se dessiner lentement, au fur et à mesure que les électrons s'accumulent sur la plaque fluorescente, le même système de franges.

Si, maintenant, on obture l'une des deux fentes et si l'on continue à envoyer les électrons un à un, ceux-ci vont frapper l'écran en un point précis, formant une simple tache et non plus des franges. Cette fois ils se comportent comme des corpuscules. En somme, selon qu'une seule fente est ouverte ou les deux, les phénomènes observés changent de nature : tout semble se passer comme si l'électron était influencé à distance par la présence ou l'absence d'une seconde fente. Cela étant, on est en droit de conclure (et la mécanique quantique le fait) que l'électron se manifeste différemment selon les conditions de l'observation, autrement dit que son comportement n'est pas séparable de son observation.

Plus fondamentalement, la théorie quantique remet en cause l'idée classique du déterminisme, c'est-à-dire l'idée que les mêmes causes produisent toujours les mêmes effets, que tous les phénomènes sont régis par des lois et qu'il est donc possible de déterminer à tout instant l'état d'un objet ou de prévoir avec certitude le résultat d'une expérience pour peu que l'on en connaisse les conditions initiales. A ce détermi-

nisme absolu, la mécanique quantique substitue un déterminisme statistique qui ne permet de calculer que des probabilités : la probabilité qu'a, par exemple, un électron d'être à tel instant en tel lieu plutôt qu'en tel autre. En effet, pour la mécanique quantique, une particule quelconque n'est plus un corpuscule bien localisé décrivant une trajectoire bien définie ; elle est une "fonction d'onde", c'est-à-dire une simple formule mathématique traduisant l'association onde-particule. Or, une formule mathématique n'a ni position ni trajectoire ; tout juste permet-elle de prédire des probabilités en ce qui concerne le comportement d'une particule⁽³⁾.

Toutefois, si cette fonction d'onde — exprimée par la célèbre équation de Schrödinger — est un simple intermédiaire mathématique contenant toutes les informations que l'on peut espérer obtenir sur une particule, elle n'en conduit pas moins à des paradoxes troublants, ayant trait eux aussi à la séparabilité. Prenons, par exemple, deux particules corrélées, c'est-à-dire, rappelons-le, ayant interagi entre elles d'une façon ou d'une autre : la mécanique quantique leur associe une seule fonction d'onde globale. Supposons maintenant qu'on veuille mesurer l'énergie d'une de ces particules, disons la particule A. Nous pouvons, grâce à la fonction d'onde globale, calculer les probabilités des différents résultats possibles.

Lorsque l'on passe aux actes, autrement dit lorsque l'on réalise effectivement cette mesure, on obtient, évidemment, l'un des résultats prévus : par exemple, E. Mais désormais il n'est plus question de probabilité : nous savons avec certitude — l'appareil de mesure nous l'a indiqué — que l'énergie de cette particule est E. Quant à la fonction d'onde, elle doit nécessairement changer de forme pour tenir compte de ce changement dans les probabilités. Or, cette fonction est également associée à la particule B. Donc, la modification de la fonction d'onde va également affecter la particule B. Ainsi, la mesure que nous avons effectuée sur la particule A, a influencé la particule B, sans même que nous "touchions" à cette dernière. De plus, cette influence s'est exercée même si, au moment de la mesure, les deux particules étaient extrêmement éloignées l'une de l'autre. C'est ce résultat paradoxal, laissant supposer une action "fantomatique" à distance, d'où résulterait une communication permanente et instantanée entre deux particules, qui a amené un certain nombre de théoriciens à définir une propriété supplémentaire de la mécanique quantique : la non-séparabilité.

Le débat Bohr-Einstein. De telles considérations furent à l'origine d'un débat historique, que l'on peut appeler, pour simplifier, le débat Bohr-Einstein. Niels Bohr est, avec Heisenberg, Louis de Broglie et Schrödinger, l'un des pères de la mécanique quantique. On lui doit, entre

(3) La probabilité de trouver la particule en un lieu donné est proportionnelle au carré de la valeur de la fonction d'onde en ce point.

RÉFLEXIONS SUR LA NON-SÉPARABILITÉ

Physicien, professeur à l'université de Nice, Jean-Marc Lévy-Leblond s'est toujours intéressé aux problèmes fondamentaux de sa discipline. La pertinence de ses jugements comme la franchise de ses propos en font un guide apprécié chaque fois qu'il faut se frayer un chemin jusqu'aux postes avancés de la théorie. Voici quelques réflexions qu'il nous a confiées à propos de la non-séparabilité.

Nombre de prétendus paradoxes de la théorie quantique proviennent de la difficulté à se débarrasser des notions classiques d'onde ou de corpuscule. Il faut se rappeler que ce ne sont là que des idéalizations tirées de notre expérience plus ou moins quotidienne. L'étude du monde physique à une autre échelle révèle des comportements inattendus et nous contraint à élaborer des idées nouvelles — qu'il faudrait, pour bien faire, baptiser de noms nouveaux : celui de "quanton" est commode pour désigner les objets quantiques élémentaires.

L'impossibilité d'attribuer systématiquement à un quanton une zone d'espace-temps bien définie — même s'il est (parfois) possible de le faire — et la nécessité de le considérer comme ayant une extension spatiale a priori arbitraire conduisent évidemment à douter de la séparabilité du monde physique, déjà au niveau statique, celui de la description, et donc a fortiori au niveau dynamique.

De fait, la non-séparabilité est inscrite au cœur même de la théorie quantique. Il est un peu surprenant de la voir aujourd'hui mise à l'honneur et exhibée comme une nouveauté conceptuelle, alors qu'elle sous-tend tout le formalisme quantique et se trouve donc impliquée par ses multiples mises en œuvre depuis un demi-siècle. Sans doute y a-t-il là une conséquence du pragmatisme étroit avec lequel la plupart des physiciens ont fait face à la nouvelle théorie : ils en ont accepté les équations, fait les calculs, utilisé les résultats, tout en se mettant des œillères pour éviter d'affronter les difficiles ou provocantes questions conceptuelles trop aisément masquées par l'efficace machinerie mathématique. Il est plaisant, en tout cas, de voir aujourd'hui ces problèmes discutés : la théorie quantique, semble-t-il, après son demi-siècle de bons et loyaux services, est enfin prise au sérieux sur le plan des idées.

Cela dit, le fait d'admettre que la réalité physique est "non-séparable" ne justifie en aucune façon toutes les exégèses aventureuses, métaphysiques ou parapsychologiques, qui apparaissent depuis quelque temps. Remarquons d'abord que cette "non-séparabilité", et le mot sans doute est mal choisi, n'est pas pure négativité, abandon d'une idée erronée, ouvrant la porte à n'importe quelle considération sur la globalité de l'univers, les influences cosmiques, les interactions totales, etc.

Certes, le monde n'est pas séparé en objets classiques indépendants, mais ils n'est pas non plus un vaste magma indistinct où tout réagirait sur tout, n'importe où et n'importe comment. Sa structure, pour être plus complexe que la physique classique ne le croyait, n'en est pas moins fort précise et régie par des lois strictes. La théorie quantique est plus (et non moins) contraignante que la théorie classique. Et il y a fort à parier qu'elle rend encore plus difficile l'acceptation des prétendus phéno-

mènes paranormaux pour l'explication desquels elle est invoquée par certains.

D'ailleurs la non-séparabilité ne peut se manifester que dans des conditions très particulières. S'il est vrai que la séparabilité du monde quotidien n'est plus qu'une approximation, du moins reste-t-elle une approximation excellente dans l'écrasante majorité des situations. Un apologue éclairera peut-être ces remarques et l'ensemble du débat.

Il était une planète, Quant, recouverte d'un océan parsemé de très nombreuses îles. Leur isolement, leur relief tourmenté, les rigueurs du climat n'avaient permis l'apparition de la vie, puis de l'intelligence, que sur l'une d'entre elles, Class. Les habitants de Class pensaient vivre sur un îlot unique au milieu des eaux. Leurs sages, conformément à l'évidence, pressentaient que l'océan était plat et s'étendait à l'infini, séparant de façon absolue le Haut et le Bas. Le Bas était le lieu naturel des corps pensants qui tendaient à le rejoindre, ce qui expliquait, fort correctement, la gravité.

De tout temps, cependant, certaines hérésies mystiques avaient affirmé la présence d'autres îles sur l'océan, mystérieusement baptisées Psi, où les lois naturelles auraient été bouleversées, le Haut et le Bas inversés. Sur ces îles, selon la légende, les corps lourds s'élevaient spontanément, et seuls les fluides subtils s'accumulaient au sol, d'où un danger certain à les explorer. Ceci expliquait d'ailleurs l'absence de témoignages directs sur l'existence des îles Psi : leurs explorateurs avaient été expédiés au ciel en y abordant. Qu'aucune expédition vers les îles Psi ne soit jamais revenue prouvait donc bien leur existence pour leurs partisans. Par fantaisie, esprit de contradiction ou désir de publicité, certains sages prêtaient l'oreille à ces idées et les appuyaient plus ou moins prudemment. On les appelait "Psirites".

Un jour vint où le peuple de Class sut construire de grands navires et se lança sur l'océan. On découvrit alors que le monde de Quant, dans son ensemble, était bien différent de l'île Class, et que le point de vue des Classiques était trop étroit. En réalité, la planète était sphérique. Du coup, les notions de Haut et de Bas cessaient d'être absolues pour devenir relatives à chacune des îles. Sur l'île Ssalc, aux antipodes de Class, la direction du Haut correspondait à celle du Bas sur Class, et réciproquement. Du coup, les Psirites triomphèrent : « Nous vous l'avions bien dit ! » Les journaux y trouvèrent l'occasion de quelques titres à sensation. Les autres sages haussèrent les épaules et continuèrent à étudier les nombreuses merveilles qu'ils découvraient sur les îles de Quant. Certains firent remarquer qu'elles étaient riches de découvertes inattendues, mais que, où que soient le Haut et le Bas, on y tombait toujours assis sur son derrière. Et Quant continua de tourner...

Jean-Marc LEVY-LEBLOND

(suite de la page 19)

autres, le premier modèle de structure atomique capable d'expliquer les spectres de rayonnement des atomes.

La principale différence entre Bohr et Einstein réside dans leur attitude vis-à-vis de la science. Toute sa vie, Einstein a été attaché à une vision "objective" de la réalité physique. Pour lui, les phénomènes observés par les physiciens existent objectivement, indépendamment de l'observation... Cela signifie que la finalité de toute théorie physique est de décrire une réalité objective qui existerait et se comporterait de la même façon même si le physicien, lui, n'existait pas.

Pour Bohr, au contraire, le concept d'une réalité indépendante de l'observateur est dépourvu de sens : « Aucun phénomène élémentaire n'est un phénomène aussi longtemps qu'il n'apparaît pas comme phénomène observé. » Donc, par exemple, se demander si un électron possède réellement une position et une vitesse déterminées à tout instant, est une question absurde : c'est une chose que l'on ne peut pas observer pour la bonne raison que, si l'on mesure la position, on va modifier l'électron et qu'alors, il ne sera plus possible de connaître sa vitesse exacte. Inversement, si l'on mesure sa vitesse, on ne pourra plus établir sa position. La seule façon de décrire un électron, c'est en termes de probabilité.

Einstein restera toujours irréductiblement opposé à cette conception. Il pensait qu'il devait être possible, d'une manière ou d'une autre, de retrouver une vision plus "réaliste" et plus précise du monde. C'est ce qu'exprime sa célèbre boutade : « Dieu ne joue pas aux dés. » Schématiquement, le point de vue d'Einstein est que la mécanique quantique est une description, certes exacte, mais incomplète, de la réalité. En d'autres termes, le fait qu'elle décrit la réalité en termes de probabilité ne doit pas être considéré comme une propriété intrinsèque de la réalité, mais seulement comme une conséquence de notre imparfaite connaissance de cette réalité. On peut illustrer cette idée par une comparaison empruntée à la physique classique.

Considérons une bouteille fermée et remplie d'un gaz. A l'intérieur de cette bouteille, les molécules de gaz évoluent selon des mouvements très complexes, du fait de l'agitation thermique. Chaque molécule a des collisions incessantes avec les autres, de sorte que si l'on voulait décrire effectivement le mouvement de l'une d'entre elles, cela serait d'une complexité inextricable. C'est pourquoi la thermodynamique classique donne seulement une description statistique du comportement des molécules de gaz dans la bouteille. Elle donne des indications sur la répartition moyenne des molécules, mais non sur le comportement individuel de chacune d'elles. Pourtant on peut considérer que le comportement réel de chaque molécule est parfaitement déterminé par l'ensemble des données objectives de la situation : le nombre des molécules en présence, le volume de la bouteille, la tempé-

rature, etc. Simplement, nos moyens expérimentaux ne nous permettent pas de disposer des informations suffisantes pour décrire ce comportement.

Selon Einstein, le même raisonnement pouvait être appliqué aux objets de la mécanique quantique et c'est pour cela qu'il la considérait comme incomplète. Il défendit sa conception dans un article publié en 1935 et rédigé en commun avec deux autres physiciens, Podolsky et Rosen. L'argumentation utilisée dans cet article est restée célèbre sous le nom de "paradoxe EPR", d'après les initiales des trois auteurs.

Bohr, nullement démonté par les arguments du père de la relativité, répondit que, pour lui, la réalité physique se réduisait à ce qui était mesurable et qu'elle était donc complètement décrite par la mécanique quantique. Toute autre interprétation du réel ne relevait plus de la science, mais de la métaphysique. En somme, Bohr campait sur ses positions.

Enfin John Bell vint ! Durant les trente années qui suivirent la publication du "paradoxe EPR" et la réponse de Bohr, le débat sur les fondements de la mécanique quantique s'estompa. La théorie se révélait si efficace sur le plan expérimental que l'on ne se posait plus trop de questions sur sa signification profonde. La majorité des physiciens adoptèrent l'interprétation de Bohr, laquelle devint, sous l'appellation d'« interprétation de Copenhague de la mécanique quantique », une sorte d'« idéologie dominante » de la théorie quantique.

Cependant, certains physiciens ne parvenant pas à se satisfaire de cet extrême pragmatisme, continuèrent à se poser des questions analogues à celles d'Einstein. En particulier, si l'on supposait, comme Einstein, que la description de la nature fournie par la théorie quantique était une description incomplète, ne pouvait-on pas retrouver le déterminisme classique en introduisant des paramètres supplémentaires, des variables "cachées" auxquelles nous n'aurions pas accès mais qui seraient bien réelles et qui se comporteraient, elles, de manière classique. Cette idée fut adoptée notamment par Louis de Broglie. Einstein, lui, ne se montra jamais très favorable à l'hypothèse des variables cachées qu'il trouvait naïve. Cela dit, si l'on adopte son point de vue "réaliste", on est assez naturellement conduit, sinon à cette idée, du moins à une idée analogue.

Quoi qu'il en soit, l'opinion générale, jusqu'au début des années 1960, était que, de toute façon, aucune expérience ne pouvait mettre en contradiction les théories à variables cachées et la mécanique quantique. Par conséquent, la question de l'existence ou non de ces variables n'avait pas grande signification puisque, dans les deux cas, les résultats expérimentaux étaient les mêmes. A quoi bon se préoccuper de variables qui n'ont pas d'effet mesurable ?

Les choses changèrent en 1964, lorsque John Bell, un chercheur de l'Organisation européenne pour la recherche nucléaire (CERN),

(suite du texte page 149)

LES SURSAUTS GAMMA

Depuis huit ans, les astrophysiciens observent, grâce aux satellites, de mystérieuses bouffées de rayons gamma provenant des profondeurs de l'espace. Jusqu'à présent, ils n'avaient pu en établir l'origine. Voici que cela vient d'être fait, grâce aux efforts conjoints d'équipes américaines, françaises et soviétiques. Et l'observation "colle" avec la théorie.

● L'information que nous pouvons avoir sur l'Univers nous arrive par l'intermédiaire des ondes électromagnétiques rayonnées par les objets célestes. A chaque longueur d'onde sont associés des photons dotés d'une énergie bien précise. Ceux-ci sont en quelque sorte des vecteurs d'information entre l'objet qui les émet et l'observateur sur terre. Leur énergie nous renseigne précisément sur les processus physiques qui sont à la base de leur émission. Des photons d'énergie différente auront des origines physiques différentes.

Ainsi, le rayonnement visible qui est composé de photons ayant une énergie typiquement de 2 ou 3 électrons-volt ⁽¹⁾ nous renseigne essentiellement sur les parties superficielles des astres et sur les conditions physiques qui y règnent, tandis que les rayons gamma sont, eux, constitués par les photons les plus énergétiques pouvant être émis : leur énergie est supérieure à 10000 électrons-volts. Leur production fait intervenir, en général, les réactions nucléaires qui se produisent au cœur des étoiles ou des chocs entre particules du gaz interstellaire. En d'autres termes, ces photons sont les messagers des situations extrêmes et des phénomènes violents qui se manifestent dans l'Univers. Il n'est donc pas étonnant d'en capter un certain nombre.

Ce qui est plus étonnant, c'est qu'ils n'arrivent pas de manière continue. A des périodes de calme succèdent de brusques vagues dont l'intensité peut être considérable. Ces sursauts gamma furent observés pour la première fois tout à fait accidentellement par des satellites militaires américains de la série "Vela", dont la mission

principale était de surveiller l'application des accords internationaux sur l'arrêt des explosions nucléaires en atmosphère. Lancés par paires, dès 1963, les "Vela" emportaient à leur bord un équipement de détection pour les rayons gamma d'énergie comprise entre 150 et 1 500 keV ⁽²⁾ caractéristique de telles explosions.

C'est alors que vint aux astrophysiciens de Los Alamos l'idée d'utiliser aussi ces appareils pour la recherche sur le rayonnement gamma cosmique dont l'étude venait à peine de commencer. Si ces recherches ne donnèrent dans ce domaine aucun résultat particulier, le dépouillement des enregistrements montra un certain nombre d'accélération dans le comptage des photons d'une certaine énergie, comme si les détecteurs avaient "sursauté" à plusieurs reprises, témoignant d'une brusque et brève arrivée de rayonnement gamma.

Maintenant, grâce aux satellites Helios, Pioneer, Venus, Orbiter, Venera 11 et 12, Prognosz... lancés entre 1976 et 1979, les savants ont pu étudier plus d'une centaine de sursauts gamma. Ils présentent tous les mêmes caractéristiques. Leur durée n'est pas constante mais varie entre le centième de seconde et plusieurs dizaines de secondes. Une analyse fine fait apparaître qu'un sursaut est généralement composé d'une succession très rapide de "pics" très fins. Les spécialistes entendent par là que si l'on décompose dans le temps l'enregistrement d'un sursaut (comme si, en quelque sorte, on l'étirait), il n'apparaît plus comme fait d'un seul bloc, mais laisse percevoir une structure sous-jacente, c'est-à-dire une succession extrêmement rapide

(1) L'électron-volt est l'énergie acquise par un électron soumis à une différence de potentiel de 1 volt.

(2) 1 keV = 1 kilo-électron volt = 1000 électrons-volt.

de "mini-sursauts". Ce sont d'ailleurs des appareils français, placés sur les sondes soviétiques "Venera", possédant une résolution temporelle remarquable, qui ont permis de mettre en évidence des pics d'une durée de 2 millisecondes à peine.

Malheureusement, cette décomposition ne simplifie pas la compréhension du phénomène, puisque la structure temporelle est différente d'un sursaut à l'autre : on n'a remarqué aucune périodicité dans la succession des pics, sauf dans un seul cas détecté le 5 mars 1979. La multitude des capteurs installés sur neuf satellites permet de déterminer la direction de façon extrêmement précise et indiscutable. Or, cette direction est celle d'une supernova située dans la galaxie du Grand Nuage de Magellan, notre plus proche voisine distante de quelque 180 000 années-lumière. Coïncidence fortuite ? Ou bien la source de ce sursaut était-elle effectivement cette supernova ? Là encore, le manque de données ne permit pas de conclure avec certitude. Par ailleurs, ce sursaut se distinguait nettement des autres : il était en effet composé d'une intense impulsion durant un dixième de seconde, suivie par des oscillations périodiques de 8 secondes chacune et qui duraient presque deux minutes. Il reste l'unique sursaut dans lequel on ait trouvé une périodicité dans la structure. Au contraire, certains autres sursauts sont dépourvus d'une telle structure et ne comportent qu'un seul pic très bref.

On peut déjà tirer une première indication, imposée par la brièveté des sursauts. Il existe, en effet, une relation entre la durée des impulsions et la taille de l'objet émetteur qui permet de prévoir pour celui-ci une dimension n'excédant pas 3 000 km (voir p. 24, fig. IV). Leur énergie est comprise entre plusieurs dizaines et quelques milliers de keV. Ceci est assez peu pour des rayons gamma qui peuvent généralement être beaucoup plus énergétiques. En tenant compte du flux d'énergie, c'est-à-dire du nombre de photons captés par chaque centimètre carré du détecteur, on peut estimer la puissance émise par la source. Cette puissance sera d'autant plus grande que la source est éloignée. En effet, imaginons une chambre éclairée par une bougie placée en son centre. Si la chambre est très petite, les photons émis par la bougie peuvent être suffisamment nombreux pour en éclairer chaque coin. Par contre, dans un grand salon, le nombre de photons émis par cette bougie ne serait plus assez grand pour apporter autant de lumière partout et les coins éloignés du salon resteront dans l'ombre. Il en est de même avec les sources de bouffées gamma.

Si la source des sursauts gamma se trouve au sein de notre Galaxie (qui a un diamètre de 90 000 années-lumière, soit $8,7 \cdot 10^{16}$ km), on arrive à la conclusion qu'elle doit émettre avec une puissance de 10^{32} watts. Ce chiffre est énorme : il représente pour la source seule, dix fois la puissance de l'émission de la Galaxie entière dans le domaine gamma. Notre Galaxie

émet spontanément des rayons gamma autres que les bouffées. En admettant qu'elles soient extragalactiques, c'est-à-dire beaucoup plus éloignées, elles émettraient alors une puissance 10 000 fois plus grande. On en vient ainsi à se poser la question fondamentale de la localisation dans l'Univers de ces sources.

Jusqu'à présent les astrophysiciens n'ont pu établir une corrélation étroite entre la position des sources de rayonnement gamma et celle d'autres astres connus dans les domaines optique et radioastronomique. D'une façon générale, le très petit nombre de données qui ont pu être recueillies reflète les difficultés considérables rencontrées dans la "manipulation" des rayons gamma. La petitesse de la longueur d'onde qui leur est associée (un dixième d'angström, au plus) rend impossible la mise au point du moindre système optique pour les capter. L'énergie des rayons gamma est telle (et leur fréquence si élevée) qu'il faut faire appel aux détecteurs de la physique des particules élémentaires qui ont justement le défaut principal de ne pas être directs.

Ceux qu'on utilise pour les sursauts gamma sont des "scintillateurs", fondés sur l'interaction des photons gamma avec un milieu matériel. Ils sont composés d'un corps solide qui a la propriété de scintiller, c'est-à-dire d'émettre un éclair lorsqu'un photon gamma vient à y pénétrer. Ces éclairs ont des énergies proportionnelles à celles des photons gamma et peuvent être comptés, puis mesurés, par un multiplicateur électronique (photomultiplicateur). Un tel appareil est évidemment sensible aux photons venant de toutes les directions : il ne possède aucune directivité. Pour sortir de cette impasse, on applique une méthode de triangulation utilisée aussi bien en astronomie qu'en géodésie (voir p. 24, fig. I et II).

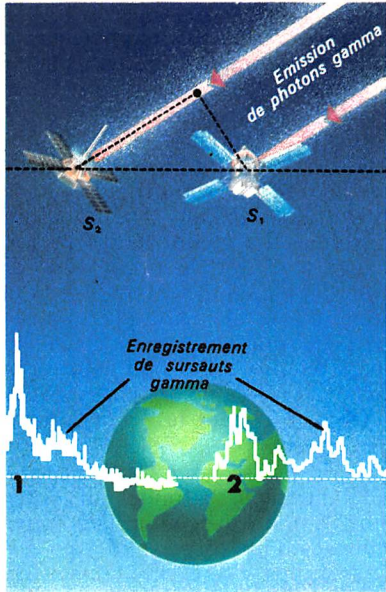
Elle consiste à enregistrer les instants précis d'arrivée de la bouffée de photons sur plusieurs détecteurs aussi éloignés que possible les uns des autres. Bien qu'assez complexe sur le plan technique (nécessité, entre autres, de disposer d'au moins quatre satellites dont les espaces réciproques sont connus exactement à tout instant), cette méthode fut utilisée avec succès après le lancement en 1978 d'une série de sondes spatiales dont les Venera 11 et 12 faisaient partie. Une quinzaine de sources des sursauts gamma purent ainsi être localisées de façon très précise. L'étape suivante, rechercher des objets célestes auxquels elles auraient pu être associées, n'a donné jusqu'à présent aucun résultat.

De nombreuses hypothèses ont été émises, mettant en cause aussi bien des explosions de supernova que les trous noirs ou des tremblements d'étoiles à neutrons. Aujourd'hui, pourtant, l'une de ces hypothèses tend à s'affirmer : elle voit dans les sursauts gamma la conséquence de certains phénomènes liés aux étoiles à neutrons. D'ailleurs, l'analyse des enregistrements pris par les sondes Venera 11 et 12, que

(suite du texte page 141)

UNE PISTE QUI MÈNE

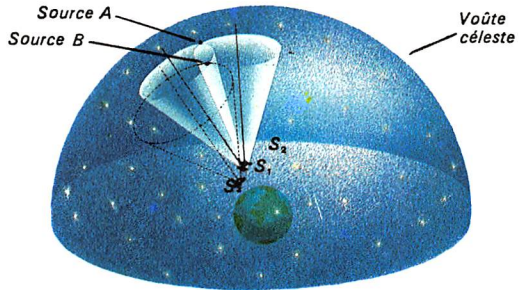
I. Seuls des satellites ont pu les "voir". Comme les rayons gamma sont arrêtés par l'atmosphère terrestre, les bouffées de ces rayons, qu'on appelle aussi "sursauts gamma", n'ont pu être dé-



tectés qu'à l'aide de satellites. Pour détecter leur origine dans le ciel, il faut recourir à plusieurs satellites. Ainsi, le satellite S_1 détectera le sursaut à l'instant T_1 , avant le satellite S_2 qui ne le recevra qu'à l'instant T_2 . La durée $T_2 - T_1$ qui sépare les deux détections correspond au temps mis par les pho-

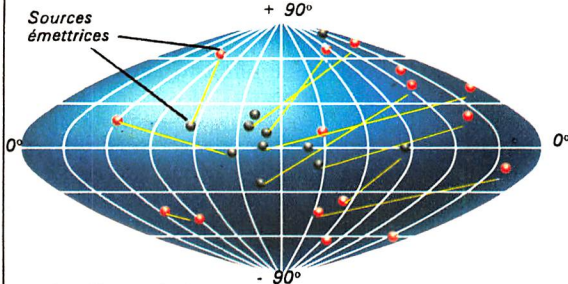
tons gamma à parcourir la distance AS_2 . Connaissant celle-ci, ainsi que la distance S_1S_2 , un calcul simple de trigonométrie donne l'angle déterminant la direction du ciel d'où proviennent les sursauts. Lorsque l'on décrit les enregistrements, les sursauts peuvent soit être d'une grande intensité et ne durer que 20 secondes environ (courbe 1) soit, plus rarement, être d'une intensité moindre et présenter une structure périodique (courbe 2).

II. Pour localiser les sources avec précision. Les capteurs des deux satellites S_1 et S_2 déterminent deux cônes qui se projettent en deux cercles sur la voûte céleste. Lorsque la source émettrice de



bouffées de rayons gamma est détectée par les deux satellites en même temps, elle se trouve située à proximité de l'un des deux points A et B définis par l'intersection des deux cercles. Un troisième satellite S_3 , dont le capteur définit un troisième cercle (en pointillé), est nécessaire pour savoir si la source se trouve près de A ou près de B . La précision de la localisation est améliorée avec plusieurs satellites.

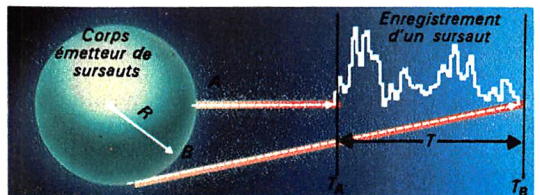
III. Les sursauts gamma viennent de la Galaxie... Les enregistrements obtenus par les sondes spatiales Venera 11 et 12 ont permis aux



spécialistes de l'institut physico-chimique Ioffé de Léninegrad de déterminer la position d'une quinzaine

IV. La durée des signaux indique les dimensions de la source. L'enregistrement d'une bouffée de photons gamma qui dure un temps fini T débute à l'instant T_A et se termine à l'instant T_B . Si tous les points de la source émettent des photons constituant la bouffée, les premiers enregistrés sont ceux émis par le point A , plus proche du détecteur. A l'instant T_B seront enregistrés les photons provenant du point B plus éloigné que A . En d'autres termes, les photons provenant de B auront à parcourir une distance supplémentaire R par rapport à ceux provenant de A . Cette distance R correspond au rayon de la source émettrice, se traduit

de sources (on en connaît maintenant plus de quarante) par rapport à notre Galaxie. Nous avons vu plus haut qu'avec deux satellites on obtient deux positions possibles pour une même source. Les savants ont représenté ici les positions alternatives d'une quinzaine de sources en coordonnées galactiques reliées deux à deux. On constate qu'un groupe important (en gris) coïncide avec le centre de la Galaxie (l'intersection du méridien galactique 0° avec l'équateur galactique), alors qu'un autre groupe (en rouge) semble être disposé plutôt au hasard. La relative concentration des sources en direction du centre de la Galaxie ou du plan galactique semble bien prouver leur origine galactique, puisque la matière constituant le noyau ou le plan galactique est tellement dense qu'elle formerait écran aux sources de bouffées gamma d'origine extragalactique.



par un étalage de l'enregistrement sur une durée T . De la durée d'un sursaut gamma on peut déduire le rayon de la source, qui s'avère en l'occurrence être très petit, de la taille d'une étoile à neutrons.

AUX ÉTOILES À NEUTRONS

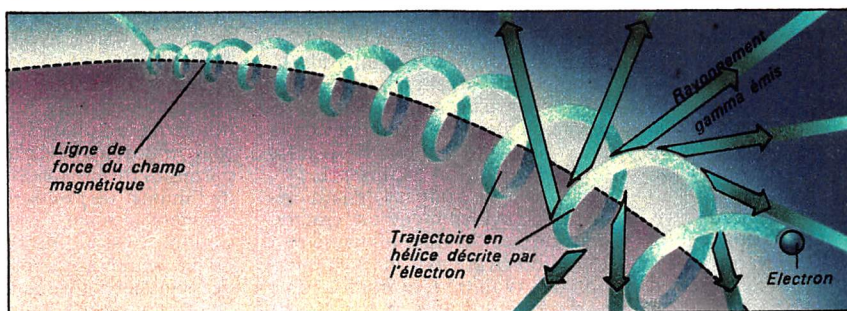
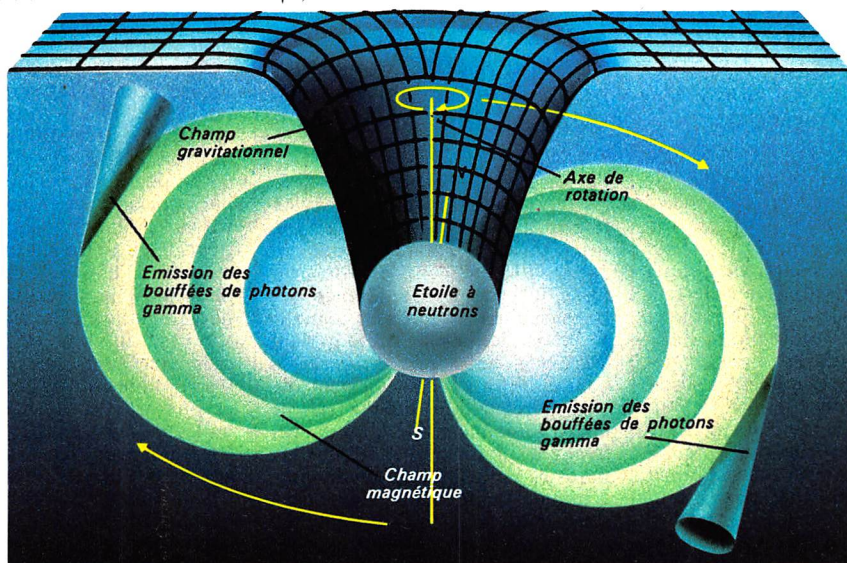


V. La géante rouge. Pour une masse égale à celle du Soleil ($1,9 \times 10^{27}$ t) l'étoile commencera sa vie sous la forme d'une géante rouge (1), avec un diamètre 250 fois plus grand (soit 348 millions de km).

La naine blanche, étape suivante, aura un diamètre semblable à celui de la Terre (12 742 km), soit 110 fois inférieur à celui du Soleil (2).

L'étoile à neutrons. C'est ce que deviendra la naine blanche lorsqu'elle se sera rétrécie 700 fois pour n'avoir plus que 20 km de diamètre (3).

Le trou noir. Si l'étoile continue de s'effondrer sur elle-même, elle atteindra alors le diamètre critique de 6,4 km et se transformera en trou noir (4).



VI. Les étoiles à neutrons, seules émettrices. Les astrophysiciens ne voient pas d'autre explication que les étoiles à neutrons pour rendre compte des bouffées de rayons gamma. Ces étoiles sont des corps célestes très denses ($1 \text{ cm}^3 =$ cent millions de tonnes) : elles possèdent à la fois un champ magnétique et un champ gravitationnel très intenses (dessin du haut). Les électrons qui se trouvent dans l'atmosphère des étoiles et dans l'espace se trouveraient piégées par les lignes de force de ce champ magnétique et tourneraient à grande vitesse en spirale autour de ces lignes de force en émettant des rayons gamma (dessin du bas). Les physiciens appellent cela l'effet cyclotron.

En fait, on distingue deux grandes familles énergétiques de bouffées gamma : d'une part les rayons qui s'échappent directement des lignes de force du champ magnétique ; d'autre part, ceux qui, conformément à la théorie de la relativité, doivent d'abord vaincre le champ gravitationnel régnant aux abords de l'étoile à neutrons, ce qui se traduit par une certaine perte d'énergie. On comprend ainsi pourquoi les astrophysiciens ont observé les bouffées de rayons gamma dans deux grandes gammes d'énergie : ceux émis directement et ceux émis après affaiblissement énergétique gravitationnel. □

DINOSAURES : LA MORT VENUE DU CIEL

Un astéroïde serait tombé sur la Terre il y a 65 millions d'années. Ce choc fantastique aurait réchauffé l'atmosphère d'une dizaine de degrés. C'était assez pour détruire le fragile écosystème dans lequel vivaient les reptiles géants du Secondaire.

● Il y a 65 millions d'années, ils ont brusquement disparu. Pauvres dinosaures ! Après 150 millions d'années de règne absolu sur les trois éléments constitutifs de la nature, l'eau, l'air et le feu, ils abandonnaient le terrain et cette retraite est devenue la devinette préférée de la science paléontologique et de toutes les disciplines qui y touchent.

A coup sûr, ce fabuleux mystère permet de faire travailler aussi bien l'imagination que l'esprit d'analyse scientifique mais il faut apporter dans la recherche méthodique des causes de la disparition deux précisions importantes. D'abord, les dinosaures n'ont pas été rayés de la carte préhistorique d'un jour à l'autre (on peut penser que cela s'est étalé sur plusieurs milliers d'années, laps de temps certes insignifiant au regard de la vie de l'espèce, plus de dix mille fois supérieure, mais qui doit entrer dans l'appréciation des sources du phénomène).

Ensuite, à l'époque charnière entre le Secondaire et le Tertiaire, les dinosaures ne sont pas les seuls à avoir été anéantis. Des êtres beaucoup plus petits, notamment des animalcules marins comme les radiolaires ou les béliénites ont subi le même sort. On peut donc en conclure qu'il se produisit, à ce moment de l'évolution, une catastrophe (peut-être une épidémie) de caractère planétaire mais à effet sélectif puisque beaucoup d'espèces animales furent épargnées.

Le problème étant posé avec ces précautions, une quarantaine d'hypothèses ont été avancées, dont certaines fort plausibles. La

dernière en date est le fait de deux géophysiciens du California Institute of Technology (Caltech). Ces deux savants, Thomas Ahrens et John O'Keefe, ont exposé leur thèse lors de la Conférence des sciences lunaires qui s'est tenue le 18 mars dernier à Tucson, dans l'Arizona. Pour eux le processus conduisant à l'anéantissement des dinosaures aurait débuté par la chute d'une météorite d'un diamètre de 10 à 15 kilomètres et d'un poids de mille milliards de tonnes ! L'impact de ce bolide, qui aurait sans doute pénétré l'atmosphère à une vitesse de 100 000 km/h, aurait libéré une énergie équivalente à un milliard de mégatonnes de TNT, le plus puissant explosif chimique connu (en comparaison, la bombe d'Hiroshima avec ses 20 kilotonnes n'est qu'un pétard, de même que les 70 mégatonnes de la plus puissante bombe H que les hommes aient fait exploser !).

Le résultat de l'impact de la météorite fut évidemment un cratère, dont on peut évaluer le diamètre à 150 kilomètres environ. A la question de savoir où il se situait, on ne peut répondre avec précision car les différentes formes d'érosion, les modifications topographiques résultant du volcanisme ou de la dérive des continents effacent toute trace révélatrice en quelques millions d'années.

La localisation de l'impact n'est d'ailleurs pas le plus important pour raisonner le phénomène, car il est bien évident que les données les plus conséquentes en furent une élévation de température dans l'atmosphère et dans les océans ainsi qu'une dispersion de pous-

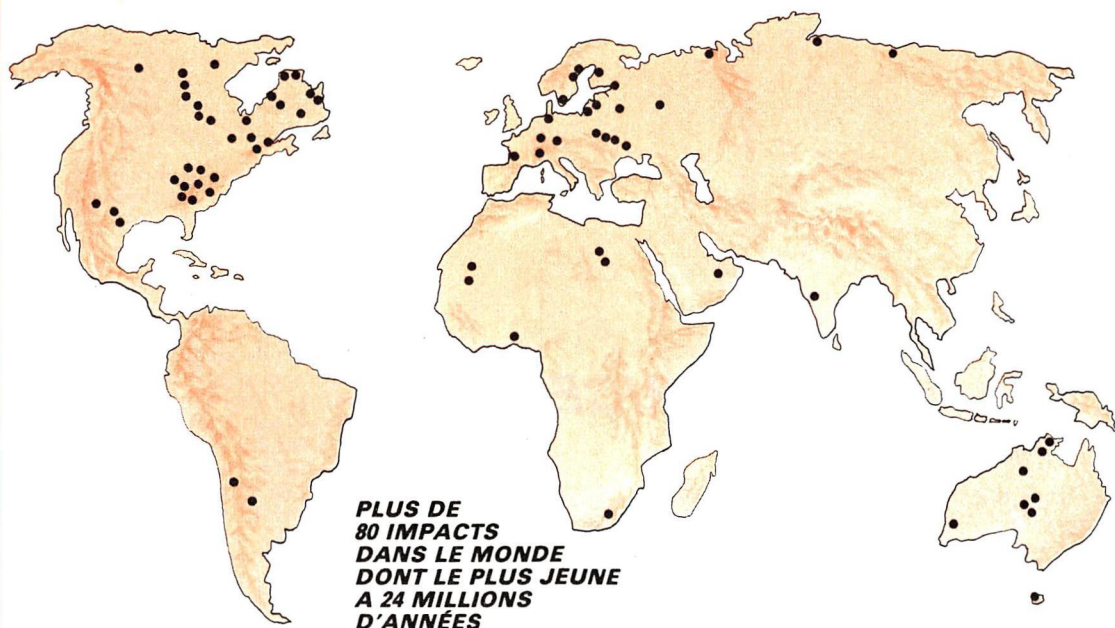
sières pouvant contenir des germes pathogènes⁽¹⁾. Une autre conséquence de ce nuage poussiéreux, mise en valeur par le prix Nobel de physique Luis Alvarez et son fils Walter, est qu'il modifia le rayonnement solaire pendant quelques années et provoqua de la sorte des perturbations du métabolisme chez les Dinosaures qu'on peut supposer plus fragiles qu'ils ne le paraissent.

Le point de départ de l'hypothèse de Luis et Walter Alvarez fut la découverte, en 1977, d'une proportion anormalement élevée de métaux "nobles" de la famille du platine dans une couche d'argile reposant au fond d'une vallée limoneuse italienne. La liste en est fournie puisqu'on y trouve pêle-mêle de l'iridium, du rhénium, du ruthénium, du palladium ainsi que des éléments plus courants comme l'or, le nickel et le cobalt, tous ces métaux présentant une concentration mille fois supérieure à celle qu'on peut observer normalement, par quoi on peut en conclure qu'il y a eu "pollution" venue de l'extérieur, c'est-à-dire par un corps cosmique. D'ailleurs l'analyse en question a montré que si le rapport quantitatif des différents métaux est différent de celui de la croûte terrestre, en revanche il correspond bien à celui des aérolithes et sidérites, les deux grandes familles de météorites.

C'est pourquoi les Alvarez et leur équipe de chercheurs de l'université de Berkeley sont convaincus que cet enrichissement en métaux nobles des limons terrestres de l'extrême fin du Secondaire a été provoqué par la chute d'un corps cosmique. Cette hypothèse prend d'ailleurs plus de poids quand on sait que différents prélèvements effectués à travers le monde ont donné des résultats semblables.

Mais en fait les Alvarez choisissent parmi les différentes conséquences de l'impact de l'astéroïde celle qui convient le mieux à leur démonstration, c'est-à-dire l'abaissement de la température provoqué par des poussières formant écran entre la Terre et le Soleil. Que devient la brusque élévation de température initiale, la décharge thermique due à l'explosion de cet énorme corps cosmique ? Elle est négligée. Par contre, Ahrens et O'Keefe la récupèrent pour en faire le centre de leur théorie. Pour eux, c'est effecti-

(1) La seule référence scientifique à ce sujet est l'explosion du volcan indonésien Krakatoa en 1883, dont les poussières ont "pollué" notre atmosphère pendant deux ans et demi. Dans le cas qui nous occupe, la déflagration provoquée par l'impact de la météorite aurait pu projeter une masse de poussières égale à 10% de la masse de l'astéroïde.



Malgré leur effacement, du fait des processus extrêmement actifs d'érosion, plus de 80 impacts de météorites (notre carte en montre les 70 plus importants) ont été dénombés à la surface de la Terre grâce aux satellites. Les plus grands ont un diamètre dépassant de plusieurs fois la centaine de kilomètres ; les plus petits n'ont que quelques kilomètres de diamètre. En France, une météorite d'un milliard de tonnes est tombée dans la région de Rochechouard, il y a 160 000 millions d'années, à une époque où les dinosaures régnaient sur la Terre. Il pourrait y avoir plus de 250 cratères sur la surface du globe, mais la plupart sont complètement érodés ou ont disparu sous la couverture végétale (en Amérique du Sud et en Afrique notamment).



Le "Meteor Crater", en Arizona (États-Unis), est le plus connu et le mieux conservé des impacts de météorites. C'est aussi le plus jeune : il n'a que 24 millions d'années. Cela explique pourquoi l'érosion n'a pas encore eu vraiment le temps de faire son œuvre pour l'effacer de la surface de la planète, comme ce fut le cas de la plupart des autres impacts de météorites qui sont tombés en des temps beaucoup plus anciens.

vement une élévation de la température qui a affecté les dinosaures, soit en les perturbant directement, soit en agissant sur la faune et la flore, donc sur la chaîne alimentaire des fragiles géants.

Les deux chercheurs se sont livrés à des simulations sur ordinateur pour calculer la trajectoire probable de la météorite, les effets de l'impact (à des vitesses entre 5 et 72 km/s), la profondeur de la pénétration dans le sol suivant la nature du corps (silice, fer, glace). Quant à l'élévation de température due à l'énergie cinétique de l'astéroïde (probablement un milliard de mégatonnes explosives), ils l'ont évaluée à 10° pour l'air et quelques degrés pour les océans.

Ahrens et O'Keefe rejoignent ainsi la théorie proposée quelques années auparavant par Cesare Emiliani qui pensait déjà que les Dinosaures avaient disparu par suite d'un réchauffement de l'atmosphère dont il n'avait pas cherché à préciser l'origine. Mais les deux chercheurs californiens ont poursuivi leurs investigations et sont parvenus à la conclusion que le projectile devait être plutôt le noyau d'une comète qu'un astéroïde, bien que, d'après les statistiques astronomiques, les noyaux de comète ne représentent qu'un tiers des corps qui ont percuté la Terre. Devant ce drame collectif qu'est la disparition des dinosaures, on reste malgré tout sur sa curiosité. Incontestablement, les chercheurs tournent autour d'une même hypothèse, mais il est regrettable que leurs conclusions soient diamétralement opposées.

Pierre KOHLER ■

LE TIBET EST UNE CICATRICE FRAICHE

Le Tibet s'est surélevé il y a quelque 40 millions d'années à la suite de la rencontre lente, mais puissante, de l'Inde et de l'Asie. Telle est la conclusion d'une expédition franco-chinoise qui s'efforce actuellement d'expliquer le mécanisme du plissement tibétain de manière plus détaillée.

Des recherches géologiques faites au Tibet par une expédition franco-chinoise, ont récemment confirmé ce que les géologues avaient soupçonné après examen de photos prises par le satellite américain Landsat. L'Inde, 40 millions d'années après qu'elle soit entrée en collision avec la masse asiatique, continue toujours à avancer, enfonçant et aplatissant le Tibet et soumettant les territoires voisins russe et chinois à des contraintes colossales qui risquent à tout moment de provoquer de terribles tremblements de terre. Celui qui a dévasté en 1976 la cité industrielle de T'ang chan, près de Pékin, faisant des milliers de victimes, en est un exemple.

Les phénomènes géologiques mis en jeu dans ces régions et qui expliquent la formation de l'Himalaya, méritaient d'être étudiés. Or, à part quelques voyages effectués au début du siècle par quelques pionniers de la géologie himalayenne, le Tibet demeurait inconnu des géologues occidentaux. Les seules études dont on dispose sont de source chinoise. Il s'agit, en particulier, du livret-guide de l'excursion géologique du Tibet et de cartes géologiques au 1/1 000 000 publiées par le Ministère de la Géologie.

Ces travaux qui fournissent les meilleures données de base sur la géologie de cette région, devaient être étendus. Pour valoriser les excellentes données de terrain déjà obtenues par les équipes chinoises, il était nécessaire de faire appel à des techniques et à un appareillage sophistiqué que les Occidentaux

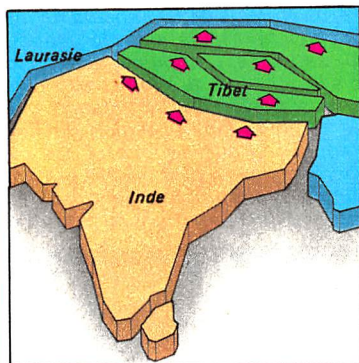
maîtrisent mieux. Un programme de coopération franco-chinois fut donc mis sur pied.

Si les Français furent choisis, c'est parce qu'ils avaient déjà accumulé de solides données sur la région, mais sur son flanc sud, c'est-à-dire côté Népal, Pakistan et Afghanistan. La campagne franco-chinoise s'est déroulée pendant trois mois, au cours de l'été 1980, en deux tranches successives : 150 personnes y ont participé dont 25 chercheurs français et un nombre égal de scientifiques chinois. La première tranche (du 20 juillet au 1^{er} septembre), axée surtout sur la géologie de la région, était dirigée par François Proust de l'université de Montpellier II ; la seconde (du 1^{er} septembre au 20 octobre) axée plutôt sur la géophysique, était dirigée par Jacques Mercier, de l'université de Paris XI. La coordination scientifique des deux missions était assurée par Paul Tapponnier de l'Institut de physique du globe.

L'ensemble des études géologiques, géochimiques et paléomagnétiques ont permis de confirmer la poussée permanente exercée par l'Inde sur la masse asiatique et sa conséquence : l'extension est-ouest du Tibet, soupçonnée par Paul Tapponnier après examen des photographies par satellite. Ces photographies que notre chercheur commença à étudier alors qu'il était, de 1973 à 1975, au Massachusetts Institute of Technology à Boston aux États-Unis, montraient en effet un grand nombre de failles normales ou d'extension délimitant des fossés d'effondrement

orientés nord-sud. C'est ainsi que, si l'on comprime un fromage mou contre un mur, il s'aplatit selon un axe perpendiculaire à la poussée, tandis que ses deux extrémités se fendent.

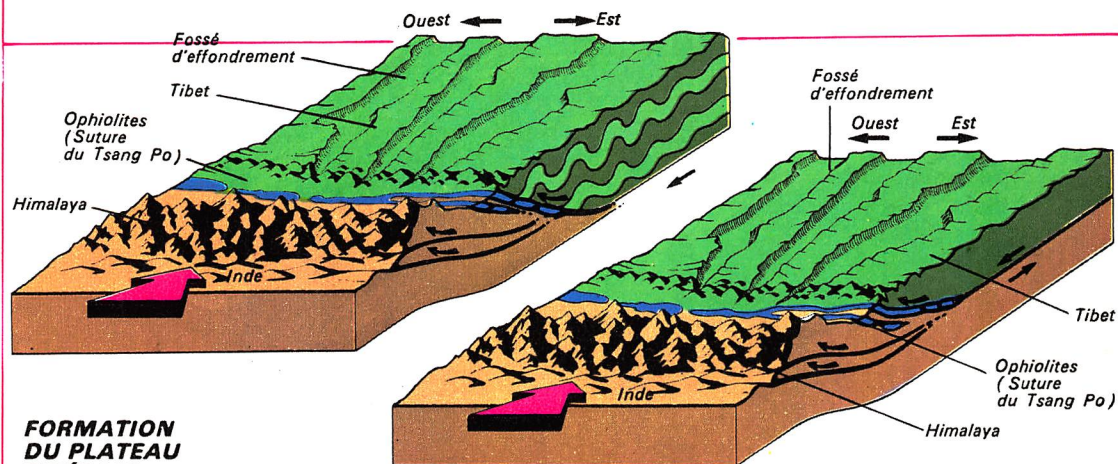
L'histoire des mouvements de l'Inde a pu être aussi reconstituée dans ses moindres détails. C'est vers la fin du XIX^e siècle qu'un géologue autrichien, Eduard Suess, remarqua d'étroites corrélations entre certaines formations géologiques de l'Inde, de l'Afrique du Sud et de Madagascar. Il réunit toutes ces régions en un seul continent, la Gondwana, à laquelle il adjoint ensuite l'Amérique du Sud et l'Australie. A la même époque, c'est-à-dire à la fin du primaire, il existait un autre continent situé au nord de la Gondwana, appelé Laurasie, et qui englobait l'Europe, l'Amérique du Nord et l'Asie actuelle, excepté l'Inde évidemment, et le Tibet comme nous le verrons. Entre ces deux super-



Le Tibet est formé de blocs détachés de la Gondwana qui se sont accrochés à la Laurasie. L'Inde, détachée aussi de la Gondwana, s'est encastrée dans le Tibet.

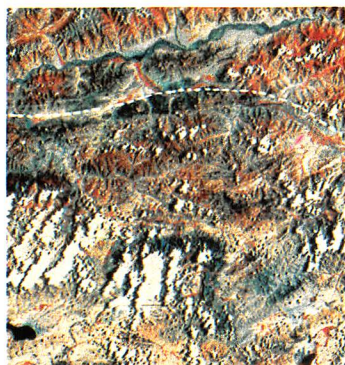
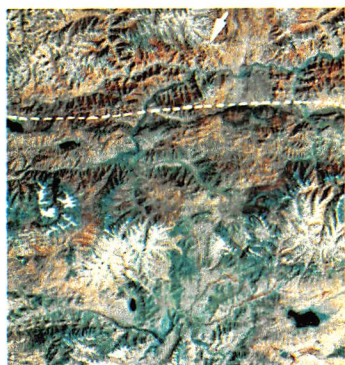
continents, il y avait un immense océan : la Téthys.

Grâce aux méthodes paléomagnétiques, il a été établi qu'à la fin de l'ère secondaire, plus exactement au crétacé, il y a 90 millions d'années, le bord sud de la Laurasie était à 6000 km de l'Inde. C'est à cette époque que l'Inde se sépare de la Gondwana. Mais avant, et c'est important, plusieurs petits blocs s'en étaient déjà détachés. Après avoir parcouru 6000 km ils s'étaient réunis à nouveau pour former le Tibet. Sur les cartes géologiques au 1/1 000 000 et sur les photos prises par satellite, on retrouve la trace de ces blocs. En effet les ophiolites ou roches vertes, représentent des parties de croûte océanique, croûte qui prolonge la croûte continentale et qui



FORMATION DU PLATEAU TIBÉTAÏN : DEUX HYPOTHÈSES

Selon la première hypothèse (1), la plaque indienne a buté dans celle du Tibet, la plissant en accordéon. D'après la seconde (2), la plaque indienne a glissé sous celle du Tibet. Dans les deux hypothèses, le choc qui s'est produit a entraîné la surrection et l'étalement est-ouest du plateau tibétain avec formation de fossés d'effondrement. Quant à la plaque indienne, elle s'est trouvée fracturée et bouleversée, d'où la naissance de l'Himalaya. Les ophiolites, vestiges de la croûte océanique coincés entre les deux blocs, indiquent aujourd'hui la ligne de suture qui les sépare : la suture du Tsang Po.



La suture Inde-Tibet vue par satellite. Ces deux photos de zones contiguës prises par le satellite Landsat montrent distinctement la ligne de suture du Tsang Po (le long du pointillé) séparant la plaque indienne et l'Himalaya (en bas) du Tibet (en haut), où l'on distingue les fossés d'effondrement perpendiculaires à la ligne (flèche).

se trouve charriée sur les continents à la suite des collisions (v. photos). Mais il existe d'autres preuves. Dans les morceaux qui constituent le Tibet actuel, on rencontre des roches sédimentaires primaires (très exactement du carbonifère et du permien) qui ressemblent beaucoup plus à celles rencontrées dans la Gondwana qu'à celles de l'Asie. Enfin, les données paléomagnétiques ont confirmé aussi la dérive de ces petits blocs de la Gondwana vers la Laurasie. A bonne distance et à bonne vitesse (15 cm par an), l'Inde suivait, transportée en quelque sorte par la croûte en expansion de l'océan Indien. Puis, vers les débuts du tertiaire, il y a 40 millions d'années, se produit la collision de l'Inde avec le Tibet. Les ophiolites de la

vallée du Tsang Po, qui représentent aujourd'hui la ligne de suture entre ces deux masses continentales, sont les vestiges de la croûte océanique qui séparait le continent indien du Tibet à l'ère secondaire. La collision freina le mouvement qui se stabilisa à 5 cm par an. Depuis, c'est toujours à cette vitesse que l'Inde continue à avancer. Soit, entre l'époque de la collision et l'époque actuelle, une pénétration d'environ 2000 km. Du choc a résulté, d'une part la formation de l'Himalaya, la chaîne de montagnes la plus élevée du monde, dont le sommet est l'Everest et d'autre part l'aplatissement et la surélévation du plateau du Tibet dont l'altitude moyenne est comprise aujourd'hui entre 4200 et 5000 m.

Pour expliquer cette surélévation, deux hypothèses sont proposées (voir dessins). D'après la première, l'Inde se serait glissée sous la dalle tibétaine, entraînant la montée du plateau tibétain. Dans la seconde, ce serait le choc de l'Inde qui aurait provoqué l'épaississement du Tibet en le plissant en accordéon. Quant à l'Himalaya, selon l'une ou l'autre de ces hypothèses, il résulterait soit de l'écaillage de la plaque indienne glissant sous la plaque tibétaine, soit de chevauchements résultant de la collision entre ces deux plaques.

Les études de l'expédition franco-chinoise n'ont pu encore trancher entre ces deux hypothèses. Dans la première, il est en effet difficile d'admettre que la plaque indienne épaisse de 100 km, ait pu se glisser aussi facilement sur une longueur de 1000 km entre "cuir et chair" sous le Tibet. La seconde hypothèse souffre, par contre, d'un paradoxe. Les terrains tertiaires du plateau tibétain, qui ont subi directement le choc gigantesque auraient dû être plissés. Or, ils ne le sont que très peu ou pas du tout. Les études ultérieures permettront de trancher, car la coopération franco-chinoise va se poursuivre durant l'année 1981.

Les recherches n'auront pas qu'un intérêt fondamental. Des sources chaudes vont être recherchées et exploitées comme certaines le sont déjà. Quant aux ophiolites, ils intéressent les spécialistes car des gisements minéraux (chrome, nickel), très recherchés, y sont en général associés.

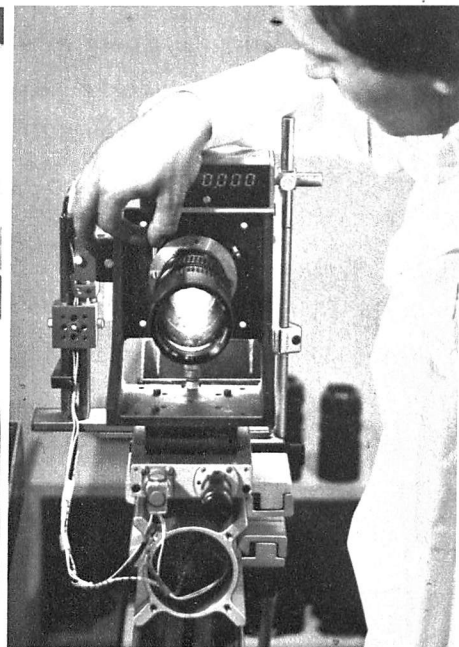
Pierre ROSSIGNOL ■



Une mire extrêmement fine est projetée sur grand écran, au travers de chaque objectif...

Le Laboratoire d'essais de la Fnac a testé les 100 zooms photo de 24 fabricants

*Et cela nous vaut (édité par la Fnac) un document
unique au monde : le premier Livre Blanc des zooms*



...Et des détails de la mire projetée sont photographiés puis analysés, avec archivage des mesures effectuées.

POURQUOI un zoom 80-200 mm est-il vendu 7000 F par telle marque, 3000 F par telle autre, moins de 1500 F ici, ou même, ailleurs, au-dessous de 800 F?..

Différence de qualité? Ou prestige de la marque allègrement monnayé?.. Un zoom bon marché soutient-il la comparaison? Et quels sont les compromis faits avec la qualité optique pour annoncer des performances plus spectaculaires?..

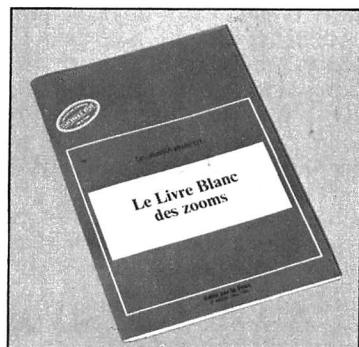
Seul un laboratoire pouvait juger. Or aucun, jamais, n'avait organisé

la confrontation objective entre tous ces zooms photo que proposent tous les fabricants.

Appuyé sur l'énorme travail auquel s'est livré le Laboratoire d'essais de la Fnac, le Livre Blanc des zooms est donc un document-vérité unique au monde.

Et sans lequel, désormais, plus aucun photographe ne pourra envisager de s'équiper.

Le Livre Blanc des zooms (déjà 40 000 exemplaires épuisés en quelques semaines) est disponible dans toutes les Fnac.



L'HOMINIEN S'EST MIS DEBOUT POUR PROTÉGER SES PETITS

La découverte, en 1974, du squelette de Lucy (bipède qui a vécu plus de 4 millions d'années avant notre ère) a ébranlé les théories établies sur l'hominisation. Avant même l'accroissement du volume du cortex ou l'utilisation d'outils, ce serait, d'après les découvertes les plus récentes, une évolution du comportement sexuel et reproductif qui nous aurait amenés à nous distinguer de nos congénères simiens.

● De nombreuses hypothèses ont été avancées pour tenter d'expliquer comment nos lointains précurseurs ont franchi l'étape qui les a séparés des ancêtres des singes, et les a mis sur la voie de l'hominisation : expansion soudaine du cortex cérébral, développement graduel d'une culture de plus en plus complexe, ou encore, utilisation d'outils ont été cités comme les événements les plus importants ayant contribué à cette transition.

Mais des découvertes plus récentes, résultant d'études portant sur le comportement de primates qui existent encore aujourd'hui, ont donné lieu à une hypothèse tout à fait différente : c'est par leur comportement sexuel et reproductif que les premiers hominiens auraient commencé à se séparer des autres primates et cette évolution aurait été étroitement liée au bipédalisme. C'est au Pr Lovejoy (anthropologue et anatomiste) expert réputé de la locomotion chez l'animal et l'homme, enseignant à Kent (Ohio) que l'on doit cette recherche.

On a souvent suggéré, écrit Lovejoy (1), que le mode de locomotion s'est développé de pair avec le volume cérébral et l'utilisation d'armes et d'"outils". Ces trois innovations se seraient mutuellement renforcées. Pourtant, les dates disponibles ne correspondent pas. Les crânes fossiles indiquent que c'est il y a environ 2 mil-

lions d'années que la taille du cerveau a commencé à augmenter, alors que les premiers outils que l'on connaisse (ceux qui ont été trouvés par la Française Hélène Roche et le Néo-Zélandais Jack Harris, en Éthiopie) remontent jusqu'à 2,5 millions d'années. Si la datation est correcte, le développement des outils aurait donc précédé l'expansion corticale d'un demi-million d'années.

C'est là un délai considérable, surtout si l'on pense que 10000 ans seulement se sont écoulés entre l'invention de l'agriculture et le lancement de la navette spatiale. Force est donc de déduire que l'outil a peut-être contribué à l'expansion cérébrale, mais pas plus qu'il n'a contribué à une hypothétique évolution des grands singes, qui utilisent des outils, eux aussi.

L'outil n'est donc pas la clef de l'évolution. Que serait-ce donc ? Le mode de locomotion ? Il semble encore plus ancien que l'outil ; tellement ancien que son origine est inconnue et que l'on se demande même si le ramapithèque, ancêtre putatif de l'homme, dont les vestiges fossiles ont été trouvés en Afrique et en Asie, et qui date d'une quinzaine de millions d'années, était ou n'était pas bipède.

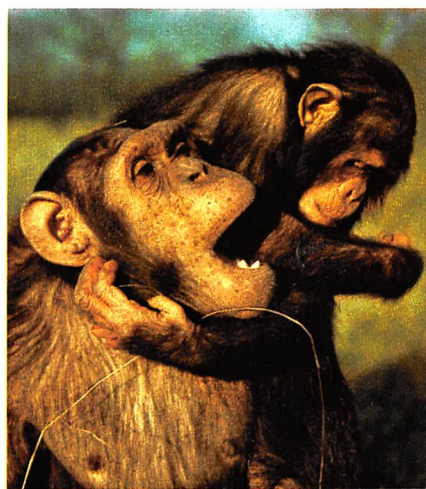
Sans remonter jusque-là, la découverte, en 1974, en Éthiopie d'une articulation de genou datant de trois millions d'années repoussait d'environ un million d'années la date correspondant à l'apparition du premier hominidé, puisque le cas le plus ancien remontait jus-

(1) Dans *Science*, vol. 211, n° 4480 : *Lucy, the Beginnings of Humankind*, par Donald Johanson & Maitland Edey, Simon & Schuster éd., New York, 1981.

qu'alors à 2 millions d'années (*Homo erectus*, l'homme debout). La découverte quelque temps après du squelette de Lucy (*Australopithecus afarensis*) par l'équipe de l'Américain Donald Johanson en repoussait encore plus loin l'origine. Les vestiges de ces ancêtres, peut-être victimes d'une inondation ou autre catastrophe sur le site éthiopien de Hadar, furent découverts par le Français Maurice Taïeb. Il s'agissait d'ossements dispersés provenant de 13 individus et datant d'au moins 3 millions d'années. Leur examen ne laissa aucun doute : ces individus

plinent d'étude du comportement social sous l'angle de la biologie, renforce l'hypothèse selon laquelle l'objectif de chaque être vivant est de perpétuer le plus grand nombre de ses gènes, porteurs de son message héréditaire.

Il y a deux façons fondamentalement différentes d'assurer la continuité de ses gènes : un animal peut produire une très grande quantité d'œufs, mais investir très peu d'énergie dans chacun de ces œufs. À l'inverse, un animal peut produire très peu d'œufs (oiseaux) ou de petits (mammifères), mais son investissement en cha-



Il existe deux stratégies reproductives : la stratégie "r" (celle des pucerons par exemple) : pondre plusieurs milliers d'œufs laissant ensuite les larves livrées à elles-mêmes. La stratégie "K" (homme-singe) : réduire le nombre au profit d'un investissement affectif plus grand. Le chimpanzé (avec un petit tous les cinq ans) a poussé plus loin cette stratégie que l'homme (un enfant par an).

étaient d'excellents marcheurs bipèdes.

Des hominidés bipèdes existaient donc il y a quelque 4 millions d'années et peut-être même beaucoup plus. Or, à cette époque, l'expansion extraordinaire du cerveau hominien est à deux millions d'années de distance, puisque cette expansion correspond à peu près à l'apparition des premiers outils de pierre.

Il en résulte donc que des hominiens marchaient bien avant d'avoir acquis les attributs qui semblaient correspondre au passage à l'humain : un grand cortex, une dentition antérieure réduite et une culture. Dès lors, de nouvelles recherches étaient à effectuer sur l'origine du bipédalisme.

Pour le Pr Lovejoy, on ne peut dissocier le mode de locomotion et celui de la reproduction sexuelle. Et l'association entre les deux lui semble particulièrement évidente chez les premiers hominiens. Pour l'expliquer, il remonte encore plus loin dans le passé.

Il est admis, dans le cadre de la théorie de l'évolution des espèces par sélection naturelle, que chaque individu de chaque espèce vivante tente d'augmenter ses chances de vivre le plus longtemps possible pour engendrer d'autres individus de son espèce. La sociobiologie, disci-

cun de ceux-ci sera alors important.

On désigne parfois ces différentes stratégies sous les termes de "stratégie r" pour la première, et de "stratégie K" pour la seconde. Un exemple extrême de la stratégie r est celui de l'huître, qui peut produire jusqu'à 500 millions d'œufs par an dont elle ne s'occupe plus.

De l'autre côté de l'éventail, exerçant la stratégie K, se trouvent les grands singes — le gorille, le chimpanzé et l'orang-outan — qui ne "produisent" qu'un seul petit tous les cinq ou six ans. Le nombre est faible, et il faut prendre grand soin de chaque petit avant que celui-ci n'atteigne lui aussi l'âge de transmettre ses gènes.

La stratégie r a sans doute été utilisée pendant des centaines de millions d'années par les créatures les plus primitives et, pour ces créatures, cette stratégie reste encore valable de nos jours pour certaines espèces.

Mais d'autres animaux ont évolué de façon plus complexe. Il y a des poissons qui font des nids pour leurs œufs, des reptiles qui les gardent pendant l'incubation, des mammifères qui veillent sur leurs petits après la naissance.

Protéger ses petits est l'apanage d'animaux avancés et "intelligents". L'animal qui peut as-

sur la survie de ses petits, souvent aux dépens de ceux qui sont livrés à eux-mêmes dès leur naissance, dispose d'un avantage sélectif appréciable.

Bien qu'elle produise moins de petits, la stratégie K devient intéressante à partir du moment où un nombre suffisant de ces petits garantit la pérennité de ses gènes et la croissance démographique de l'espèce. Mais cette stratégie a aussi ses "risques" : les accidents, les prédateurs, les maladies, les disettes pouvant causer la mort d'un jeune sont de véritables catastrophes par rapport à la perte de même 400 millions d'œufs sur les 500 millions qu'une huître produit annuellement.

Ainsi, remarque le Pr Lovejoy, la stratégie K poussée à l'extrême par les grands singes qui ont survécu jusqu'à nos jours est dangereuse car l'ampleur de l'investissement sur un descendant tous les six ans est sans commune mesure avec les risques susceptibles d'entraîner la disparition de cette progéniture. Mais, si cette stratégie peut rendre difficile la pérennité d'une race, elle encourage par contre le développement du cerveau. C'est l'évidence même. Il faut que l'enfant naisse avec une bonne capacité d'apprentissage, donc avec un important réseau de cellules nerveuses. Pour ce faire, ce réseau doit bénéficier pendant sa gestation d'un apport important d'oxygène et de nutriments, pour qu'à la naissance le cerveau soit pratiquement fini, prêt à absorber un savoir. Cela ne peut se passer dans un œuf, qui une fois pondu ne reçoit rien d'autre que de la chaleur. Une fois né un tel petit "surdoué" au cerveau développé, il sera indispensable de s'en occuper pour parachever ce premier "investissement" biologique de plusieurs années.

Ainsi, la dépendance du petit se trouve prolongée car son initiation à la vie nécessite un encadrement soutenu. D'où peut-être l'avantage représenté par l'existence d'un groupe familial ou social. Donc, au fur et à mesure qu'une espèce développe la stratégie K, elle devient plus intelligente. Mais que se passe-t-il lorsqu'on en vient aux hominidés, et à l'homme en particulier ?

L'homme peut avoir un petit par an. Comparé aux grands singes qui ne peuvent en avoir qu'un tous les 5 ou 6 ans, est-ce une régression vers la stratégie r, plus primaire ? Non, explique le Pr Lovejoy. Car la stratégie K, poussée à son extrême, devient trop dangereuse dans un environnement changeant, plus hostile. Un grand singe, qui aura deux ou trois petits pendant sa vie, assurera le remplacement des générations et même une croissance démographique de son espèce dans un environnement qui lui convient parfaitement. Mais si les dangers augmentent, si la mortalité infantile devient trop élevée, l'espèce est alors menacée d'extinction. Il faut alors

que la sélection évolutive trouve une meilleure solution. Et c'est alors que le bipédalisme, lié à une nouvelle stratégie reproductive, prendrait la relève.

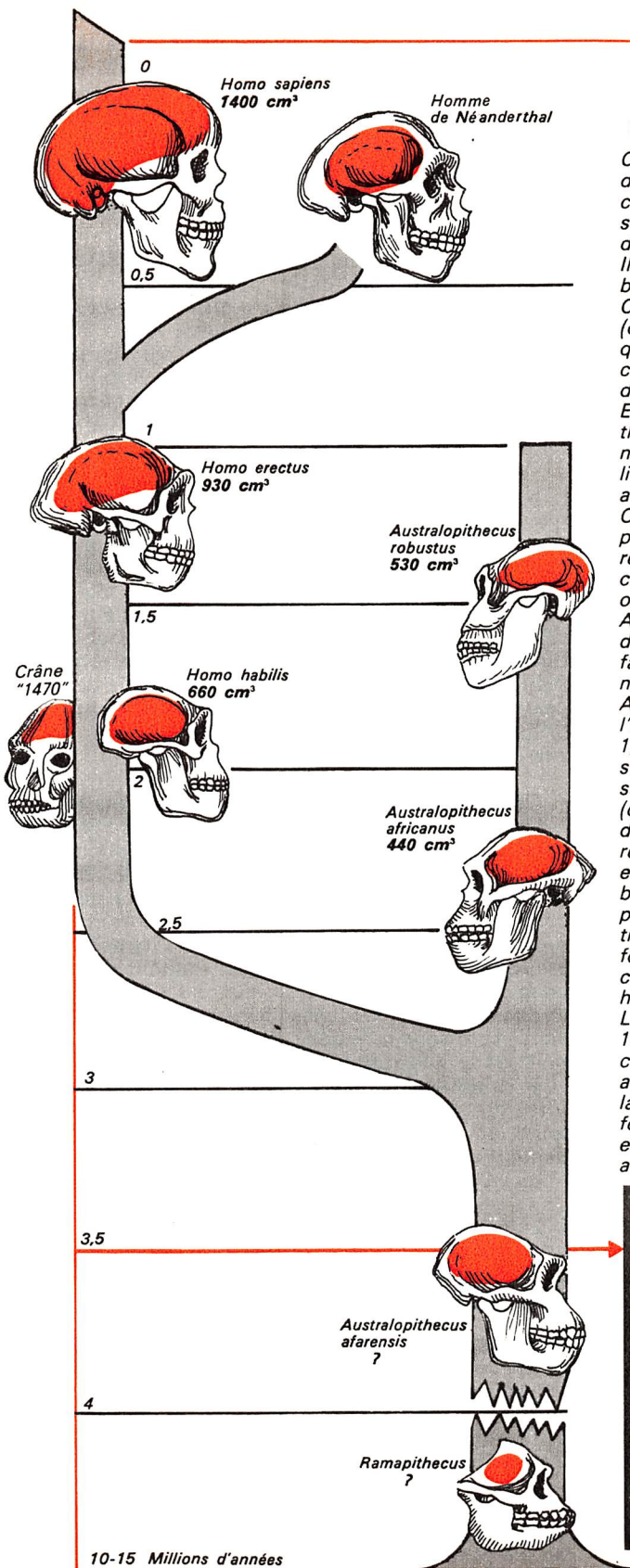
Pour le Pr Lovejoy, le développement du mode de locomotion bipède aurait été l'un des premiers traits de l'humanisation. L'évolution aurait favorisé la station debout d'une part, pour permettre à une femelle de porter son enfant d'une façon plus sûre que ne le font de nombreux singes, dont les petits s'accrochent à leur mère et peuvent facilement tomber (les conséquences de la chute étant d'autant plus graves si la mère se déplace de branche en branche) et, d'autre part, pour permettre au père de recueillir de la nourriture et de l'apporter au foyer familial. De ce fait, la mère n'était plus obligée de quitter ce foyer. Elle pouvait s'occuper de plusieurs enfants à la fois, et donc avoir des enfants à des intervalles plus rapprochés, s'éloignant ainsi de la stratégie K devenue trop risquée, et se rapprochant de la stratégie r.

Lovejoy pense que les hominidés étaient déjà des bipèdes lorsqu'ils se sont éloignés de la forêt pour s'aventurer dans la savane. « Ils le firent sans l'aide d'outils. Je pense que la raison était surtout sexuelle et sociale. » L'énergie dépensée pour la marche debout est à peu près équivalente, selon Lovejoy, à celle que requiert la marche à quatre pattes. Mais il en va tout autrement pour la course. Là, les quadrupèdes ont sur les bipèdes le double avantage d'une vitesse plus grande et d'une moindre dépense énergétique. Les premiers hominidés, en devenant bipèdes, virent donc leur mobilité réduite, ce qui aurait dégagé en particulier une aptitude plus grande à prendre soin de plusieurs enfants à la fois, même d'âges différents.

L'éthologue Jane Goodall, bien connue pour ses études des grands singes, remarque, en ce qui concerne les chimpanzés par exemple, qu'un petit ne commence à marcher qu'à six mois et sans s'éloigner de sa mère. Il mange bien quelques bribes d'aliments solides à cet âge, mais son régime reste encore principalement lacté et sa mère continue à l'allaiter jusqu'à ce qu'il ait entre quatre ans et demi et six ans. Même à l'âge de quatre ans, s'il faut entreprendre de grands déplacements, le petit doit s'accrocher au dos de sa mère.

Ce degré extrême d'investissement parental pour un "enfant rare" a de profondes conséquences démographiques. Une chimpanzée femelle n'atteint sa maturité sexuelle que vers l'âge de 10 ans. Si elle doit assurer le "remplacement des générations", elle doit survivre au moins jusqu'à l'âge de 21 ans. Si la mortalité (infantile ou parentale) augmente à la suite de modifications de l'environnement, ce remplacement n'est plus assuré, et l'espèce va tendre à disparaître.

(suite du texte page 36)



UN ARBRE GÉNÉALOGIQUE CONTESTÉ

Ce tableau résume la "filiation" des précurseurs de l'homme moderne, *Homo sapiens*. Sur les crânes, reconstitués d'après des ossements fossiles, sont représentées les estimations du volume de la boîte crânienne (en rouge).

Il en ressort que l'origine de l'homme remonte bien plus loin dans le temps qu'on ne le croyait. C'est la découverte, en 1974, du squelette de Lucy (ossements d'une femelle recueillis en Éthiopie) qui a bouleversé notre arbre généalogique et a considérablement repoussé dans le temps la date d'apparition des premiers hominidés.

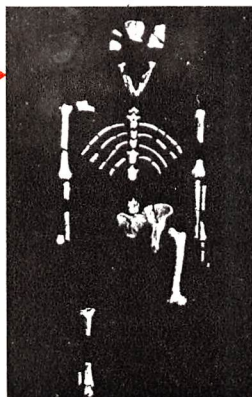
En effet, l'analyse des ossements de l'*Australopithecus afarensis* (Lucy, photo ci-dessous) a permis d'établir qu'il avait vécu il y a quelque 4 millions d'années, était bipède et serait donc le plus ancien ancêtre connu de l'homme.

On ne pourrait l'affirmer avec autant d'assurance pour l'ancêtre présumé de l'*Australopithecus afarensis* (*Ramapithecus*) pour lequel il n'est pas encore prouvé qu'ils étaient bipèdes. De plus, ces ossements retrouvés en Afrique, en Europe et en Asie et datant de 10 à 15 millions d'années, sont difficilement localisables dans la généalogie, du fait d'une "cassure" de plusieurs millions d'années.

A partir du traitement des os, on peut penser que l'*Australopithecus afarensis* était un petit singe de 1,20 m de haut environ. Il n'y a pas d'estimation sûre quant au poids de son cerveau mais il était sans doute supérieur à celui des grands singes (chimpanzés : de 300 à 400 cm³). On pense que des populations isolées d'*Australopithecus afarensis* ont subi des évolutions différentes. Cela explique cette division de l'arbre en deux branches. Une partie aurait donné l'*Australopithecus africanus*, bipède également, puis l'*Australopithecus robustus*, toujours bipède. Là, les fossiles manquent pour connaître le devenir de cette branche. L'autre partie aurait donné l'*Homo habilis*.

La découverte, il y a quelques années, du "crâne 1470", près du lac Turkana au Kenya, a remis en cause cette chronologie car selon certains auteurs il datait de 2,9 millions d'années alors que la géologie du terrain, difficile à interpréter toutefois, laissait plutôt penser que ce crâne remonte à environ 2 millions d'années (ce qui le classerait alors dans la catégorie de l'*Homo habilis*). Ce der-

nier donnera ensuite l'*Homo erectus* dont l'évolution débouchera sur l'*Homo sapiens*, il y a quelque 200 000 ans. Le fameux homme de Néanderthal, découvert en Allemagne au siècle dernier avec un volume cérébral proche du nôtre, n'est sans doute pas notre ancêtre mais seulement un "cousin", datant de quelque 75 000 ans. Cette lignée se serait éteinte ou hybridée avec l'*Homo sapiens*. □



Or Jane Goodall avait également étudié les principales causes de mortalité parmi les petits chimpanzés : ce sont, d'une part, les relations inadéquates entre la mère et son petit et, de

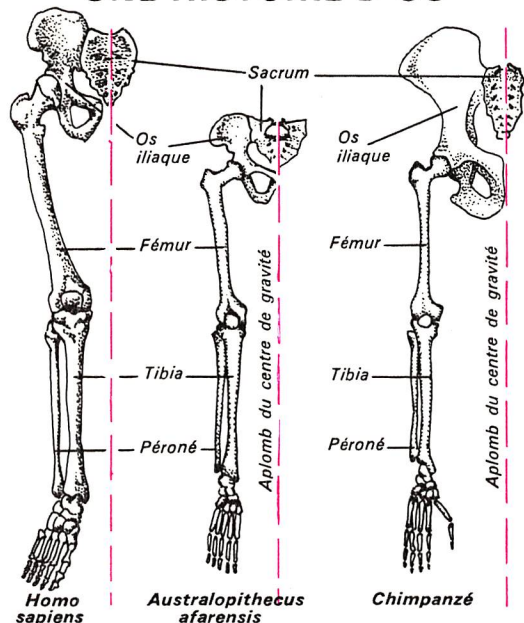
nids, terriers, etc., où les petits peuvent rester à l'abri jusqu'à ce qu'ils puissent se débrouiller seuls. Mais ce genre de solution n'est généralement pas accessible aux primates, parce que la recherche de la nourriture requiert le déplacement de la mère et de son petit. Les oiseaux peuvent porter dans leur bec un poids relativement important par rapport à celui de leur corps : les quadrupèdes peuvent se déplacer en tenant dans leur gueule un morceau de taille ; certains animaux, en outre, peuvent avaler la nourriture pour la régurgiter plus tard. Les chimpanzés et autres grands singes, quant à eux, sont capables de se déplacer sur leurs jambes sur de courtes distances, tout en portant un fardeau dans leurs "bras", mais cet exercice est très fatigant, car le bassin et les membres inférieurs n'y sont pas adaptés.

Une force de sélection naturelle existait donc, qui encourageait la modification du squelette pour permettre la marche debout, sur de longues distances, tout en transportant un minimum de réserve alimentaire. Une moindre mobilité peut alors présenter des avantages adaptatifs : si la mère ne se déplace pas sur de grandes distances, il y a moins de risques pour que son petit tombe ; si elle vit en groupe, une partie de celui-ci peut assurer sa garde et sa défense ou utiliser la nature pour constituer des abris (arbres, cavernes).

Dès lors, la mère peut élever plusieurs petits à la fois, des couples peuvent se former, vivant en communauté. De cette modification aurait donc découlé un changement de la démographie et de la structure de vie. Car, du point de vue du comportement sexuel, la vie en groupe entraîne bien des bouleversements. Lorsque la femelle est en chaleur, chaque mâle peut vouloir s'accoupler avec elle pour transmettre ses gènes : une telle concurrence peut devenir dangereuse car c'est lorsque la femelle est en chaleur que le mâle est le plus agressif. Chez certains singes vivant en groupe, le mâle "le plus beau et le plus fort", dit "alpha", devient dominant. Il a droit à toute femelle en chaleur, mais sa vie n'est pas de tout repos car il ne peut renforcer son autorité qu'en restant sur place.

La bonne entente nécessaire à la cohésion du groupe n'est donc pas favorisée à cause de cette rivalité interne. La sélection naturelle va donc devoir trouver une autre solution. La femelle, par exemple, perdra ses signaux sexuels (couleurs, odeurs) par lesquels elle fait connaître sa réceptivité. Le mâle alpha n'aura donc plus aucune indication du moment où il faut s'accoupler avec elle. On verra donc disparaître cette montée de l'agressivité qui se manifeste lorsque une femelle est en chaleur. La femelle peut aussi modifier son système hormonal pour devenir sexuellement réceptive à tout moment, comme c'est le cas chez la femme : les femelles de l'espèce humaine n'ont quasiment aucun

LA MARCHÉ DEBOUT : UNE HISTOIRE D'OS



La découverte par l'anthropologue Donald Johanson, lors d'une expédition franco-américaine en Éthiopie, d'un genou fossile remarquablement conservé, a permis au Pr Lovejoy de reconstituer la jambe de l'*Australopithecus afarensis*, bipède vieux de 4 millions d'années et ancêtre présumé de l'homme.

Pour que la locomotion sur les membres postérieurs (bipédalisme) soit efficace, il faut un angle suffisamment ouvert entre le genou et le fémur pour que le pied puisse être posé le plus près possible de l'aplomb du centre de gravité du corps. Cela donne des traces de pas à peu près rectilignes, sans un grand écartement entre le pied gauche et le pied droit et permet d'éviter le déplacement du centre de gravité du corps à chaque pas.

Par ailleurs, on voit, sur ces dessins comparatifs, que la structure de la jambe de l'*Australopithecus afarensis* est très semblable à celle d'un homme moderne : bien qu'elle soit moindre, on retrouve une même inclinaison du fémur. En revanche, celui du chimpanzé descend à la verticale.

Il en résulte que, lorsqu'il marche debout, son poids porte alternativement d'une jambe à l'autre par un balancement de son corps. Cela explique ce dandinement bien connu du singe qui fait d'ailleurs qu'il se fatigue vite. La trace de ses pas donnera donc deux lignes d'empreintes parallèles avec, toutefois, un net écartement entre le pied droit et le pied gauche. □

l'autre, les blessures provoquées par la chute d'un enfant porté par sa mère.

Certes, certaines espèces ont trouvé des moyens pour éviter ce genre de déperdition :



Des méthodes modernes
permettent maintenant
d'acquérir très vite
une mémoire excellente

Comment obtenir LA MÉMOIRE ÉTONNANTE dont vous avez besoin 15 ans d'expérience

Avez-vous remarqué que certains d'entre nous semblent tout retenir avec facilité, alors que d'autres oublient rapidement ce qu'ils ont lu, ce qu'ils ont vu ou entendu ? D'où cela vient-il ?

Les spécialistes des problèmes de la mémoire sont formels : cela vient du fait que les premiers appliquent (consciemment ou non) une bonne méthode de mémorisation alors que les autres ne savent pas comment procéder. Autrement dit, une bonne mémoire, ce n'est pas une question de don, c'est une question de méthode. Des milliers d'expériences et de témoignages le prouvent. En suivant la méthode que nous préconisons au Centre d'Etudes, vous obtiendrez de votre mémoire (quelle qu'elle soit actuellement) des performances à première vue incroyables. Par exemple, vous pourrez, après quelques jours d'entraînement facile, retenir l'ordre des 52 cartes d'un jeu que l'on effeuille devant vous, ou encore rejouer de mémoire une partie d'échecs. Vous retiendrez aussi facilement la liste des 95 départements avec leurs numéros-codes.

Mais, naturellement, le but essentiel de la méthode n'est pas de réaliser des prouesses de ce genre mais de donner une mémoire parfaite dans la vie courante : c'est ainsi qu'elle vous permettra de retenir instantanément les noms des gens avec lesquels vous entrez en contact, les courses ou visites que vous avez à faire (sans agenda), l'endroit où vous ranger vos affaires, les chiffres, les tarifs, etc. Les noms, les visages se fixeront plus facilement dans votre mémoire : 2 mois ou 20 ans après, vous pourrez retrouver le nom d'une personne que vous rencontrerez comme si vous l'aviez vue la veille. Si vous n'y parvenez pas aujourd'hui, c'est que vous vous y prenez mal, car tout le monde peut arriver à ce résultat à condition d'appliquer les bons principes.

La même méthode donne des résultats peut-être plus extraordinaires encore lorsqu'il s'agit de la mémoire dans les études. En effet, elle permet de retenir en un temps record des centaines de dates de l'histoire, des milliers de notions de géographie ou de science, l'orthographe, les langues étrangères, etc. Tous les étudiants devraient l'appliquer et il faudrait l'enseigner dans les lycées : l'étude devient alors tellement plus facile.

Si vous voulez avoir plus de détails sur cette remarquable méthode, vous avez certainement intérêt à demander le livret gratuit proposé ci-dessous, mais faites-le tout de suite car, actuellement, vous pouvez profiter d'un avantage exceptionnel.

Existe en 4 langues (français, anglais, allemand, portugais).

Vous pouvez consulter ou acheter la méthode MÉMORISATION directement au CENTRE D'ETUDES, 1, avenue Stéphane-Mallarmé, 75017 PARIS.

GRATUIT

Découpez ce bon ou recopiez-le
et adressez-le à : Service M14X

Centre d'Etudes, 1, avenue Stéphane-Mallarmé, 75017 PARIS.

Veuillez m'adresser le livret gratuit "Comment acquérir une mémoire prodigieuse" et me donner tous les détails sur l'avantage indiqué. Je joins 2 timbres à 1,50 F pour frais. (Pour pays hors d'Europe, joindre trois coupons-réponse).

MON NOM

(en majuscules, S.V.P.)

MON ADRESSE

Code

postal

Ville



SIKA prend soin des bâtiments.

Depuis 50 ans, les produits SIKA sont présents sur les plus importants chantiers mondiaux.

Les professionnels du bâtiment et des travaux publics ont reconnu leur efficacité en matière d'étanchéité, de lutte contre l'humidité, de réparation et d'entretien des constructions.

Aujourd'hui, profitez vous aussi de cette expérience : SIKA présente une gamme étendue de produits de qualité pour résoudre tous les problèmes de la maison.

Pour garder votre maison en pleine forme, faites confiance à l'expérience des professionnels et à SIKA !



SIKA
partout dans le monde.

101, rue de Tolbiac 75654 PARIS Cedex 13

Monsieur :
Demeurant :

Désire recevoir une documentation gratuite
sur les produits SIKA et leur utilisation.

**MOI, 4000F POUR UNE BAGUE
DE FIANCAILLES EN DIAMANT,
TU M'AS REGARDÉ?**






OUI, JUSTEMENT!



C'est vrai ça.. faites le compte de toutes ces choses bien agréables mais quand même un peu égoïstes que vous vous offrez. Faites vos comptes et oubliez-les, juste pendant quelque temps puisque pour environ un mois de salaire (somme traditionnellement réservée à cet achat), vous pouvez faire le cadeau le plus important de votre vie. Lui offrir une bague de fiançailles avec un diamant. Ce qu'il y a de plus beau, de plus pur... d'éternel. Voyez votre bijoutier, il saura vous informer, vous conseiller en tenant compte de votre goût et votre budget... même si vous avez besoin de facilités de paiement.



Fédération Nationale
des Bijoutiers-Joilliers

 0,1/ct
  0,27 ct
  0,35 ct
  0,51 ct
  1,00 carat (grosseur réelle)

Quand vous verrez le panneau ci-dessus demandez la brochure éditée par le Centre d'Information du Diamant, 22 avenue Matignon, 75008 Paris.

LES NOUVEAUX ROBOTS ONT LA BOUGEOTTE

Les robots nouvelle vague aiment se promener. Dressés sur leurs pattes ou posés sur leurs roues, ils explorent des labyrinthes, arpentent des couloirs, évitent des obstacles. Ils sont truffés de microprocesseurs, bardés d'électronique, bourrés d'intelligence. Et sans complexes. Des plus modestes "souris" construites par des amateurs aux grands projets des labs universitaires, comme "Hilare", du LAAS, ou l'hexapode de Paris VII, un seul mot d'ordre : prouver le mouvement en marchant (même lentement).

● Sterling Mouse a des ailes mais ce n'est pas pour voler. Les deux plaques métalliques fixées à ses flancs lui servent à détecter les cloisons du labyrinthe où elle a été enfermée. Une manière comme une autre de tirer la leçon de la chute d'Icare. De couloir en cul-de-sac, d'impasse en voie sans issue, de tour en détour, Sterling progresse à un train de sénateur, avec un bruit de jouet mécanique. Il ne lui faut pas moins de 7'29" pour atteindre, sous les applaudissements nourris d'un public enthousiaste, le petit piquet rouge qui marque l'arrivée de la première course française de "micro-souris" disputée le 9 mai dernier au Palais des congrès, à Paris.

Avec Hilare, dont le nom complet est "Heuristiques intégrées au logiciel et aux automatismes dans un robot évolutif", on change de catégorie. Hilare, c'est le genre costaud : un chariot triangulaire à 3 roues, de la taille d'une grosse brouette, sans carrosserie. Du châssis émerge un fouillis de câbles, de circuits électroniques, de capteurs, d'appareils divers. Dans une grande salle carrelée du LAAS (Laboratoire d'Automatique et d'Analyse des Systèmes), à la périphérie de Toulouse, Hilare apprend l'art difficile de la promenade semée d'obstacles. Surveillé de près par ses maîtres, Hilare s'avance droit vers une table de commande protégée par un panneau de bois. Il s'arrête près de l'obstacle, réfléchit, jette un coup d'œil à gauche, puis à droite, hésite un moment et finit

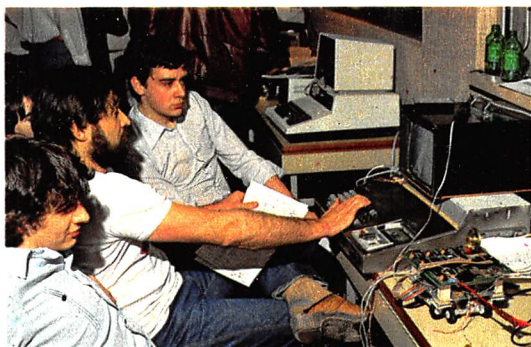
par repartir dans une autre direction.

Dressé sur ses six pattes frêles, fine silhouette noire qu'ornent les petits boîtiers rouges de ses moteurs, l'hexapode du laboratoire de robotique de l'université Paris-7 ne manque pas de grâce. Sa démarche rythmée ressemble, paraît-il, à celle de certains insectes : ses pattes se lèvent et s'abaissent selon des séquences plus ou moins compliquées qui lui permettent aussi bien de progresser en ligne droite que d'effectuer des virages et même des demi-tours complets. Grâce à son œil-radar à ultrasons, il est capable, lui aussi, d'explorer le voisinage, de longer une cloison ou d'éviter un obstacle placé sur sa route.

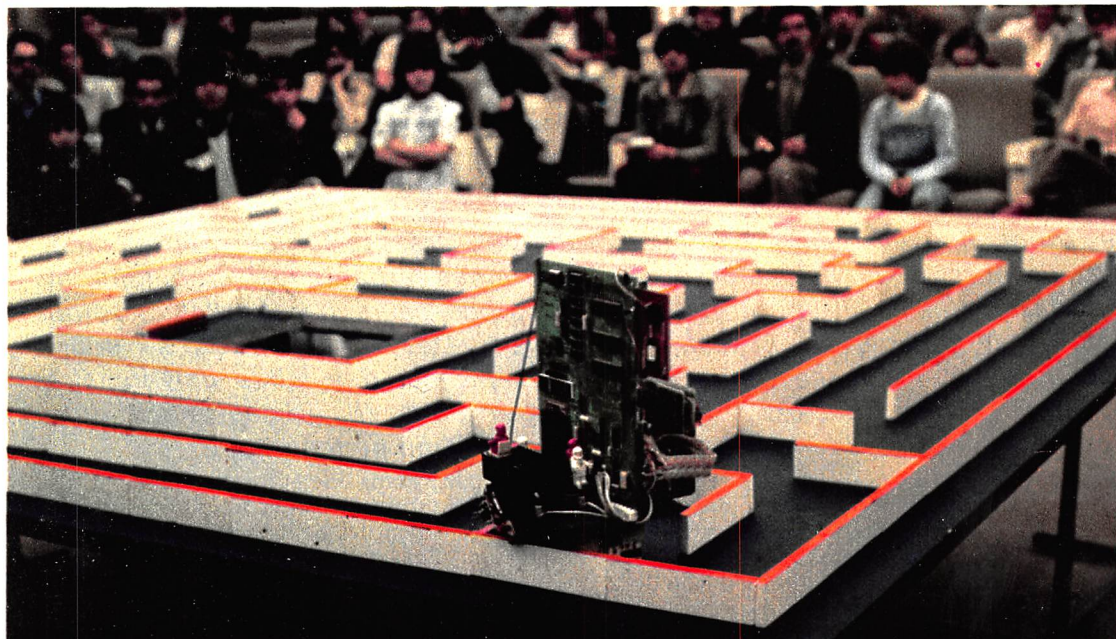
Ces trois scènes témoignent, chacune dans son registre, du nouvel essor de la robotique. Avec les courses de micro-souris, qui ont commencé il y a trois ans aux États-Unis et l'année dernière en Angleterre, cette discipline jusqu'à réservée aux spécialistes est devenue un hobby. Les participants sont des amateurs au plein sens du mot, pas nécessairement des informaticiens. Sur les cinq souris — trois françaises et deux britanniques — engagées dans la course du Palais des Congrès, trois ont été construites par des ingénieurs : Sterling Mouse, due à Nick Smith, Brainy Bricks de Phil Yeardey et Kim de Huar Te. Les deux autres sont l'œuvre de groupes scolaires : Carré d'as a été construite par Alain Labreuille, professeur au Lycée technique Diderot, à Paris, avec l'aide de certains

de ses élèves ; Ariane, par 5 élèves de l'Institut industriel du Nord.

La souris, c'est un peu le *ba ba* de la robotique : un petit véhicule autonome, ayant à son bord moteurs, batterie, capteurs et, *last but not least*, le microprocesseur qui lui donne son intelligence. C'est grâce à cet indispensable composant que la souris est capable de trouver son chemin parmi les 256 cases d'égale surface qui forment le labyrinthe carré où se dispute la course. Le principe est simple : partant d'un coin du labyrinthe, il faut venir toucher un piquet qui se trouve dans l'une des 4 cases centrales. Chaque souris dispose d'un quart d'heure



L'équipe du lycée Diderot et sa souris Carré d'as.

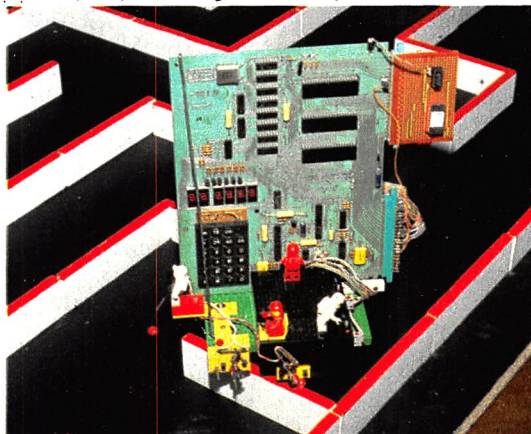


AVEC LES COURSES DE "SOUSIS", DERNIÈRE RETOMBÉE DU

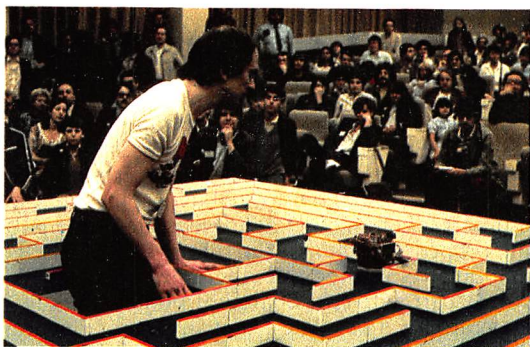
Ces voitures équipées d'un microprocesseur ne sont pas de simples jouets, mais de véritables petits robots "intelligents". S'orienter dans un labyrinthe de 9 m² n'est pas à la portée de la première souris venue. Question stratégie, Sterling Mouse ne craint personne, pas plus l'élégante Brainy bricks, construite

pour accomplir cet exploit. Si elle y parvient avant, elle a droit à une seconde, voire à une troisième tentative. Le meilleur « chrono » gagne.

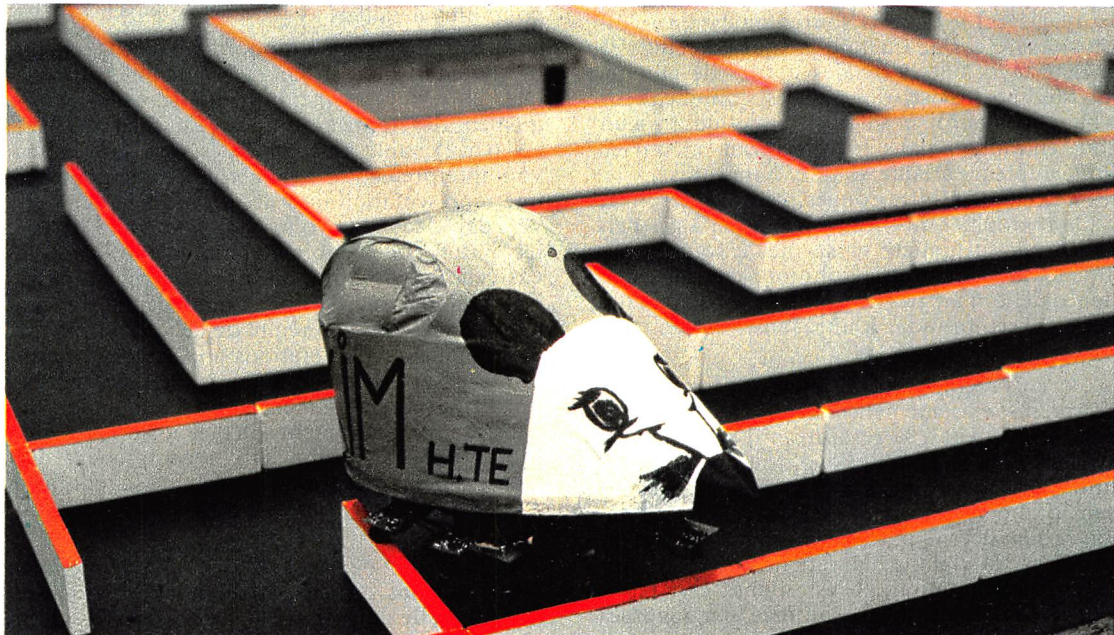
Pourquoi cette formule plutôt qu'un labyrinthe ouvert dont les souris devraient trouver la sortie ? Parce que cette seconde version du problème s'est avérée trop facile : même la souris la plus bête, en se contentant de longer une paroi, finit tôt ou tard par sortir. Au contraire, trouver un chemin qui conduise au centre demande un minimum de stratégie. La course du Palais des Congrès l'a bien mis en évidence. On a vu, par exemple, Kim suivre obstinément les « boulevards extérieurs », accomplissant une boucle qui la ramenait inéluctablement à son point de départ ; ou Brainy Bricks, malgré son nom (littéralement « Briques intelligentes », allusion au fait qu'elle est construite en briques lego), et ses indéniables qualités esthétiques, se



Brainy bricks à l'entraînement : la plaque verticale verte est une carte microprocesseur ; les tiges métalliques ornées d'une bille rouge sont les capteurs.

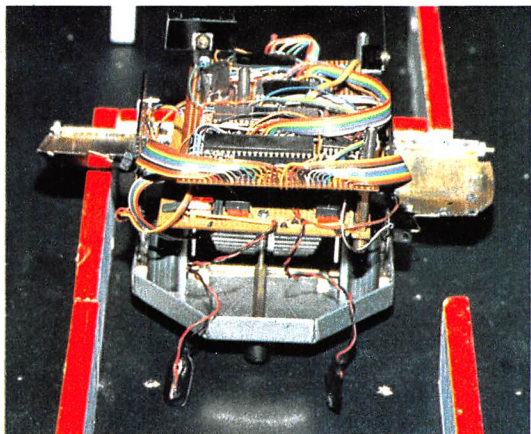


Sterling Mouse en pleine action.



MICROPROCESSEUR, LA ROBOTIQUE DEVIENT UN HOBBY

en "lego", que la semillante Kim, toute de carton vêtue : son programme de navigation lui permet de connaître à tout instant sa position dans le labyrinthe ; il conserve en mémoire les trajets déjà effectués et sélectionne l'itinéraire le plus court pour rejoindre l'arrivée de la course.



Les capteurs de Sterling Mouse sont deux petites ailes métalliques qui s'appuient sur les cloisons du labyrinthe.

perdre en tours et détours, répéter plusieurs fois les mêmes erreurs, et finalement abandonner. Sur les 5 concurrentes, seule Sterling Mouse s'est montrée capable de rallier le piquet d'arrivée dans le délai réglementaire, et même d'améliorer nettement son temps au second essai, prouvant ainsi que, comme tout rongeur qui se respecte, elle était capable d'apprendre. Il faut dire à la décharge des autres que Sterling bénéficiait indiscutablement d'une plus grande expérience et avait déjà remporté un concours à Londres, l'année dernière. Le succès de cette souris s'explique en grande partie par l'efficacité de sa stratégie et de son programme de navi-

gation. Ayant en mémoire la distance qu'elle a parcourue et le nombre de virages qu'elle a accompli, ainsi que leur orientation, Sterling Mouse sait à tout instant dans quelle case du labyrinthe elle se trouve. Chaque fois que, pour passer d'une case à la suivante, elle dispose de plus d'une possibilité, elle choisit celle qui la rapproche le plus du centre, déterminée grâce à un repérage en coordonnées. Des instructions complémentaires permettent d'éliminer, au fur et à mesure que la souris "reconnaît" le labyrinthe, les chemins qui n'aboutissent pas.

La qualité d'une souris dépend également de l'efficacité et de la fiabilité de ses parties mécaniques ainsi que des capteurs qui lui permettent de détecter les cloisons. Dans ces domaines, l'imagination des constructeurs se donne libre cours, et les solutions proposées sont fort variables. Pour la locomotion, Sterling Mouse utilise deux moteurs pas à pas, qui actionnent chacun

une roue, de manière indépendante (ce système est analogue à celui de certains fauteuils roulants d'invalides); les virages ou demi-tours sont obtenus en faisant varier l'amplitude et le sens de rotation des moteurs; l'équilibre est assuré par des plots. Carré d'as recourt, elle, à une solution assez originale basée sur la géométrie du labyrinthe: deux trains de 4 roues chacun sont disposés perpendiculairement; le véhicule ne tourne pas, mais change simplement de roues pour effectuer un quart de tour, l'un des trains s'élevant tandis que l'autre s'abaisse. Les demi-tours s'accomplissent en inversant le sens de rotation des roues.

Les capteurs peuvent être de simples contacts qui réagissent lorsque la souris touche une cloison: c'est le cas de Carré d'as, qui est ceinturée de détecteurs faits avec des cordes de guitare. Sur Sterling Mouse, des ailettes s'appuient sur le haut de la paroi, et s'abaissent dès qu'il y a un trou, entraînant dans leur mouvement un jeu d'interrupteurs à lame souple. Kim utilise, elle, des détecteurs à infra-rouges, ce qui interdit de la photographier au flash, car elle est alors perturbée par la lumière et se met à tourner sur elle-même. Une autre solution envisageable, bien qu'elle n'ait pas été utilisée au Palais des Congrès, est un radar à ultrasons.

Si astucieuse que soit une souris, son univers de cloisons rectilignes et d'angles droits n'en est pas moins extrêmement stéréotypé. Ses aptitudes se bornent à la résolution d'un problème unique, et fort limité, l'exploration du labyrinthe. Or l'ambition de la robotique est précisément de libérer les machines de cette malédiction si bien décrite par Chaplin dans *Les Temps modernes*: la rigidité, la répétitivité, l'absence totale d'imagination. C'est dans cet esprit qu'une équipe du LAAS animée par Georges Giralt, directeur de recherches au C.N.R.S., et constituée principalement de A. Giraud, chargé de recherche, M. Briot, maître-assistant, R. Prajoux, maître de recherche et M. Bauzil, ingénieur, a lancé, en septembre 1977, le projet Hilare. A la différence des robots industriels développés notamment au Japon, aux États-Unis ou à la régie Renault, ce projet ne vise aucune application immédiate. « Hilare ne sert à rien, explique Roland Prajoux, responsable de la partie "décision et génération de plans" du projet. Il n'a aucune spécificité. Nous l'avons construit pour disposer d'un support expérimental que nous puissions faire évoluer à notre gré, en lui posant des problèmes de plus en plus difficiles. »

Quel type de problèmes? L'objectif, non encore atteint, serait de pouvoir donner à Hilare des ordres tels que: « Va dans la pièce du fond et rapporte la caisse n° 27. » Une tâche apparemment aussi simple suppose le traitement d'un nombre considérable de données. Essayons d'imaginer, sur un mode anthropomorphique, le monologue intérieur du robot: « Voyons, pour gagner la pièce du fond, je dois

d'abord sortir de celle où je me trouve présentement. Pour cela, je pourrais chercher à atteindre le mur, puis le longer jusqu'à ce que je détecte une porte. Ayant franchi cette porte, je me trouverai dans un couloir, que je suivrai le plus loin possible. Parvenu au bout, je me mettrai en quête d'une nouvelle porte, qui correspondra à la pièce du fond. Une fois dans la pièce, il me faudra trouver un objet assez gros, de forme parallépipédique, m'assurer que cet objet porte un numéro, vérifier que ce numéro est le 27. Dans l'affirmative, je chargerai l'objet et le rapporterai en refaisant le trajet inverse. » Encore ceci n'est-il qu'une approximation: un robot véritable aurait besoin d'une formulation beaucoup plus détaillée.

La production d'un monologue de ce type, ou de son équivalent en langage machine, suppose chez un robot des facultés intellectuelles extrêmement développées, d'un niveau bien plus élevé, par exemple, que celui des souris. Pour savoir interpréter l'ordre, le robot doit posséder une représentation interne, un modèle de l'univers dans lequel il évolue. Pour pouvoir l'exécuter, il doit être capable d'élaborer un plan et, le cas échéant, de le modifier si tout ne se passe pas comme prévu. Toute l'intelligence du système réside dans sa faculté de décider lui-même de la séquence d'opérations à exécuter, de produire la série de commandes détaillées nécessaire à l'accomplissement d'une tâche qu'on lui a décrite sommairement. En cela il s'oppose aux robots industriels qui, s'ils accomplissent des tâches parfois très sophistiquées, ne savent faire que ce qu'on leur a appris, c'est-à-dire décrit en détail.

Comment "pense" Hilare? Ses fonctions mentales sont organisées selon une "structure décisionnelle distribuée": cela signifie qu'il n'est pas commandé par un programme unique, mais par un ensemble de sous-programmes, de modules plus ou moins spécialisés dans telle ou telle tâche. Ces modules forment une sorte de pyramide: au sommet se trouve un module, "générateur de plans", dont les compétences sont assez générales, et qui est un peu le chef d'orchestre du système. Il a sous ses ordres toute une série de sous-programmes "experts", de plus en plus spécialisés au fur et à mesure que l'on descend dans la pyramide. Les modules les plus spécialisés ne savent faire qu'une seule chose, mais la font avec une grande efficacité. Il existe par exemple un module expert en suivi de mur par ultrasons, un module locomotion qui commande les moteurs, un module caméra-laser, et ainsi de suite.

L'ensemble fonctionne de manière hiérarchisée. Supposons, par exemple, qu'Hilare doive se rendre d'une pièce dans une autre. Le générateur de plans va charger un premier module d'établir un itinéraire, qui se décomposera en différentes étapes: portes, pièces, couloirs. Ce module va à son tour appeler le module navigation, dont la tâche est de piloter le robot en lui

faisant éviter les différents obstacles susceptibles de se présenter. Le cas échéant, le module navigation pourra lui-même faire appel à l'expert de suivi de mur pour certaines portions du parcours. Enfin, tout au long du trajet, le module navigation ou le suivi de mur commandent le module locomotion qui agit lui-même directement sur les moteurs. On a ainsi, pour l'exécution d'un plan donné, parcouru de haut en bas la pyramide.

La structure d'Hilare pourra s'intégrer dans l'usine du futur

Cette structure distribuée se retrouve dans les matériels informatiques utilisés. Les différents modules sont implantés sur 3 types d'ordinateurs : un certain nombre de microprocesseurs (7 à 8, le nombre pouvant évoluer selon les besoins) embarqués directement sur le robot ; un mini-ordinateur Mitra 125 situé à proximité du robot avec lequel il est relié par radio ; un système beaucoup plus important, permettent de disposer en temps partagé d'une grande puissance de calcul, relié par téléphone au mini-ordinateur local. « Une telle structure pourrait s'intégrer dans l'usine robotisée du futur, estime Roland Prajoux. On pourrait imaginer un atelier où chaque poste de travail serait équipé de nombreux microprocesseurs, eux-mêmes liés à de petits ordinateurs locaux, un gros ordinateur centralisant et coordonnant l'ensemble. »

Si Hilare a besoin de puissantes facultés intellectuelles, il doit également être capable de percevoir correctement son environnement. Étant un « robot mobile » (ce qui ne signifie pas qu'il existe des robots immobiles, mais qu'Hilare se déplace, contrairement aux robots à poste fixe, qui agissent toujours sur un même site), Hilare doit absolument disposer d'une "vision" tridimensionnelle. Ce n'est pas le cas des robots à poste fixe, qui peuvent le plus souvent se contenter de deux dimensions. On conçoit en effet qu'un bras articulé qui opère sur une table puisse y repérer un objet par seule projection dans le plan de la table. Un robot mobile n'a pas cette échappatoire, et nécessite une véritable perception "en volume".

Sur Hilare, cette perception est assurée par plusieurs types de capteurs (voir schéma p. 44), groupés en trois sous-ensembles :

- un système constitué d'une caméra vidéo et d'un télémètre laser qui permettra, d'une part de trouver la position et l'orientation des obstacles, d'autre part de reconnaître des objets ;
- un système de repérage par triangulation, constitué de deux émetteurs-récepteurs infrarouges montés sur le robot, et de trois balises fixées dans trois angles de la pièce où évoluera le robot, qui pourra ainsi repérer sa position à quelques centimètres près ;
- un système de navigation à ultrasons, permettant de contourner un obstacle, de longer un mur, un couloir, sans recourir au système vidéo-laser.

Tous les éléments que nous avons décrits sont encore en cours de développement, aussi bien en ce qui concerne la partie "génération de plans" que la partie "perception". Pour le moment, les promenades d'Hilare restent assez rudimentaires, mais il progresse vite, si bien que Georges Giralt espère, dès 1982, passer à l'étape suivante : équiper le robot d'un bras manipulateur, ce qui constituerait une première, les bras développés jusqu'ici ayant toujours été à poste fixe. Une autre possibilité envisagée est, avec la collaboration d'un autre laboratoire, le LIMSI, d'équiper Hilare d'un module de reconnaissance vocale qui permettrait de le commander verbalement et non par clavier interposé. Cela aussi serait une première. Avant d'en arriver là, il faut toutefois passer par l'étape transitoire consistant à définir un langage de commande en français, Hilare recevant jusqu'à présent ses ordres en langage machine codé. Ce langage sera développé dans le cadre d'une collaboration avec un laboratoire toulousain, le LSI.

On le voit, Hilare ne manque ni de perspectives, ni d'ambition. Ses pères peuvent se féliciter d'avoir eu l'audace de lancer leur projet à un moment où la recherche sur les robots mobiles se trouvait considérablement ralentie, pour des raisons principalement techniques et économiques : « Nous avons démarré Hilare en sachant que les grands projets américains, comme Shakey⁽¹⁾ et Jason, étaient arrêtés ou mis en sommeil, explique Georges Giralt. Aujourd'hui, on assiste à un redémarrage : la micro-informatique et les progrès en intelligence artificielle ont relancé l'intérêt pour les robots mobiles. Et nous nous trouvons en excellente position. »

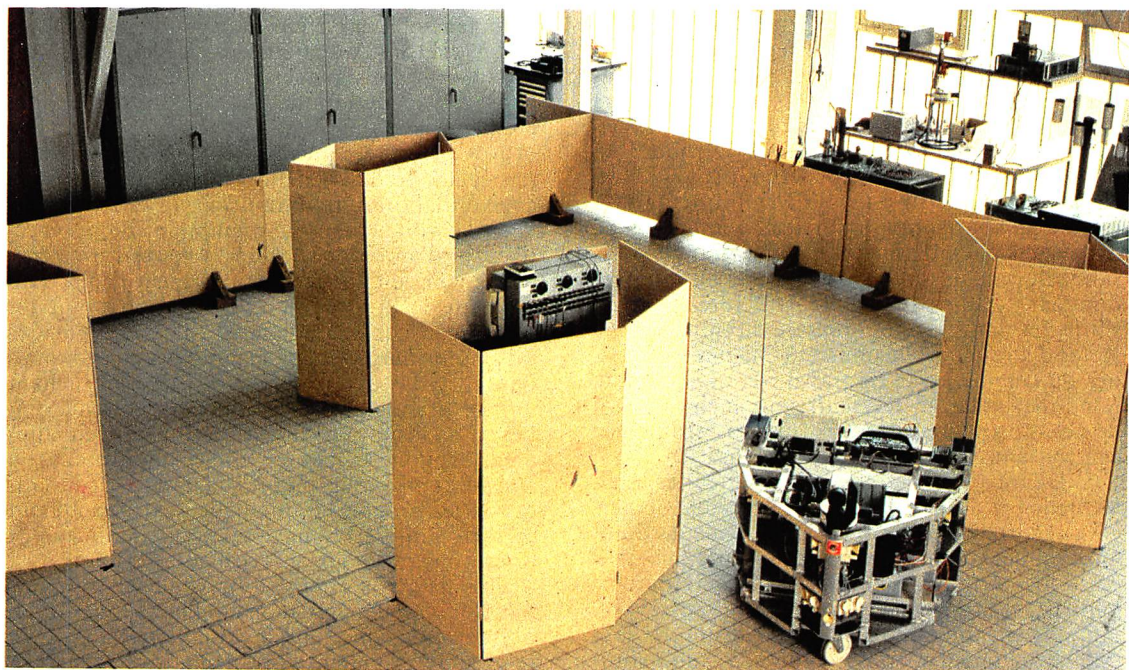
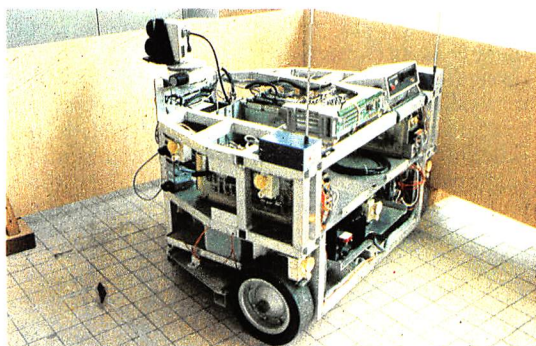
Plus jeune qu'Hilare — il a fait ses premiers pas il y a à peine six mois — l'hexapode du laboratoire de robotique de l'université Paris VII relève de la même problématique générale, même s'il s'agit d'un projet de moindre ampleur. Comme son aîné toulousain, c'est un robot doté d'une véritable intelligence, c'est-à-dire « capable de percevoir et de modéliser son univers, et de concevoir des plans en vue d'accomplir des tâches complexes », ainsi que l'explique Jean-Jacques Kessiss, directeur du laboratoire et co-réalisateur, avec deux ingénieurs, Jean-Pierre Rambaut et Jean Penné, du projet. Il se différencie cependant d'Hilare en ce qu'il s'agit d'un "robot marcheur", ayant pour vocation d'évoluer sur un terrain accidenté ou difficile. Les applications prévisibles vont du domaine spatial aux recherches sous-marines, en passant par l'exploration du milieu arctique, des volcans, etc.

On n'en est pas encore là, et l'hexapode se contente pour l'instant d'apprendre à marcher... sur terrain plat. La seule coordination des six pattes est un problème complexe : pour la simple marche en ligne droite, un hexapode a déjà 1030 allures possibles (au sens de l'allure d'un cheval, c'est-à-dire l'ordre de succession dans

(1) Voir *Science & Vie* n° 725, pp. 18-30.

lequel il lève et abaisse ses pattes). La plus stable est une allure à 12 temps, patte par patte. Mais elle n'est pas très rapide, et nos chercheurs ont mis au point une allure triple, beaucoup plus efficace, dans laquelle 3 membres agissent simultanément. Pour tourner, on utilise les mêmes allures, mais "paramétrées", c'est-à-dire en modulant l'amplitude des mouvements, les membres situés d'un côté accomplissant un mouvement plus ample que ceux de l'autre côté.

Chaque patte est mue par deux petits servomoteurs, ce qui permet à la patte de se déplacer à volonté dans les deux directions d'un plan

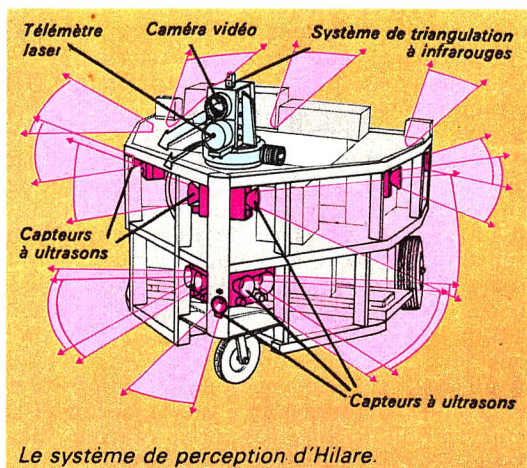


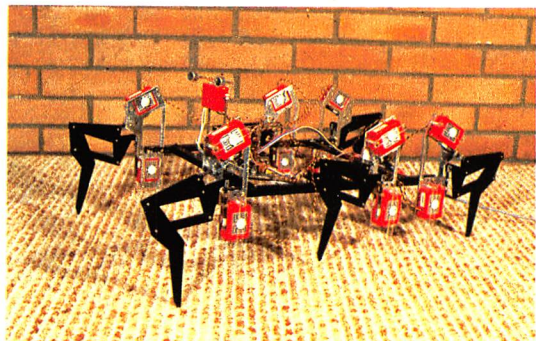
HILARE OU L'ART DE LA PROMENADE INTELLIGENTE

Évoluer dans une pièce encombrée d'obstacles, établir un plan pour se rendre d'un point à un autre, reconnaître des objets, suppose chez un robot des facultés intellectuelles et perceptives de haut niveau. Ce sont ces facultés que les chercheurs du LAAS, à Toulouse, développent actuellement sur Hilare, le robot qui ne sert à rien d'autre qu'à prouver que les machines peuvent être intelligentes.

vertical. Il y a un paradoxe apparent dans le fait d'effectuer des mouvements tournants avec des pattes qui se déplacent dans un plan, paradoxe qui se résout sur le terrain par l'utilisation astucieuse des contraintes agissant sur les membres (il est impossible d'expliquer ce jeu de contraintes de manière plus détaillée ici, la chose n'étant claire que lorsqu'on la voit). Grâce à ce système, il est possible d'utiliser des pattes très légères, ce qui permet de limiter la puissance des moteurs et d'éviter les inconvénients dus à l'inertie des membres (instabilité, notamment).

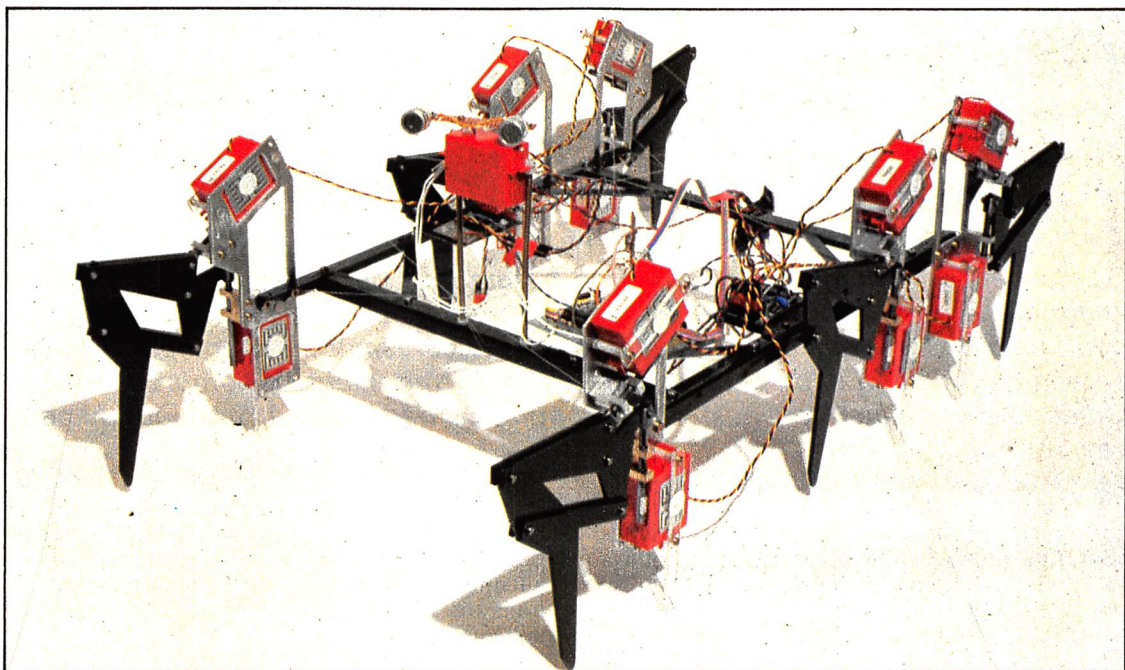
En ce qui concerne l'accomplissement de tâches "intelligentes", le robot marcheur est d'ores et déjà capable de suivre une paroi ou de contourner un obstacle tel qu'une caisse placée sur son chemin. Précisons toutefois que dans sa





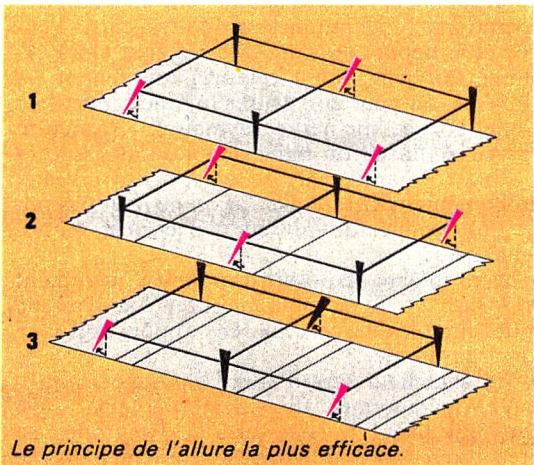
version actuelle, il ne dispose que d'un seul capteur — un radar orientable à ultrasons — de sorte qu'il a une vision "polaire" : il ne perçoit que dans le plan horizontal de ce capteur. Il est prévu, dans une version future, d'accroître ses moyens perceptifs.

Comme pour Hilare, on retrouve la notion de structure distribuée et modulaire : un sous-programme peut être spécialisé dans la commande des allures, un autre dans la perception, etc. Dans la version actuelle, un seul microprocesseur (non embarqué) contient l'ensemble des sous-programmes. Il est toutefois prévu d'utili-



LA MEILLEURE FAÇON DE MARCHER...

Pour marcher droit, l'hexapode de Paris VII a le choix entre 1030 allures. Le schéma ci-dessous montre la plus efficace. 1. Deux pattes extrêmes d'un côté et la patte médiane de l'autre avancent en prenant appui sur les autres. 2. Le même mouvement suit pour les pattes symétriques aux premières. 3. Un troisième pas commence. Pour tourner, les membres d'un côté font des mouvements plus amples que ceux de l'autre.



Le principe de l'allure la plus efficace.

ser un mini-ordinateur, ce qui accroîtra la puissance de calcul. Bien entendu, l'objectif ultime est d'avoir un engin entièrement autonome, ayant toute son informatique à bord : on conçoit mal un robot évoluant sur Mars en recevant ses commandes par radio depuis la Terre !

Précisons d'autre part que le choix de six pattes est dû à des considérations de stabilité et d'efficacité. Il existe au Japon un projet de marcheur à deux pattes, mais, si l'on en croit ceux qui l'ont vu, la malheureuse bête éprouve des difficultés quasi insurmontables à conserver son équilibre. Ce qui n'est guère étonnant, si l'on songe que la marche humaine est un défi permanent aux lois de la gravitation et de la mécanique. Notre hexapode, lui, a peut-être six pieds, mais il les a sur terre...

Michel de PRACONTAL ■

ON A VU FONCTIONNER LE CERVEAU

De nouvelles techniques exploratoires permettent de dépasser la recherche anatomique pour atteindre à la connaissance fonctionnelle de cet organe. On peut maintenant "voir" ce qui se passe dans le cerveau quand un homme voit, entend ou touche. Et l'on peut déjà améliorer le traitement de nombreuses maladies. Les premiers "voyages" réels (et non plus déductifs) à l'intérieur du cerveau ont déjà eu lieu.

● La dernière-née des techniques de médecine nucléaire permet d'observer le fonctionnement cérébral pendant certaines activités physiologiques, comme la perception d'objets réels, ou psychologiques, comme le souvenir de ces objets. Elle permet aussi de représenter visuellement le comportement du cerveau épileptique, de prévoir les déficiences de la sénilité, de suivre l'action de certaines drogues comme le lithium dans les mécanismes cérébraux.

Elle a été mise au point, pour l'étude du cerveau, par Louis Sokoloff (du National Institute of Health des États-Unis). Encore expérimentale, cette technique a été utilisée sur des animaux.

Sokoloff est parti de l'hypothèse suivante : les groupes de cellules cérébrales travaillent plus ou moins intensément selon la tâche accomplie par l'individu : le cortex, notamment, n'est pas toujours totalement en état d'égale activité. Si l'individu est essentiellement occupé par un spectacle, les cellules réceptrices des messages visuels travailleront plus que les autres ; s'il se livre à un exercice d'équilibre, ce sont les systèmes responsables de cette fonction qui travailleront au maximum.

Plusieurs moyens d'exploration renforçaient déjà cette hypothèse : l'électro-encéphalographie (EEG) par exemple et, plus particulièrement, son analyse mathématique permettent d'isoler des "potentiels évoqués" (PE), ondes spécifiques indiquant la réception d'un signal sensoriel (voir S. & V. n° 754). Mais même si ces

PE sont plus nettement recueillis dans la région spécifique du système sensoriel exploré (en arrière du crâne pour les PE visuels, latéralement pour les PE auditifs), ils ne donnent cependant aucune précision sur le site. Chez des animaux dont on avait fait travailler exclusivement un système donné, tel que l'équilibre, on a trouvé que les groupes cellulaires cérébraux responsables du système étaient plus gros, plus riches en protides, que chez des animaux "naïfs", et plus riches en protides aussi que le reste des cellules du cerveau. On peut encore analyser la teneur du sang qui arrive au cerveau, et la comparer avec celle du sang de retour : l'oxygène utilisé et les déchets du catabolisme offrent un bilan des opérations biochimiques produites entre l'entrée et le départ du sang. Mais il faut alors explorer un hémisphère cérébral tout entier. A l'inverse, on peut enregistrer le fonctionnement d'une seule cellule nerveuse, mais une "fonction nerveuse", la vision par exemple, intéresse des dizaines de milliers de cellules, à des niveaux probablement différents. Car on ne peut pas poser des dizaines de milliers d'électrodes monocellulaires !

Le problème se posait donc ainsi : comment apprécier et si possible mesurer l'activité de zones limitées du cerveau, en rapport avec une fonction donnée ?

Les chercheurs ont d'abord envisagé un indicateur métabolique du travail nerveux. C'est ainsi que l'énergie nécessaire aux neurones est tirée, pour 99%, du glucose contenu dans le

sang qui les irrigue : plus elles sont actives et plus elles consomment de glucose. Cette consommation se traduit chimiquement par une dégradation progressive (catabolisme) de la molécule de glucose en plusieurs étapes, chaque étape donnant un produit un peu différent du précédent, et fournissant de l'énergie. Cette dégradation de la molécule de glucose s'appelle la glycolyse, et on peut poser la première équation : **le taux de glycolyse dans une zone cérébrale donnée, et localisé à cette zone, est normalement proportionnel à l'intensité de travail de cette zone.**

La simplicité de cette approche est pour une grande part à l'origine de son intérêt ; en effet, elle n'est pas spécifique d'une fonction : que les cellules soient sensitives et dépensent leur énergie en recevant des informations, ou qu'elles soient motrices et travaillent en envoyant des influx vers les muscles, l'indicateur par la glycolyse est toujours le même. Il permettra donc, dans un même temps, de suivre une fonction tout entière, dans sa phase de réception et sa phase de réaction.

Restait à évaluer la glycolyse des zones intéressées pendant un certain type d'action. Le principe utilisé par Sokoloff et ses collaborateurs a été comparé à l'espionnage industriel. En effet, pour reconstituer l'importance de la production d'une usine, il suffit de se procurer copie des commandes de combustibles de cette usine. Toutefois, ce combustible a-t-il été entièrement utilisé ? En biologie cellulaire, la mesure du glucose entré dans les cellules ne rend pas compte de la possibilité d'une glycolyse rapide, dont les produits terminaux peuvent quitter la cellule avant d'avoir été comptabilisés ; ou d'une fuite de glucose qui peut traverser la cellule et la quitter sans avoir subi de glycolyse... Bref, en plus de la connaissance du taux de glucose parvenu "aux portes de la cellule", il faut encore savoir combien celle-ci en utilise réellement. L'espion industriel peut résoudre son problème en mêlant au charbon de l'usine espionnée, ou même du service espionné, des pierres incombustibles, dans une proportion qu'il connaît : il lui suffira de compter les pierres rejetées par l'usine, ou le service utilisateur, pour en déduire la proportion de charbon réellement utilisé.

Nos chercheurs ont suivi cette méthode ! Ils ont donc injecté à des animaux d'expérience une forme de glucose servant de "leurre" : un analogue dextrogyre, c'est-à-dire dont la molécule fait dévier à droite un faisceau de lumière polarisée. Ils ont "marqué" ce leurre, c'est-à-dire qu'ils y ont remplacé un atome d'hydrogène par un atome de carbone radioactif : le carbone 14. (^{14}C). Le produit ainsi fabriqué est le 2 — deoxy — D — glucose (ou DG) ; il peut traverser la membrane des vaisseaux capillaires grâce aux mêmes récepteurs que le glucose lévogyre physiologique (dont la molécule dévie à

gauche la lumière polarisée) et entrer de même dans le neurone. Il y subit les deux premières transformations de la glycolyse : phosphorylation, sous l'influence de l'enzyme phosphorylase, et modification du cycle chimique sous l'influence d'autre enzyme : l'hexokinase. Mais le produit obtenu (le DG — 6 — PO_4) ne peut plus leurrer les enzymes des étapes suivantes ; il ne peut ni faire un retour en arrière pour redonner du glucose, ni poursuivre les phases de la glycolyse : il reste bloqué dans la cellule. C'est donc, comme les pierres incombustibles de l'espion industriel, un témoin d'activité, qui permet d'établir la seconde équation fondamentale : **la quantité de DG — 6 — PO_4 présente dans une région cérébrale donnée est proportionnelle à l'activité de cette région.**

Il suffit de mesurer la radioactivité émise par la région en question.

La technique, elle, consiste à injecter une quantité connue de DG, représentant une dose précise de radioactivité, à mesurer sa proportion quand, diluée dans le sang, elle se mêle au glucose sanguin total de l'animal, et à faire faire à ce dernier une tâche précise — ou à le mettre dans un état physiologique particulier (sommeil, hibernation). L'animal est ensuite sacrifié pendant l'action, et son cerveau coupé en tranches minces. Des capteurs de radioactivité enregistrent tout ce qui est émis par chaque tranche ; l'ordinateur calcule les différences d'intensité des diverses zones et reconstitue l'image de la coupe, éventuellement en couleurs, avec des tonalités et gradations reflétant les différences d'émission radioactive. Les coupes sont également traitées selon la méthode autoradiographique : elles sont mises pendant des mois au contact d'une plaque photographique qui sera impressionnée par l'émission radioactive. L'ordinateur calculera ensuite l'importance de cette impression, et par là, la quantité de glucose utilisé par des portions fragmentées de la zone étudiée.

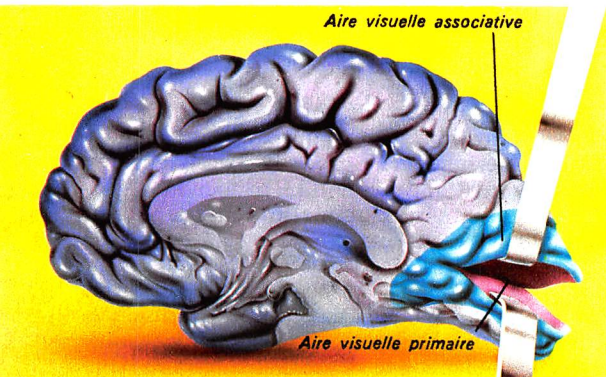
Sokoloff a commencé par étudier selon cette technique les différents groupes cellulaires du cortex cérébral qui travaillent, selon que l'information visuelle arrive par l'œil droit, le gauche, ou les deux. Dès qu'il publia ses résultats, en 1977, les chercheurs de nombreux laboratoires américains (et européens) s'empressèrent d'adopter sa technique et commencèrent à présenter des travaux sur le travail localisé de groupes cellulaires nerveux, selon le type d'action, chez les mollusques, les poissons, les oiseaux et les mammifères. On est ainsi près de confirmer expérimentalement de nombreuses connaissances acquises par déduction plutôt que par observation directe. Il sera notamment possible de suivre le développement des diverses fonctions chez l'individu jeune (on connaît les étapes du développement anatomique des structures nerveuses, mais pour nombre d'entre elles, on ne sait pas exactement quand leur activité commence à être efficace). Il est

certain que la clinique bénéficiera de ces découvertes, mais pourquoi pas aussi la pédagogie ? Il sera également possible de disposer d'images fonctionnelles des désordres métaboliques de certaines maladies nerveuses et mentales...

Des travaux sur l'odorat chez le rat, par exemple, ont permis à Gordon Shepherd, de l'université Yale, de préciser certaines notions jusqu'alors ignorées. L'odorat est une fonction essentielle pour la plupart des animaux, et on n'en connaît les mécanismes que très imparfaitement. Or, Shepherd fait renifler à des rats se déplaçant librement sur une table soit de l'air frais, soit de l'air vicié venant d'une cage à rats, soit du camphre, soit de l'acétate d'amyle, voisin de l'odeur de banane. Il observe que l'activité maximale est, pour chacune de ces odeurs, dans une zone différente des bulbes olfactifs

(point d'arrivée des fibres venant du nez, et relais avant le cortex). Par ailleurs, plus l'odeur est forte et plus grande est l'étendue de la zone active. Le marquage de l'intensité se fait donc dès le premier relais nerveux. Mais il se trouve aussi que chacune de ces odeurs comporte une signification différente pour l'animal : elles sont autant de signaux devant déclencher des conduites différemment appropriées. Il est donc intéressant de noter que cette distinction de commandes comportementales se fait dès le premier relais des voies sensitives. Certes, là ne réside pas encore la clé des conduites humaines, mais on aperçoit une voie...

Chez le rat nouveau-né, l'odorat joue déjà un rôle vital. En effet, le mamelon maternel émet des substances odoriférantes particulières, des phéromones qui, perçues par le petit, déclenchent chez lui le réflexe de succion ; le phénomène est à l'inverse du bébé humain, chez qui la succion est déclenchée, dès avant la naissance, par l'effleurement des lèvres ; le rat nouveau-né mourrait de faim, les babines contre le mamelon de sa mère, si les phéromones ne déclenchaient pas le mouvement ! Shepherd a pu localiser, dans une région précise du bulbe olfactif, une petite zone hyperactive au moment de la tétée. La sensibilité de cette zone aux phéromones du sein maternel disparaît pendant la maturation. Par contre, en faisant respirer à ces rats nouveau-nés de l'acétate d'amyle, il observe bien une activation dans la même région du bulbe que chez l'adulte, mais elle est très faible, en points dispersés ; elle se renforcera pendant

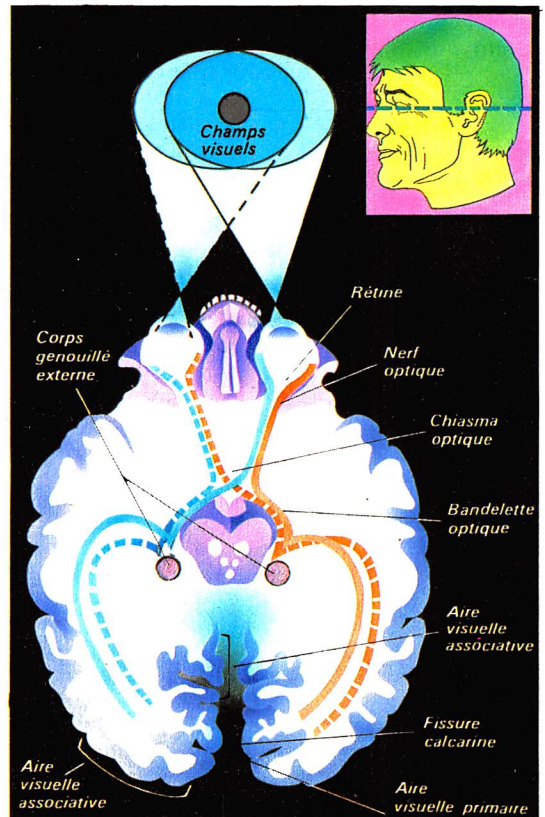


NOUS VOYONS EN DEUX TEMPS

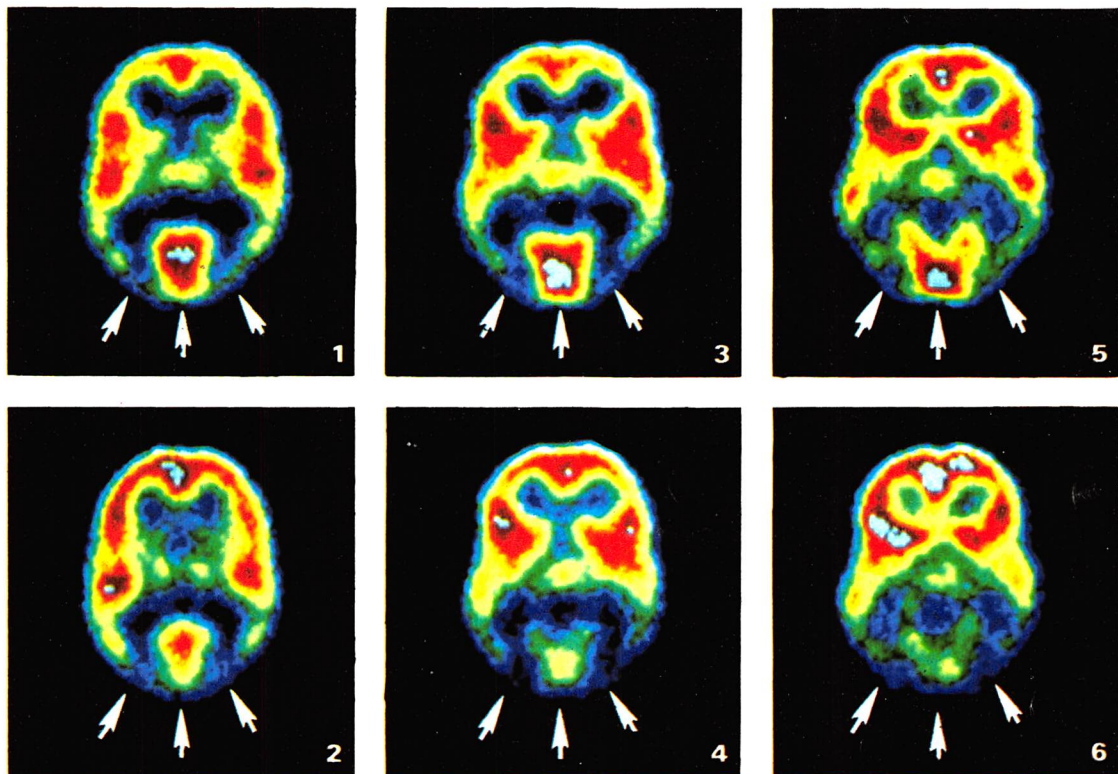
Les fibres venant de la rétine arrivent, après un relais au corps genouillé et externe, à l'aire visuelle primaire du cortex enfouie dans la fissure calcarine (en rouge foncé) du lobe occipital (dessin ci-dessus). Là, la réception se fait point par point, c'est-à-dire que l'image vue est analysée en mini-pièces détachées. Pour la reconnaissance à proprement parler du spectacle, les aires visuelles associatives (en turquoise) entourant la fissure calcarine combinent les informations envoyées par les cellules de l'aire primaire pour nous permettre enfin de voir l'image.

LA PERCEPTION VISUELLE REMISE EN QUESTION

En disséquant un cerveau, on observe que les fibres issues des deux rétines constituent deux contingents : l'un, venant de la moitié extérieure des rétines (dessin ci-contre, traits rouge plein et bleu pointillé), se rend au cortex droit ; l'autre, venant de la moitié nasale des rétines (traits bleu plein et rouge pointillé), se rend au cortex gauche. Ainsi, chaque cortex visuel reçoit deux fois la même information. Mais, contrairement à ce que l'on croyait, si l'on obture un œil, le 1/2 cortex ne diminue pas de moitié son activité métabolique : un troisième contingent de fibres (13% de la totalité des fibres optiques) qui ont été mises en évidence peuvent se diriger indifféremment sur l'un ou l'autre cortex.



LE CERVEAU VISUEL SURPRIS PAR LE SCANNER EN PLEINE ACTIVITÉ



On soumet un sujet (rangée du haut) à un jeu de stimulations visuelles de plus en plus complexes : lumière intermittente (1), spectacle d'un échiquier (3), observation d'une scène dans un parc (5). Puis en fonction de ces stimulations, on examine par tomographie ce qui se passe dans le cerveau et l'on compare avec un autre sujet se trouvant dans les mêmes situations, mais ayant, lui, les yeux fermés (2 pour la lumière intermittente ; 4 pour l'échiquier ; 6 pour la scène dans le parc). Le cerveau apparaît ici en coupe horizontale et seule la partie postérieure (face aux flèches) nous intéresse ; là se trouvent les deux cortex visuels droit et gauche, situés respectivement dans chacun des deux hémis-

sphères. Le cortex visuel primaire (en rouge) est essentiellement situé dans la fente séparant les deux hémisphères (flèche du milieu), tandis que le cortex visuel associatif (en jaune), est situé sur les côtés (flèches latérales). C'est dans ce cortex associatif que se fait l'interprétation de ce que voit notre œil. Plus la stimulation visuelle est complexe, plus le travail du cortex associatif prend le pas sur celui du cortex primaire : on voit en effet que la surface jaune augmente tandis que la surface rouge reste stable. Par contre, dans la rangée du bas, où le sujet a les yeux fermés, les mêmes stimulations activent peu ou pas du tout les cortex primaire et associatif.

la maturation, là encore, et atteindra sa conformation d'adulte vers le 15^e jour. Dans un avenir pas trop lointain on pourra de même suivre le développement des fonctions mentales chez l'enfant : par exemple la maturation des zones du langage, celle des structures nécessaires à la perception de la profondeur, à certains raisonnements logiques, etc.

Thomas S. Kilduff, de l'université Stanford, a étudié le fonctionnement de l'écureuil roux en hibernation. Il est intéressant de noter que si le sens général de l'évolution métabolique est à la baisse pendant cette période, les aires corticales sensibles et proprioceptives gardent presque le même niveau de glycolyse qu'à l'état actif. L'animal semble donc rester sur un certain pied

d'alerte, même si l'EEG le montre endormi. La proprioceptivité apporte des informations sur le degré de contraction des muscles et la position des articulations ; ces informations sont indispensables au départ de tout déclenchement moteur : on a donc la preuve que dans son sommeil hibernant, l'animal est prêt à agir autant qu'il l'est à être stimulé. Cette dissociation intéresse au premier chef les chercheurs, qui ignorent toujours le rôle de la phase de sommeil dissocié dite "avec mouvements oculaires"...

Voilà rendue possible non seulement la représentation des diverses fonctions normales du cerveau, mais aussi celle du décours des altérations produites par certaines maladies. Par exemple, on a créé chez le rat une hypertension

artérielle, par injection de phénoxybenzamine, et on a pu observer une diminution dramatique de la fonction des zones profondes de l'encéphale. En précisant les zones les plus atteintes par l'hypertension, il n'est pas douteux qu'on en comprendra mieux les répercussions cliniques et qu'on saura mieux ajuster les thérapeutiques appropriées.

Mais ces résultats ne concernent encore que l'animal, et il n'était pas possible d'appliquer la même technique à l'être humain. Et comment explorer directement notre cerveau ? Le ^{14}C de l'expérimentation animale a une radioactivité très brève, ce qui n'est pas gênant pour travailler sur des animaux sacrifiés dans les 45 minutes après l'injection radioactive, mais poseait des problèmes pour des séances de scanner de plus longue durée. M.-E. Phelps, de l'université de Californie à Los Angeles, a mis au point avec ses collaborateurs une méthode inoffensive adaptée à la recherche chez l'homme. Tout d'abord, il marque son analogue du glucose avec une fluorine de durée radioactive suffisante, le ^{18}F , obtenant donc du 2 — (^{18}F) fluoro-2-déoxy — D — glucose (ou FDG) qui, comme le DG, "leurre" les transporteurs membranaires du glucose et l'hexokinase, et aboutit dans le neurone au FDG-6- PO_4 lequel restera bloqué dans la cellule. Le ^{18}F émet des positons (électrons chargés positivement) qui, en se combinant avec des électrons, émettent une radiation gamma. Malgré l'infime radioactivité du produit injecté, les radiations gamma peuvent être détectées hors du crâne et seront captées par le scanner qui les recherchera tranche par tranche, selon la méthode tomographique.

L'ordinateur calcule les pourcentages de radiations gamma émises selon les aires explorées et reconstitue mathématiquement une image plane de la tranche en trois dimensions (les tranches ont une épaisseur de 16 à 18 mm) qu'il a balayée à chaque passage. De là vient le nom de la méthode : Positon Emission Tomography ou... PET. Elle donne une mesure précise des niveaux métaboliques localisés aux diverses régions cérébrales, et leurs variations au cours de divers tests ou états pathologiques. Les résultats obtenus sont superposables à ceux que donne la section anatomique du cerveau chez l'animal, et ils corroborent et précisent ceux des méthodes précédemment utilisées. La quantité de radioactivité injectée est biologiquement négligeable : c'est dire l'innocuité de cet examen qui évite même l'irradiation par rayons X du scanner type CT !

Des expériences sur le fonctionnement cérébral humain ont donc été entreprises avec la participation de sujets volontaires, âgés de 20 à 28 ans et bien portants. Phelps et ses collaborateurs se sont d'abord intéressés aux mécanismes visuels. Dans un premier temps, le sujet est maintenu dans le noir, et les mesures de glycolyse dans le cortex visuel permettent de définir ce qu'on appelle l'activité de base : ce sont les

opérations métaboliques permettant l'entretien vital des cellules. S'y adjoignent les mécanismes qui maintiennent l'excitation sous-liminaire : en effet, les cellules du cortex cérébral ne sont jamais au niveau d'excitation zéro ; même au repos, elles reçoivent des influx qui les maintiennent, comme un moteur qui chauffe, prêt à démarrer, dans un état de sous-excitation tel que les influx spécifiques destinés à extérioriser une fonction n'auront pas besoin d'être trop importants. Il y a aussi, dans le cortex visuel de sujets maintenus dans le noir, une activité sporadique déclenchée par des décharges spontanées des cellules rétiniennes. Tout cela représente un certain niveau de glycolyse, et ce qu'on observera lors d'une tâche visuelle ne sera qu'une différence de niveaux.

Puis commencent les stimulations visuelles les plus simples : une lumière blanche en éclairage intermittent. Le taux métabolique du glucose est alors mesuré au niveau du cortex visuel primaire (PVC), où aboutissent après un seul relais les fibres de la rétine ; et au niveau du cortex visuel associatif (AVC), qui reçoit de très nombreuses informations du PVC et les organise pour qu'en découle la perception. On note en moyenne une augmentation de glycolyse de 12% au niveau du PVC (aire 17 de Brodman), et de 6% au niveau du AVC (aires 18 et 19 de Brodman).

Cette faible augmentation métabolique montre que chez l'homme, comme chez l'animal mais à moindre degré, la seule discrimination de l'intensité lumineuse ne se fait pas tellement dans le cortex, mais dans des structures sous-corticales : le corps genouillé externe (CGE), relais situé sur les voies visuelles entre rétine et cortex, et le tubercule quadrijumeau antérieur (TQA), noyau mésencéphalique vers lequel sont détournées certaines fibres visuelles participant à des réflexes ne nécessitant pas la participation corticale. Le chat, d'ailleurs, privé de cortex visuel, se dirige sans se heurter aux obstacles : ceux-ci représentent une modification d'éclaircissement qui déclenche automatiquement une conduite d'évitement. De plus, avec la technique de Sokoloff, on a observé chez l'animal une augmentation logarithmique de la glycolyse dans le CGE et le TQA lorsqu'on augmente l'intensité d'une stimulation lumineuse, alors que le cortex, lui, suit faiblement cette augmentation.

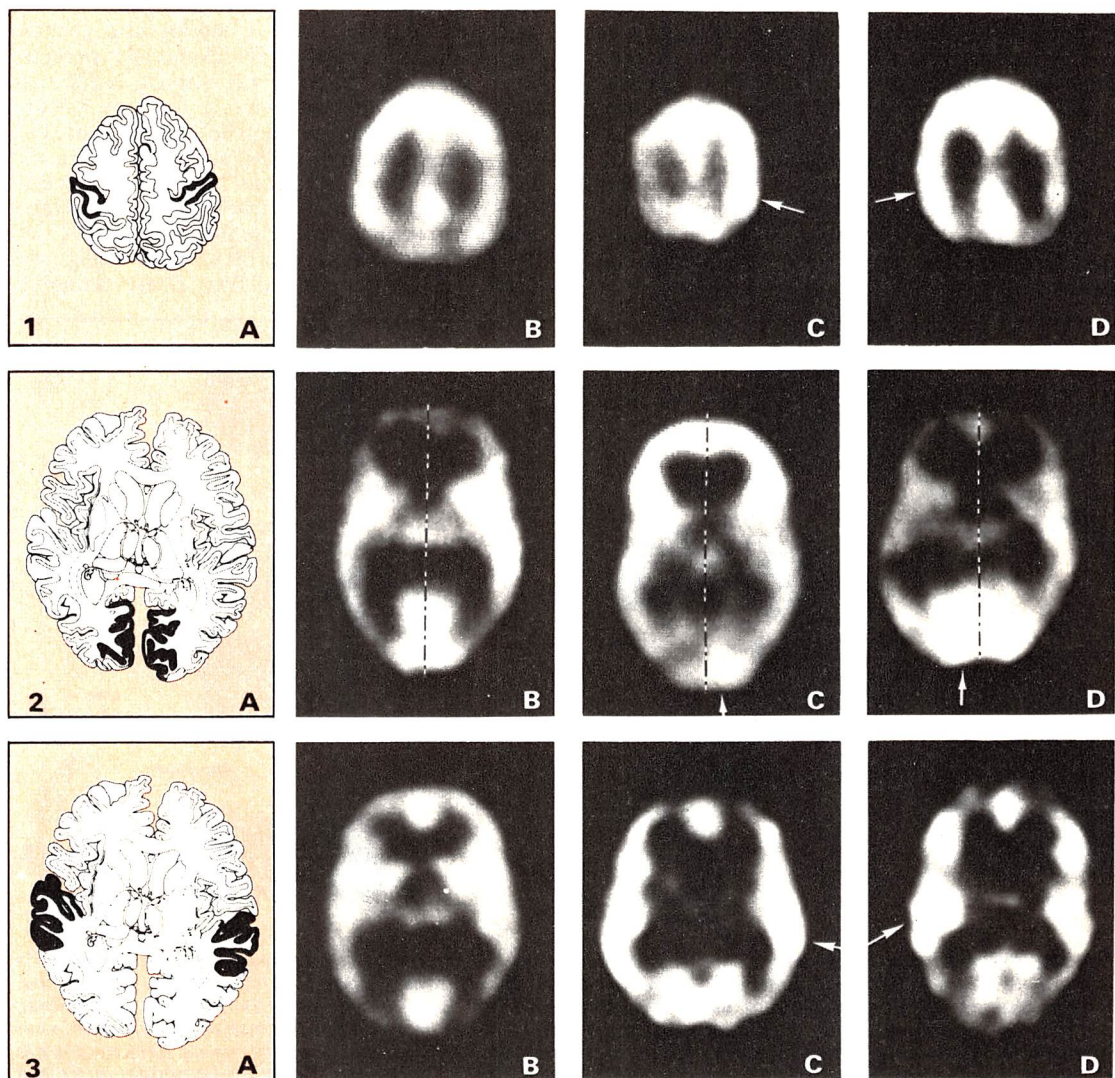
Chez l'homme, la différence entre les réponses du PVC et du AVC traduit parfaitement la faible participation des zones associatives lors d'une perception aussi simple.

La stimulation devient alors plus complexe, mettant en jeu l'apparition intermittente, sur un écran, d'un échiquier noir et blanc. La tâche visuelle exige la perception d'angles et la mise en jeu du système de discrimination spatiale. Au niveau du PVC, l'activité est de 2,4 fois plus intense ; au niveau du AVC, elle est multipliée par 4.

De plus, cette expérience va permettre d'ob-

(suite du texte page 52)

NOS ACTIVITÉS INTELLECTUELLES DÉNONCÉES PAR LE SUCRE RADIOACTIF



Le sujet est soumis à différents stimuli. Il a consommé du sucre rendu radioactif. Là où le cerveau travaille, ce sucre est métabolisé ; la radioactivité permet de mettre ce travail en évidence. Sur les photos, les zones à fort métabolisme sont en blanc, celles à faible métabolisme sont en noir.

1. La main du sujet est stimulée avec une brosse.

A. Dessin de la coupe horizontale du cerveau montrant (gros trait noir) la zone correspondant au cortex somato-sensitif de chaque main.

B. Photo-contrôle prise au même niveau que la coupe dessinée. Le sujet n'est pas stimulé. Le métabolisme du glucose (surfaces blanches) est égal dans les deux hémisphères (cela est vrai pour les cas **B** suivants).

C. On stimule la main gauche du sujet. Le métabolisme du glucose est augmenté dans le cortex somato-sensitif droit (c'est le lobe droit qui commande la main gauche et inversement) : la surface de la zone blanche augmente (flèche).

D. On stimule ensuite la main droite. Le métabo-

lisme est augmenté dans le cortex gauche (flèche).

2. Les yeux du sujet sont stimulés avec des images.

A. Le dessin représente les deux cortex visuels (gros trait noir).

B. Photo-contrôle.

C. L'œil gauche est stimulé tandis que l'œil droit est bandé. Le métabolisme du glucose augmente dans le cortex visuel droit (flèche).

D. L'œil droit est stimulé tandis que le gauche est bandé. Le métabolisme est augmenté dans le cortex visuel gauche (flèche).

3. L'ouïe du sujet est stimulée : on lui raconte une histoire.

A. Dessin des deux cortex auditifs.

B. Photo-contrôle.

C. Le sujet écoute avec l'oreille gauche et bouche son oreille droite. Le métabolisme est augmenté dans le cortex auditif droit (flèche).

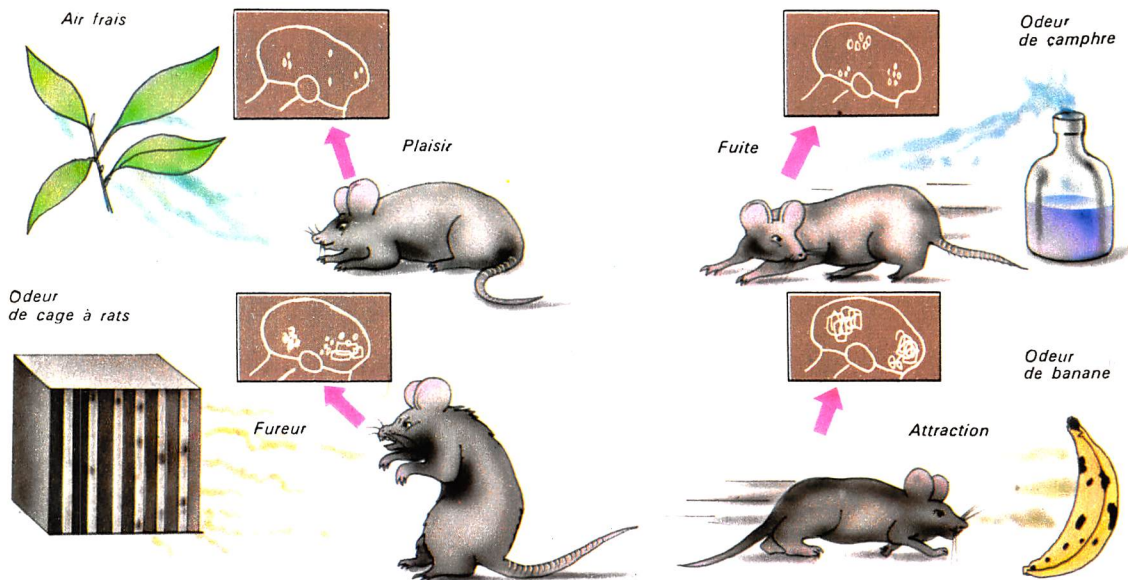
D. Le sujet écoute avec l'oreille droite. Le métabolisme au glucose se trouve augmenté dans le cortex auditif gauche (flèche).

(suite de la page 50)

tenir des précisions supplémentaires sur les voies visuelles humaines. Normalement, les informations issues de chaque rétine se partagent également entre les deux cortex visuels, droit et gauche, chaque côté recevant un double de l'information visuelle : une venue de l'œil opposé, et une venue de l'œil ipsilatéral (du même côté). Donc, si on met un cache hermétique sur un œil, on devrait trouver une glycolyse de 50% de la mesure précédente, faite avec les deux yeux. Or ce n'est pas le cas : on trouve, avec la stimulation reçue par un seul œil un niveau métabolique, dans le PVC, de 63% de celui déclenché par les deux yeux ! Quant aux AVC, leur niveau

techniques nouvelles de rééducation des malvoyants et pour la recherche de prothèses physiologiques pour les non-voyants.

Quand la scène visuelle atteint une grande complexité (pour les mécanismes de perception) : spectacle du parc qui entoure le laboratoire, avec distinction entre le fond du décor, les personnages qui se meuvent devant, etc., cela doit représenter une activation multipliée. Et de fait, c'est dans ce cas que la réponse métabolique atteint les plus hauts niveaux : 45% au-dessus des mesures précédentes pour le PVC, et 59% pour le AVC, certaines zones atteignant jusqu'à 100% d'augmentation. Il est probable



L'intelligence du nez chez le rat. La détection des zones cérébrales où la glycolyse augmente permet de visualiser le fonctionnement du cerveau en pleine action. On a pu voir, grâce à un détecteur de radiations, que des odeurs différentes activent des zones différentes du lobe olfactif dans le cerveau de l'animal, comme le montrent les tracés au-dessus de chaque dessin. C'est en fonction de cette réception que le rat déterminera sa conduite. L'expérience a montré ainsi que l'air frais induisait une attitude de détente chez le rat ; l'odeur d'une cage à rat, elle, le mettait en état d'alerte, prêt à l'agression ; l'odeur de camphre le mettait en fuite ; quant à l'acétate d'amyle (odeur rappelant celle de la banane), elle attirait l'animal, qui se préparait à manger (il salivait...).

métabolique est pratiquement identique, que la stimulation entre par un ou deux yeux ! Cela a donc permis de préciser que, dans le cortex visuel primaire, la population des cellules se répartit en 3 groupes de fonctions superposables : un groupe qui répond aux influx de l'œil ipsilatéral, un groupe pour les influx contralatéraux, et un troisième groupe qui répond indifféremment à l'un ou l'autre côté. Par ailleurs, l'expérience met en lumière le fonctionnement des zones associatives : la quantité des signaux envoyés par le PVC leur est indifférente ; leur travail de reconstitution des formes vues demeure tout aussi important, que la vision se fasse par un ou deux yeux. De telles précisions seront particulièrement précieuses pour ajuster des

que les aires les plus actives au sein du AVC sont celles où se font les interprétations les plus compliquées : lignes et ombres ambiguës ou "mal vues" pour lesquelles la forme sera trouvée grâce à un travail de logique.

Actuellement la recherche se poursuit avec les aveugles par lésion congénitale ou acquise, et les porteurs de lésions plus ou moins étendues des aires visuelles. Ainsi, un patient avait gardé comme séquelle d'une encéphalite une perte de la vision dans une moitié du champ visuel (hémianopsie homonyme). Tous les examens, y compris le scanner aux rayons X, avaient montré un cortex anatomiquement normal ; seul, le PET prouva la quasi-disparition d'activité dans tout le cortex visuel d'un côté.

L'intérêt n'est pas de prouver que le patient ne jouait pas la comédie quand il disait qu'il n'y voyait pas d'un côté, mais de faire rechercher une prévention pour des séquelles éventuelles plus graves. En effet, une zone corticale non fonctionnelle se transforme progressivement en "tissu cicatriciel" qui crée une zone d'irritation pour le reste du cortex, ce qui entraîne fort probablement une épilepsie.

Chez un malade porteur d'une tumeur dans la région du cortex visuel, et qui avait des crises au cours desquelles il était pris de visions hallucinatoires, le PET réalisé au moment d'une crise a enregistré une augmentation énorme de l'activité métabolique du cortex visuel. Puisque le cortex s'active même pour des "visions", les chercheurs ont demandé à des sujets sains de se souvenir d'un spectacle en essayant fortement de le revoir en imagination : cette tâche purement psychique active fortement le cortex visuel.

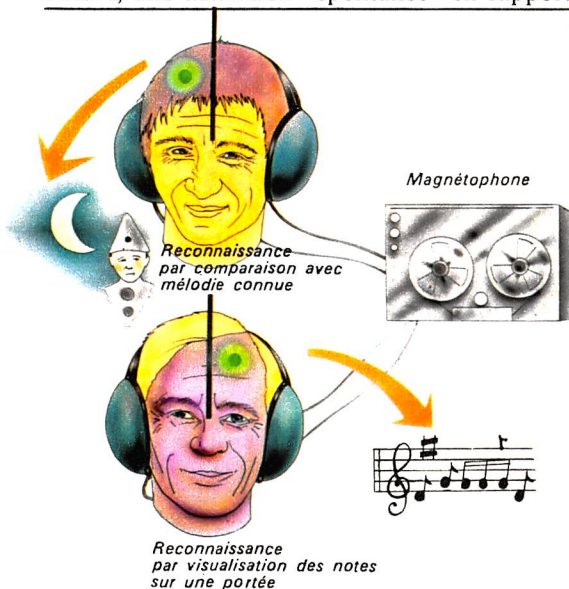
Des expériences ont aussi été entreprises sur la fonction auditive. On fait entendre un texte dramatique (morceau de pièce radiophonique) par l'une puis l'autre oreille à des sujets munis d'écouteurs. Leur attention sera testée en fin d'expérience : ils seront payés en fonction de la précision avec laquelle ils auront répété l'histoire entendue ! On note une discrète augmentation de glycolyse dans le cortex auditif opposé à l'oreille stimulée. C'est intéressant car, anatomiquement, les voies auditives subissant de nombreux croisements de l'oreille au cortex, on ne peut, par dissection, préciser une prédominance de côté. Lorsque le sujet est laissé dans le silence, ses aires auditives sont des deux côtés au même niveau métabolique ; mais ce n'est pas le cas pour une région "super-associative", le gyrus angulaire, qui se trouve en arrière du cortex auditif et fonctionne avec lui. Même sans stimulation, il existe entre les deux côtés une différence métabolique de 10 à 12 %, ce qui est une preuve d'activité assez importante.

On savait déjà, par déduction clinique, que cette zone est nécessaire aux processus mentaux supérieurs ; le PET vient de prouver son activation "spontanée", indépendante d'une stimulation externe. Elle exprime donc un fonctionnement interne, c'est-à-dire celui de la pensée ! Par ailleurs, chez certains sujets à qui on a demandé de bien retenir l'histoire entendue, on note, en plus de l'activité auditive (cortex temporal), une augmentation marquée de glycolyse au pôle frontal. Or, il s'agit de ceux qui ont les meilleurs scores de mémorisation, et avouent avoir fait un effort de mémorisation logique (recherche d'associations mnémotechniques). On a ainsi la trace du fonctionnement de l'autre grande région responsable de la vie mentale : le pôle frontal.

Une autre expérience auditive consiste à faire entendre deux séquences musicales, et à demander au sujet si elles sont identiques ou non. Or, chez certains sujets, c'est l'hémisphère droit qui est le plus actif, chez d'autres, c'est le gauche !

Après enquête, cette différence s'explique par le travail intérieur du sujet : ceux qui essaient de s'y retrouver en comparant mentalement les stimulations à une mélodie connue activent essentiellement leur cortex droit. Ceux qui cherchent à caractériser mentalement les notes entendues font travailler leur cortex gauche ; et si ces derniers, en plus, "visualisent" les notes sur une portée imaginaire, l'activation s'étend au cortex visuel !

En utilisant des stimulations tactiles on a, comme prévu, stimulé le cortex somato-sensible contralatéral. Mais le PET a mis en évidence, là encore, une activation "spontanée" en rapport



La musique "pour le plaisir" et la musique qu'on comprend. Lorsque nous entendons un air, si nous cherchons simplement à le reconnaître parmi tous les airs que nous connaissons, c'est notre hémisphère droit qui "reçoit" la musique ; c'est là que sera décelée une augmentation marquée de la glycolyse. Si nous cherchons à retrouver mentalement les notes et à analyser la structure musicale, c'est notre hémisphère gauche qui travaille, donc qui "brûle" plus de sucre.

avec le fonctionnement continu du système d'informations venant sur notre propre corps, pour constituer ce qu'on appelle "l'image corporelle". Par analyse logique autant que par déduction clinique, on savait que l'image corporelle est un jalon essentiel à la pensée, une sorte de référence interne obligatoire : le PET vient encore confirmer ces constatations et montrer l'intérêt de ses résultats lorsqu'on poussera plus loin l'analyse biologique de la vie mentale.

Cette méthode commence déjà à rendre de grands services en clinique neurologique.

● L'épilepsie peut se présenter sous une forme "localisée" : le cortex présente alors une zone "irritante" (région cicatricielle post-traumatique par exemple) qui constitue un "foyer". Par mo-

(suite du texte page 160)

LA BOUSSE QUI EST DANS LA TÊTE

Le sens de l'orientation chez les animaux et les humains avait été partiellement expliqué par la présence de fer magnétique dans le cerveau. Des chercheurs viennent d'établir que, même sans contenir de magnétite, l'épiphyse, située dans le cerveau, est sensible aux champs magnétiques et expliquerait aussi l'orientation.

● Nous avons dans la tête une boussole orientée sur le champ magnétique de la Terre. Cette boussole, que nous n'utilisons guère, nous l'avons sans doute héritée de lointains ancêtres, bien avant l'hominisation, il y a des dizaines ou centaines de millions d'années. Pour certains d'entre nous, cet "organe" s'est émoussé, peut-être parce que l'homme n'a pas besoin de se livrer saisonnièrement à de longues migrations, peut-être aussi parce qu'il a appris à s'orienter par d'autres moyens. Pourtant, chez de nombreuses personnes, cette boussole fonctionne encore, comme vient de le démontrer une série d'expériences. D'autres études ont permis de situer cet "organe" : il se trouve dans l'épiphyse (autrefois dite glande pinéale), située en profondeur dans notre cerveau, et dont les fonctions sont encore mal connues. Cette glande posséderait des cellules sensibles au champ magnétique de la Terre.

C'est un zoologiste anglais, le Pr. Robin Baker de l'Université de Manchester, qui a eu l'idée de faire une série d'expériences simples, afin de déterminer si l'homme, tout comme certains animaux, possède un véritable "sens" de l'orientation. Le Pr. Baker, qui avait étudié le sens d'orientation chez des oiseaux migrateurs, s'est adressé, cette fois, à des étudiants qui avaient habité à Manchester pendant au moins deux ans. Ces étudiants, par groupes, yeux bandés, étaient installés dans des minibus qui les emmenaient par des chemins détournés jusqu'à divers endroits situés à une distance de 6 à 52 km de l'université. On leur demandait de ne pas parler entre eux, pour qu'ils ne se donnent

aucune indication quant à la destination présumée de leur voyage.

Une fois arrivés à la destination finale, on faisait sortir les étudiants, un par un et toujours les yeux bandés, et on leur demandait dans quelle direction (nord, nord-est, etc.) ils se trouvaient par rapport à l'université.

Dès la première série d'expériences, le Pr. Baker obtint des résultats qu'il était impossible d'attribuer au hasard. Peu d'étudiants réussissaient à s'orienter avec précision sur leur point de départ, mais une grande majorité d'entre eux pouvaient en indiquer la direction générale. La représentation graphique de ces résultats et leur analyse statistique montraient clairement que la plupart des réponses étaient groupées dans la bonne direction (dessin p. 57).

Une vérification fut alors entreprise à l'instigation de l'équipe d'une station de télévision du Yorkshire. On choisit cette fois 42 élèves de deux écoles au Château Barnard, dans le comté voisin de Durham. Ces jeunes gens, âgés de 16 à 17 ans, connurent la même expérience à 22 km du point de départ. On constata, de nouveau, que la majorité des élèves avaient deviné en gros la bonne direction.

Les participants à ces expériences ne pouvaient expliquer d'une façon cohérente comment ils étaient arrivés à trouver la bonne direction. Certains disaient qu'au départ, ils avaient essayé de suivre le parcours du minibus sur une carte mentale de la région, au moins pendant les premières minutes du voyage. D'autres disaient que, lors des journées ensoleillées, ils tentaient de s'orienter d'après la sensation de cha-

leur sur telle ou telle partie du visage. Mais la plupart étaient néanmoins surpris d'avoir aussi bien "deviné" la bonne direction. On remarquait d'ailleurs que les résultats étaient tout aussi bons par temps couvert que par une journée ensoleillée.

Sachant que certains animaux sont sensibles au champ magnétique terrestre, le Pr. Baker entreprit une troisième série d'expériences, pour tenter de déterminer si une perception de ce champ intervenait également chez l'homme. Des groupes d'étudiants, yeux bandés, furent emmenés par monts et par vaux à partir de leur école, mais on plaça à l'arrière de la tête des étudiants d'un groupe, un aimant maintenu par un élastique alors que les étudiants de l'autre groupe portaient bien une petite barre métallique, mais non magnétisée, quoique indiscernable des aimants. Il fut d'ailleurs assuré à tous les sujets de ces expériences, qu'ils portaient de véritables aimants.

De nouveau, l'on procéda à une représentation graphique et à une analyse statistique des résultats obtenus : on constata que :

- Les sujets porteurs de faux aimants retrouvaient la direction du point de départ aussi bien que ceux qui n'avaient pas d'aimants.

- Les sujets porteurs de vrais aimants semblaient avoir été désorientés, puisque la moyenne de leurs réponses ne correspondait à aucune direction précise.

Pour le Pr. Baker, l'influence du champ magnétique engendré par les aimants est indéniable, quoiqu'on ne puisse pas la déterminer avec précision, puisque les aimants utilisés étaient de forces différentes et qu'ils pouvaient par leur proximité les uns des autres créer des champs magnétiques complexes. Depuis, le Pr. Baker a recommencé une série d'expériences en utilisant des bobines électromagnétiques, engendrant cette fois des champs magnétiques dont l'intensité et la direction peuvent mieux être contrôlées. Une des expériences consista à "troubler" la boussole biologique par des champs magnétiques dont l'intensité était trois fois plus forte que celle du champ magnétique de la Terre, et dont la direction était opposée : chez les uns, le pôle magnétique était dirigé vers la droite de la tête, chez les autres, vers la gauche. Et l'on constata que de nombreux étudiants dans le premier groupe indiquaient, en essayant de s'orienter vers le point de départ, la direction diamétralement opposée de celle désignée par les étudiants de second groupe.

Il semble donc que l'homme, comme de nombreux animaux, soit sensible aux champs magnétiques qui l'entourent. Mais par quel moyen réussit-il à les percevoir ? Une autre série d'expériences, entreprise tout à fait indépendamment de celles du Pr. Baker, par des neurologistes allemands, situe cet "organe d'orientation" dans l'épiphyse. Les Drs P. Semm, T. Schneider et L. Vollrath, du Laboratoire de neurophysiologie de l'Université de Mayence (Allemagne fédérale), se sont livrés à des expé-

riences très sophistiquées sur des cobayes.

Les expériences se sont faites sous anesthésie totale en respiration artificielle. Une fois la boîte crânienne ouverte par l'occiput, et l'épiphyse mise à nu, on a introduit dans celle-ci une pipette microscopique chargée de diffuser une solution saline conductrice. Celle-ci permet d'étudier l'activité électrique des cellules ; un colorant, également diffusé par la pipette, a permis d'identifier les cellules étudiées.

Par ailleurs, un champ magnétique a été engendré par deux petits circuits, des bobines de Helmholtz. Une des bobines a été placée sous le menton, l'autre au-dessus de la tête. On a ainsi obtenu un champ magnétique à peu près homogène, du même ordre de grandeur que le champ magnétique terrestre de surface. On pouvait, en inversant la polarité, soit compenser, soit inverser le champ magnétique naturel.

Avant de commencer l'expérience, les chercheurs se sont assurés de la régularité de l'activité électrique des cellules étudiées ; ils ont aussi vérifié que ni les stimuli auditifs, ni les stimuli visuels ne modifiaient cette activité. Enfin, ils ont défini les modifications de l'activité électrique de cellules individuelles lorsque celles-ci sont soumises à des variations du champ magnétique.

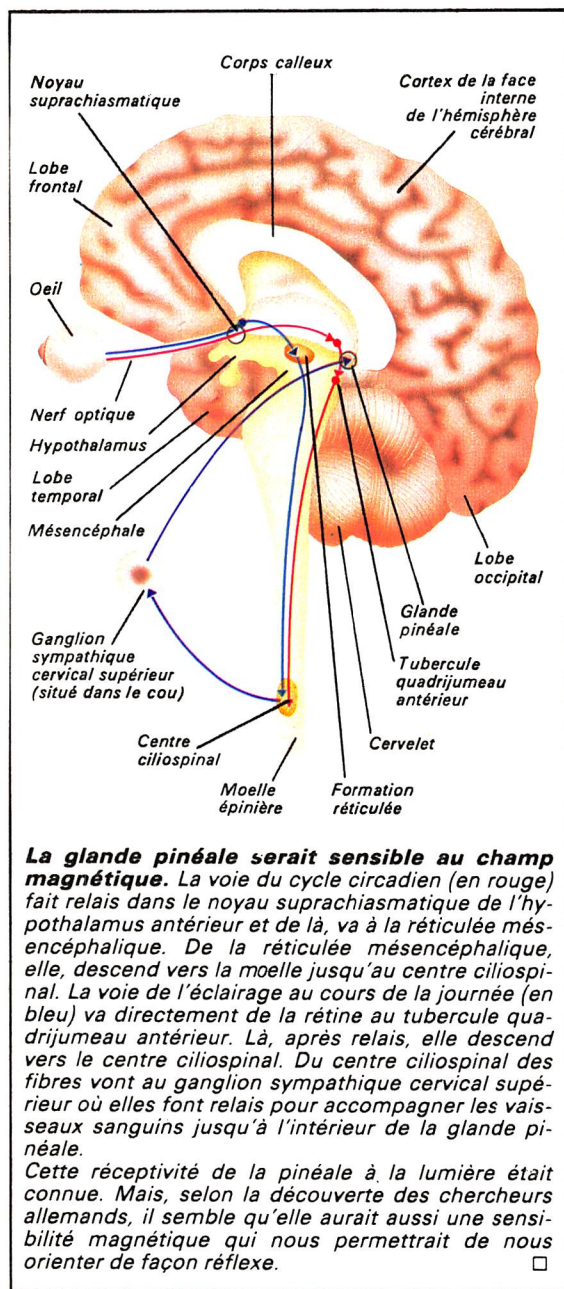
Les chercheurs allemands ont ainsi étudié 71 cellules d'épiphyses chez 16 cobayes. Ils ont constaté que 56 de ces cellules ne réagissaient pas (ou très peu) aux variations du champ magnétique. En revanche, 15 cellules réagissaient vigoureusement ; ils ont constaté chez celles-ci une diminution de plus de moitié de l'activité électrique, soit des écarts bien plus importants que ceux qui se produisent lorsque la glande de l'animal immobilisé n'est exposée qu'au champ magnétique de la Terre. En inversant la polarité du champ artificiel, l'activité des cellules revenait à son point de départ.

Des expériences ont ensuite été réalisées dans des conditions identiques sur d'autres groupes de cellules voisines de la glande pituitaire, ainsi que d'autres structures cérébrales ; elles ne permirent de mettre en évidence aucune autre cellule sensible aux variations du champ magnétique. Les chercheurs allemands en concluent que ce pourrait donc bien être l'épiphyse, et plus particulièrement certaines de ses cellules, qui jouent le rôle de "boussole biologique".

Les découvertes des chercheurs allemands raniment une vieille controverse concernant cette glande mystérieuse, dont on sait également qu'elle est, chez certains animaux, une véritable horloge biologique, capable de mesurer le temps, et de transmettre des informations temporelles au reste de l'organisme par l'intermédiaire d'une hormone. Ce serait donc l'organe d'un "sixième sens", celui de l'orientation, et d'un "septième", celui de la mesure du temps ! Que sait-on d'autre sur cette glande mystérieuse ?

La pinéale, ainsi nommée parce qu'elle a la forme et la taille d'un pignon, est située en pro-

fondeur dans l'encéphale. On la trouve facilement en ouvrant le crâne en arrière : on écarte les deux hémisphères et on la voit, juste au-dessus du cervelet. Sa face antérieure ferme à l'arrière le troisième ventricule rempli de liquide céphalo-rachidien, et on peut du doigt relever



son pôle postérieur dans l'espace qui sépare les hémisphères et le cervelet. Ce caractère mobile a fasciné Descartes qui imaginait que sur l'homme vivant, la pinéale se soulevait pour chasser "les esprits animaux" dans le liquide du ventricule. Ces esprits animaux étant les véhicules de l'âme dans le corps jusqu'au premier

tiers de ce siècle, la pinéale était un mystère, on n'était pas même sûr qu'elle fût une glande : on ignorait si elle sécrétait quelque chose. Actuellement on sait que l'épiphyse est un des plus riches réservoirs en sérotonine de l'encéphale, et qu'elle sécrète une hormone : la mélatonine, dont la synthèse chez certains animaux est très élevée pendant la nuit, et pratiquement nulle le jour.

Chez les vertébrés inférieurs (poissons, batraciens, reptiles) l'équivalent de la pinéale est un double organe très curieux, qui a sans doute donné naissance au mythe du "troisième œil".

Il existe juste sous la peau du crâne une sorte de cupule bordée de photorécepteurs activés par la lumière qui traverse la peau, très mince à ce niveau. Un gros nerf relie directement cet appareil récepteur à une petite glande rattachée à la paroi du troisième ventricule, et sécrétant de la mélatonine dans le liquide céphalo-rachidien. Chez l'oiseau et le mammifère — dont l'homme — l'organe récepteur a disparu, seule reste la glande. Mais a-t-elle encore des relations avec les stimulations lumineuses ? L'embryologie nous montre qu'elle se développe à partir des mêmes cellules qui donneront le revêtement des ventricules, les cellules épendymaires, qui ont un potentiel sécréteur. Donc l'épiphyse doit être un organe sécrétant une ou des substances ayant un rôle dans le système nerveux central.

La glande est formée de cellules bourrées de granules contenant de la sérotonine et de la mélatonine : les pinéalocytes ; des cellules gliales en très grand nombre et de très riches vaisseaux capillaires. La présence de la glie indique une très importante activité métabolique : la glie, en effet, sert d'intermédiaire biologique entre les apports sanguins et les cellules nerveuses ; il est donc vraisemblable qu'elle joue un rôle identique pour les pinéalocytes. Le produit de sécrétion se déverse par deux voies : d'une part, par les vaisseaux sanguins, d'autre part, à travers le liquide céphalo-rachidien qui les transporte dans tout le cerveau. En fait, il semble que seul l'hypothalamus soit la cible de ces produits.

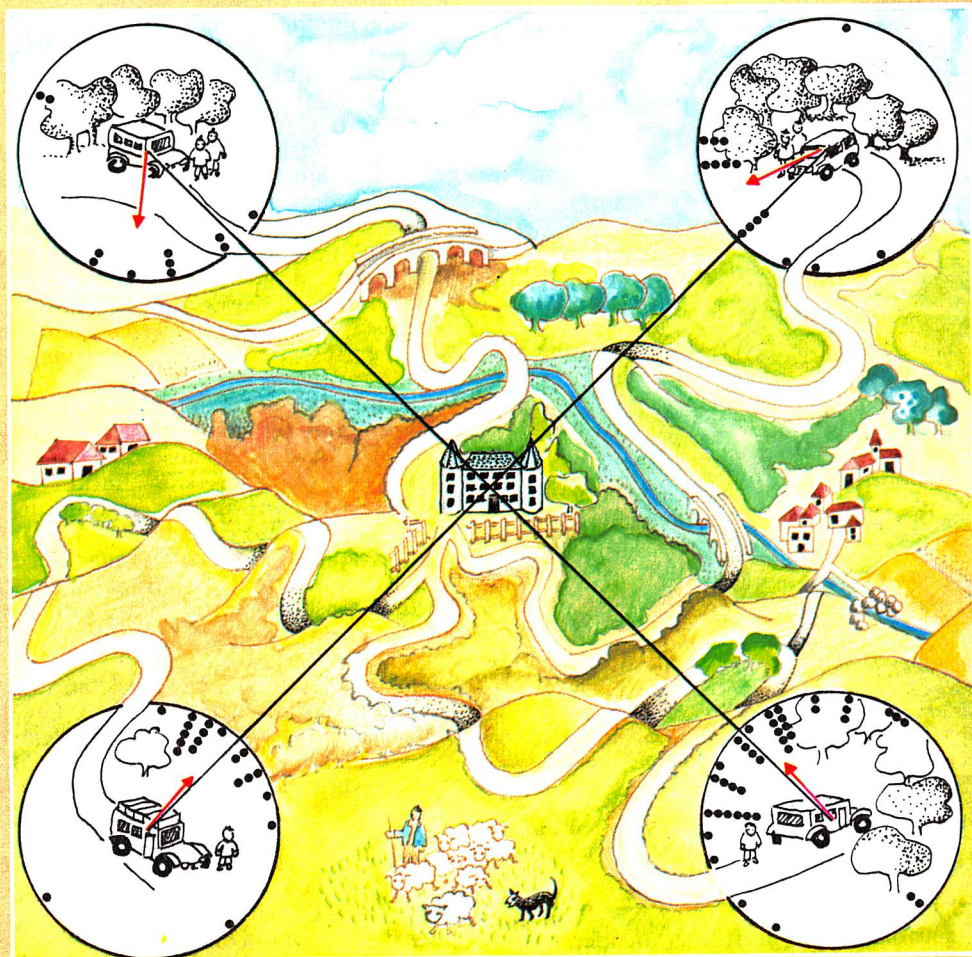
Mais comment l'épiphyse reçoit-elle ses ordres de fonctionnement ? Chez l'être humain, elle ne reçoit aucune innervation venant des voies nerveuses cérébrales, mais de très nombreuses fibres sympathiques entrant dans son parenchyme avec les vaisseaux sanguins. Elle a donc uniquement une innervation sympathique.

Or, ces fibres sympathiques sont issues du ganglion sympathique cervical supérieur, lequel à son tour est stimulé par des fibres issues de cellules situées dans la moelle. Les cellules d'origine de la moelle constituent une colonne de commande viscérale appelée : "centre cilio-spinal". En effet, de ce centre partent des ordres qui par l'intermédiaire du ganglion cervical supérieur, vont dilater la pupille. Lorsque la lumière atteint notre œil, la pupille se contracte, sous l'effet d'un nerf parasympathique, mais aussi grâce à la paralysie transitoire du sympathique d'action dilatatrice. Autrement dit, la lu-

mière a une action inhibitrice sur le ganglion cervical supérieur..., donc sur l'activité de la pinéale !

Nous retrouvons, par voie détournée, les mêmes relations lumière-pinéale que celles de l'organe double des vertébrés inférieurs. Mais

par des fibres spéciales qui se terminent dans un noyau de l'hypothalamus antérieur : le noyau suprachiasmatique. Or ce noyau, très important chez le rongeur, semble être un des noyaux clés de l'horloge interne, responsable des cycles circadiens. Il est donc influencé par les stimula-



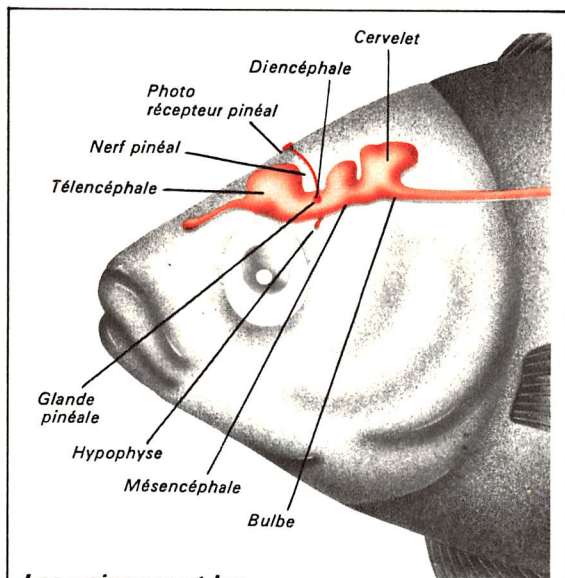
L'existence d'une boussole biologique chez l'homme a été démontrée par une série d'expériences menées par le zoologiste anglais Robin Baker, qui a transporté des étudiants, yeux bandés, par des chemins tortueux, à divers endroits à plusieurs kilomètres de leur université. Ensuite on leur demandait d'indiquer la direction de leur point de départ. Le dessin représente une des expériences, lors de laquelle des étudiants ont été emmenés à des points situés au N.-E., N.-O., S.-E. et S.-O. de l'université. Les cercles représentent les points d'arrivée, et les points à l'intérieur des cercles les directions indiquées une par une par les étudiants. On constate qu'une majorité de ces points sont groupés dans le bon sens ; la moyenne des directions "devinées" est indiquée par la flèche rouge qui est, dans la plupart des cas, très proche de la bonne direction qu'il faudrait prendre pour retourner au point de départ, l'université. L'utilisation inconsciente du champ magnétique de la terre est démontrée par d'autres expériences, lors desquelles un aimant est placé derrière la tête des étudiants ; ceux-ci sont alors complètement désorientés. □

comment la lumière atteint-elle le centre ciliospinal ? Il y a deux voies. L'une qui, de la rétine, passe par les voies optiques "inférieures" pour aller à un centre visuel réflexe du mésencéphale : le tubercule quadrijumeau antérieur ; de là une voie descend vers le centre médullaire ciliospinal. L'autre, de la rétine également, passe

tions lumineuses, donc la succession jour-nuit. Mais, même chez le rat, le poulet et d'autres animaux rendus aveugles, il continue de régler les principales activités métaboliques selon le cycle jour-nuit ! De ce noyau partent des voies qui glissent le long de l'hypothalamus pour arriver à la formation réticulée du mésencéphale,

d'où partent à leur tour des fibres vers le centre ciliospinal.

Ainsi le centre ciliospinal est stimulé par deux types de contacts avec la lumière : des fibres qui répondent aux alternances constantes de l'éclairement et des fibres qui répondent à l'activité régulièrement cyclique du noyau suprachiasmatique. Chez le rat (qui vit dans des



Les poissons et les batraciens ont un double organe pinéal :

une cupule photoréceptrice située sous la peau du crâne et un organe glandulaire situé dans le diencéphale (régulateur des systèmes glandulaires et des métabolismes). Les deux organes sont reliés par un puissant système de fibres, et l'organe glandulaire est stimulé par la lumière. Chez l'homme il n'y a pas de tel "troisième œil", pas d'organe photorécepteur, mais l'organe glandulaire est toujours là dans le diencéphale et est excité par les stimulations lumineuses reçues par l'œil, grâce à un système de connexions fibreuses plus compliquées que celles du poisson. □

terriers, parfois sans voir le jour pendant de longues périodes), ce noyau est prédominant et dirige aveuglément les rythmes biologiques. Chez l'homme, il a encore un rôle important, mais contraignant, car les alternances réelles jour-nuit sont plus importantes.

L'action de la lumière, nous l'avons vu, freine l'action sympathique (sur la pupille), donc diminue la stimulation de la pinéale. Et la physiologie montre en effet que la pinéale décharge la mélatonine essentiellement durant la nuit, étant en repos relatif durant le jour. Toutefois, si on maintient la lumière pendant la nuit, la pinéale reste au repos.

Les pinéalocytes, stimulés par les terminaisons sympathiques, fabriquent donc de la sérotonine (à partir d'acides aminés captés dans le sang), et possèdent des enzymes capables de transformer cette sérotonine en mélatonine. Durant la stimulation lumineuse, ils accumulent

donc la sérotonine, et avec la stimulation sympathique nocturne, les enzymes fabriquant la mélatonine se mettent au travail. Il y a donc une sorte de balance entre la quantité de sérotonine et celle de mélatonine présente dans l'épiphyse, et il n'est pas impossible que le maintien de la lumière à l'endormissement favorise le sommeil : en bloquant la fabrication de mélatonine, la sérotonine en surabondance est déchargée dans le liquide céphalo-rachidien, et c'est la substance de l'endormissement...

La mélatonine a une action sur les hormones hypothalamiques appelées *releasing factors* qui stimulent la glande hypophyse, et par là la plupart des glandes endocrines. Ainsi elle freine les gonadotrophines, entraînant à faible dose l'absence de corps jaune chez la femelle (c'est-à-dire qu'elle bloque la reproduction) et le rétrécissement des tubes séminifères chez le mâle (freinage et blocage de la reproduction). A forte dose, elle atrophie les glandes génitales dans les deux sexes, ce qu'on observe chez l'homme lors de tumeurs sécrétantes de cette glande, qu'on appelle "adénomes".

Elle freine aussi l'action de la glande thyroïde et a une action sur la cortico-surrénale : elle participe aux systèmes de mise en réserve de l'eau et du sel en cas d'agression. Enfin elle stimule l'hormone de croissance, c'est-à-dire les mécanismes anaboliques en général.

Ainsi voit-on comment la quantité d'illumination saisonnière par exemple peut stimuler les fonctions de reproduction, comment elle peut jouer un rôle inhibiteur lors de l'hibernation, etc.

On connaissait déjà ce rôle d'"horloge biologique" que joue la glande pinéale. Les travaux allemands montrent qu'elle est également une "boussole". On aurait pu s'en douter : De nombreux travaux effectués sur les rouges-gorges et les fauvettes à Francfort, en Allemagne fédérale et sur le bruant indigo aux États-Unis, ont montré que la direction des migrations est très perturbée quand on modifie la direction du champ magnétique. Le "sixième sens" magnétique permettrait donc aux oiseaux de s'orienter par temps brumeux et durant la nuit.

Certes, on sait que la glande pinéale (ou son équivalent) s'est profondément modifiée au cours de l'évolution, et que son rôle est différent (et plus ou moins important) selon les espèces. L'expérience du Dr Semm et de ses collaborateurs est difficilement réalisable sur l'homme, dont la glande pinéale est inaccessible sans une intervention traumatisante. Mais il n'y a pas de raison de croire que ce même organe, que l'on retrouve tout au long de l'évolution des espèces, ne puisse, chez plusieurs d'entre elles, servir de boussole. L'équipe allemande continue ses expériences et a déjà identifié cette même fonction chez le pigeon. Il n'est guère vraisemblable que l'homme dispose d'un organe autre que ce "troisième œil" pour percevoir les champs magnétiques qui lui permettent parfois de s'orienter.

Jean FERRARA ■

UN ÉVÉNEMENT: L'ANALYSE COMPLÈTE DU SYSTÈME HLA

Système fondamental de défense de l'organisme contre la maladie, le système HLA vient de livrer d'un coup une immense partie de ses secrets à des chercheurs français et américains. C'est une des grandes victoires de la génétique actuelle et l'une des promesses les plus sérieuses de la médecine de demain.

● Dans une logique d'information cohérente, le nouveau déchiffrement du système de défense de l'organisme ou système HLA mériterait les manchettes de la presse internationale. Et ce ne serait pas excessif. Le système HLA est à la génétique, et donc à la médecine, ce que la découverte de la vaccination par Jenner, par exemple, a été à celle-ci au siècle dernier : une clef fondamentale qui doit ouvrir la porte à la compréhension de la maladie et, par voie de conséquence, à la lutte contre elle. Ce qu'on en sait est que ce "système" (1), d'abord mis en évidence sur des leucocytes ou globules blancs (d'où le sigle HLA, acronyme de la désignation anglaise Human Leucocyte Antigen) est composé de structures protéiques, appelées antigènes d'histocompatibilité qui constituent une sorte de résille incrustée dans la double couche de molécules de graisse qui enveloppe toutes nos cellules. Car toutes nos cellules sont ainsi "marquées" sur leur "emballage".

Ces "marques d'emballage", héritées par moitié de chacun des parents, (nous héritons donc deux moitiés de système HLA) se combinent à l'infini : aucun individu n'a les mêmes que l'autre. C'est le comble de l'individualité.

L'intérêt des généticiens pour le système HLA procède de ce que, dans son inaliénable originalité, chaque système HLA est néanmoins constitué de telle sorte qu'il rejette ou pas les ennemis, c'est-à-dire les protéines étrangères, virus, bactéries ou tissus greffés.

On a bien évidemment cherché à savoir comment il se constituait, c'est-à-dire quel en est le

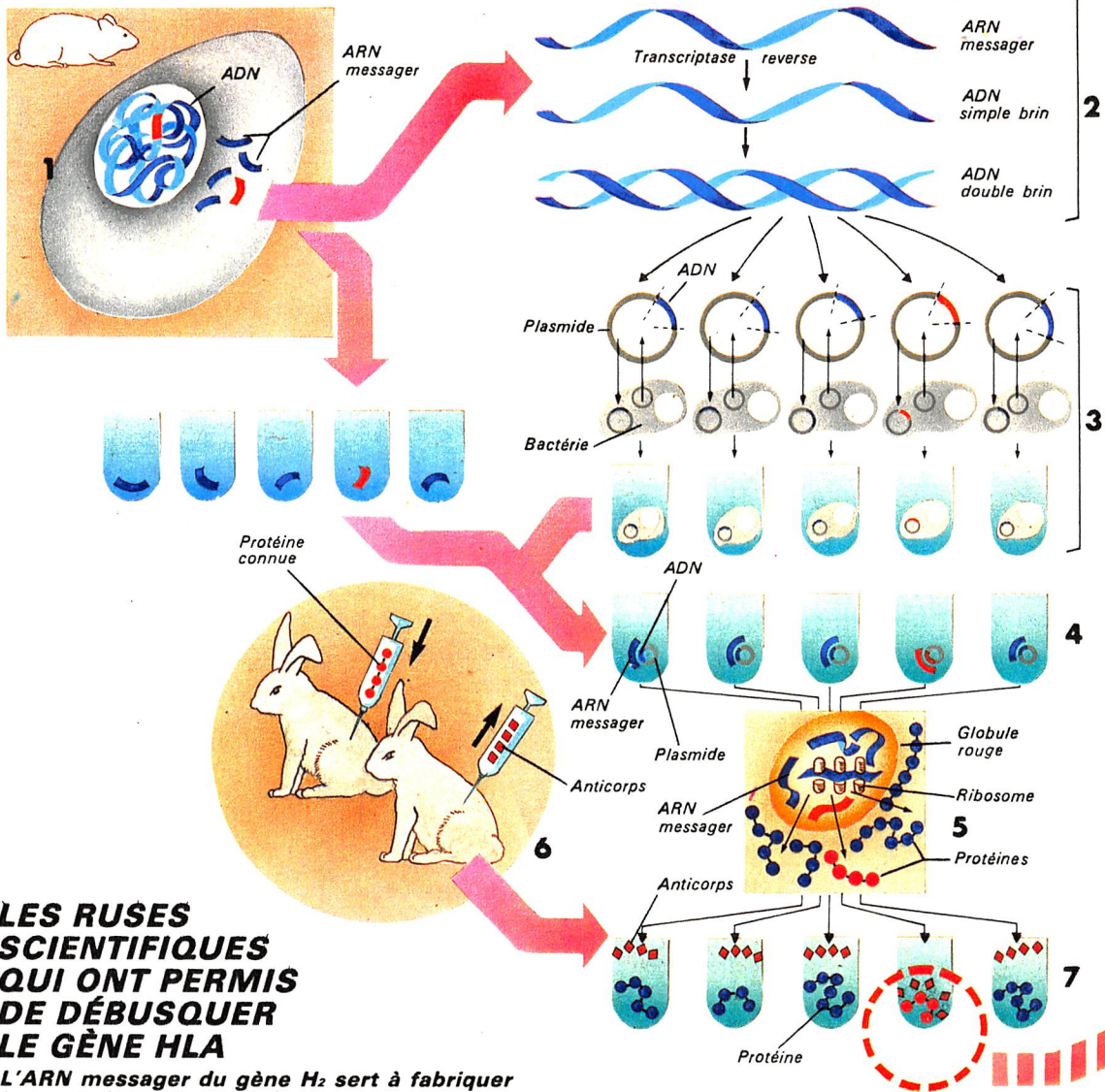
point de départ génétique. On y est arrivé. Jusqu'ici, on avait trouvé 4 paires de gènes qui codent la production des protéines du système HLA et on les a même localisées : ils se trouvent très exactement sur la 6^e de nos 23 paires de chromosomes. On a déjà trouvé de quoi faire pas mal de vaccins, et en particulier un vaccin anti-herpétique. Puis voilà qu'en recourant à une technique nouvelle, celle des sondes radioactives, en bref des fragments d'ADN traqueurs, on vient de trouver que le centre de production du système HLA se répartit non pas sur 4 paires, mais sur 15 paires de gènes (les gènes se trouvent en vis-à-vis sur chacun des chromosomes de la 6^e paire). Ces gènes ont été isolés, reproduits, déchiffrés.

Nous renverrons ceux qui voudraient consulter le récit original de la découverte au n° 290 (9 avril 1981), p. 521, de notre confrère britannique *Nature*, où ont paru les comptes rendus des travaux de l'équipe de M. Philippe Kourilsky, de l'Unité de biologie moléculaire du gène à l'Institut Pasteur de Paris, et de l'équipe de M. Bertrand R. Jordan, du Centre d'immunologie INSERM-CNRS de Marseille-Luminy.

La localisation de ce site de production est essentielle. Que l'on se représente le long ruban d'acide désoxyribonucléique (ADN) enroulé dans le noyau de chacune de nos cellules de peau, de muqueuses ou de muscles. Ce ruban est constitué de 23 paires de chromosomes. Chaque fois que se produit une division cellulaire ou mitose, la nouvelle cellule emporte avec elle un capital complet d'ADN.

Chaque chromosome comporte des millions de gènes dont chacun est responsable de l'expression d'un caractère (couleur des yeux, taux

(1) Voir *Science & Vie* n° 762, "Premiers traitements par manipulations immunologiques".



LES RUSES SCIENTIFIQUES QUI ONT PERMIS DE DÉBUSQUER LE GÈNE HLA

L'ARN messenger du gène H₂ sert à fabriquer la sonde (page de gauche).

1. Les cellules de souris contiennent dans leur noyau un ruban d'ADN sur lequel se trouvent de nombreux gènes dont le gène H₂ (en rouge). Ces gènes produisent des ARN messagers de toutes sortes, parmi lesquels se trouvent justement l'ARN messenger H₂ recherché (en rouge). Comment le repérer? On commence par séparer tous les ARN messagers des autres constituants de la cellule.

2. Pour chacun des ARN messagers ainsi isolés et appartenant au système H₂ ou non, on fabrique une copie ADN. Ces copies sont fabriquées en utilisant une enzyme, la transcriptase reverse et des nucléotides libres. L'opération s'effectue en deux temps. D'abord on fabrique un simple brin d'ADN complémentaire de l'ARN messenger. Puis à partir de ce brin, on fabrique le second, toujours en tenant compte de la complémentarité des bases. On obtient ainsi un ADN classique à double brin.

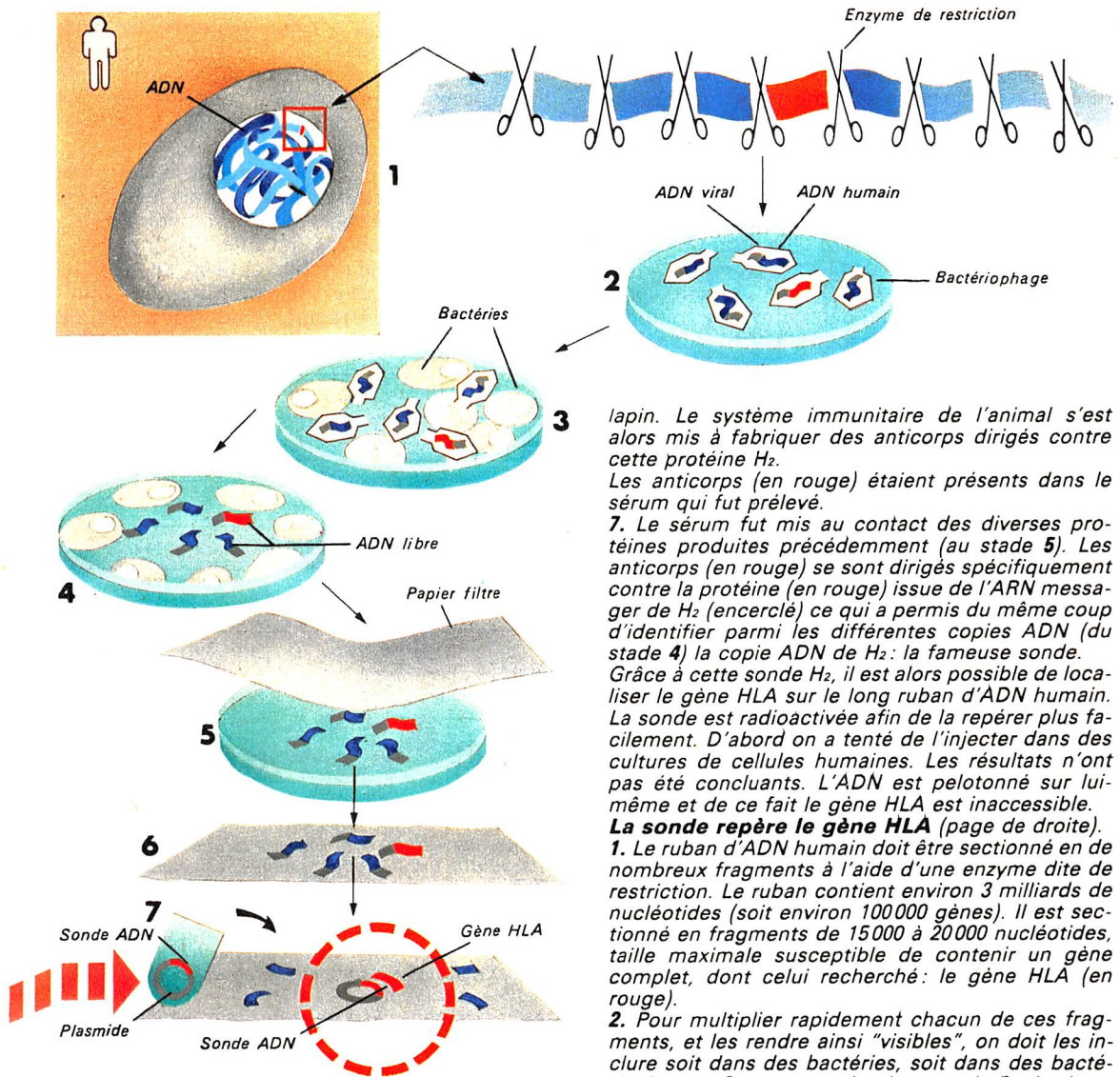
Parmi les ADN à double brin obtenus, l'un justement, est la copie complémentaire de l'ARN messenger H₂. Pour mettre la main sur cette copie ADN qui constituera la fameuse sonde, on commence

par cloner toutes les copies ADN ainsi obtenues dans des bactéries, êtres unicellulaires qui contiennent une grosse molécule d'ADN en forme d'anneau et une ou plusieurs molécules d'ADN plus petites, également en anneau, appelées plasmides.

3. Le plasmide est ouvert et dans l'espace ménagé, on inclut la copie ADN; puis le plasmide est réintroduit dans la bactérie. Chaque bactérie est cultivée séparément dans des tubes à essais. Elles contiennent soit la copie ADN de H₂ (en rouge), soit les copies ADN d'autres gènes. Il reste maintenant à trier les bactéries contenant la copie ADN de H₂ des autres bactéries.

4. Les plasmides sont extraits des bactéries et on ajoute, au milieu, les ARN messagers précédemment isolés. Chaque ARN messenger reconnaît sa copie ADN greffée sur le plasmide et s'hybride avec elle: l'ARN messenger vient se plaquer contre sa copie ADN selon le principe de la complémentarité des bases.

Chacun des ARN messagers est alors prélevé et



traduit en protéines.

5. Pour la traduction, on utilise des globules rouges de souris, cellules sans noyau, qui possèdent cependant la machinerie cellulaire nécessaire (les ribosomes notamment) aux synthèses des protéines. Pour isoler cette machinerie on éclate les globules rouges. Les ARN messagers sont alors traduits et donnent des protéines.

Parmi ces protéines, l'une (en rouge) est issue de l'ARN messager de H₂, les autres des ARN messagers d'autres gènes. Si on réussit à isoler la "bonne" protéine, celle issue de l'ARN messager de H₂, on pourra du même coup déterminer parmi les différentes copies ADN (du stade 4) la bonne copie ADN qui constituera la sonde. Encore faut-il pouvoir isoler cette "bonne" protéine. Heureusement cette protéine est connue depuis plusieurs années. Elle fut mise en évidence à la surface des cellules lors de manifestations de rejet de greffe. On en a déterminé la structure l'année dernière.

6. Un échantillon de cette protéine fut injecté à un

lapin. Le système immunitaire de l'animal s'est alors mis à fabriquer des anticorps dirigés contre cette protéine H₂.

Les anticorps (en rouge) étaient présents dans le sérum qui fut prélevé.

7. Le sérum fut mis au contact des diverses protéines produites précédemment (au stade 5). Les anticorps (en rouge) se sont dirigés spécifiquement contre la protéine (en rouge) issue de l'ARN messager de H₂ (encadré) ce qui a permis du même coup d'identifier parmi les différentes copies ADN (du stade 4) la copie ADN de H₂: la fameuse sonde.

Grâce à cette sonde H₂, il est alors possible de localiser le gène HLA sur le long ruban d'ADN humain. La sonde est radioactivée afin de la repérer plus facilement. D'abord on a tenté de l'injecter dans des cultures de cellules humaines. Les résultats n'ont pas été concluants. L'ADN est pelotonné sur lui-même et de ce fait le gène HLA est inaccessible.

La sonde repère le gène HLA (page de droite).

1. Le ruban d'ADN humain doit être sectionné en de nombreux fragments à l'aide d'une enzyme dite de restriction. Le ruban contient environ 3 milliards de nucléotides (soit environ 100 000 gènes). Il est sectionné en fragments de 15 000 à 20 000 nucléotides, taille maximale susceptible de contenir un gène complet, dont celui recherché: le gène HLA (en rouge).

2. Pour multiplier rapidement chacun de ces fragments, et les rendre ainsi "visibles", on doit les inclure soit dans des bactéries, soit dans des bactériophages. Ce sont ces derniers que le Dr Jordan a choisis. Les bactériophages sont des virus qui parasitent les bactéries. Ils sont constitués d'une capsule contenant un acide nucléique qui était, dans l'expérience, un ADN.

3. Une certaine de bactériophages ainsi greffés sont répandus sur chacune des boîtes de Petri où se trouvent étalées des bactéries normales. Chaque bactériophage infecte la bactérie qui se trouve à proximité et la détruit.

4. A la place se crée un trou dans lequel on observe des phages et aussi de l'ADN libre provenant des phages. On observe ainsi une centaine de trous sur chacune des boîtes.

5. Sur ces boîtes on dépose un papier filtre.

6. Sur ce filtre vient alors se fixer l'ADN libre des phages.

7. Puis, toujours sur ce filtre, on dépose la sonde.

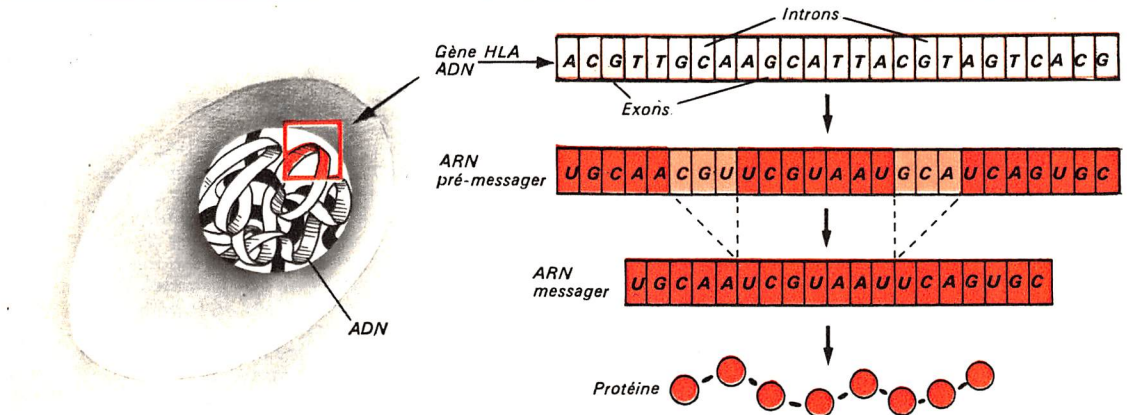
8. Lorsque celle-ci s'hybride avec un fragment d'ADN, et ceci apparaît par radioactivité, c'est que la sonde (en rouge) a repéré un gène HLA (en rouge). Il suffit ensuite de déterminer la séquence des nucléotides pour avoir la partition complète inscrite sur le gène. □

d'acide urique, etc.). Chaque gène s'exprime en fabriquant une protéine d'un type particulier⁽²⁾. Les 15 paires de gènes responsables des structures protéiques du système HLA ont été découvertes alignées les unes à la suite des autres, véritable petite équipe noyée dans une armée mais dotée d'un rôle spécifique important pour notre survie : fabriquer des protéines, c'est-à-dire des antigènes d'histocompatibilité, qui vont dire oui ou non à toute protéine étrangère.

Ce fut d'abord sur des leucocytes que Gorer et Snell, en 1948, identifièrent ces antigènes d'histocompatibilité qui déterminent le comportement particulier de chacun d'entre nous vis-à-

de l'anormal, qu'on a trouvé ce qu'on cherchait. Ainsi, quand un individu perd un fragment de chromosome de la 6^e paire et qu'il souffre d'une déficience immunitaire, on conclut que les gènes responsables de cette déficience se trouvent sur la 6^e paire. Et ainsi de suite.

L'étape suivante a été franchie grâce à une autre technique. Le principe — mais le principe seulement — en est très simple : repérer l'objectif par son semblable. C'est une "filature" comparable à celle de la police qui suit un criminel quand elle recherche son complice. Les Français ont utilisé des fragments de l'équivalent du système HLA de la souris, le système H2, pour



Lorsqu'il fonctionne, le gène HLA laisse deux traces : un ARN messager et une protéine (celle qui va aller se fixer sur la membrane de la cellule). Les informations contenues dans le gène HLA (en rouge) ne sont pas "écrites" en continu ; elles sont séparées par des fragments qui ne s'expriment pas, appelés introns, les fragments exprimés étant les exons.

A ce propos, rappelons que les introns constituent l'une des énigmes les plus fouillées de la biologie actuelle. Ce n'est pas l'information du gène elle-même à laquelle obéit la cellule pour fabriquer la protéine, mais sa copie ; en effet, l'information du gène est d'abord recopiée sur une autre bande, l'ARN pré-messager, d'une manière complexe, selon la complémentarité des bases : la cytosine (C) remplace la guanine (G), tandis que l'adénine (A) fait place cette fois à l'uracile (U) (base spécifique

de l'acide ribonucléique) au lieu de la thymine (T). Puis cet ARN pré-messager subit des remaniements : les introns sont excisés tandis que les exons mis bout à bout sont recollés. On a alors affaire à l'ARN messager qui porte, lui, la partition telle qu'elle sera déchiffrée par la machinerie cellulaire. A la suite de quoi une protéine spécifique sera fabriquée. Donc, la partition écrite sur l'ARN messager est en quelque sorte un raccourci de celle qu'on trouve sur le gène HLA.

Les généticiens disposent de deux indices, d'une part l'ARN messager, d'autre part la protéine. En se servant d'eux comme fil conducteur, il est possible de remonter jusqu'au gène HLA qu'ils se proposent de localiser. Ces deux indices seront donc utilisés pour fabriquer les fameuses sondes (voir dessin p. 60). Dans l'expérience, il s'agit d'une sonde fabriquée à partir d'un gène H2 de souris.

vis de nos envahisseurs. En 1958, Jean Dausset réussissait à pratiquer des greffes d'organes durables, en appariant des donneurs et des receveurs dont les systèmes HLA étaient très voisins (car ils peuvent se ressembler beaucoup, bien qu'ils ne soient identiques que chez les vrais jumeaux).

Comment identifia-t-on les 4 premières paires de gènes du système HLA ? Le microscope électronique n'est, là, d'aucun secours : il ne permet pas de différencier les uns des autres les quelque 100 000 gènes, tous apparemment semblables, que contiennent nos 23 paires de chromosomes. C'est par la pathologie, c'est-à-dire l'étude

effectuer cette filature, en se basant sur le fait que des éléments de structures voisines (comme c'est le cas pour ceux des systèmes HLA et H2) ont des affinités qui les font se rejoindre⁽³⁾. Dans la pratique, la manipulation fut plus difficile, car on ne disposait pas du système H2 proprement dit mais de son ARN messager et de la protéine qu'il produit. Qu'à cela ne tienne : grâce à la protéine d'une part et à l'ARN messa-

(3) Aux États-Unis, on a suivi un itinéraire différent : le Professeur Lee Hood, du Caltech de Pasadena, a utilisé des sondes HLA pour identifier les sites H2 de la souris (de l'homme à la souris). Mais les Professeurs Jack Strominger, de Harvard, et Sherman Weissman, de Yale, ont utilisé des sondes HLA pour identifier les sites HLA (de l'homme à l'homme).

(2) Voir *Science & Vie* n° 765 de juin 81, p. 32.

DES ETUDES.. UN METIER

APPRENDRE RAPIDEMENT - EFFICACEMENT - A SON RYTHME

Liste des brochures et enseignements de l'Ecole Universelle

T.D. ENSEIGNEMENT DU 1^{er} DEGRÉ Classes de 10 ^e - 9 ^e - 8 ^e - 7 ^e .	E.C. COMPTABILITÉ C.A.P. employé de comptabilité. B.E.P. - B.P. - B.T.nG2 - B.T.S. - D.E.C.S. - Magasinier - Comptable - Cours de Comptabilité commerciale et Techniques comptables - Initiation au nouveau plan comptable.	P.M. SOCIALES ET PARAMÉDICALES Examens d'entrée dans les écoles de : Infirmières - Educateurs de Jeunes enfants - Sages-femmes - Auxiliaires de Puériculture - Aides-soignantes - Masseurs kinésithérapeutes, ergothérapeutes - Assistantes sociales - Secrétaire de Médecin - Assistante dentaire - connaissances médicales élémentaires - BTnF8 : classe Terminale.
T.S. - ENSEIGNEMENT SECONDAIRE De la classe de 6 ^e à la 3 ^e . Secondes - Premières A. B. C. D. - Classes Terminales A. B. C. D. - BACCALAURÉAT	C.S. SECRÉTARIAT C.A.P. STÉNOGRAPHYLOGRAPHIE - B.E.P. - BTnG1 - B.T.S. Secrétaire de Direction et Trilingue - Secrét. sténodactylo. Secrét. Direction - Sténodisca.	C.B. - C.A.P. ESTHÉTICIENNE STAGES PRATIQUES GRATUITS Coiffure - C.A.P. Mixte.
T.T. ENSEIGNEMENT TECHNIQUE BACCALAURÉAT DE TECHNICIEN Secondes Premières et Terminales F1, F3, G1, G2, G3.	C.C. COMMERCE C.A.P. : Employée de bureau - Banque - Assurances - B.P. de banque - BTnG3 - Représentant - Directeur Commercial - Gérant succursale - Gérant et maître d'hôtel - HÔTESSE - MARKETING - GESTION DES ENTREPRISES.	C.O. COUTURE - C.A.P.
ED - CAPACITÉ EN DROIT - DEUG Adm. en Fac des non bacheliers. Sciences Po.	F.P. FONCTIONNAIRE P.T.T. : Agent d'exploitation - Contrôleur, Inspecteur - Secrét. comptable Banque de France - Inspecteur Police Nationale - Contrôleur des Impôts - Commis services extérieurs - Secrét. Adm. scolaire universitaire.	P.R. INFORMATIQUE Initiation - basic - Programmeur de Gestion - Cobol. - C.A.P.
EL - ÉTUDES SUP. DE LETTRES Adm. en Fac des non bacheliers. DEUG.	E.M. ÉTUDES MUSICALES	I.N. INDUSTRIE BTn F1, F3 - C.A.P. Électricité - Mécanique Auto - C.A.P. - B.P. - Dessinateur Industriel en Mécanique.
E.S. ÉTUDES SUP. DE SCIENCES Adm. en Fac des non bacheliers. DEUG. Maths Sup - Maths Spé. P.C.E.M.	O.R. ORTHOGRAPHE-RÉDACTION Calcul - mathématiques modernes - rédaction du journal - synthèse - résumé analyse et commentaire de texte.	M.T. METRE - B.E.P. mètreur
V.T. ÉCOLES VÉTÉRINAIRES	F.C. FORMATION CONTINUE Étude gratuite pour les bénéficiaires de la loi du 16.7.71 après accord de l'employeur.	R.T. RADIO-TÉLÉVISION Monteur Dépanneur.
N.P. ÉCOLES NORMALES C.A. PÉDAGOGIQUE		T.B. - BATIMENT - DESSIN
L.V. LANGUES ÉTRANGÈRES Anglais - Allemand - Espagnol sur CASSETTES - Italien - Arabe. Examens chambres Com. Étrangères.		P.H. PHOTOGRAPHIE - C.A.P.
P.C. PERFECTIONNEMENT CULTUREL Conversation - lecture rapide.		D.P. DESSIN - PEINTURE Décorateur Intérieur Ameublement.

Possibilité de bénéficier des dispositions de la loi sur la formation continue.

Société Nouvelle

ECOLE UNIVERSELLE

Etablissement privé d'enseignement à distance 28, rue Pasteur
92551 Saint-Cloud Cedex.

INSTITUT DE FORMATION ET D'OUVREMENT AUX REALITÉS

BON POUR UNE DOCUMENTATION GRATUITE

Nom, prénom :
 Adresse :
 Niveau d'études : Age : Diplômes :
 Initiales de la brochure demandée Profession envisagée

ECOLE UNIVERSELLE - IFOR - 28, rue Pasteur 92551 Saint-Cloud Cédex. 743.99.24

L'hormone à tout faire produite en masse

L'hormone de croissance est passée à la fabrication industrielle et aux essais cliniques. Elle va d'abord permettre de traiter les retards de croissance d'origine hormonale. Elle va également enrichir l'arsenal médical contre les brûlures, les fractures, les ulcères de l'estomac.

● L'hormone de croissance humaine, HGH (pour Human Growth Hormone) fascine les généticiens. C'est en effet une "hormone à tout faire". Elle est spécifique de l'espèce. On ne peut utiliser sur l'homme une hormone de croissance provenant d'un autre mammifère alors que l'on utilise, par exemple, de l'insuline d'origine porcine pour le traitement du diabète. Il existe néanmoins des similitudes entre des hormones de croissance d'espèces différentes, homme et rat, et des similitudes également entre leurs codes génétiques : cette similitude permet d'émettre l'hypothèse selon laquelle ces gènes, différents, résulteraient d'une évolution d'un code commun à un ancêtre mammifère de l'homme et du rat.

Jusqu'à présent, on ne disposait que très peu de cette hormone extraite d'hypophyses de cadavres humains. Son utilisation était limitée au traitement d'enfants atteints de graves retards de croissance ou de nanisme caractérisé. Or les quantités disponibles ne suffisaient pas car, pour traiter pendant un an un cas de déficience de croissance d'origine hormonale, il faut environ 50 hypothalamus de cadavres.

Il n'est pas toujours facile de diagnostiquer les causes d'un retard de croissance ; l'insuffisance d'HGH est rare, plus rare encore le véritable nanisme. Celui-ci peut avoir des origines diverses : souffrance pendant la période intra-utérine, troubles rénaux, digestifs, cardio-pulmonaires, et, évidemment, insuffisance d'HGH.

Pour les retards de croissance, le Dr Gallet, de l'hôpital Ambroise

Paré (Boulogne), souligne qu'ils sont parfois imaginaires : lorsque la déviation de la norme n'est pas trop importante, « je récuse la notion de retard de croissance, et mon souci sera de faire admettre qu'il existe des bruns et des blonds et des grands et des petits » déclare-t-il dans la revue *Tonus*.

Mais dans le cas d'un véritable retard de croissance, il faut établir à quel moment il s'est manifesté. La taille, à la naissance, est un élément important : « Un enfant qui mesure 45 cm à la naissance (à terme) au lieu de 50, a des risques de ne jamais rattraper son retard, acquis *in utero*... À l'inverse, des enfants dont le profil de croissance est normal jusqu'à 3 ans vont brusquement "casser" leur courbe ; dans ce cas, la cause peut en effet être antéhypophysaire (hormonale). Si, au contraire, la courbe se casse à 8-10 ans, on peut espérer qu'il s'agit d'un simple ralentissement prépubertaire qui a toutes les chances d'être rattrapé. » Des prédispositions héréditaires peuvent intervenir et des indications, non seulement sur la taille des parents, mais aussi sur la date de leur puberté peuvent faciliter un diagnostic. Si leur puberté a été tardive, il est fréquent qu'il en soit de même chez les enfants. Aussi, ayant observé que plus la puberté est tardive, plus les enfants grandissent longtemps, on étudie actuellement des moyens de retarder celle-ci afin de compenser le retard par une prolongation du temps de croissance.

L'origine ethnique peut aussi être déterminante. Ainsi, selon le Dr Gallet « les enfants de Portugais vivant en France sont plus petits

que leurs camarades français, ce qui amène leurs parents à s'inquiéter de cette différence alors que comparativement à l'ensemble des Portugais, ils sont normaux ».

De telles différences peuvent aussi être liées au niveau de vie du pays en question. Des anthropologues ont en effet observé que la taille d'une population augmente avec l'amélioration de l'alimentation et des conditions de vie : les jeunes Français d'aujourd'hui sont en moyenne plus grands que ne l'étaient leurs parents.

Quoi qu'il en soit, l'espoir se précise et la production de cette hormone atteint le stade industriel. La société californienne Genentech, spécialisée dans la synthèse de produits biologiques par ingénierie génétique, a obtenu à deux reprises l'autorisation d'en fabriquer 750 l. Ainsi, on pourra bientôt disposer de suffisamment d'HGH pour traiter un plus grand nombre de patients qui en manquent et aussi approfondir l'étude de autres vertus soupçonnées de l'HGH mais encore peu explorées, faute de matière première.

Un des experts en ce domaine, le Dr Daniel Rudman, de l'université d'Emory (Georgie) prévoit déjà cinq fonctions directes et indirectes utilisables en thérapeutique :

- Stimulation de la production de protéines dans la plupart des cellules (ces protéines sont les éléments de base de la structure cellulaire) ;

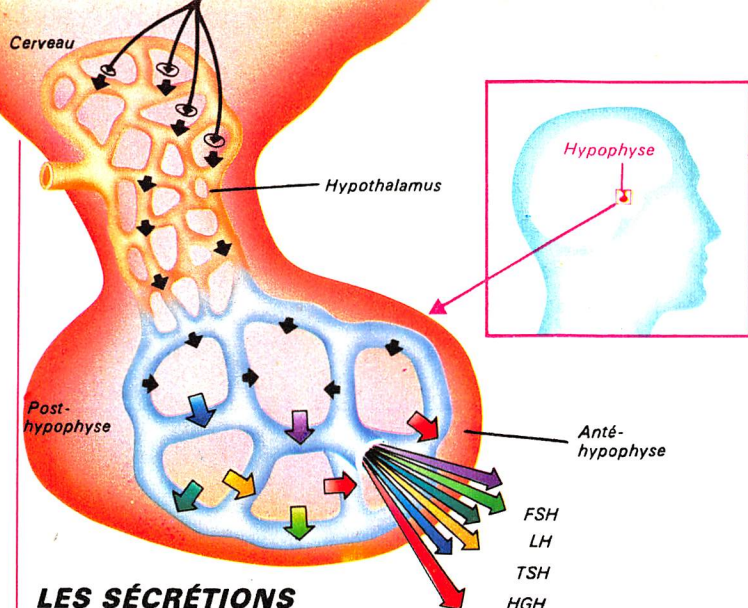
- Accélération de la synthèse des deux substances clé de l'hérédité : les acides nucléiques ADN (acide déoxyribonucléique) et ARN (acide ribonucléique) ;

- Stimulation de la production de globules rouges, augmentation de la circulation sanguine vers les reins et accélération du travail de filtration de ceux-ci ;

- Diminution possible du volume des réserves graisseuses et augmentation de la masse musculaire et des tissus du foie, des reins et du cœur ;

- Stimulation de la croissance osseuse (cette fonction pourrait être mise à profit pour la réduction d'une fracture).

Pour tester ces vertus de l'HGH, des expérimentations ont déjà été faites sur des animaux avec l'hormone synthétique alors que dans le cas d'essais cliniques, on utilisait l'hormone naturelle en petite quantité. Chez le rat, l'hormone correspondante, qui peut aussi être obtenue par manipulations génétiques, favorise la reconstitution de tissus après des brûlures. Selon le Dr Rudman, les essais cliniques sur des brûlés n'ont pas



LES SÉCRÉTIONS DE L'HYPOPHYSE

L'hypophyse, située à la base du cerveau (voir coupe) est reliée à l'hypothalamus, structure nerveuse du cerveau capable de sécréter des hormones particulières, dites "neurohormones". Celles-ci, à leur tour, agissent sur l'hypophyse, notamment sur l'hypophyse antérieure, pour contrôler la sécrétion d'hormones hypophysaires. Les hormones de l'antéhypophyse, mises en circulation dans le sang, vont contrôler l'activité d'autres glandes endocrines (à sécrétion interne). Ainsi, la TSH, hormone hypophysaire, stimule la production hormonale de la thyroïde ; la prolactine stimule la lactation ; LH et FSH contrôlent les sécrétions des glandes sexuelles, testicules et ovaires. L'HGH, hormone de croissance, agit sur les os et les muscles, le métabolisme. Elle agit en partie par l'intermédiaire du foie. On a pu dire que ce système « établit le lien entre l'âme et le corps ».

donné de résultats spectaculaires mais les doses d'HGH naturelle utilisées étaient très faibles. L'utilisation d'hormones d'origine bactérienne permettra donc d'augmenter ces doses et d'obtenir sans doute des résultats plus probants. D'autres expériences, dont les résultats sont plus encourageants, ont été réalisées sur des patients atteints d'ulcères perforants. On constatait une très nette diminution de la mortalité chez ceux qui avaient reçu de cette hormone, par rapport à ceux qui suivaient des traitements classiques. Cela pourrait résulter d'un effet de stimulation de l'hormone sur la production des fibres collagènes. L'étape importante qui vient donc d'être franchie est l'utilisation de l'hormone synthétique sur l'homme. Il n'y a aucune raison de craindre à priori que celle-ci, semblable en tous points à l'hormone naturelle, puisse provoquer des réactions nuisibles. Mais comme avec tout nouveau produit, il s'agit de faire preuve d'une vigilance d'autant plus soutenue que l'homme en est le "champ" d'application.

Des précautions similaires avaient été prises pour l'insuline d'origine

bactérienne, dont la méthode de synthèse a également été mise au point par Genentech, en association avec la firme pharmaceutique multinationale Eli Lilly. Pour la production de cette insuline, cette firme a construit en Grande-Bretagne une usine de 40 millions de dollars, où des essais sont en cours : l'insuline biosynthétique a prouvé et son efficacité et son innocuité sur des patients humains. Les essais cliniques de l'hormone de croissance ont commencé au département de pédiatrie de la Medicine School de Palo Alto, en Californie, et au Great Ormond Street Hospital, hôpital des enfants malades à Londres. En Grande-Bretagne, une firme suédoise, Kabi Vitrum AG, fournit la même hormone d'origine humaine, pour permettre une comparaison.

Cette hormone, produite par la partie antérieure de l'hypophyse, glande située à la base du cerveau, est un polypeptide ou protéine, fait d'une chaîne de 191 acides aminés, dont la structure n'est connue que depuis quelques années. Sa synthèse est commandée par des gènes dont le code a été déchiffré : il est constitué d'une sé-

quence bien déterminée de quelque 700 bases (chaque base étant une des quatre "lettres" du code génétique : A, T, G, C, pour adénine, thymine, guanine et cytosine).

Cette séquence a été décodée il y a deux ans par le Dr John D. Baxter de l'université de Californie (San Francisco). Grâce aux "enzymes de restriction" qui permettent de scinder une molécule d'ADN en un endroit précis et d'y "coller" un autre fragment d'ADN, les chercheurs californiens ont inséré ce gène de l'HGH dans un plasmide, c'est-à-dire un fragment libre du matériel génétique d'une bactérie. Il est à noter que ce fragment n'est pas rattaché à la longue molécule d'ADN qui contient l'ensemble du patrimoine génétique de celle-ci.

C'est la technique la plus courante pour ce genre de manipulation : la bactérie réceptrice du greffon étant l'*Escherichia coli*, commune à l'intestin humain. La bactérie ayant reçu ce greffon, a alors fabriqué de l'hormone de croissance humaine. Au fur et à mesure de la multiplication de la bactérie, le greffon génétique a lui-même été reproduit, obtenant ainsi une colonie de bactéries sécrétant cette même hormone (1). Simultanément, une autre équipe de chercheurs de Genentech a réussi la même manipulation.

Le passage à la production industrielle (arbitrairement définie comme toute production dont le volume dépasse 10 l) a été plus rapide que prévu. Dès la fin de 1979, le Bureau de l'ingénierie génétique de l'Institut national de la santé, qui enregistre toutes les demandes de fabrication commerciale par manipulation génétique aux États-Unis, entérinait celle de Genentech, pour 750 l d'HGH. Un an plus tard, l'autorisation était de nouveau accordée pour la même quantité.

En février dernier, Genentech a également obtenu l'accord pour produire de l'hormone de croissance bovine ; on peut supposer que des essais sont en cours pour déterminer si elle offre des avantages égaux à ceux des produits qui ont été utilisés jusqu'à présent pour accélérer la prise de poids des animaux de boucherie.

En tout, trois produits de l'ingénierie génétique sont actuellement utilisés sur l'homme : l'insuline, l'hormone de croissance et l'interféron. A croire que l'ingénierie génétique s'est administrée à elle-même de l'HGH...

Alexandre DOROZYNSKI ■

(1) *Science & Vie* n° 747, décembre 1979, p. 54.

recherche



dans le monde

15 000 chercheurs

24 centres de recherche

3 milliards de francs de budget

en France

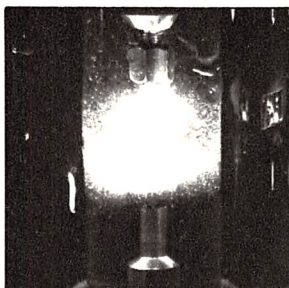
Le Centre de Recherche Esso
de Mont-Saint-Aignan* travaille depuis 20 ans
sur les techniques et les produits pétroliers
et pétrochimiques.

Quatre des réalisations du Centre de Recherche et Développement Esso :



L'atomiseur HEFA.

Utilisé dans les brûleurs de fours industriels, il comporte un mélangeur à ailettes qui assure une pulvérisation complète du combustible grâce au brassage du fuel et de la vapeur. HEFA permet de réaliser de substantielles économies d'énergie et autorise une grande souplesse des débits d'approvisionnement des brûleurs.



Huiles isolantes Univolt.

Les huiles isolantes Univolt Esso sont utilisées dans de nombreuses installations de production et de transformation d'électricité.

Les recherches Esso ont permis d'augmenter la résistance des huiles isolantes à la tension de choc et d'accroître ainsi la puissance des transformateurs.



Dimensionnement des châssis.

La technologie Esso pour le dimensionnement des châssis permet d'optimiser l'emploi des bitumes dans les couches de base et de surface d'une chaussée et de déterminer la meilleure structure de la chaussée à construire, compte tenu des conditions climatiques locales et du trafic prévu.



Les acides sulfoniques.

Sous la forme de sulfonates, ils sont utilisés comme additifs pour lubrifiants, fluides de travail des métaux, tensio-actifs pour l'enrichissement de minerais... Le procédé de fabrication inventé par le Centre de Recherche de Mont-Saint-Aignan a été mis au point au laboratoire semi-industriel et développé par Esso Chimie.

Centre de Recherche Esso, 6 rue du Tronquet, 76130 Mont-Saint-Aignan - Tél. 35.74.19.90 - Téléc EFMSA 770827

*Agréé par l'ANVAR



GÉOLOGIE

DÉRIVE DES CONTINENTS : LA QUERELLE DES "MOBILISTES" ET DES "FIXISTES"

Une société pour arrêter la dérive des continents vient de se former. Société de caractère humoristique, évidemment, comme en atteste le geste symbolique de l'un des 300 membres : celui-ci a vissé dans le sol une gigantesque vis destinée à bloquer la dérive de la plaque eurasiennne ! En fait, l'affaire est sérieuse.

Comment les continents dérivent-ils donc ? Après avoir été à l'origine mise en doute, la théorie du géophysicien Wegener sur la formation et les déplacements des plaques tectoniques donne actuellement lieu à une querelle intestine de grande ampleur. Une querelle qui sera très probablement fructueuse, car les deux parties en présence s'opposent des arguments de valeur.

La première de ces parties est constituée par les "mobilistes", qui postulent qu'à l'origine, il y eut un continent unique, Pangea, qui se fragmenta pour donner naissance aux continents actuels. Ces continents se seraient à leur tour fragmentés en grandes plaques tectoniques qui dériveraient elles aussi sur la lithosphère, s'enfonçant parfois les unes sous les autres. A l'occasion, le soulèvement d'une plaque par le glissement d'une autre dessous provoquerait, selon les mobilistes, la formation de volcans.

A l'appui du mobilisme : les mesures de la dérive de l'Amérique, qui s'éloigne effectivement de l'Europe à la vitesse de 5 cm par an environ, et du rapprochement de l'Afrique vers l'Europe. A l'appui également du mobilisme : les études paléontologiques et géologiques, qui indiquent des affinités précises entre les espèces animales des ères passées, d'un continent à l'autre, et entre les caractéristiques géologiques des continents, d'un bord de faille à l'autre. Rappe-

lons ainsi qu'en 1965, des forages pétroliers effectués de part et d'autre de l'Atlantique, sur la côte gabonaise et sur la côte brésilienne, démontrèrent que l'Afrique et l'Amérique du Sud pouvaient être considérées, géologiquement, comme deux morceaux d'un papier déchiré.

La seconde partie est constituée par les "fixistes", qui rejettent les conceptions admises de la tectonique des plaques et veulent expliquer tous les mouvements continentaux par des mouvements verticaux du socle profond. A l'appui du fixisme : des élévations et des subsidences (affaissements) qui semblent se produire indépendamment de la tectonique des plaques. C'est ainsi que la chaîne du Caucase se soulève en moyenne de 13,5 mm par an, alors que l'Oural, lui, s'affaisse de 6 mm par an. L'origine de ses mouvements se situe à un niveau inférieur au plan théorique de glissement, selon la tectonique des plaques, c'est-à-dire sous la croûte, dans la partie supérieure du manteau, où la matière n'est pas inerte mais fait l'objet de transformations fondamentales.

C'est ainsi que le Hollandais R.W. van Bemmelen postule, en faveur du fixisme, que les déformations tectoniques seraient dues à une évolution géochimique, liée à la diffusion d'ions ou d'atomes ; elle se traduirait par la granitisation de roches qui, à l'origine, étaient

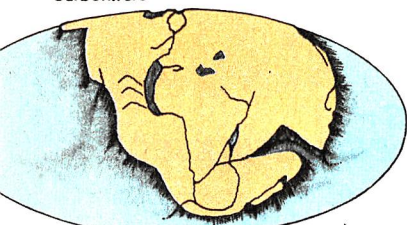
basiques. Il s'ensuivrait que ces roches anciennement basiques perdraient beaucoup de leur densité et, devenues plus légères, subirait une ascension. Là réside la base d'une théorie liée au fixisme, celle de l'ondulation épeirogène.

Dans son modèle dynamique, van Bemmelen suppose que l'évolution de la Terre résulterait d'un dégagement d'énergie de l'intérieur du globe vers sa surface. Cette énergie pourrait être purement physique et ferait donc appel aux potentiels de gravité et d'inertie de rotation, ou bien elle pourrait être physico-chimique, impliquant des variations de densité sans changement de masse, ou bien encore, elle pourrait être géochimique. Dans ce dernier cas, le magma basaltique se détacherait de l'asthénosphère, il y aurait des mélanges (entre des basaltes plastiques et de faible densité, à haute température, et des produits fondus de la croûte, principalement des silicates d'aluminium). Les interactions des énergies mises en jeu (gravité, géochimie, chaleur) provoqueraient des réactions en chaîne d'étendue, de durée et d'intensité variables. Bref, la Terre serait comme un pudding en fusion au sein duquel les mouvements de l'alcool, des raisins secs et de la pâte produiraient des ondulations.

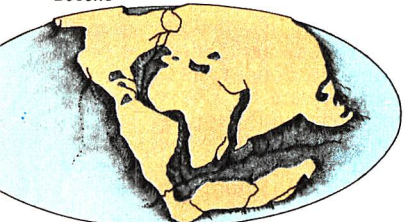
Il faut observer que la tectonique des plaques avait abouti à des systématisations abusives. Par exemple, pour expliquer

certaines phénomènes locaux, des tectoniques en mal d'imagination avaient invoqué des sub-plaques, divisées en micro-plaques, etc., et proposé des schémas dynamiques beaucoup trop compliqués, faisant intervenir des déplacements anciens et des déplacements actuels, des zones de "subduction fossile" se chevauchant, s'entrecroisant, s'in-

Carbonifère



Eocène



Quaternaire



La dislocation de Pangea, le continent original, au carbonifère supérieur (en haut), à l'éocène et au quaternaire. Elle se poursuit toujours, mais son mécanisme demeure mystérieux.

versant..., etc. Qui plus est, on n'a jamais très bien su, au fond, pourquoi exactement les continents dérivent, et il serait quelque peu simpliste, sinon simplet, de s'imaginer qu'ils se comportent comme des parts de gâteau sur une toile cirée inclinée. L'agacement de certains fixistes à l'égard d'une utilisation automatique de la tectonique des plaques, qui n'est encore qu'une théorie comportant de nombreux trous, a récemment atteint l'exaspération; et un Hollandais (que nous supposons être van Bemmelen lui-même) a publié une communication sur la tectonique des carottes! On s'explique mal, également,

certaines phénomènes touchant aux arcs insulaires. S'il y a dérive des continents, et s'il n'y a qu'elle, comme explication, pourquoi l'arc des Cyclades et l'arc Calabre-Sicile sont-ils orientés à 90°, alors qu'ils sont voisins? C'est-à-dire, pourquoi l'un va-t-il à gauche, et l'autre à droite? Et si une plaque glisse sous l'autre à l'occasion, il devient difficile d'expliquer la présence d'une barre de 700 km de long qui s'enfonce sous la mer Tyrrhénienne, dans l'asthénosphère. Il semble bien que, dans ce cas-là particulièrement, les hypothèses fixistes puissent apporter des explications précieuses.

Reste aussi à expliquer le renouveau d'activité du volcan St. Helens, aux États-Unis, qui est bien trop éloigné de la côte pour avoir été rallumé par le glissement d'une plaque sous la plaque nord-américaine, pour s'en tenir au schéma d'explication mobiliste.

De même que les mobilistes ont commis des abus, les fixistes ne sont pas non plus innocents: ils négligent un peu trop facilement les études nombreuses et précises des isochrones, établies sur les planchers océaniques à partir de bandes d'anomalies magnétiques et à partir de l'âge des fonds océaniques; ces études démontrent bien le bien-fondé de la tectonique des plaques, aussi bien en ce qui concerne le rift atlantique que le rift pacifique. Ils ne tiennent pas compte non plus d'une évidence: l'alignement quasi parfait des volcans d'Asie occidentale et du Pacifique sur les bords de zones de fractures, qui plaide fortement en faveur du mobilisme.

Par ailleurs, les mobilistes négligent les très nombreuses preuves du paléomagnétisme, sur les relevés duquel se fonde le mobilisme, et ils raisonnent un peu comme si, autrefois, la Terre n'avait pas eu de champ magnétique dipolaire, ce que rien n'indique ou ne confirme. Et les détails de la basification de la croûte terrestre sont toujours en attente.

Enfin, la politique n'est pas étrangère au débat, les Américains étant surtout mobilistes, et les Soviétiques, fixistes. Mais de ce conflit larvé naîtra peut-être une explication plus satisfaisante des mouvements mystérieux des continents sur la croûte terrestre.

PHYSIQUE

L'EXTRA-ORDINAIRE RENDEZ-VOUS DU

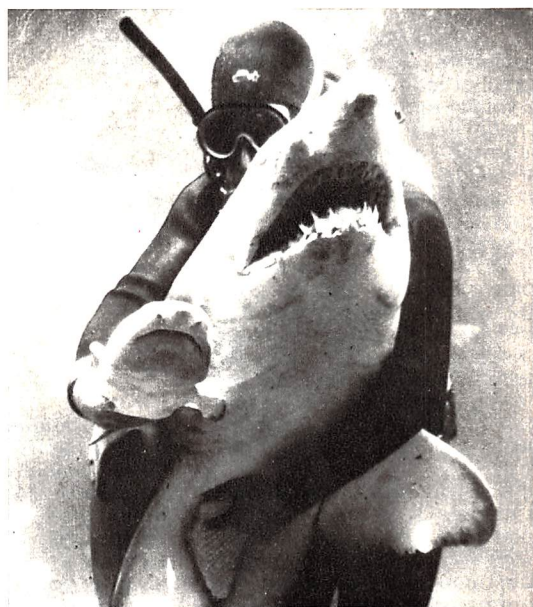
4 AVRIL DERNIER...

Dans la nuit du 3 au 4 avril dernier, à 40 m sous terre, a eu lieu au CERN de Genève une rencontre extraordinaire, unique même et troublante. Un proton a rencontré un antiproton. Ils se sont heurtés de plein fouet et le choc a produit une énergie qui défie les lois de la mécanique et de la thermodynamique classiques: elle eût dû être le double de l'énergie dégagée par le heurt d'une particule contre un mur; mais elle a été 500 fois supérieure à toute l'énergie fournie par l'accélérateur. Ce qui confirme Einstein: plus un corps approche de la vitesse de la lumière (ce qui était le cas des particules en question, de part et d'autre), plus sa masse augmente et donc son énergie.

La rencontre avait été soigneusement préparée: on avait stocké des neutrons en les faisant tourner dans le manège de 7 km de circonférence de l'accélérateur du CERN; puis on avait stocké pendant deux jours 12 milliards d'antiprotons. Il n'y avait plus qu'à les lâcher ensemble, les antiprotons, animés d'une énergie négative, tournant naturellement en sens inverse des protons. Il en fallait des milliards pour obtenir un seul choc. Une autre collision est prévue pour l'automne. Cette fois, on fera tourner l'accélérateur à pleine puissance.

●● «Une reproduction effrénée des gens atteints de tares génétiques pourrait mettre en péril l'intelligence des leaders mondiaux d'ici la fin du siècle.» Tel est le point de vue du sociobiologiste — ou biosociologiste? — William Shockley, prix Nobel. La puissance intellectuelle est essentielle à l'évolution et à la survie des sociétés, a ajouté le savant.

●● Tsukuba, c'est le nom de la ville des sciences du Japon. Achevée en mars dernier et située à 60 km de Tokyo, Tsukuba compte 43 laboratoires de recherche. Elle est prévue pour une population de 300 000 habitants.



UN SAGE-HOMME AUDACIEUX

Un requin femelle de 3 m de long, de l'espèce *Carcharias*, avait été capturé au large des côtes australiennes, sur l'île Cook ; il fut emmené pour observation dans un bassin des Nouvelle-Galles-du-Sud, à Tweed Heads. Il se révéla que la femelle était gravide. Un plongeur alla jouer les obstétriciens. La femelle, pour la chance du plongeur, était encore sous le double coup de sa capture et de sa délivrance ; l'affaire se termina donc sans accident, en dépit du fait que les requins gris de l'espèce *Carcharias* attaquent l'homme. Les cinq branchies que l'on peut compter sur l'un des deux requineaux le définissent comme un spécimen du sous-ordre des Squaloïdes.

CORRECTION CHIRURGICALE DE LA MYOPIE : DÉBUTS INCERTAINS

La correction chirurgicale de la myopie, tentée il y a une vingtaine d'années par le Dr José Barraquer, de l'illustre dynastie des Barraquer ophtalmologistes, revient à l'actualité. C'est un disciple du Dr Barraquer, le Dr Casimir Swinger, du Beth Israel Medical Center de New York, qui la relance.

Le principe de l'intervention consiste à effectuer une résection de quelques dixièmes de millimètres du centre de la cornée, à appliquer sur cette cornée ainsi préparée une "rondelette" de cristallin provenant d'un donneur, puis à reposer dessus la partie réséquée du cristallin de l'opéré. Huit points de suture fixent ce "sandwich" de cristallins. Nom technique de l'intervention : kératophakie. Une soixantaine de kératophakies se seraient, selon le Dr Swinger, soldées sans accidents.

La kératophakie est en principe réservée aux gens atteints de très fortes myopies et menacés de cataracte. Rappelons qu'il existe également une technique de correction, plus éprouvée et qui fait des progrès constants : l'implantation de cristallins artificiels. Cette technique dite extracapsulaire consiste à réséquer le noyau du cristallin et à y insérer une lentille, sans contact avec l'iris. Une variante, la méthode intracapsulaire, pratiquée en France jusqu'ici, consiste à extraire le cristallin entier et à placer la lentille dans la chambre antérieure de l'œil, en contact avec l'iris. Quelque 8.000 implants de ce genre ont été réalisés aux États-Unis et semblent donner satisfaction. La kératophakie du Dr Swinger comporte, elle, selon beaucoup de ses collègues, un certain nombre d'inconnues et devrait faire l'objet d'essais cliniques complets avant d'être adoptée de manière générale. Comme les implants oculaires, elle exige évidemment une très grande dextérité.

Le Dr Swinger traite également la myopie et la presbytie ordinaires par une technique chirurgicale qui consiste à réséquer une partie de la cornée, comme dans l'intervention décrite plus haut, et à la sculpter pour lui donner une courbe mathématique correcte avant de la greffer. C'est la kératomileusie.

Enfin, le même Dr Swinger a adopté une technique, lancée en 1973 par le Soviétique Sviatoslav Fyodorov, qui consiste,

TROIS TYPES D'INTERVENTION

Kératophakie



Pour la presbytie :

section d'une tranche de la cornée et insertion d'une greffe étrangère dans un "sandwich" de cornée qui est greffée



Kératomileusie



Pour la presbytie :

section de la cornée remodelée pour accentuer sa convexité puis greffée



Radiale



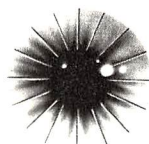
Pour la myopie :

section de la cornée remodelée pour atténuer sa convexité puis greffée



Pour la myopie :

16 incisions sur la cornée entraînent son aplatissement et une diminution de sa convexité



elle, à pratiquer 16 incisions radiales, centrées sur le centre de la cornée. Les pressions internes du globe oculaire gonflent alors le bord de la cornée, aplatisant ainsi sa portion centrale et déplaçant vers l'arrière le point focal à l'endroit où il eût dû se trouver normalement. La profondeur et la longueur des incisions sont calculées par ordinateur, en fonction du degré de myopie et en vue d'un rétablissement exact d'une vision normale. Évidemment, les incisions finissent par se cicatriser.

Cette technique, dite kératoto-

mie radiale, est considérée comme très peu orthodoxe par la communauté internationale des ophtalmologistes et si elle a donné effectivement de bons résultats jusqu'ici, elle expose néanmoins à des risques d'infection graves. Selon le Dr Swinger, elle a pu réduire des myopies jusqu'à la valeur de 7 dioptries, mais de 20 à 30% de son efficacité sont perdus par la suite, avant la stabilisation. Ce qui fait qu'une personne ainsi opérée serait quand même obligée de porter des lunettes, quoique d'un pouvoir correcteur moindre.

LAMBDA-ZÉRO-BEAUTÉ ET LES QUESTIONS FRIVOLES

La découverte d'une nouvelle particule élémentaire n'est plus que rarement un événement ; c'est par centaines que, grâce aux accélérateurs, les physiciens ont réussi à en produire. Dans un tel foisonnement, la naissance d'une nouvelle particule pourrait effectivement passer inaperçue. Après tout, une de plus une de moins...

Ce n'est pourtant pas le cas de Lambda-Zéro-Beauté (λ^0_B) qui vient d'être découverte au CERN. Ce dernier événement est en effet d'importance puisqu'il confirme l'existence du quark b, l'un des constituants ultimes de la matière. A l'heure actuelle, 12 particules sont considérées comme réellement élémentaires : d'une part, celles que l'on désigne sous le terme général de leptons, qui sont au nombre de 6 (l'électron, le positon, le muon et trois neutrinos) ; d'autre part, les quarks, que la théorie prévoit également au nombre de 6 (dénotés u, d, s, c, b et t). Ils constituent en quelque sorte les ingrédients dont le mélange en proportions variées permet de reconstituer toutes les particules connues.

Le quark b est donc le cinquième dont l'existence vient ainsi d'être confirmée. C'est en 1977 qu'il fut repéré pour la première fois au laboratoire Fermi, aux États-Unis. Il s'était alors manifesté sous la forme d'une nouvelle particule *upsilon*, dont les propriétés ne pouvaient être expliquées que par l'existence d'un cinquième quark. *Upsilon* est ainsi un système lié, formé du quark b et de son anti-quark. Depuis, quelques indications indirectes sur ce cinquième quark ont été obtenues dans plusieurs expériences notamment à l'université de Cornell. La nouvelle particule λ^0_B , elle, est une entité composée de 3 quarks déliés : les quarks u, t et b. Notons que le nom quelque peu bizarre qui lui a été donné par ses inventeurs provient du fait que l'on connaissait déjà la particule *lambda* λ^0 , le 0 indiquant qu'elle est électriquement neutre. Elle est le représentant le mieux connu de la classe des particules dites étranges, c'est-à-dire qui contiennent le troisième quark n.

Bien que la grande majorité des physiciens soient convaincus aujourd'hui de la réalité des quarks, ceux-ci n'ont cependant jamais pu être observés directement. Pour l'expliquer, on suppose que les

quarks possèdent une propriété appelée "couleur". A l'intérieur d'une particule, ils peuvent alors exister sous trois couleurs différentes et interagissent fortement entre eux par l'intermédiaire du gluon qui joue le rôle de ciment. Mais la théorie appelée chromo-dynamique quantique prévoit l'existence d'un mécanisme confinant cette couleur et n'autorisant que la constitution d'entités incolores, c'est-à-dire plusieurs couleurs mélangées.

La mise en évidence expérimentale du quark est donc très délicate et ne peut être faite que par l'intermédiaire de l'ob-

servation des caractéristiques qui sont conférées aux particules par les différents quarks qui les constituent. Reste maintenant à détecter le sixième quark t. Mais toutes les questions ne seront pas pour autant résolues. La première qui se pose est de savoir si effectivement les quarks sont limités en nombre. Sinon pourra-t-on toujours leur attribuer le statut de composants fondamentaux de la matière. D'après les spécialistes, il est "frivole" de s'interroger à ce propos, aucune expérience réalisable ne permettant actuellement d'y répondre.

MÉDECINE

LE LAETRILE EST BIEN DE LA POUDRE DE PERLIMPINPIN

L'affaire du Laetrile va enfin pouvoir être close. Cette prétendue drogue anti-cancéreuse tirée des noyaux d'abricots, parfois baptisée vitamine B-15, a fait l'objet de tests approfondis du National Cancer Institute des États-Unis. Au bout d'un mois de traitement administré exactement selon les normes prescrites par les tenants du Laetrile à 156 malades volontaires, cette pseudo-drogue a produit des résultats exactement nuls : progression des cancers chez 50 % des malades au bout d'un mois et chez 90 % au bout de trois mois ; c'est exactement ce que l'on obtiendrait sans traitement du tout.

Fabriqué au Mexique, introduit clandestinement aux États-Unis et dans certains pays d'Europe, administré officiellement dans des "instituts" très coûteux, le Laetrile aura entre temps permis à des foules de gens peu sérieux d'amasser des fortunes au détriment de cancéreux. Espérons que le gouvernement mexicain mette fin à une activité telle que celle-là.

ASTRONOMIE

LASER NATUREL SUR MARS

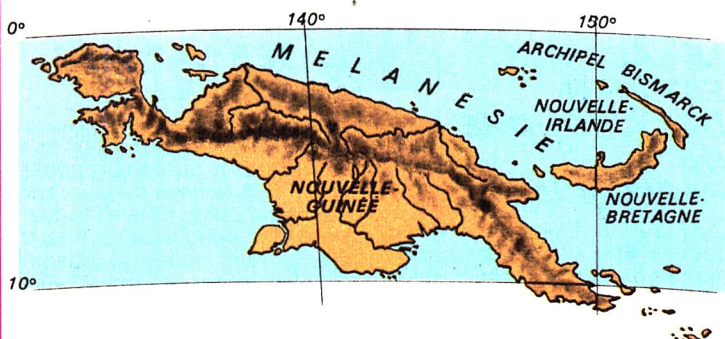
Jusqu'à présent on pouvait considérer que le laser était une création du génie humain. En effet, à la base de son fonctionnement se trouve "l'inversion de population", phénomène non naturel puisqu'il consiste essentiellement en la réalisation d'un déséquilibre énergétique parmi les atomes (ou molécules), qui engendre l'émission du rayonnement cohérent. Il semblerait pourtant, selon les radioastronomes du centre Goddard de la NASA, que la nature ne soit pas en reste. Ces savants ont découvert un rayonnement laser émis naturellement par l'atmosphère de la planète Mars. Ce sont les enregistrements des émissions en infrarouge de l'atmosphère martienne, réalisés au premier trimestre 1980, qui permirent de s'apercevoir de l'amplification notable de la longueur d'onde de 10 microns. Après analyse, il s'avéra que cette amplification ne pouvait être due qu'à une inversion de population naturelle parmi ces molécules, provoquant ainsi une émission laser. L'inversion elle-même serait provoquée par un déséquilibre thermodynamique de certaines couches de l'atmosphère, suivant leur altitude.

PEUPLEMENT DE L'Océanie : NOUVELLES DONNÉES

L'un des grands chapitres inachevés de l'anthropologie est celui du peuplement du Pacifique. Nul n'est actuellement à même d'offrir un grand schéma géographique et chronologique capable de déterminer les grands courants de peuplement et les courants de migrations secondaires. L'on procède encore par à-coups.



Les Mélanésiens : des Africains ?



C'est ainsi que deux anthropologistes australiens, J. Peter White et Jim Allen, respectivement des universités de Sydney et de Canberra, viennent d'établir un point neuf et important. Ils ont confirmé l'hypothèse selon laquelle la Nouvelle-Guinée était peuplée il y a 50 000 ans, mais que les îles à l'est, Carolines, Gilbert, Marianne, Nouvelles-Hébrides, etc., n'ont été peuplées que beaucoup plus tardivement. Autre conclusion extrêmement importante de ces deux anthropologistes : le développement de l'agriculture s'est effectué en Nouvelle-Guinée il y a 9 000 ans, c'est-à-dire, à un millénaire près, à la date à laquelle ce développement est apparu en Moyen-Orient. Comment, vu l'isolement de la Nouvelle-Guinée, cela a-t-il pu se faire ? Mystère. Détail particulier et curieux : l'occupation de

l'archipel des Bismarck, Nouvelle-Irlande et Nouvelle-Bretagne, qui sont pourtant contiguës à la Nouvelle-Guinée, ne se serait faite que beaucoup plus tard, il y a quelque 6 800 ans seulement. Les migrations, même les moins aventureuses, n'étaient donc pas si courantes.

Ces deux anthropologistes témoignent d'une certaine réserve, c'est le moins que l'on puisse dire, à l'égard des théories selon lesquelles la souche linguistique austronésienne, qui est celle de la Nouvelle-Guinée, serait d'origine asiatique et, du point de vue strictement anthropologique, ils témoignent d'une égale réserve à l'égard d'une origine ethnique asiatique des populations de Nouvelle-Guinée aussi bien que de l'ensemble de la Mélanésie. Pour le simple voyageur, cette dernière réserve semble



Les Polynésiens : des Asiatiques.

en effet assez justifiée, car le type physique de la Nouvelle-Guinée est considérablement plus africain qu'asiatique : tant du point de vue de la couleur de la peau, de la texture des cheveux et du faciès que de celui de l'art, les populations de la Mélanésie évoquent irrésistiblement l'Afrique.

Enfin l'étude des poteries dans les Bismarck et les autres îles de la Mélanésie incite également White et Allen à rejeter l'hypothèse traditionnelle d'un peuplement austronésien, c'est-à-dire d'origine asiatique. Ces poteries viennent d'ailleurs.

En résumé, ces anthropologistes rejettent sous tous les rapports les hypothèses d'un peuplement de la Mélanésie à partir de l'Asie. On ne sait encore pas grand-chose du peuplement de l'Océanie, disent-ils en substance. Tenons-nous-en aux simples faits.

D'autres études, également australiennes, puisqu'elles sont signées de L. Freedman et M. Lofgren, respectivement de l'université d'Australie occidentale et du Museum de Perth, et portant sur le peuplement de l'Australie elle-même, présentent une frappante similitude chronologique avec les études citées plus haut : l'Aus-

tralie était déjà habitée il y a 50 000 ans. Là s'arrête toutefois la similitude avec les travaux de White et Allen, car Freedman et Lofgren en tiennent toujours pour un peuplement d'origine asiatique, au moins partiel. Assez bizarrement, Freedman et Lofgren, qui se fondent sur l'étude d'un crâne d'homme de 40 ans, vieux de 6 500 ans, découvert à Cossack, en Australie occidentale, postulent l'existence d'une souche asiatique d'*Homo sapiens* particulière; ce serait cette souche qui aurait essaimé en Australie.

Néanmoins, Freedman et Lofgren, admettent qu'il ait pu exister simultanément en Australie deux souches ethniques, l'une venue d'Asie et l'autre d'on ne sait où. En effet, une étude comparative des crânes des actuels aborigènes d'Australie et du crâne de Cossack indique de trop grandes différences. Il est donc exclu que les aborigènes australiens actuels soient de descendance asiatique. Là encore, le simple voyageur ne pourra qu'approuver: l'apparement de ces aborigènes à l'Afrique saute aux yeux.

Qu'on veuille bien nous pardonner les deux observations incidentes du "simple voyageur"; elles n'étaient destinées qu'à souligner l'énigme anthropologique constituée par la présence de populations négroïdes dans le Pacifique. Sensibles au profane, longtemps contestées par certains systèmes anthropologiques, les possibles origines africaines des Mélanésiens ne rencontrent plus la même hostilité chez un nombre croissant d'anthropologistes. Les différences morphologiques et culturelles éclatantes entre les souches asiatiques, représentées par les Polynésiens, et d'éventuelles souches africaines, représentées par les Mélanésiens, appellent d'autres explications que celles qui ont longtemps été professées. Évidemment, personne encore dans le monde savant ne s'aventure à postuler fermement une migration africaine vers l'Océanie.

Mais il faut rappeler que l'ensemble des migrations qui ont abouti au peuplement du Pacifique comporte autant de trous qu'il y a d'eau entre les îles de cet océan.

PHYSIQUE

FORME DES NOYAUX EN ROTATION RAPIDE

Depuis que l'on étudie les noyaux d'atomes, on s'est aperçu qu'ils possèdent chacun leur forme propre. C'est ainsi qu'il y en a des sphériques, des aplatis, des allongés, des ovoïdes, des "mous", etc. Mais comment cet agglomérat de protons et de neutrons qu'est le noyau réussit-il à construire une configuration d'une certaine forme bien définie? En fait, la connaissance des phénomènes nucléaires manque encore de précision.

Récemment, une expérience effectuée avec l'accélérateur d'Argonne (USA) vient d'apporter un fait nouveau: on sait maintenant que les noyaux non seulement possèdent une forme, mais qu'ils peuvent en changer, d'allongés devenir aplatis, par exemple, lorsqu'ils sont mis en rotation très rapide.

Les physiciens étudient les formes des noyaux en les excitant à de hautes énergies et en observant alors la manière dont ils retombent à un niveau d'énergie inférieur, ou désexcitation. Cela se fait d'habitude par émission de rayons gamma, dont l'énergie fournit des indices sur leur forme. Dans l'expérience d'Argonne, une cible en étain (le noyau d'étain contient 50 protons et 69 neutrons) fut bombardée par un jet de noyaux de soufre (16 protons et 16 neutrons). La collision était dirigée de telle manière que les chocs entre deux noyaux soient légèrement décentrés, ce qui permet de mettre ces noyaux en rotation extrêmement rapide. Les chercheurs observèrent que, dans ces conditions, les deux noyaux "collisionneurs" s'assemblent pour former un noyau de dysprosium (66 protons) hautement excité, tournant sur lui-même à très grande vitesse.

La mesure des rayons gamma émis par le dysprosium montra que cette émission ne se faisait pas immédiatement, mais bien plus lentement que prévu. Cela indique que le noyau existe un certain temps dans un état dit "métastable" avant de perdre son énergie excédentaire. L'interprétation de ce résultat est que le noyau de dysprosium subit un changement de forme pendant l'étape de sa "désexcitation": ainsi, dans l'état excité il était aplati alors que désexcité il devient sphérique. De plus, il y a une différence substantielle dans la manière qu'ont les noyaux allongés et aplatis de tourner. En effet, les neu-

trons et les protons, dans un noyau en forme d'œuf (allongé) tournent ensemble, comme un tout, alors que la plupart des neutrons et protons, dans un noyau aplati, semblent rester immobiles. Seuls quelques-uns d'entre eux, situés près de la surface, dans la région équatoriale du noyau, sont en mouvement.

Entretiens, R. Leconte, de l'université de Montréal, a montré que certains isotopes du germanium possèdent une diversité de formes: le plus léger de ces isotopes, le Ge-70, paraît être sphérique ou légèrement aplati, alors que les isotopes les plus lourds, Ge-72, Ge-74 et Ge-76, sont allongés.

GÉOGRAPHIE

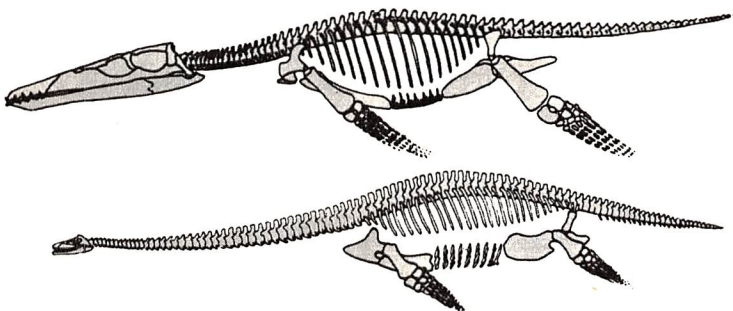
LA MER MORTE VA REVIVRE

L'un des projets les plus ambitieux du monde va bientôt démarrer: le percement d'un canal d'une centaine de kilomètres de long, reliant la mer Morte à la Méditerranée. Parti des environs de la fameuse ville de Massada, il atteindra Katif, sur la bande de Gaza. Le but en est économique: assurer à Israël quelque 1 000 mégawatts de plus grâce à une centrale hydroélectrique; cela représente 7% de l'énergie consommée actuellement par Israël.

De plus, cela permettra l'installation d'une centrale nucléaire. Un effet naturel appréciable sera le relèvement du niveau de la mer Morte, qui baissait de quelque 60 cm par an, depuis que la Jordanie dérive une partie des eaux du Jourdain pour son agriculture. Par ailleurs, cela diluera évidemment les eaux de cette mer, dont la forte salinité est célèbre. A longue échéance, on peut imaginer qu'un jour la mer Morte se repeuplera de poissons.

LES PROBLÈMES DES PLÉSIOSAURES

La vie n'était pas facile pour les plésiosaures du mésozoïque. Passe une proie sur un étang, ils se jettent à l'eau; la proie plonge, ils veulent plonger à sa poursuite. Hélas, leurs poumons sont tellement volumineux qu'ils flottent malgré eux, vastes *Bibendum* affamés. Vivement l'évolution, qu'on puisse manger!



En haut, un *liopleurodon*, en bas, un *murénosaure* : le panier ventral est bien visible entre les pattes.

Se penchant sur ce problème, deux paléontologues britanniques, D.G. Darby et R.W. Ojakangas, viennent de suggérer que les plésiosaures avalaient des galets pour se lester. Ils invoquent comme preuve la découverte d'un fossile de ces animaux dans l'estomac duquel on a trouvé une proie non digérée en même temps que des galets. Après tout, les plésiosaures n'auraient pas agi autrement que les crocodiles contemporains, qui avalent également des cailloux en guise de ballast. Celui-ci maintient un axe de roulis qui permet à l'animal de garder sa direction, la queue servant de gouvernail.

Analysant les formes des galets trouvés dans le fossile, Darby et Ojakangas concluent qu'il s'agit de galets d'estuaire. Les estuaires, supposent nos paléontologues, auraient été plus indiqués pour les plésiosaures que les plages désertes, sur lesquelles ces animaux auraient couru un risque de famine.

Voilà donc l'animal capable de prendre l'eau. Comment s'y comporte-t-il? Une paléontologue, Jane Ann Robinson, étudiant les formes des membres de plésiosaures, en arrive à la conclusion suivante : ces pattes-nageoires étant plates, elles exerçaient probablement leur poussée dans un plan vertical. Elles fonctionnaient en deux temps. Premier temps : la

patte-nageoire, dans un plan horizontal, effectue un mouvement en hélice qui ne laisse pratiquement pas de traînée, vu la minceur et la flexibilité des extrémités. Deuxième temps : la patte-nageoire, mise à la verticale, exerce une poussée d'avant en arrière, qui propulse le corps de l'animal.

C'est ce que font encore, de nos jours, les pingouins, les tortues et les morses.

Voilà donc notre animal lesté et propulsé. Une forme générale aérodynamique facilite sa pénétration dans l'eau. Des muscles spécifiques des extrémités contrôlent l'épaisseur de celles-ci de telle sorte que la pénétration des pattes-nageoires est également optimale un peu à la manière d'un avion qui contrôlerait le bord d'attaque des ailes, créant ainsi une poussée résultante supplémentaire.

Ajoutons à ceci que l'animal, arquant sa colonne vertébrale, créait une tension des ligaments unissant cette colonne à son "panier ventral"; celui-ci était formé par une sorte de treillis d'os réunis par des cartilages. Le panier était alors tendu de telle sorte qu'il éliminait un éventuel "effet ballon" et contenait les poumons, mais gardait quand même suffisamment d'élasticité pour servir d'amortisseur durant les mouvements de l'animal. Les mouvements propulsifs gagnaient

alors en efficacité du fait de cette structure rigide. Chaque patte-nageoire étant indépendante, l'animal pouvait virer à droite ou à gauche, au gré de sa poursuite, sans provoquer de turbulence excessive.

Complexe manière de résoudre des problèmes d'hydrodynamique!

MÉDECINE

INTERFÉRON : DES RÉSULTATS PARTIELS PROMETTEURS

Les résultats de traitements de cancers à l'aide d'interféron, obtenus par des médecins yougoslaves confirment la réserve à laquelle nous avons déjà invité dans ces colonnes le corps médical aussi bien que le public, le premier enclin à décrier trop vite l'interféron, le second, à y voir un produit miraculeux.

Dans une étude qui doit faire autorité, puisque publiée par *The Lancet* du 9 mai dernier, cinq médecins de l'Institut d'immunologie de Zagreb et de l'hôpital universitaire Mladen Stojanović, rapportent qu'ils ont obtenu, par application locale d'interféron non traité de leucocytes humains, les résultats suivants : 10 guérisons complètes sur 30 de cancers du cou et de la tête, 15 réductions caractéristiques de cancers du même ordre, 2 améliorations et 3 échecs.

La technique utilisée par ces médecins rappelle beaucoup le principe de la mésothérapie, c'est-à-dire d'application locale, par injection, du produit.

L'interféron a été administré par infiltrations directes dans la tumeur, ou dans la région périphérique. La durée totale du traitement était de 1 à 6 mois; le rythme d'injections, de 2 à 3 par semaine. Le produit était de l'interféron non purifié, parfois une pommade à base d'interféron.

Les doses étaient 3×10^5 unités pour les injections et 3×10^4 unités pour la pommade. Les cancers étaient de types différents : 13 à cellules squa-

meuses, 15 baso-cellulaires, 1 neurome, 1 cancer de la peau. Ils siégeaient sur le nez, la bouche, la langue, le palais, le cou et la face.

D'autres résultats obtenus également par des médecins yougoslaves, et publiés dans le même numéro de *The Lancet* sur le traitement du cancer du col de l'utérus sont prometteurs : sur 15 cas, 6 réactions excellentes, 5 très bonnes, une modérée, 2 médiocres et un échec.

Nos invitations à la réserve, en attendant une meilleure connaissance de l'interféron, ont été motivées par des prises de position extrêmement tranchées et totalement négatives de cancérologues français à la télévision, il y a plusieurs semaines. Nous avons été très surpris d'entendre ces spécialistes parler de "l'interféron, comme s'il n'en existait qu'un, alors qu'au Congrès international de Rotterdam, on en a répertorié près de 20 sortes, dont la plupart n'ont jamais encore fait l'objet d'essais.

MÉDECINE

PAULING ET LA VITAMINE C : LA QUERELLE CONTINUE

Une large part du monde médical refuse toujours de prendre en considération la thèse du Pr Linus Pauling, prix Nobel de Chimie, selon laquelle de très fortes doses de vitamine C auraient un pouvoir anti-cancéreux. Le National Cancer Institute et l'American Cancer Society des États-Unis viennent ainsi de refuser les suggestions de Pauling de traitement de cancers par de très fortes doses de cette vitamine. Pauling, pour sa part, continue de soutenir ses thèses de "médecine orthomoléculaire" et de multiplier la publication de cas qui vont dans son sens. Exemple : un cancer qui aurait été stoppé après deux semaines d'administration intraveineuse quotidienne de 10 g de vitamine C, qui aurait réapparu six mois plus tard et de nouveau disparu, moyennant une dose double de vitamine C, 20 g cette fois.

Mais une étude de la Mayo Clinic souligne que tous les patients du Dr Pauling avaient déjà suivi une chimiothérapie et qu'il est donc prématuré, sinon hasardeux, d'attribuer certaines améliorations de certains cancers à la vitamine C.

Il faut aussi rappeler que, bien que l'excédent en soit éliminé très rapidement dans les selles

et les urines, la vitamine C n'est pas aussi inoffensive qu'on le prétend parfois. Une récente étude du *New England Journal of Medicine* indique que même des doses faibles peuvent jouer un rôle nettement négatif chez les gens qui ont trop de fer dans les tissus, et qu'elles peuvent déclencher des troubles cardiaques, hépatiques et sanguins.

MÉDECINE

UN CŒUR ET DES POUMONS TOUT NEUFS

Depuis le 9 mars dernier, Marie Gohlke vit avec le cœur et les poumons d'un autre, un jeune garçon de 15 ans mort dans un accident de voiture. Marie Gohlke n'est pas exactement une pionnière : elle est exactement la quatrième personne à avoir subi la délicate opération. Les trois autres tentatives, effectuées il y a plus de dix ans, avaient toutes échoué. L'heureuse opérée est en convalescence à l'hôpital de Stanford (États-Unis).

Aujourd'hui, les techniques se sont améliorées ; l'équipe de Stanford, dirigée par les Prs Shumway et Reitz, est passée maîtresse en transplantations cardiaques, et de nouveaux traitements ont été mis au point. Avant de tenter la délicate opération sur l'être humain, le Dr Reitz l'a pratiquée sur plusieurs singes rhésus, dont la plupart sont encore en vie plus d'un an après l'intervention. Et ce qui a vraiment poussé l'équipe de Stanford à tenter l'opération sur Mary Gohlke, c'est la mise au point de nouveaux médicaments anti-rejet plus efficaces et en particulier la Cyclosporine-A, un polypeptide qui compte 11 amino-acides ; cet immuno-dépresseur a été développé par les laboratoires Sandoz et il diffère notablement des médicaments employés jusqu'ici pour empêcher le rejet des greffons.

Auparavant, les chirurgiens avaient recours à des corticostéroïdes, entachés du grave défaut de détruire indistinctement tous les types de cellules du système immunitaire, laissant le malade avec bien peu de moyens pour combattre les infections. De plus, ils retardaient la cicatrisation.

La Cyclosporine-A, au contraire, s'attaque sélectivement aux lymphocytes-T, qui jouent un rôle primordial dans les phénomènes de rejet. A l'heure actuelle, Marie Gohlke, qui

souffrait d'hypertension pulmonaire aiguë, reste sous surveillance étroite dans le département de soins intensifs de l'hôpital de Stanford. Mais elle respire sans assistance et son nouveau cœur fonctionne parfaitement. Elle se lève, marche et a commencé à s'alimenter presque normalement. Juste avant d'entrer dans la salle d'opération, elle a déclaré : « Nous serions encore dans les arbres en train de manger des bananes si nous ne prenions pas de risques ; même si je meurs sur la table d'opération, on se souviendra de moi, comme celle qui, au moins, a essayé. »

●● **Interféron : efficacité égale à celle de la chimiothérapie** dans de nombreux cas, mais avec les inconvénients classiques de celle-ci : douleurs, nausées, chutes de cheveux. Il faudra de 12 à 18 mois encore avant de pouvoir se faire une opinion plus avancée, selon M. Frank J. Rauscher, vice-président de l'American Cancer Society.

●● **Si vous soufflez pendant l'effort, c'est du fait des corps carotidiens.** Pas plus grands qu'un grain de riz chacun, ces corps agissent à la façon d'un thermostat, contrôlant le taux d'oxygène dans le sang qui passe par la carotide et donnant au cerveau l'ordre d'augmenter le rythme respiratoire quand le besoin s'en fait sentir.

Tandy Le progrès en informatique !



Ordinateur TRS-80 Modèle III

8.195

TTC (17,60 %)

- Langage BASIC Modèle III
- Mémoire RAM de 16 K
- Possibilité d'extension de la mémoire jusqu'à 48 K avec 2+2 minidisques
- Compatibilité avec la plupart des logiciels du Modèle I

Pour un prix inattendu dans cette gamme d'ordinateurs, Tandy vous propose son nouvel ordinateur monobloc: clavier à 53 touches (plus un clavier numérique à 12 touches), écran vidéo à haute définition (avec majuscules et minuscules), interface à 2 vitesses pour cassettes (500 et 1.500 Bauds) et interface pour imprimante. Le Modèle III utilise le langage BASIC Modèle III avec une mémoire RAM de 16 K, mais il est possible de porter sa capacité de mémorisation à 48 K.

26-1062

Micro-ordinateur TRS-80 de poche

- Programmes en BASIC
- Mémoire RAM de 1,9 K

Affichage par cristaux liquides à 24 caractères. Dispositif de compacité de formulation automatique, pour utiliser au mieux la moindre partie de l'espace de la mémoire. Livré avec étui et piles «longue durée».

1.095

TTC (17,60 %)

26-3501



Tout matériel informatique TRS-80 peut être commandé dans n'importe quel magasin Tandy

92200 NEUILLY - 23, rue du Château - tél.: 1/745.80.00 - Métro: PONT DE NEUILLY
75009 PARIS - 25, rue de la chaussée d'Antin (Galeries Lafayette) - tél.: 1/285.43.44
 Métro: CHAUSSEE D'ANTIN

75015 PARIS - 26-28, avenue du Maine - tél.: 1/544.53.16
 Métro: MONTPARNASSE-BIENVENUE

Cours de BASIC organisés régulièrement à:

75020 PARIS - 207, rue des Pyrénées - tél.: 1/358.27.27 - Métro: GAMBETTA
69300 CALUIRE - 12, Cours Aristide Briand (face à la Foire de Lyon - Pont de la Boucle)
 tél.: 7/808.43.38

Pour connaître les adresses de nos points de vente en Belgique écrivez à:
 Tandy Corporation Marketing Department - Parc industriel 5140 NANINNE

Le mouvement en conserve

Face à la crise de l'énergie, la poursuite de la croissance industrielle oblige à résoudre une énigme : dépenser plus en gagnant autant. Il n'y a qu'une solution : récupérer tout ce qui était gaspillé et le stocker. Bien que les méthodes soient nombreuses, il faut les adapter à chaque cas.

■ Parce qu'un jour pas si lointain les émirs du pétrole ont décidé de serrer un peu les robinets, il nous a fallu passer de la consommation sans retenue aux économies d'énergie ; c'est un programme beaucoup moins amusant que le gaspillage, surtout si l'on regarde bien ce qu'il implique : pour économiser, il faut d'abord être capable de mettre de côté et ensuite avoir les moyens de stocker ce surplus. Avec des pièces d'or et des coffres à double serrure et triple blindage, le problème n'est pas trop difficile. Avec l'énergie, il en va tout autrement, car mettre en cage l'immatériel n'est pas à la portée du premier venu.

Certes, les physiciens ont montré qu'il y avait équivalence entre la matière et l'énergie, mais ils n'ont pas encore trouvé le moyen de réaliser facilement la transformation dans les deux sens. Pour l'instant, on sait faire des kilowatt-heure avec l'uranium, mais on est bien incapable de faire l'inverse : transformer les kWh en uranium, en aluminium ou même en papier.

L'énergie ne se laisse manier facilement que dans un seul sens, le gaspillage, ou, pour parler avec logique, de l'ordre vers le désordre ; en thermodynamique, il y a un terme plus précis encore : l'entropie. Donnons un exemple simple : l'essence est un mélange harmonieux de molécules bien ordonnées. Une fois passé à travers le moteur d'une voiture, ce bel agencement n'est plus que gaz d'échappement, tourbillon aléatoire et complexe vite dissipé par le vent. De l'ordre au désordre l'entropie a augmenté, mais l'énergie s'est dégradée.

La différence se retrouve dans la vitesse du véhicule : l'énergie se mesure, selon la classique formule $1/2 m.v^2$; encore faudrait-il y ajouter $1/2 I\omega^2$ si en plus elle est en virage. Le gaspillage commence à l'arrivée, ou même au premier feu rouge : pour s'arrêter sans rien perdre il faudrait stocker l'énergie cinétique du mobile, ici

automobile au sens propre. Comme on ne sait pas le faire sans un montage compliqué, on se contente de freiner : le travail accumulé pour lancer la voiture jusqu'à sa vitesse de croisière est transformé en chaleur par les freins, grâce au frottement des garnitures sur les disques.

Cette chaleur étant plutôt encombrante, surtout en été, on prévoit une bonne ventilation des freins. La chaleur est dissipée dans l'air ambiant d'où elle s'échappe ensuite vers l'espace sous forme de rayonnements infrarouges. Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme, mais ici la transformation ne nous apporte rien : les infrarouges vont se trouver dilués au milieu de tous les autres rayonnements calorifiques que dégage la terre ; même un extra-terrestre ne saurait pas très bien quoi en faire.

D'ailleurs, il n'est pas besoin d'aller chercher un engin mécanique pour voir comment on dilapide chaque jour une énergie précieuse : il suffit de monter un escalier. Pour atteindre les étages supérieurs, il a fallu vaincre la pesanteur sur une certaine hauteur ; le travail fourni n'est pas totalement perdu car, si la montée donne chaud, la descente, elle, peut ne réclamer aucun effort dès qu'on sort directement par la fenêtre.

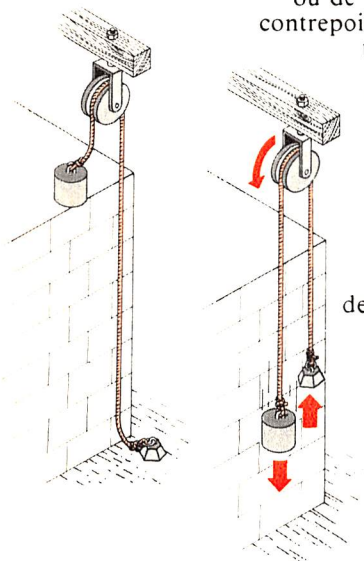
L'arrivée au sol prouvera sans ambiguïté que l'énergie de la montée avait bel et bien été stockée ; elle était là, sous forme potentielle, dans le seul fait d'être au sixième (ou au troisième ou même au premier) et non au rez-de-chaussée. Elle est d'ailleurs facilement récupérable : il suffit d'accrocher une poulie avec une corde et d'attacher au bout une masse égale à celle du grimpeur. Quand celui-ci veut descendre, il prend la corde, se donne un petit élan vers le bas pour vaincre les frottements, et il arrive au sol en douceur en ayant fait monter à sa place le lest. Un crochet pour bloquer le tout et, pour remonter, l'opération inverse.

On peut stocker avec une corde, une poulie et

un contrepoids l'énergie dépensée pour monter aux étages supérieurs. On pourrait de même conserver l'énergie de la voiture lancée à 100 à l'heure avec un gros ressort placé au moment opportun entre le feu rouge et le pare-choc. Là encore, un système d'accrochage pour maintenir le ressort bandé et, pour repartir, on inverse le mécanisme : on met le ressort comprimé derrière la voiture et on lâche tout.

Mettre l'énergie en conserve revient donc toujours à emprisonner un mouvement potentiel avec les aléas que cela comporte : il serait peu prudent de garder sur sa table le ressort bien bandé qui a arrêté une voiture bien lancée,

ou de passer sous les contrepoids qui permettent de monter des charges avec un palan. Il est d'ailleurs tout aussi hasardeux de garder un fût d'essence dans sa chambre, ou un thermos de café bouillant dans sa poche.



La plus ancienne forme connue de stockage de l'énergie n'est autre que la poulie ; une fois dépensé le travail nécessaire pour monter le contrepoids, on peut utiliser son poids (énergie potentielle) pour hisser d'autres charges.

L'énergie étant mouvement, sa mise en conserve suppose toujours que le mouvement peut reprendre à tout moment. En ce sens, la nitroglycérine est un très bon conservateur — peut-être un peu rapide à la détente, mais bien utile quand même. Mais on pourrait emmagasiner la même quantité d'énergie, sous une forme moins violente, par exemple du pétrole, ou une batterie d'accumulateurs.

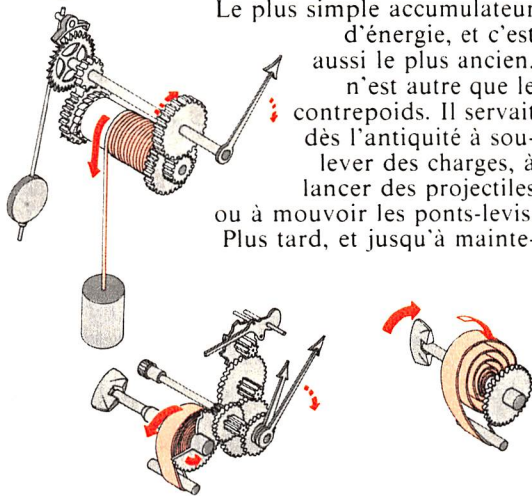
Ceci montre déjà qu'un même travail, par exemple arrêter une voiture de 1 000 kg lancée à 100 km/h, peut se faire dans des temps plus ou moins longs ; le quotient de ce travail par le temps mis à l'exécuter n'est autre que la puissance. Travail et énergie ayant mêmes dimensions (une force que multiplie une distance) il en résulte qu'une même énergie peut être stockée sous une forme plus ou moins rapide à libérer.

Si on reprend l'exemple de la voiture, on peut

l'arrêter avec un ressort assez mou mais très long, ou avec un ressort court mais très dur. Dans les deux cas, les ressorts comprimés posséderont la même énergie interne, mais le premier mettra beaucoup plus de temps à relancer le véhicule jusqu'à 100 km/h que le second : un coup d'élan contre une détente. Ceci résulte de ce que le freinage a été plus doux dans le premier cas que dans le second.

Nous n'approfondirons pas les notions de travail et de puissance, car elles sont délicates à manier ; nous relèverons seulement que le stockage de l'énergie se complique du fait que la récupération doit se faire dans un certain délai qui, la plupart du temps, se retrouvera à la sortie. Sinon, il faut interposer des convertisseurs qui permettront de récupérer très vite une énergie stockée lentement et vice-versa.

Le plus simple accumulateur d'énergie, et c'est aussi le plus ancien, n'est autre que le contrepoids. Il servait dès l'antiquité à soulever des charges, à lancer des projectiles ou à mouvoir les ponts-levis. Plus tard, et jusqu'à mainte-



Les premières horloges avaient un poids comme source d'énergie. Plus tard, on a utilisé le ressort qui est, lui aussi, une mise en conserve énergétique de longue durée. Il emmagasine le travail nécessaire pour le tendre autour d'un axe.

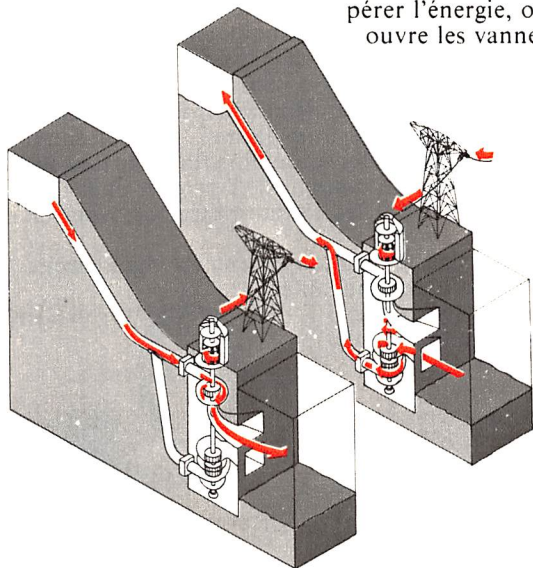
nant, il a servi à faire tourner les horloges ou à optimiser le rendement des ascenseurs. On utilise en fait l'énergie potentielle d'une masse élevée à une certaine hauteur : pour cela, il faut fournir du travail contre la pesanteur, et ce travail reste stocké sous forme du poids qui ne demande qu'à redescendre.

Une variante de ce procédé, mais à grande échelle, n'est autre que le pompage hydraulique réalisé en France par EDF et à l'étranger par les compagnies de distribution de courant. Au départ, le problème est simple : le courant est fourni par des centrales de deux types, hydrauliques et thermiques — le nucléaire appartient au thermique — mais sa production se heurte aux variations de consommation.

Il faut donc adapter sans cesse le débit, avec cet inconvénient que les centrales thermiques sont de lourdes installations faites pour tourner en continu et très mal adaptées à un travail en

dents de scie. Il y a donc des moments où la demande est difficile à satisfaire. La solution la plus évidente consiste à stocker quand la production est supérieure à la demande, et à restituer dans le cas inverse.

Seul ennui, les énergies mises en jeu sont énormes et dépassent de fort loin les capacités des accumulateurs. De là une solution moins directe, mais très intéressante : transformer ce surplus électrique en travail mécanique, et stocker celui-ci sous forme d'énergie potentielle dans le champ de pesanteur. C'est toujours le principe des contrepoids, mais ici on va remonter d'énormes masses d'eau dans un lac ou derrière un barrage. Pour récupérer l'énergie, on ouvre les vannes



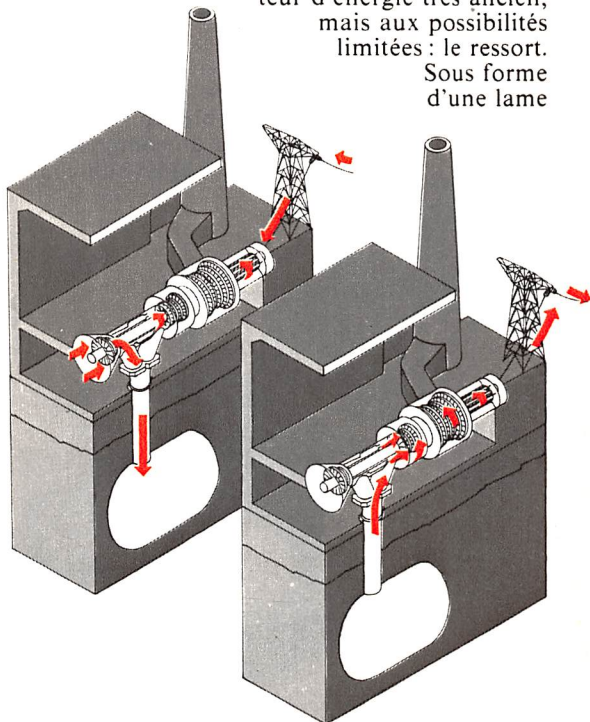
Le pompage hydraulique est largement exploité dans plusieurs pays, dont la France, car son rendement est bon — au moins 70% — et il peut stocker des quantités énormes pendant des mois sans aucune déperdition.

et la chute d'eau va faire tourner des turbines couplées à des alternateurs. Un avantage : la simplicité ; un inconvénient : les sites favorables ne sont pas très nombreux. A l'heure actuelle, il n'existe en France qu'une seule station de pompage importante, celle de Révin dans les Ardennes. L'année prochaine, une station un peu plus puissante encore devrait être mise en service à Montézic, dans le Massif central. En outre, EDF équipe certaines centrales classiques de groupes réversibles.

Quand les sites font défaut, par exemple en terrain plat, il existe une solution qui consiste à creuser des réservoirs souterrains dans la roche dure ; la hauteur de chute peut être très importante, atteignant ou dépassant 1 km. Certains projets, en particulier aux États-Unis, sont en voie d'achèvement et la formule a cet intérêt que le réservoir souterrain peut être installé à proximité du lieu de consommation.

Ce procédé constitue l'ultime étape du stockage sous forme potentielle liée à la pesanteur, et il est important dans la mesure où l'énergie d'origine nucléaire est aujourd'hui, pour la plus grande part, convertie en énergie électrique. D'autres voies sont possibles, mais nous allons poursuivre la liste des stockages qu'on peut qualifier de mécanique.

On doit tout de suite y mettre un accumulateur d'énergie très ancien, mais aux possibilités limitées : le ressort. Sous forme d'une lame



Mettre l'énergie en conserve sous forme d'air comprimé s'apparente au stockage du travail dans un ressort. Le rendement est bon, 70%, malgré les pertes thermiques, à condition de ne pas stocker plus de quelques jours.

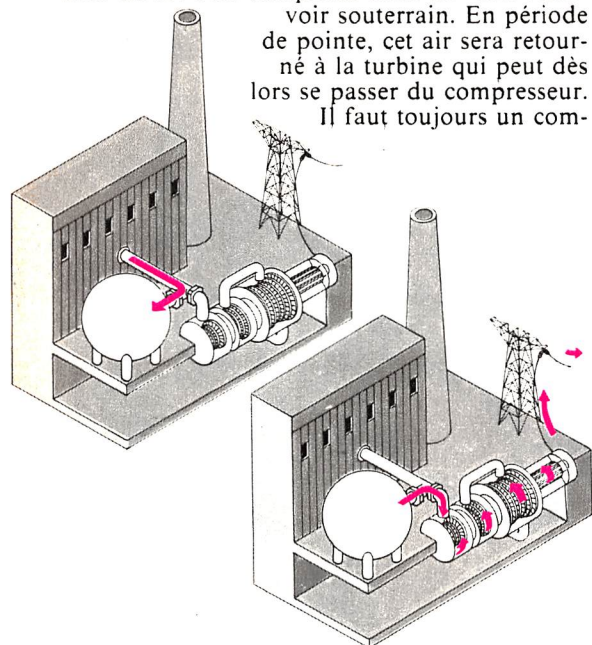
d'acier enroulée en spirale, c'est lui qui assure le fonctionnement d'une multitude de montres, de réveils et de mécanismes de toutes sortes, comme les carabines à air comprimé ou les boîtes à musique. Sous sa forme courante, le ressort ne convient que pour des énergies très faibles, mais il a l'avantage de les conserver très longtemps et avec un excellent rendement.

Tout fluide compressible constituant aussi une forme de ressort, on a pensé à stocker l'énergie en comprimant de l'air dans un réservoir souterrain. Comparé au pompage hydraulique, le procédé présente l'avantage de nécessiter un volume souterrain plus restreint et d'être rentable avec de petites unités. L'inconvénient vient de ce que l'air s'échauffe quand on le comprime, et il faut le refroidir avant de le stocker. Inversement, il faut le réchauffer au moment de la détente ; il y a donc une perte à l'entrée comme à la sortie, et le rendement de ce

procédé ne peut guère dépasser 70%.

L'air comprimé est utilisé dans les centrales équipées de turbines à gaz ; dans celles-ci, les deux tiers de la puissance totale sont utilisés pour comprimer l'air avant l'entrée dans les chambres de combustion. C'est donc un tiers seulement de la puissance nette qui sert à faire tourner le générateur qui est ici de type réversible.

Quand l'énergie est surabondante, on le fait tourner en moteur et le compresseur de la turbine envoie l'air comprimé dans un vaste réservoir souterrain. En période de pointe, cet air sera retourné à la turbine qui peut dès lors se passer du compresseur. Il faut toujours un com-



Dans les centrales thermiques, on peut stocker une partie de la chaleur fournie par les chaudières sous forme de vapeur comprimée dans des ballons de grand volume. C'est une conserve limitée à quelques jours, le rendement peut alors dépasser 70%.

bustible pour alimenter cette turbine, mais on utilise la totalité de la puissance utile et non le tiers, comme en temps ordinaire.

Ce sont les Allemands qui sont les plus avancés dans ce domaine avec la centrale de Hündorf, près de Brême ; l'air est comprimé à 70 bars dans des réservoirs taillés dans le sel et dont le volume atteint 300 000 m³. En Suède, une unité de même type est montée à Husqvarna et le procédé est également suivi aux États-Unis.

Cette méthode peut être appliquée aussi aux turbines à vapeur, avec cette différence qu'on va stocker un fluide à haute température, ce qui nécessite en plus une isolation thermique. Les Suédois ont été les premiers à suivre cette voie en 1920, et le plus grand accumulateur de ce type a été construit en 1929 à la centrale de Berlin-Charlottenburg ; il est toujours en service.

Des projets existent aujourd'hui pour associer

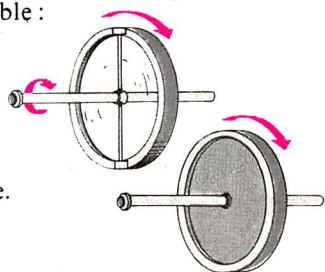
les centrales nucléaires à des accumulateurs de vapeur et on a calculé que les pressions les plus rentables étaient de 20 à 50 bars. Le rendement peut être un peu supérieur à celui de l'air comprimé, atteignant dans les meilleures conditions 75% — ce qui laisse tout de même 25% de perte.

Il nous faut enfin mentionner un autre procédé mécanique très différent des précédents : le stockage inertiel. L'énergie, nous l'avons vu, c'est le mouvement : agitation des molécules pour la chaleur, courant de particules avec l'électricité, émission de photons pour la lumière, déplacement et liaison d'atomes avec les réactions chimiques ; ou, plus simplement, vitesse d'un mobile.

Il est en général assez simple de convertir une énergie de forme quelconque en énergie mécanique et de là, rien de plus facile que de la transférer à une masse pour lui donner une vitesse. On saurait de même récupérer cette énergie cinétique sans trop de mal. Le seul ennui c'est que le mobile va toujours finir par rencontrer un obstacle, à moins de l'envoyer dans l'espace où ce sont les extraterrestres qui vont en profiter.

Par chance, le mouvement en ligne droite n'est pas le seul possible :

on peut tourner en rond. Cette formule, connue dès l'apparition des premiers moteurs, n'est autre que le volant d'inertie. Un disque de métal dense et massif



Le volant d'inertie : en théorie, une forme de stockage admirable ; en pratique, une formule intéressante pour une conservation limitée à quelques jours. Avec les meilleurs paliers magnétiques, le rendement peut atteindre 80%.

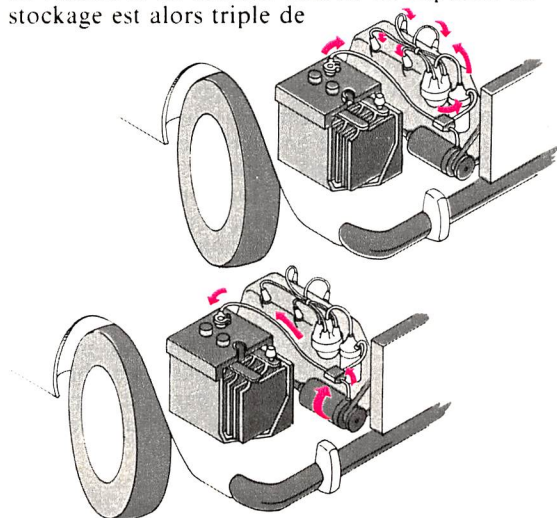
lancé à un bon régime emmagasine une quantité d'énergie importante — $\frac{1}{2} I \omega^2$ pour être précis. Quand on double la vitesse angulaire, on multiplie l'énergie par quatre ; mais, et c'est là le défaut du procédé, on multiplie aussi par quatre la force centrifuge qui tend à élargir le disque jusqu'au moment où la limite de rupture est atteinte : le disque éclate.

Toute machine tournante un peu massive constitue déjà un accumulateur d'énergie cinétique : dans les centrales, les turbo-alternateurs pèsent des centaines de tonnes et peuvent stocker quelques dizaines de mégawatts pendant une minute. Mais si l'énergie stockée est importante, la durée de conservation ne l'est pas, et ce à cause des frottements. Ce sont les paliers qui vont absorber l'énergie récupérée.

De nombreuses études ont été entreprises pour réduire les frottements ; en France, ce sont le CNES, la SNIAS et le CEA qui ont poussé le

plus loin les recherches. Les paliers réalisés n'ont plus rien de commun avec ce que l'on connaît habituellement, genre roulements à billes ou à rouleaux. On trouve des pivots à huile sous vide moléculaire, des paliers sur coussin d'air ou des paliers magnétiques où la portance est assurée par des attractions et répulsions magnétiques.

Il n'y a plus de contact métal sur métal et pour peu que le volant travaille sous vide, les pertes ne dépassent plus 0,5% par heure. Pour le volant lui-même, on a abandonné le disque métallique, les contraintes dues à la force centrifuge limitant beaucoup les possibilités. La meilleure forme est celle d'une couronne annulaire faite de matériaux composites à base de fibres, de résines et de métaux denses. La capacité de stockage est alors triple de



Depuis des lustres on conserve l'électricité dans des accumulateurs que tout le monde connaît grâce aux autos. Le rendement est bon, 70%, la conservation peut durer des semaines, mais la longévité des accu reste limitée.

celle des disques lenticulaires en acier spécial.

Les volants d'inertie, qui ont été utilisés dans l'industrie automobile, sont encore à l'état de prototypes pour les grandes énergies. En automobile, ils ont l'avantage de récupérer l'énergie perdue au freinage et seraient particulièrement intéressants pour la circulation urbaine. On peut d'ailleurs assouplir le procédé en mettant un ressort dans la couronne du volant pour assurer la transition à chaque mise en service — stockage d'une part, récupération ensuite.

Quittons maintenant les formes mécaniques de stockage pour nous intéresser à des procédés plus fins. Jusqu'ici, il fallait d'abord transformer une énergie thermique ou électrique en énergie cinétique pour pouvoir la conserver. Or il est possible de stocker ce qui est électrique sous forme électrique, et ce qui est thermique sous forme thermique.

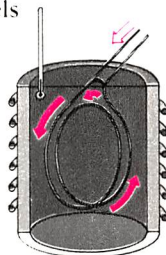
Le premier cas est universellement connu

grâce aux accumulateurs que l'on trouve sur toutes les voitures. En fait, ceux-ci réalisent la conversion énergie électrique-énergie chimique pour le stockage, et son inverse pour la restitution. Le rendement est plutôt bon — de 70% à 75% — mais la capacité de stockage rapportée au volume est faible. Ce volume ayant toujours un poids certain, la formule se trouve être à la fois encombrante et lourde.

Les accumulateurs gardent toutefois de gros avantages : ils sont bien au point, produits en grande série et relativement peu coûteux. Ils gardent tout leur intérêt pour de petits niveaux d'énergie, mais ne peuvent guère être envisagés pour les énormes puissances qui sont celles des centrales. Tout au plus peuvent-ils servir de tampon dans la distribution locale de courant.

Des projets importants existent, mais ils supposent tous une capacité de stockage plus importante et une durée de vie très améliorée. Les classiques batteries au plomb n'apparaissent plus dans ces programmes, et elles sont remplacées par des couples zinc-chlore, sodium-soufre, nickel-fer, etc. Le plus prometteur semble être le sodium-soufre avec une capacité de 0,3 kWh/kg : les électrodes sont liquides et l'électrolyte est un bloc de céramique spéciale.

L'abandon des procédés habituels avec électrodes solides et électrolytes liquides permettrait d'augmenter sensiblement la durée de vie des batteries. Toutefois, la formule la plus élégante pour le stockage de l'électricité consiste à la garder telle



Le stockage de l'énergie électrique dans un circuit supraconducteur s'apparente au stockage de l'énergie cinétique d'un satellite mis en orbite. Le rendement atteint 90% sur quelques jours, mais nécessite une installation scientifique très complexe et coûteuse.

quelle, sans passer par une conversion chimique ou mécanique. Apparemment le problème est difficile, le courant passant dans les fils comme des boulets de canon sur un champ de bataille. Mais, de même qu'il serait aujourd'hui possible de mettre les boulets en orbite autour de la Terre, on peut satelliser le courant dans un cerceau métallique à condition que la résistance du conducteur soit nulle, faute de quoi l'électricité se transforme en chaleur par effet Joule — tout comme l'énergie des volants d'inertie se perd en chaleur dans les frottements des paliers.

Il faut donc employer des matériaux supraconducteurs, lesquels n'atteignent cet état qu'au voisinage de zéro absolu. Les alliages niobium-titane ou niobium-étain sont les seuls courants, mais on pourrait utiliser aussi vanadium-gallium-niobium dont la température de transition est plus intéressante. De toute manière, ces conducteurs doivent être placés dans l'hélium

liquide et il faut ajouter une unité cryogénique pour maintenir les très basses températures exigées (de l'ordre de -265°C).

Une fois l'installation terminée, il suffit de lancer un courant dans la boucle pour le voir tourner indéfiniment ; le rendement en restitution dépasse 90%, ce qui en fait le meilleur accumulateur possible. Il faut toutefois signaler que la mise en boucle de courants intenses engendre des champs magnétiques considérables qui tendent à élargir le circuit.

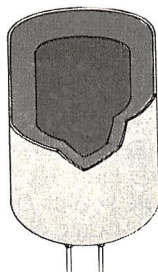
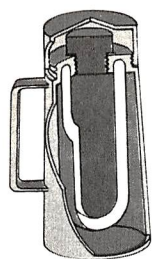
Il existe déjà des unités de stockage de ce type, construites essentiellement pour l'industrie nucléaire. Le prix de revient de cette méthode est très élevé, et il faudrait pouvoir réaliser des installations de capacité gigantesque — des dizaines de mégawatts — pour que la rentabilité soit intéressante.

La seconde forme d'énergie qui peut se passer de toute conversion n'est autre que la chaleur. Pour les physiciens, et pour les techniciens, c'est l'énergie la moins intéressante car sa transformation en une autre forme se fait toujours avec un rendement déplorable — 35 à 40% au mieux. Mais par contre, c'est l'énergie la plus

d'eau tiède dans des étangs bien protégés, sous forme d'eau chaude dans des réservoirs calorifugés, sous forme de sels ou de métaux fondus dans des enceintes faites de matériaux réfractaires.

Ces techniques sont toutes déjà utilisées à petite échelle ; ainsi, dans la sidérurgie, la chaleur à haute température est stockée depuis longtemps dans des matériaux solides présentant une chaleur spécifique élevée. La maîtrise de ces procédés sur une grande échelle pose encore de nombreux problèmes techniques, en particulier le transfert entre l'unité productrice et l'accumulateur, et le retour en sens inverse. Les machines thermiques réclament toujours des échangeurs, des fluides caloporteurs et des circuits parfaitement calorifugés pour fonctionner avec un bon rendement.

Reste enfin, toujours en ce qui concerne la chaleur, une technique de stockage très spéciale puisqu'elle constitue la voie inverse des moteurs thermiques : transformer la chaleur en carburant. L'idée est née en même temps que le nucléaire : les réactions atomiques produisent de la chaleur, laquelle est transformée en énergie mécanique par une machine thermique, puis en électricité avec un alternateur. Le nucléaire remplace ici le pétrole consommé dans les centrales thermiques, mais ne remplace pas les carburants utilisés par le transport et par diverses activités mobiles.



Conserver directement la chaleur sous sa forme originelle est un procédé utilisé depuis longtemps par les ballons d'eau chaude, les briques réfractaires ou les radiateurs à accumulation. Le rendement peut atteindre 75%.

Transformer une forme d'énergie en un carburant constitue une formule intéressante pour la durée de conservation et l'économie en volume. Le carburant idéal ne serait autre que l'hydrogène, mais le rendement de la transformation est faible — environ 50%.

répandue par la grâce du pétrole, du charbon, et du nucléaire.

Le stockage de la chaleur est apparemment bien résolu pour les énergies de faible niveau avec les dispositifs du genre bouteille thermos ou ballon d'eau chaude à usage domestique. Pour peu que l'isolement du réservoir soit très bon, la chaleur peut se conserver sans trop de pertes pendant des heures. On connaît de même les radiateurs électriques à accumulation et, pour de plus grandes puissances, la technique du stockage thermique sur lit de galets est assez bien maîtrisée.

Mais, dès qu'on veut étudier le problème de plus près, on constate que les solutions vont différer selon qu'il s'agit de stocker la chaleur à basse température, à moyenne température, ou à température élevée. A chaque fois, le volume nécessaire pour conserver la même quantité d'énergie diminue, mais l'isolation augmente. On peut ainsi conserver l'énergie sous forme

De plus l'électricité est, pour l'instant, peu commode à stocker.

Or l'essence, le fuel, le butane, etc. constituent des accumulateurs d'énergie excellents sous tous rapports : énorme puissance sous un faible volume, facilité d'utilisation, souplesse d'emploi, manipulation et transports faciles, etc. Il était donc intéressant de convertir une partie de l'énergie thermique des centrales nucléaires en un carburant de type classique.

Du moment que l'on dispose d'une source d'énergie suffisante, il est toujours possible de refaire des hydrocarbures à partir du carbone et de l'hydrogène. Ce dernier est abondant puisqu'il est un des constituants de l'eau (H_2O) ; le carbone est moins pratique à trouver. D'où l'idée de simplifier au maximum en ne gardant que l'hydrogène qui est un excellent combustible. Atout supplémentaire : aucune pollution car en brûlant l'hydrogène donne de l'eau.

A partir d'une source de chaleur, deux voies
(suite du texte page 161)

La guérison de la timidité

On parle beaucoup d'une récente découverte qui permettrait de guérir radicalement la timidité.

D'après W.R. Borg, la timidité ne serait pas une maladie morale, mais une maladie physique.

« Prenez, dit-il, un timide. Empêchez-le de trembler, de rougir, de perdre son attitude naturelle pour prendre une attitude ridicule. Montrez-lui comment il peut éviter ces manifestations physiques de son émotion et vous l'aurez guéri de son mal.

Jamais plus il ne se troublera, ni pour passer un examen, ni pour déclarer son amour à une jeune fille, ni même s'il doit un jour parler en public.

Mon seul mérite est d'avoir découvert le moyen qui permet à chacun, instantanément et sans effort, de maîtriser ses réflexes. »

Il semble bien, en effet, que W.R. Borg a trouvé le remède définitif à la timidité.

J'ai révélé sa Méthode à plusieurs de mes amis. L'un d'eux, un avocat, était sur le point de renoncer à sa carrière, tant il se sentait bouleversé chaque fois qu'il devait prendre la parole ; un prêtre, malgré sa vaste intelligence, ne pouvait se décider à monter en chaire ; ils furent tous stupéfaits par les résultats qu'ils obtinrent.

Un étudiant, qui avait échoué plusieurs fois à l'oral du baccalauréat, étonna ses professeurs à la dernière session en passant son examen avec un brio étourdissant.

Un employé, qui osait à peine regarder son directeur, se sentit soudain l'audace de lui soumettre une idée intéressante et vit doubler ses appointements.

Un représentant, qui hésitait cinq bonnes minutes devant la porte de ses clients avant d'entrer, est devenu un vendeur plein de cran et irrésistible.

Sans doute désirez-vous acquérir, vous aussi, cette maîtrise de vous-même, cette audace de bon aloi, qui sont si précieuses pour gagner les dures batailles de la vie.

Je ne peux pas, dans ce court article, vous exposer en détail la Méthode Borg, mais j'ai décidé son auteur à la diffuser auprès de nos lecteurs.

Priez donc W.R. Borg de vous envoyer son intéressant ouvrage documentaire « Les Lois Eternelles du Succès ». Il vous l'adressera gratuitement.

Voici son adresse : W.R. Borg, dpt. 805, chez Aubanel, 6, place Saint-Pierre, 84028 Avignon.

E. DE CASTRO.

METHODE BORG

BON GRATUIT

à découper ou à recopier et à adresser à :

W.R. Borg, dpt. 805, chez AUBANEL, 6, place Saint-Pierre, 84028 Avignon, pour recevoir sans engagement de votre part et sous pli fermé « Les Lois Eternelles du Succès ».

NOM _____ PRENOM _____

N° _____ RUE _____

CODE POSTAL _____ VILLE _____

AGE _____ PROFESSION _____

Aucun démarcheur ne vous rendra visite.

Agriculteurs en ailes volantes

Le goût du sport n'y perdra sans doute rien, mais la lutte contre les nuisibles y gagnera peut-être : d'ici quelques mois les premiers "Agriplanes" destinés à la pulvérisation des cultures seront commercialisés.

La vision eut enchanté Robida, l'optimiste dessinateur du XIX^e siècle qui peuplait d'hommes volants ses représentations du XX^e siècle. Au-dessus de la Beauce et du Beaujolais, de l'Artois et des Charentes, des agriculteurs, des viticulteurs, des maraîchers voltigeants... accrochés à des ailes volantes ! Roland Périnet, directeur d'une société de distribution de machines agricoles, avait exposé un prototype d'aile volante "agricole" au dernier Salon de l'agriculture. Plus de 700 lettres, de France et de l'étranger, notamment d'Afrique et d'Amérique du Sud, posaient la même question : pour quand la commercialisation ? Or, l'Agriplane 2000, motorisé et équipé pour la pulvérisation antiparasitaire, sera incessamment disponible à la vente.

Le prototype, une aile de 16 m² propulsée par un moteur de 15 ch, était un peu trop sportif ; il a donc été repensé. La charge du réservoir en insecticide (20 à 30 l/ha) exigeait une plus grande voilure. Le modèle commercial sera donc pourvu d'une voilure de 23 m² capable de sustenter de 160 à 170 kg, soit le pilote et un réservoir de 90 l. La propulsion est assurée par une hélice à 4 pales entraînée par un moteur bicylindre de 30 ch. La pulvérisation est actionnée par un groupe motopompe qui envoie le produit de traitement du réservoir vers une rampe équipée de buses. De chaque côté de la rampe rigide de 6 m peuvent s'articuler des éléments l'allongeant ainsi à 9 ou 12 m. La rampe la plus large ne déstabilise pas l'appareil mais exige du pilote des virages plus larges, donc plus d'adresse. Le réservoir, en polyester moulé en siège, est mixte : une partie contient le mélange deux-temps qui alimente les

2 moteurs (aile volante et pompe), l'autre le produit de traitement. Une batterie assure le démarrage électrique des moteurs et commande les vannes qui ouvrent et ferment les buses.

Ainsi, quand, en bout de ligne, le pilote doit tourner, il appuie sur un bouton pour arrêter la pulvérisation qu'il reprendra après son virage, sans avoir éclaboussé les cultures voisines. Le confort permis par la batterie est aux dépens de la charge du réservoir, diminuée d'autant. Mais un démarrage et des commandes mécaniques manuelles ou à pédale existent aussi pour les sportifs (ou les moins fortunés).

La vitesse d'avancement est de 40 à 60 km/h et ne doit jamais tomber au-dessous de 30 km/h, sous peine de s'aplatir dans le champ. Le débit de la pompe varie de 60 à 80 l/mn. La pression aux buses est entre 2 et 4 kg/cm². Elle se calcule au départ en fonction de la vitesse d'avancement et du volume à pulvériser par hectare. Un manomètre de pression permet de la contrôler en cours de vol.

Le pilote peut faire varier son altitude de 50 cm au-dessus des cultures, à l'instar des hélicoptères et des avions, jusqu'à 1 500 m (position touriste). Selon la charge du réservoir, la vitesse ascensionnelle moyenne est de 1 à 3 m/sec. et la distance pour décoller de 20 à 50 m. Inutile de préciser que, pour traiter en toute sécurité, il faut des aires dégagées sans arbres ou poteaux électriques. Le bocage dense n'est donc pas particulièrement propice !

Les applications de ce nouveau candidat aux traitements aériens seront les mêmes que celles de l'avion ou de l'hélicoptère, dont le développement en France est han-



Le siège de l'Agriplane 2000 est moulé dans le réservoir séparé en deux compartiments : d'un côté le mélange deux-temps des moteurs ; de l'autre le produit de pulvérisation pour 2 à 3 hectares.



dicapé par le morcellement des parcelles et la diversité des cultures. Les herbicides sont toujours exclus : les produits sont plus toxiques, le volume par hectare trop important et l'application trop précise. Mais les fongicides et insecticides sur vigne, céréales, maïs, colza, tournesol, forêt et même culture légumière sont envisageables. L'aile peut aussi sauver des récoltes là où le tracteur ne saurait entrer dans le champ sans risque de s'embourber ou de piétiner la végétation déjà haute.

De plus, l'heureux propriétaire peut décoller de chez lui, faire le plein et autres opérations de traitement dans un rayon inférieur à ce-



lui d'un hélicoptère (2 km souvent) ou d'un avion (10 à 15 km). Par contre, son autonomie est plus faible. A raison de 20 l/ha, un hélicoptère peut traiter 10 ha d'un seul vol, un avion 20 à 30; l'Agriplane: 3 ha seulement. Mais dans un deuxième temps, Roland Périnet compte adapter son système de pulvérisation aux petits volumes: moins de 5 l/ha. Ces doses sont actuellement fréquentes en cultures tropicales, dont les étendues permettent une certaine dérive des produits. Car c'est là le problème du bas volume: plus la dose à l'hectare est faible, plus les gouttelettes sont fines et facilement déportées. La pénétration du produit

risque aussi d'être moins profonde et homogène.

Mais rien à craindre côté pollution: pour voler, il faut un vent de vitesse inférieure à 20 km/h. Reste le risque de l'éventuelle panne de moteur ou de la faute de pilotage. La casse ne sera bien souvent que matérielle: tubes tordus et plantes couchées sous les roues du chariot qui supporte l'aile. Le gros modèle est, paraît-il, sans problème. C'est d'ailleurs plus un outil de travail qu'une aile avec laquelle on se fait plaisir. Un modèle intermédiaire, de 17 m² d'envergure, avec un moteur de 20 ch environ, une rampe de 6 m et un réservoir séparé de 30 l pour le traitement, est

actuellement à l'étude et conciliera mieux sport et utilité. Selon les améliorations apportées sur la voilure, le moteur, les rampes et les "gadgets" électriques, ces ailes volantes se vendront entre 25 000 et 50 000 F.

Pas question cependant de galipettes arrosées au calva: la circulaire du 8 janvier 1981 prévoit, sans doute, que les utilisateurs des "ultra-légers motorisés" peuvent ne posséder que le certificat d'aptitude théorique du brevet de pilote privé d'avion ou de planeur. Mais l'agriplane exigera sang-froid et précision, sans quoi la législation sévira.

Marie-Laure MOINET ■

Les francs-maçons de l'invention

Grands bénéficiaires des inventions du passé, les industriels se méfient des inventeurs contemporains. Tant que la routine leur fait gagner de l'argent pourquoi changer ! C'est ainsi que les industries se périment et que la créativité s'étirole. Pour remédier à cela un boucher de Marseille, inventeur lui-même, a créé un syndicat des inventeurs, qui a déjà 1 000 adhérents et qui fait merveille.

■ Au SNCUPI, on n'aime pas beaucoup le terme "inventeur". On cherche tous les moyens de ne pas l'utiliser. On préfère parler de chercheurs, de techniciens, d'innovateurs, d'usagers de la propriété industrielle. Le SNCUPI, c'est le Syndicat national de chercheurs et usagers de la propriété industrielle et intellectuelle. En fait le plus important groupement français d'inventeurs indépendants.

Pourquoi ne pas employer le terme d'"inventeur" ? Parce qu'en France il est devenu péjoratif. L'inventeur est un farfelu ; un amuseur pour foules persuadées de leur bon sens et de leur supériorité intellectuelle ; une perturbation contre laquelle les entreprises multiplient les barrages.

Barrage courtois, mais infranchissable, des secrétaires : « les services compétents ne manqueront pas de vous écrire » ; barrage des bureaux d'études : « si ça devait marcher, il y a longtemps que nous l'aurions trouvé, nous sommes payés pour cela » ; barrage des services marketing : « votre invention ne rentre pas dans le cadre de la stratégie commerciale que nous avons programmée, elle vient trop tard (ou trop tôt) ; le marché ne s'y intéressera pas ».

Le SNCUPI a été créé pour réagir contre cet état de fait, pour sortir les inventeurs du ghetto dans lequel on les enferme, pour les conseiller et les aider à tous les stades de leur création : mise au point du prototype, protection, va-

lorisation, négociation et défense contre les contre-facteurs, les contrats non honorés, les royalties non versées. Aucune démagogie : le SNCUPI refoule les "faux" et les "mauvais" inventeurs.

Les "faux inventeurs", ce sont ceux qui inventent le mouvement perpétuel ou qui réinventent ce que d'autres ont déjà inventé depuis longtemps.

Les "mauvais inventeurs" ce sont ceux — il y en a — qui par un intérêt mal compris, ou parce qu'ils sont financièrement acculés, vendent plusieurs fois la même invention à des entreprises différentes ou qui, leur invention vendue, continuent à la perfectionner et à déposer de nouveaux brevets, sans en informer l'entreprise avec laquelle ils ont traité. Lorsque se présentent de tels inventeurs, peu scrupuleux, jouant contre leur partenaire, c'est-à-dire contre eux-mêmes, le SNCUPI n'hésite pas : il défend l'industriel. Car c'est dans les deux sens qu'il entend rétablir la confiance et moraliser les rapports inventeurs-entreprises.

C'est sans doute ce sérieux et cette rigueur qui expliquent le succès de SNCUPI. Ce dernier a été créé à Marseille⁽¹⁾, par sept personnes, en novembre 1977, sous la forme d'un syndicat conforme à la loi de 1884 — et non d'une association

de la loi de 1901 — car, seule, cette forme juridique lui permettait d'agir sur les plans législatif, juridique et fiscal et, au besoin, d'aller en justice.

Fin 1977, le SNCUPI compte 25 adhérents ; fin 1978 il en a 200 ; aujourd'hui il en rassemble plus de 1 000 qui sont répartis sur toute la France. Participant au dernier Salon international des inventions de Genève, il occupe plus de 150 m², présente une trentaine d'inventions, récolte vingt-sept médailles, le Prix de l'Organisation mondiale de la santé, et le Grand Prix du Salon...

La rapidité de ce développement constitue une première surprise pour les membres fondateurs eux-mêmes, car il s'est effectué de façon totalement spontanée, sans promotion, sans battage publicitaire : c'est essentiellement le « bouche à oreille » qui a joué. Et, ce malgré des cotisations volontairement fixées à un taux élevé : 300 F pour les inventeurs indépendants ; 750 F pour les industriels.

Deuxième surprise : très rapidement, le SNCUPI reçoit de nombreux appuis. Des inventeurs, mais aussi des industriels, y adhèrent qui n'ont rien à lui demander en échange, simplement pour soutenir son action et manifester leur accord avec ses ambitions. Des conseillers en brevet, des professeurs de droit de la propriété industrielle et de droit fiscal, des avocats, etc. se mettent gracieusement à sa disposition pour offrir des consultations à ses adhérents, écrites au besoin car cela leur donne plus de poids et une arme dont on tient compte dans les négociations.

Troisième surprise : le SNCUPI prouve sur le champ son efficacité. Le plus souvent il parvient à régler les problèmes à l'amiable, à faire respecter les contrats et à obtenir les dédommagements. Quand c'est nécessaire, il va en justice.

Tout cela, le SNCUPI le fait gratuitement : il effectue les démarches, engage et règle les avocats, finance les procédures. L'inventeur ne règle au syndicat qu'un pourcentage calculé sur ce que l'action de ce dernier lui permet d'obtenir.

Cette bonne entente et cet esprit d'entraide constituent la quatrième surprise que l'on éprouve à rencontrer les adhérents du SNCUPI. Ils parlent volontiers de leurs inventions entre eux, la mettent en valeur, l'expliquent, la défendent, la "vendent" sans jalousie ni amertume, sans tenter de "tirer

(1) SNCUPI : 183, rue Paradis, 13006 Marseille. Tél. (91) 37.66.79. Permanence à la Chambre des Métiers de Lyon le premier mercredi de chaque mois, et à celle du Gard le troisième jeudi de chaque mois.

la couverture" à soi. Chacun se fait le "public-relation" de l'autre. D'où une commercialisation plus rapide des inventions, qui sont plus vite connues des entreprises susceptibles d'être intéressées.

Mieux : chacun aide l'autre à réaliser son invention. Le SNCUPI a mis en place un atelier pour que les inventeurs puissent fabriquer leurs prototypes. Toujours selon le principe de la gratuité, l'inventeur ne règle les services de cet atelier qu'au moment où il commercialise son invention. Dans cet atelier, en permanence, on dessine des plans, on monte des objets, on fabrique des machines ; et en groupe le plus souvent : chaque adhérent apporte à celui qui en a besoin ses compétences, ses talents, son savoir-faire dans tel ou tel domaine. A charge de revanche. Au point que l'on a dit du SNCUPI qu'il était "la franc-maçonnerie de l'invention".

Comment gagner des milliards de centimes sur le papier !

Le SNCUPI c'est un état d'esprit, c'est aussi un homme : Georges Aubert, fondateur et Président du Syndicat. Les pièges liés à l'invention, Georges Aubert les connaît bien. Il est l'inventeur de la chaîne automatique pour découper et éviscérer les porcs en continu (300 porcs à l'heure) et de la machine à creuser les tombes (*Science & Vie* n° 762, mars 1981, p. 126 ; *Science & Vie* n° 765, juin 1981, dans "Marchés à saisir"). Il est également l'inventeur d'une machine à désosser.

Georges Aubert, à l'origine, était boucher. Il s'installe à Marseille et réussit fort bien : en 2 ans, il ouvre cinq boucheries et prospère. Mais à partir de 1948, il travaille à mettre au point sa machine à désosser. Bientôt les frais sont trop importants : il doit vendre ses boucheries. Tout est englouti dans les frais de brevets, de prototypes, d'essais. En 1961, il reçoit une subvention publique de 700 000 F. En même temps, deux puissantes firmes, l'une allemande, l'autre américaine, s'intéressent à sa machine et proposent d'en acheter les brevets. Le ministère de l'Industrie préfère une solution française. Et, de fait, une grande entreprise de machines textiles (80% des pièces nécessaires à la machine à désosser sont déjà fabriquées pour des applications textiles), implantée dans l'Est, achète les brevets en 1966 : 15 millions de francs (1,5 milliard de centimes).

Tout va pour le mieux ? Non tout va commencer à aller au plus mal.

Ces 15 millions ne sont pas versés comptants et ils doivent être réglés au fur et à mesure de la commercialisation des machines. Cette entreprise s'était inscrite à l'invention de Georges Aubert en période de grave crise textile pour se diversifier, voire se reconvertir. Mais le général de Gaulle se rend dans les pays de l'Est. Des accords commerciaux sont passés, les frontières s'ouvrent, le textile redémarre, les commandes affluent et les délais de livraison atteignent 28 mois. Du coup, on ne s'intéresse plus à la machine à désosser. Plus rien ne marche et Georges Aubert se retire. Nous sommes en 1973. Sept ans ont été perdus.

Mais ce n'est qu'un début. De procès en procès, il faudra encore 7 ans à Georges Aubert pour récupérer la pleine et entière propriété de ses brevets. Fin 1980, seulement, les choses sont réglées : Georges Aubert se voit attribuer ses brevets par les tribunaux ainsi que ceux déposés dans son dos par l'entreprise textile et 900 000 F d'indemnités. Mais il a perdu 14 ans, au total, alors que la durée de vie d'un brevet est limitée à 20 ans...

Entre temps, Georges Aubert a inventé sa machine à creuser les tombes. L'histoire en est à peu près la même que celle de la machine à désosser.

De ces deux expériences, Georges Aubert a tiré la leçon. Aujourd'hui, il conseille de ne jamais vendre ses brevets, aussi mirifiques soient les propositions, mais de donner des licences de fabrication. D'autant que nombre d'entreprises achètent des brevets d'inventions qu'elles n'ont aucune intention de mettre sur le marché car ces brevets leur serviront seulement pour obtenir des subventions et des crédits bancaires (qu'elles utilisent à d'autres fins) ou à réaliser des opérations d'évasion fiscale : un dirigeant de société propriétaire d'un brevet peut le vendre à sa propre entreprise, au prix qu'il veut, pour éponger des bénéfices qui iront ainsi dans sa poche plutôt qu'au fisc.

Également, Georges Aubert conseille aux inventeurs de donner aux entreprises, non pas des idées, ni même des prototypes mais, dans toute la mesure du possible, des produits finis, des préséries déjà testées chez des utilisateurs : de préciser par contrat que l'entreprise et son bureau d'études ne pourront pas modifier fondamentalement les inventions qui leur sont confiées et que les perfectionnements qui y seront apportés se-

ront considérés comme faisant partie du brevet d'origine.

Dernier conseil majeur : ne pas perdre de temps ; ne pas se contenter de promesses. Si l'entreprise est vraiment intéressée et si elle n'a pas l'intention de détourner le brevet, elle doit prendre une décision rapide et payer l'inventeur autrement qu'avec des mots.

A cet égard, nous reproduirons deux lettres adressées à quelques mois de distance par une entreprise à un inventeur indépendant.

« Monsieur,

» Nous vous confirmons notre accord pour le montant du brevet, soit 100 000 F.

» Comme vous le souhaitez, cette somme sera versée en une seule fois à la signature du contrat.

» L'achat du brevet ne se fera effectivement qu'après acceptation du prototype par la Direction commerciale.

» Nous vous demandons donc de bien vouloir nous adresser le film fait par la télévision.

» Nous aimerions vous rencontrer, afin de présenter l'appareil à notre Direction commerciale.

» Dans cette attente... »

Deuxième lettre, quatre mois plus tard et après de multiples et coûteux déplacements de l'inventeur marseillais auprès de la firme parisienne.

» Après une dernière réunion de la direction générale-direction commerciale, nous avons le regret de vous annoncer que le projet de réaliser un nouvel appareil du type... a été abandonné.

En effet, pour diverses raisons, l'optique de notre société est désormais de compléter sa gamme de...

» Nous sommes vraiment désolés qu'il se soit écoulé un laps de temps aussi long entre notre premier contact et une issue malheureusement négative.

» En souhaitant que ce retard n'aura pas été la cause de trop de préjudices... »

L'inventeur n'a aucun recours. La première lettre, habilement tournée, confirmait un accord "pour le montant du brevet" et non "pour l'achat du brevet".

En admettant que l'entreprise soit parfaitement honnête et ne soit pas en train de détourner l'invention, il n'en reste pas moins qu'elle a causé un tort considérable à l'inventeur. Ce dernier, de son côté, a eu l'imprudence de considérer l'affaire comme signée et de ne pas donner suite aux autres contacts qu'il avait eus, contacts aujourd'hui bien difficiles à renouer...

Gérard MORICE ■

Les Mata-Hari de la mer

Elles ne prennent pas des bains de champagne rosé, mais d'eau salée. Elles n'arrachent pas les confidences sur l'oreiller, mais volent les secrets de l'océan. Elles ne téléphonent pas aux ambassades étrangères, mais aux satellites. Elles ne finissent pas devant le peloton d'exécution, mais, parfois dans les filets des pêcheurs. Car ces belles espionnes ne sont pas des bayadères, mais des bouées !

■ Quand on les découvre de loin, pointant à la surface de la mer, elles font penser à des périscopes. Vues de près, l'illusion s'estompe : le périscopie devient capsule longiligne, haute de 3 à 4 mètres, avec, près du sommet, une couronne d'instruments hétéroclites. Un plongeur s'apercevrait que la tige se prolonge sous les flots, descendant jusqu'à 7 mètres sous le niveau de l'eau. Telles se présentent les BP 77 : les bouées-perches collectrices de données. Leur rôle : espionner la mer.

Construites en France par la société Suber, les BP 77 sont fixes ou itinérantes. Fixes, elles sont ancrées dans des lieux déterminés qui réclament une étude permanente. Itinérantes, elles suivent les courants, traînant une ligne flottante de 40 mètres, à l'extrémité de laquelle pend un câble de 120 mètres porteur d'une ancre flottante de 45 mètres carrés.

Ces bouées-perches ne seraient que de nouvelles versions des bonnes vieilles bouées océanographiques, si elles n'étaient prodigieusement loquaces et intégrées à un système qui permet l'exploitation du renseignement en quelques heures. Localisées en permanence par les deux satellites *Tiros-N* du système Argos (voir encadré p. 90), elles émettent continuellement des messages que les satellites réexpédient au centre terrestre de traitement des données. Elles sont équipées pour enregistrer toutes sortes de renseignements : température de l'eau, de l'air, pression barométrique, état de la mer, direction et vitesse du vent et des courants, salinité, etc.

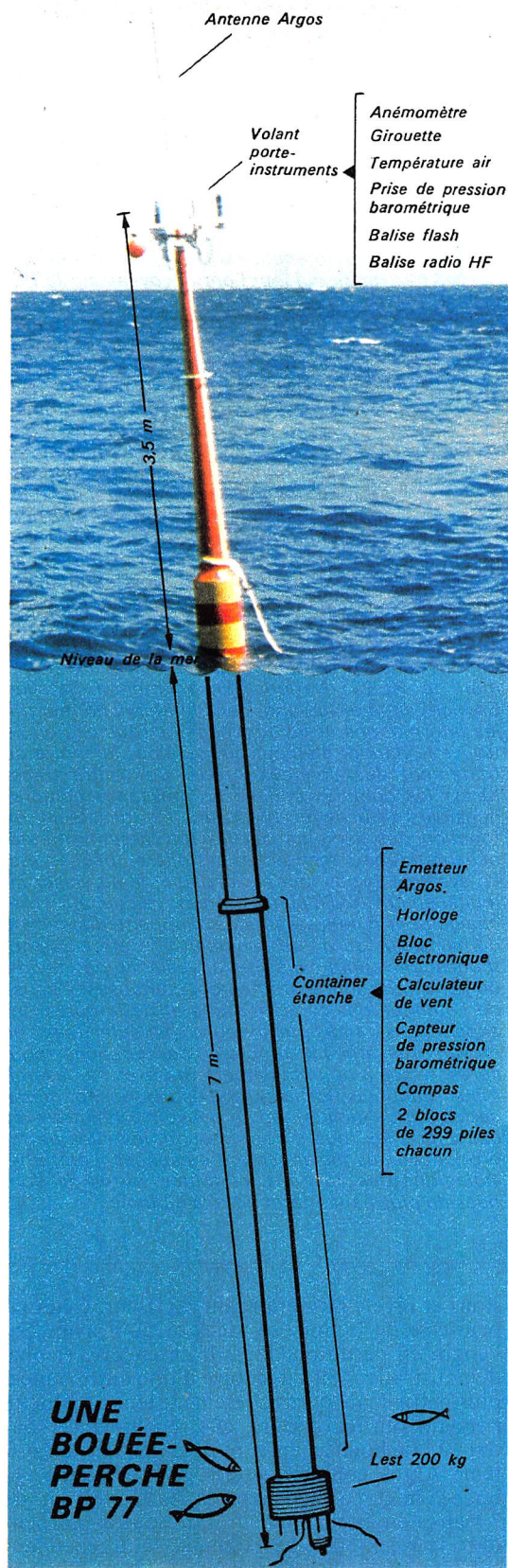
Un exemple : les prises de température de l'eau à différentes profondeurs indiquent la position de la thermocline, interface qui sépare les eaux chaudes de surface des eaux sensiblement plus froides des profondeurs. Or, l'étude des

mouvements de la thermocline peut être à l'origine de pêches miraculeuses, surtout quand sont détectées des remontées d'eaux froides (phénomène d'*upwelling*), riches en éléments nutritifs. C'est grâce à l'observation des déplacements de la thermocline au large des côtes équatoriennes et péruviennes qu'ont été réalisées des pêches d'anchois se chiffrant par millions de tonnes. C'est aussi en fonction de la position de la thermocline que le thon est traqué aux alentours des Açores : ce poisson, en effet, s'il aime les eaux ensoleillées, se déplace volontiers sous la thermocline pour y chasser.

Enfin, très importante en acoustique sous-marine en raison des modifications qu'elle apporte aux chenaux sonores, la thermocline est une frontière également surveillée par les militaires, en particulier pour le repérage des grands sous-marins de haute mer.

Avril 1981 : à cent milles environ au sud de l'île de Pico, dans l'archipel des Açores, des plongeurs se mettent à l'eau, sous la direction de Jorge Albuquerque. Ce ne sont ni des pirates ni des saboteurs, mais des Portugais qui effectuent une mission dans le cadre de la collaboration du Portugal avec le Marché commun. Avec l'appui du gouvernement des Açores et du navire océanographique *Norwega*, de l'Institut portugais d'investigation des pêches, ils participent à l'opération "Cost 43", dont le but est double : 1° récupérer les bouées qui ont besoin d'être révisées après des mois de navigation et d'émission ; 2° réaliser un film explicatif.

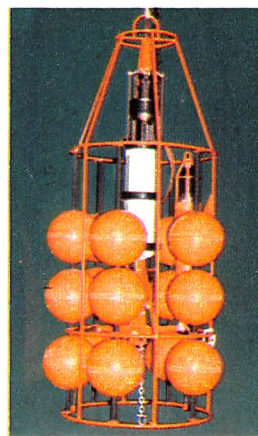
« En effet, nous confie Jorge Albuquerque, il faut informer le plus largement possible les gens de la mer sur le rôle joué par les bouées. La présence de ces engins a surpris nombre d'entre eux et provoqué parfois des réactions négatives.



Si la plupart des pêcheurs coopèrent efficacement avec les autorités, fournissant des informations précieuses sur l'état et le comportement des BP 77, les choses ne se passent pas toujours aussi bien. »

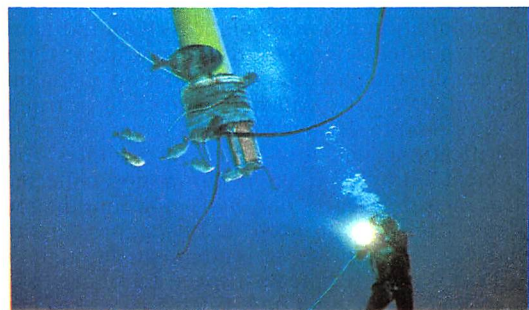
C'est vrai, des bateaux non identifiés ont volé un jour l'ancrage et les chaînes métalliques d'une bouée, qui fut retrouvée endommagée et inutilisable. Une autre fois, une bouée fut récupérée de justesse, alors qu'elle était presque submergée. En ce qui concerne les balises itinérantes, les avaries constatées sont généralement moins graves et proviennent plus de la curiosité que d'une volonté de dégradation. C'est pour prévenir ces actes de malveillance et ces réactions d'incompréhension que le film va être tourné : il expliquera aux pêcheurs que les bouées "roulent" pour eux.

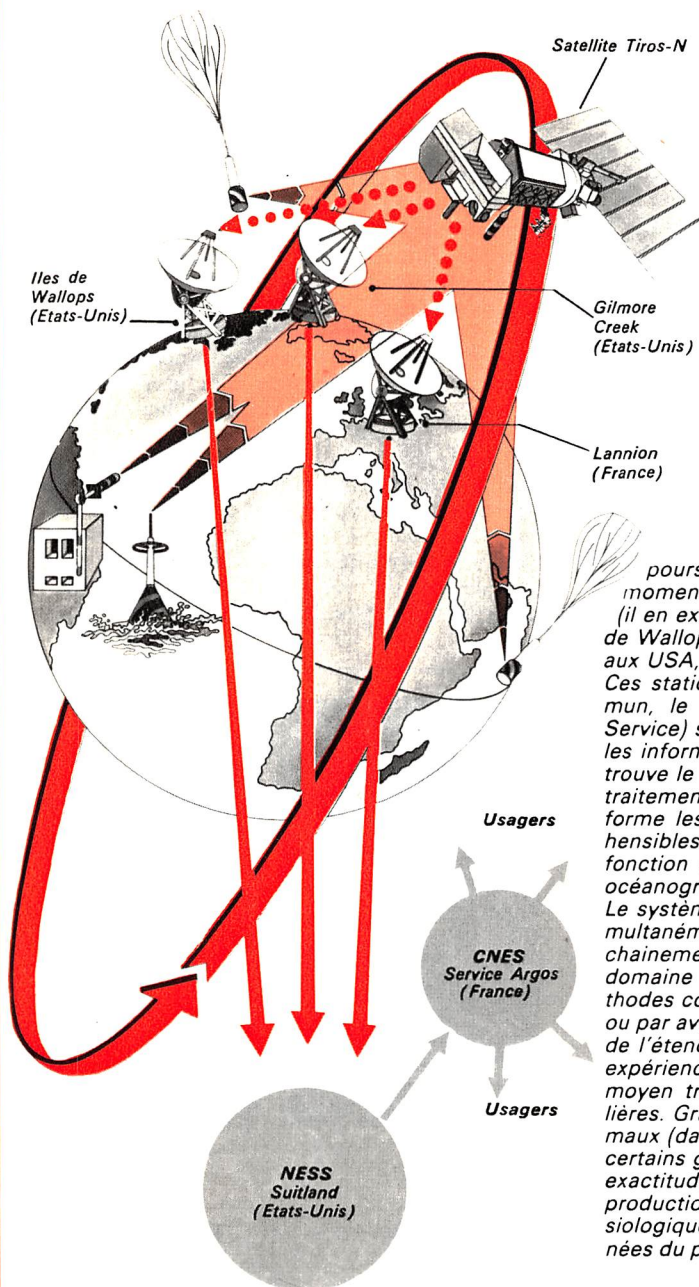
Interrogé sur ces incidents, Pascal Amanjean, spécialiste de l'instrumentation océanographique à la société Suber, fait contre mauvaise fortune bon cœur : « Ces diverses péripéties ont au moins prouvé une chose : l'exceptionnelle fiabilité des BP 77. Je citerai deux exemples. Du golfe de Gascogne, le CNEXO (Centre national



LES ROBOTS SOUS-MARINS : à gauche, une station fixe pour observer le plateau continental ; à droite, une station ascenseur pour étudier les courants de fond.

CERTAINS POISSONS, ATTIRÉS PAR LES BOUÉES, en ont fait des lieux de promenade privilégiés. Cette forme étrange de commensalisme n'est pas passée inaperçue des pêcheurs qui se sont mis, eux aussi, à fréquenter les BP 77.





QU'EST-CE QUE LE SYSTÈME ARGOS ?

Les bouées-perches BP 77 font partie du système français Argos, qui fonctionne avec le support de deux satellites américains Tiros-N, placés sur orbites polaires croisées à 90°. Les satellites sont en permanence à l'écoute des informations qui leur sont envoyées sur la fréquence 401,6 MHz. La collecte des données est faite par les bouées, mais aussi par d'autres "plates-formes" (ballons-sondes, phares, stations météo, pétroliers, navires divers) qui émettent toutes les minutes des messages contenant diverses informations scientifiques codées.

Au reçu des messages, le satellite identifie et localise la plate-forme émettrice, stocke l'information dans sa mémoire et poursuit sa rotation autour de la terre jusqu'au moment où il est interrogé par une station au sol (il en existe trois, établies respectivement sur l'île de Wallops, aux USA, à Gilmore Creek, également aux USA, et à Lannion, en France).

Ces stations au sol sont reliées à un centre commun, le NESS (National Environmental Satellite Service) situé à Suitland, dans le Maryland, qui trie les informations et les réexpédie à Toulouse où se trouve le dernier élément du système : le centre de traitement des données Argos. Ce centre transforme les données codées en messages compréhensibles diffusés par télex vers les utilisateurs, en fonction des secteurs qui les intéressent : météo, océanographie, recherche pétrolière, pêche, etc. Le système Argos, qui est capable de surveiller simultanément 16000 plates-formes, va connaître prochainement d'intéressants développements dans le domaine du "suivi" des animaux. En effet les méthodes conventionnelles de surveillance par navires ou par avions sont extrêmement coûteuses, à cause de l'étendue des zones d'étude et de la durée des expériences, tandis que le "suivi" par satellite est un moyen très efficace d'obtenir des données régulières. Grâce à de petits émetteurs fixés sur les animaux (dauphins, tortues, requins pèlerins, et même certains gros gibiers), on va pouvoir connaître avec exactitude les routes de migration, les sites de reproduction, les mélanges entre espèces, l'état physiologique des animaux, et toutes sortes de données du plus haut intérêt pour la biologie. □

d'exploitation des océans) recevait quotidiennement par télex les messages de position d'une bouée dont le parcours se dessinait avec logique sur la carte. Un beau jour, surprise ! la trajectoire présente des anomalies ! On procède à des vérifications au centre Argos, les satellites *Tiros* prêtent l'oreille, et les informations collectées tracent sur la carte une ligne qui conduit tout droit à un port du nord de l'Espagne. Aussitôt avisées, les autorités se rendent sur le quai... et voient arriver le bateau suspect. La bouée "kidnappée" avait continué fidèlement ses émis-

sions et révéla l'itinéraire du ravisseur. Celui-ci, peut-être de bonne foi, déclara qu'il avait cru l'engin en perdition. Plus drôle encore, et plus démonstrative, est l'aventure d'une autre bouée, plus petite mais particulièrement tenace. Muette pendant plusieurs jours, elle recommence soudain à crachoter, à émettre péniblement. Le système Argos contrôle, interroge et s'étonne : la bouée émet correctement, mais seulement de 7 heures du matin à 6 heures du soir, et pas pendant le week-end ! Les signaux sont cependant suffisants pour que l'engin soit retrouvé : il était

(suite du texte page 162)

Comment réussir un élevage d'escargots

Les "petits élevages" ont suscité bien des malentendus. Souvent présentés comme des passe-temps lucratifs, ils se sont maintes fois révélés ruineux. En fait, on ne s'improvise pas éleveur d'escargots, d'écrevisses, de grenouilles, etc. Il faut un minimum de connaissance et de savoir-faire. Pour le savoir-faire, Science & Vie ne peut rien. Pour les connaissances, nous pouvons peut-être vous aider. Tel est en tout cas l'objectif de cette série, qui commence ce mois-ci avec l'escargot.

■ Imaginez un camion chargé de 18 tonnes d'escargots... Un véritable grouillement, des montagnes de bulles, un déluge de bave!... Et ne croyez pas que ce spectacle surréaliste, ou hyperréaliste, soit exceptionnel. La France, en effet, a importé en 1980 plus de 7000 tonnes d'escargots! Certes, tous n'étaient pas vivants — il y en avait de congelés — et certains sont arrivés par bateau — venant de Taïwan ou des Philippines —, mais bon nombre des colimaçons en provenance de Hongrie, de Yougoslavie, d'Albanie, de Turquie ou de Grèce ont rallié les usines de conditionnement françaises par voie routière.

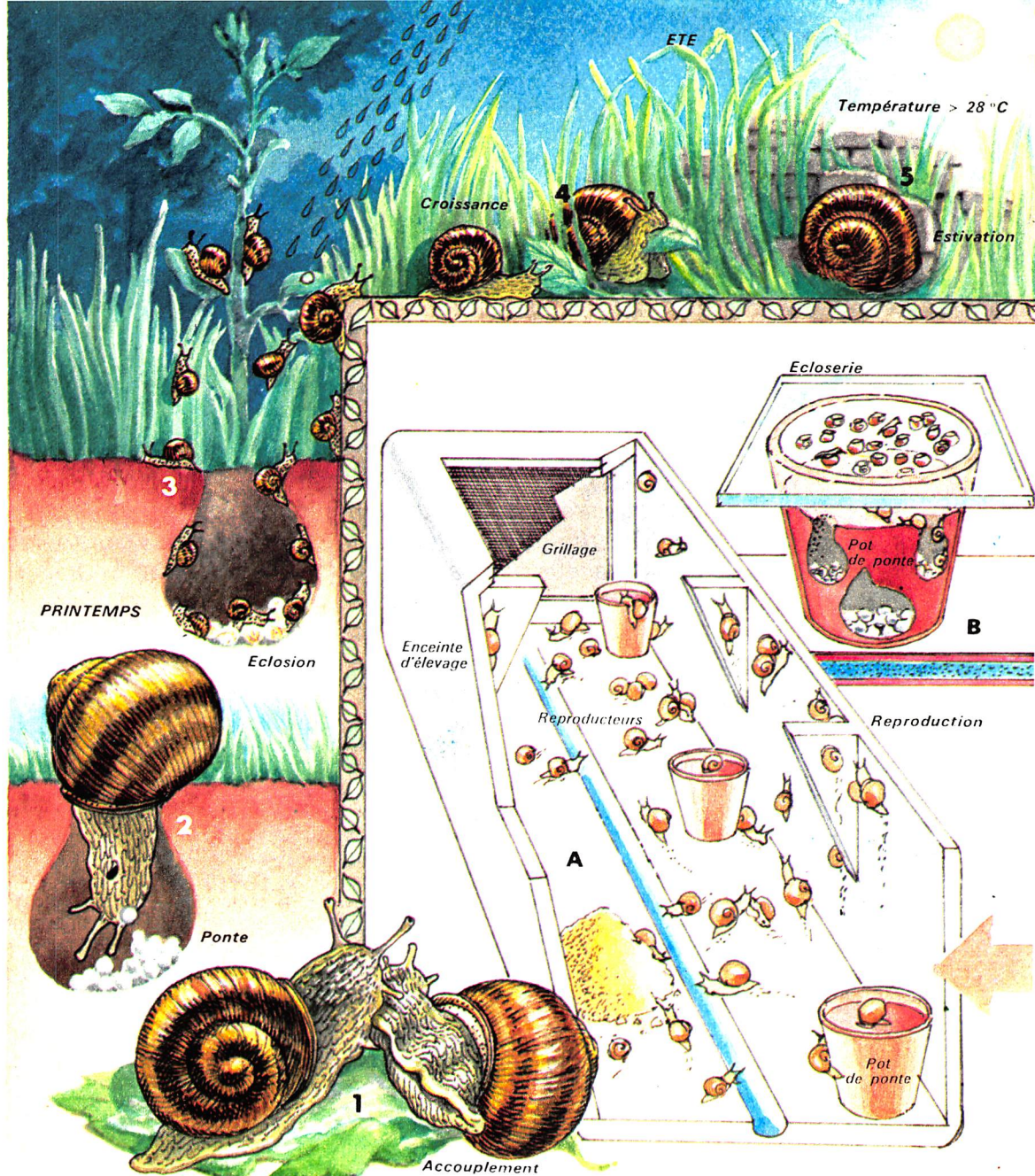
Pourquoi, allez-vous demander, importer ces petites bêtes? Il n'en manque point chez nous, au grand dam, d'ailleurs, des horticulteurs et des jardiniers! Il faut croire que notre gourmandise nationale fait encore plus de ravages chez les gastéropodes que ceux-ci n'en font parmi les salades. En tout cas, le fait est là, notre pays est le premier consommateur mondial d'escargots: 40 000 tonnes par an, dont les trois quarts sont dégustés par ceux-là mêmes qui les ont ramassés. La France vient également en tête pour la transformation et la valorisation de l'escargot: en 1980, les exportations de conserves, d'escargots préparés ou cuisinés ont rapporté près de 64 millions de francs, ce qui n'a toutefois pas été suffisant pour rétablir l'équilibre de notre balance commerciale escargotière, puisque, du fait de nos importations, l'exercice s'est quand même soldé par un déficit de 57 millions de francs!

Mais il y a plus grave que ce déficit commercial, somme toute ridicule en regard de l'hémorragie de devises causée par nos achats pétro-

liers: c'est tout simplement l'amenuisement du produit. En France comme à l'étranger, les escargots se font rares. Trop ramassés — n'oublions pas que la collecte est actuellement le principal mode d'approvisionnement —, ils sont aussi victimes du progrès technique et de la rapacité humaine. L'agriculture intensive, l'emploi des pesticides, l'extension du réseau routier, le débroussaillage, le ramassage illégal des individus non parvenus à maturité sont pour beaucoup dans la raréfaction de l'espèce. On estime ainsi que plus de 90% des petits-gris disparaissent avant d'avoir atteint l'âge adulte!

Face à cette situation, il ne reste plus aux amateurs d'escargots farcis qu'à adapter leur goût à de nouvelles races d'Hélix: le gros-gris d'Algérie, très amer lorsqu'il a mangé de l'aloès; l'escargot turc, encore plus gros que le Bourgogne; l'achatine d'Extrême-Orient, dont la coquille allongée en forme de cône abrite une chair, paraît-il, caoutchouteuse. Quant aux amateurs de petits-gris de Provence, de Bretagne ou des Charentes, aux inconditionnels du Bourgogne, qu'il soit de l'Est ou des Causses, il ne leur reste plus qu'un espoir: l'élevage des précieux gastéropodes.

Jusqu'ici, les quelques expériences qui ont été tentées n'ont guère été couronnées de succès. Certes, il s'agit d'un domaine relativement nouveau, encore marginal, et chaque éleveur (appelé héliculteur) est obligé de tester diverses méthodes, car il n'existe pas encore de "recette" infaillible. D'autres pionniers, victimes d'une publicité tapageuse, ont acquis des matériels prétendument miracles qui les ont fait rouler non point sur l'or, mais sur la paille. Dans l'armoire à casiers de la firme Gastéropolis, par



LE PETIT-GRIS D'ÉLEVAGE ET LE PETIT-GRIS DES CHAMPS

Dans la nature, les petits-gris s'accouplent au printemps (1) et une seconde fois à l'automne dans les régions océaniques. 15 jours environ après l'accouplement, ils creusent un petit terrier et y pondent entre 80 et 140 œufs, qu'ils recouvrent de terre (2). 14 à 30 jours plus tard, les nouveau-nés éclosent et remontent à la surface (3). La croissance, très importante au début (4), ralentit ensuite jusqu'à l'état adulte, où elle s'arrête (6, 8, 9). S'il fait trop chaud, il estive (5); pendant l'hiver, il hiberne (7). Dans les deux cas, il obture sa coquille par un bouchon de mucus et vit sur ses réserves. A la fin de sa croissance, il "borde" sa coquille. C'est le signe qu'il est adulte. Il a alors 12 et 18 mois (9).

Dans un élevage, on peut régler la température, l'humidité et la lumière du bâtiment qui héberge les

escargots, et accélérer ainsi leur croissance. Les adultes sont mis dans des boîtes aérées, avec nourriture et abreuvoirs. Ils s'accouplent et vont pondre dans des pots disposés à cet effet (A). Les pots "ensemencés" sont remplacés et posés sur des supports, pour l'incubation (B). Les nouveau-nés sont récupérés sur une plaque et délicatement versés dans les boîtes de la nursery (C). A six semaines, ils sont triés selon leur taille en lots plus homogènes (D). Après 3 mois, ils peuvent être engraisés en parcs extérieurs (E) ou dans des boîtes en bâtiment chauffé. En extérieur, il faut prévoir un système anti-fuite (sel, clôture électrique), le maintien de l'humidité, des abris et une protection contre les prédateurs. Dès 5 à 6 mois, les petits-gris, adultes, peuvent être commercialisés (F).



Croissance

6

Nursery

Température $\approx 20^{\circ}\text{C}$
Hygrométrie $\approx 80\%$

C

Récupération
des nouveau-nés



Premier âge

Eponge

Grillage

Deuxième âge

D

Engraissement

Filet

Rampe d'arrosage

E

Système
anti-fuite
(sel, clôture
électrique)

Farine
poudre calcaire

Salade

Maturité :
5 à 6 mois

Grillage

Lessons de bouteille

Prédateurs

F

Commercialisation

Température $< 7^{\circ}\text{C}$

7

Hibernation

HIVER

8

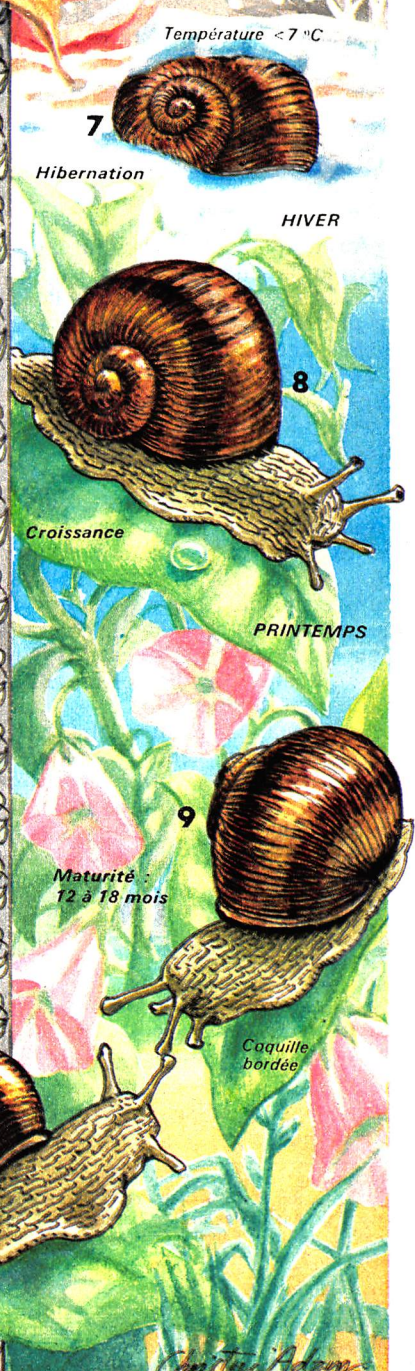
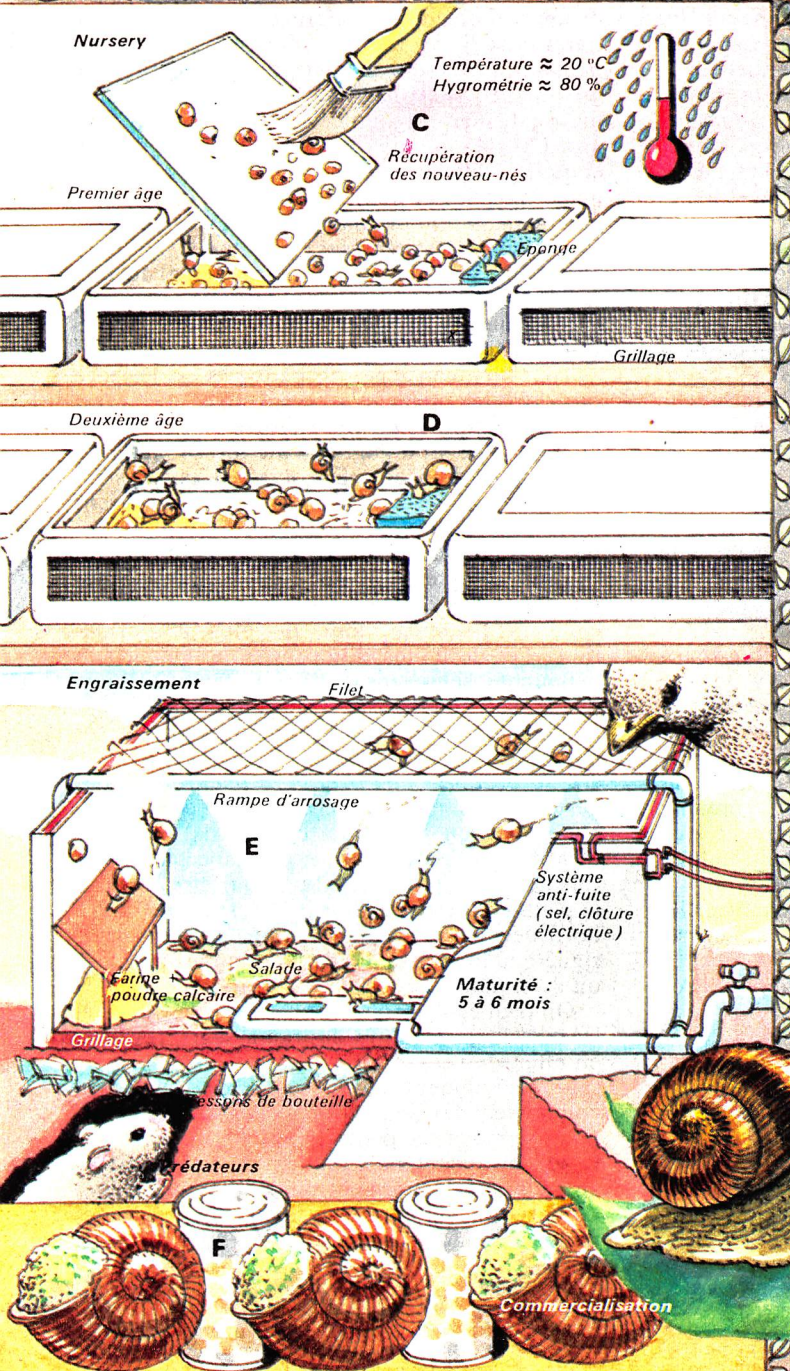
Croissance

PRINTEMPS

9

Maturité :
12 à 18 mois

Coquille
bordée



exemple, les escargots dépérissaient faute d'une aération suffisante et d'un nettoyage rendu impossible par la disposition des casiers et l'utilisation de terre comme substrat d'élevage.

Bref, l'élevage de l'escargot est présentement l'œuvre de quelques autodidactes, jaloux de leurs "secrets", mais dont les résultats sont encore si discrets qu'ils ne bénéficient d'aucun statut officiel et que leur tâche ne relève d'aucune activité agricole reconnue. Cela ne signifie nullement que l'élevage d'escargots soit un mythe. Les Romains, très friands de gastéropodes, les élevaient déjà en quantités énormes dans des parcs (*cochlearia*) clos par des banquettes de cendres ou de sciure de bois ; ils étaient même parvenus à les acclimater dans les provinces conquises. Hélas ! nous ne savons pas grand-chose de leurs méthodes, sinon qu'elles ne seraient sûrement plus adaptées à nos actuelles nécessités.

Aujourd'hui, l'héliciculture, stimulée peut-être par la demande, connaît un renouveau certain. Des structures de recherche et de diffusion se mettent en place de façon tout à fait officielle. Une Commission nationale hélicole a été créée le 5 juillet 1979 : elle regroupe des représentants de l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) et des universités de Rennes et de Besançon, pour la partie recherche ; des représentants de l'ITAVI ⁽¹⁾, pour la partie développement, et des membres de l'administration pour le soutien financier et le contrôle de la production. D'autre part, une convention passée entre l'ITAVI, l'INRA et l'université de Rennes a donné naissance, en mai 1980, à un centre hélicole installé à la station INRA du Magneraud (Charente-Maritime). Réalisé sous l'autorité de l'ITAVI, animé par cinq techniciens de l'INRA, financé en partie par l'établissement public de la région Poitou-Charente, ce centre est placé sous la direction scientifique de M. Daguzan, enseignant-chercheur à l'université de Rennes. Un premier établissement du même genre avait été créé en juin 1978 : le centre universitaire d'héliciculture de Besançon ⁽²⁾, dirigé par M. Deray, et qui s'est donné pour mission de faire bénéficier les éleveurs des retombées pratiques de la recherche.

Mentionnons enfin, pour être complet, l'Association de recherche et d'application pour l'héliciculture (ARAH), qu'anime depuis six ans un chercheur indépendant du Gers, M. Chevallier, et qui publie un bulletin, *l'Escargot écologiste*, dans lequel ses membres échangent leurs expériences.

(1) Institut technique de l'aviculture. Il organise des sessions d'information et de formation destinées à tous ceux qu'intéresse l'élevage des escargots. La prochaine aura lieu le 19 novembre 1981 à Paris. ITAVI : 22, avenue Janvier, 35100 Rennes.

(2) A l'université de Besançon, un laboratoire, associé au CNRS (Centre national de la recherche scientifique), mène depuis quinze ans des recherches fondamentales sur l'appareil reproducteur et le cerveau de l'escargot. C'est à l'initiative de ce laboratoire qu'a été créé le centre d'héliciculture.

Ainsi, petit à petit, l'élevage d'escargots sort de sa marginalité et accède au rang de production sérieuse, digne d'être prise en considération. Mais, attention, on ne s'improvise pas héliculteur : il s'agit d'une activité qui exige à la fois certains moyens financiers, une bonne dose de travail et une honnête technicité. A l'usage des vocations solides, voici les enseignements que l'on peut d'ores et déjà tirer des expériences pilotes menées par les chercheurs.

Quels escargots élever ? Pour commencer, les produits indigènes. En France, le choix est restreint et se limite en fait à deux espèces : *Helix pomatia*, l'escargot de Bourgogne, appelé aussi gros-blanc ; *Helix aspersa*, le petit-gris, dénommé également cagouille. Le Bourgogne, plus gros (40 à 45 mm de diamètre au plus fort de la coquille), vit dans des terrains calcaires, limoneux, meubles et point trop humides. Le petit-gris (28 à 39 mm de diamètre) s'accommode de sols moins calcaires, car sa coquille est plus mince et le petit opercule (l'épiphragme) qui obture celle-ci lorsque l'animal hiberne, est d'origine muqueuse et non calcaire, comme chez le Bourgogne.

Tout bien considéré, le petit-gris est l'espèce qui offre les meilleures perspectives d'élevage. Dans la nature, il est adulte entre 12 et 18 mois, alors que le Bourgogne n'atteint sa maturité qu'au bout de 3 ans. En outre, il est plus fécond : 80 à 100 œufs par ponte, contre une trentaine pour le Bourgogne (il y a en moyenne 2 périodes de ponte par an). Enfin, les recherches sur son compte sont plus avancées que celles qui concernent le Bourgogne : le candidat héliculteur bénéficie donc de plus d'informations... et de moins d'imprévisible. Quant aux débouchés, si les gens de l'Est préfèrent le Bourgogne, ceux de l'Ouest et du Sud-Ouest aiment mieux le petit-gris — et les Parisiens apprécient autant les deux espèces.

Où se procurer ses premiers escargots ? Les gastéropodes n'ayant encore fait l'objet d'aucune sélection génétique, on peut se contenter de ramasser l'espèce locale. En respectant toutefois les prescriptions légales : pour être collecté, le petit-gris doit être "bordé", c'est-à-dire que le bord de sa coquille doit être légèrement ourlé, signe que la croissance de l'animal est achevée, qu'il est adulte ⁽³⁾.

On peut également les acheter sur les foires et les marchés, ou auprès des ramasseurs. Il existe, en effet, de véritables professionnels du ramassage, notamment dans le monde gitan, qui connaissent les bons coins et les caches hivernales, lorsque les petits-gris s'enfouissent dans le sol, ou du moins s'y abritent (seul le Bourgogne s'enterre vraiment pour hiberner). Quant aux prix, ils varient selon les saisons : entre les mois de grande production (mai, juin, août et

(3) Pour l'escargot de Bourgogne, la réglementation est différente : il faut que le diamètre de la coquille atteigne au moins 3 cm. De plus, la période de ramassage est limitée : elle va du 1^{er} avril au 30 juin inclus. Enfin, les communes peuvent interdire tout ramassage par simple arrêté municipal.

septembre) et l'hiver, ils passent facilement de 15 à 35 F le kilo (1 kilo représente une centaine de petits-gris).

Combien d'escargots faut-il pour commencer un élevage ? Tout dépend de la technique employée : élevage en boîtes hors-sol ou élevage en bacs au sol. Il convient cependant de se rappeler qu'un géniteur, c'est-à-dire un escargot adulte, donne environ une centaine de petits (viables) par an, qu'il faudra loger de façon convenable. On calculera donc le contingent initial d'après la surface dont on dispose, étant entendu que l'on respectera une densité normale de population. Quelle est cette densité ? A l'élevage expérimental du Magneraud, M. Daguzan préconise 400 individus par mètre carré de sol. D'autres chercheurs avancent le chiffre de 100 escargots par mètre carré de surface globale (c'est-à-dire une surface incluant à la fois le fond, les parois latérales et le plafond, lorsqu'il s'agit de boîtes ou de casiers).

Quelle technique d'élevage adopter ? Il n'existe pas encore de procédé ni de matériel sûrs à cent pour cent. En revanche, certaines conditions doivent être soigneusement respectées. Ce sont, selon M. Daguzan :

- l'aération des enceintes d'élevage, mais sans courants d'air, afin de ne pas déshydrater les escargots ;

- l'hygiène et le nettoyage des mêmes enceintes ;

- la lumière : bien que le petit-gris soit un animal nocturne ou semi-nocturne, une certaine luminosité est nécessaire à la maturation de ses cellules sexuelles ;

- l'humidité : l'escargot doit constamment lutter contre la déshydratation, et une hygrométrie (taux d'humidité de l'atmosphère) de 75 à 90% ne lui fait pas peur, au contraire ;

- la température : au-delà de 28°C, le petit-gris souffre de la chaleur et rentre dans sa coquille ; en deçà de 7°C, il se rétracte également dans sa coquille, en bouche l'orifice avec un voile muqueux et hiberne. A Rennes, Mlle Charrier a constaté que la température la plus favorable se situait autour de 20°C.

Cela dit, le principe de base d'un élevage réussi est la séparation des animaux en catégories bien définies, réparties en des endroits bien distincts. Un élevage correctement structuré comprendra donc une partie réservée aux nouveau-nés, une autre aux jeunes, une troisième aux adolescents à l'engraissement, et une dernière aux adultes reproducteurs. Par contre, point ne sera besoin de trier les mâles des femelles, puisque tous les escargots sont hermaphrodites, c'est-à-dire possèdent les deux sexes à la fois. Cet hermaphroditisme s'accompagne toutefois d'une tendance protandre (les cellules sexuelles mâles parviennent à maturité avant les cellules femelles), ce qui empêche l'autofécondation. Lorsque deux escargots s'accouplent, les spermatozoïdes échangés attendent dans une réserve que les ovules mûrissent et puissent être fécondés, de sorte que la ponte des œufs a lieu

environ 15 jours après l'accouplement.

Afin de réaliser les conditions optimales de température, d'éclairage et d'hygrométrie, il est recommandé d'utiliser des abris climatizables, au moins pour l'accouplement, la naissance et les 3 ou 4 premiers mois des petits. Un bâtiment en dur aura l'avantage d'être plus isolé qu'une serre, où, l'été, la température devient vite excessive. A côté de ces abris, des parcs de plein air pourront, à la belle saison, héberger les jeunes à l'engraissement. Un conseil à ce propos : plusieurs petits parcs, de 1,30 à 1,50 m de large, sont préférables à un grand, car on peut les nettoyer sans avoir à y pénétrer, donc sans risquer d'écraser leurs hôtes. Toutefois ces parcs extérieurs, avec sol terreux, ne sont pas indispensables : les expériences menées tant au Magneraud qu'à Besançon ont montré que l'on pouvait très bien se passer de terre et engraisser les animaux dans des casiers ou des boîtes. La terre n'est nécessaire, nous le verrons, qu'au moment de la ponte.

A la station du Magneraud, c'est un ancien poulailler qui a été aménagé. Il a été divisé en deux parties, chacune de 109 m² : l'une est affectée à la reproduction, l'autre à l'éclosion et à l'entretien des tout petits. Dans la partie reproduction, la température ambiante tourne autour de 20°C, l'humidité relative est de 65 à 75% le jour, 85 à 95% la nuit, et les escargots sont soumis à 12 heures de lumière et 12 heures d'obscurité — comme au printemps dans la nature, à la saison des amours (*). Dans la partie éclosionerie-nursery, température et humidité sont identiques ; seule la photopériode diffère : 8 heures de jour, 16 heures de nuit, correspondant à l'activité naturelle semi-nocturne des escargots.

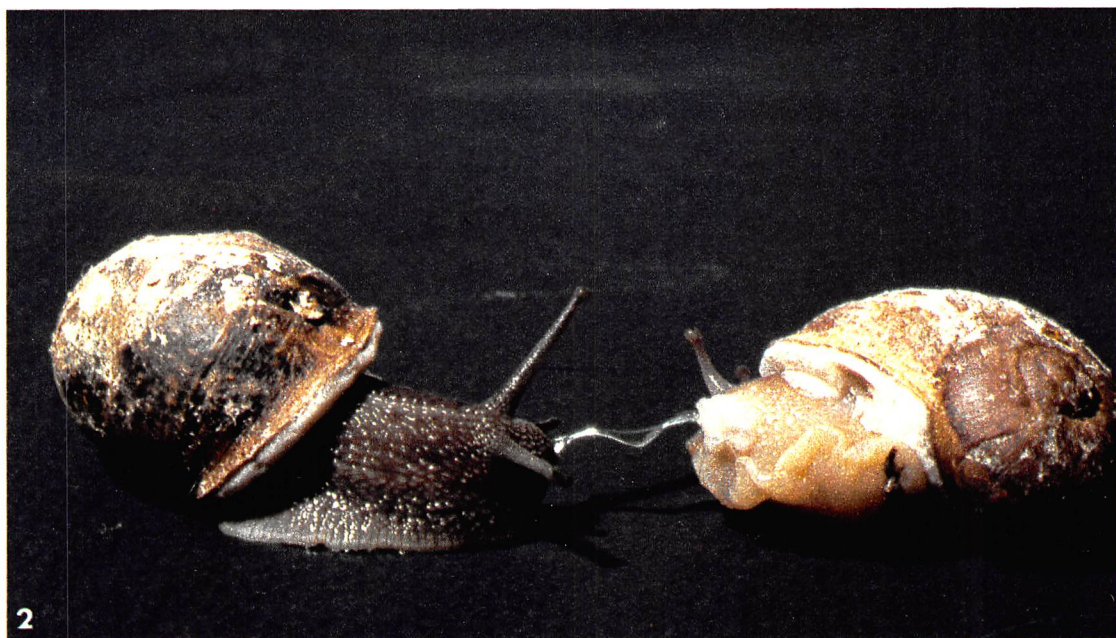
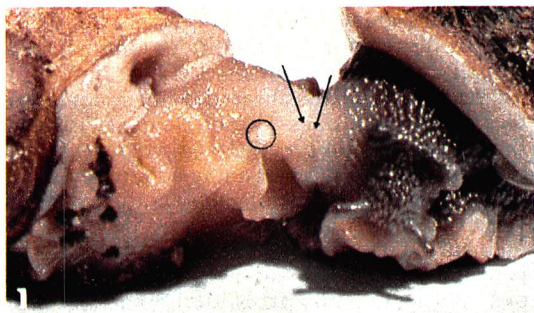
La nourriture distribuée est une farine spéciale, à base de céréales et d'éléments minéraux, à laquelle on ajoute, pour les besoins en calcaire, 20% de maërl (sable calcaire) lavé à l'eau douce et pulvérisé. Chez les reproducteurs, la boisson est fournie par une rigole d'eau circulant au milieu des casiers ; chez les petits, afin d'éviter les noyades, l'apport liquide est constitué par une éponge ou une mousse constamment imbibées.

Quels résultats peut-on espérer ? Pour répondre à cette question de façon objective, nous prendrons les résultats obtenus au Magneraud par M. Daguzan et son équipe. En mai 1980, 6400 escargots adultes, ramassés ou achetés dans la région des Charentes, sont pesés (poids moyen : 10,65 g) et déposés, par groupes de 100, dans des boîtes en polystyrène de 76 x 34 x 22 cm, grillagées sur les côtés et placées sur des étagères métalliques. Le 16 juin, les premiers accouplements ont lieu. On dispose alors dans les boîtes des récipients de ponte, en l'occurrence des petits pots de pépiniériste, de 9 cm de diamètre, renfermant de la terre meuble mélangée à un peu de tourbe. Ces pots sont remplacés

(4) Ces différents paramètres ont pour résultat de supprimer l'hibernation et d'ôter à la reproduction son caractère saisonnier.

LA LIBIDO DES ESCARGOTS

Les escargots sont hermaphrodites. Leur orifice génital se trouve juste en arrière de la tête, sur le côté droit. Il ouvre à la fois sur le vagin et le pénis qui se retourne comme un doigt de gant. Ces deux organes (flèches) sont gonflés lors de la copulation (1). La pointe blanche (encadrée) est celle du dard, aiguille calcaire effilée avec laquelle les escargots s'excitent avant l'accouplement. Il peut rester implanté dans le corps du partenaire, mais il se régénère en trois jours. Si l'on sépare les deux indi-



deux fois par semaine, et ceux que l'on retire sont recouverts d'une plaque de plexiglass et placés sur des supports incubateurs (des tôles tapissées de mousse plastique constamment humidifiée) dans la partie écloserie-nursery de l'élevage. Au fur et à mesure que les œufs éclosent, les nouveau-nés viennent se fixer sur les plaques de plexiglass ; on peut alors, à l'aide d'un pinceau, les faire glisser dans les boîtes de la nursery.

Du 2 juin au 20 octobre 1980, l'évolution des accouplements, des pontes et de la mortalité a été suivie avec précision sur un échantillon de 10 boîtes, qui s'est avéré représentatif de l'ensemble. Les résultats enregistrés sont encourageants pour l'héliciculture :

- 74% des reproducteurs s'accouplent, en général une ou deux fois.
- Peu d'escargots sont stériles, puisque 71% d'entre eux ont pondu au moins une fois.
- Le coefficient moyen de fécondité est important : 112 œufs par ponte, dont 81% éclosent.
- La durée d'incubation des œufs est en moyenne de 22 jours, et environ 12 jours séparent le premier-né du dernier-né d'une même ponte.

● Les petits d'un jour pèsent de 20 à 36 mg, et leur taille est approximativement de 4 mm.

● Environ 40% des reproducteurs sont morts au cours des 14 semaines pendant lesquelles ils ont été étudiés. La mortalité a été forte surtout après la huitième semaine. On pense que, dans la plupart des cas, ces morts étaient naturelles et frappaient des individus parvenus au bout de leur existence (5), mais dont, malheureusement, on ne connaissait pas l'âge.

En résumé, les 6400 reproducteurs acquis en mai ont donné au total 387 296 jeunes éclos, soit 60 jeunes par reproducteur, ce qui est un excellent résultat.

Au bout de cinq semaines, ces jeunes, qui, nous l'avons vu, ont été placés indistinctement dans des boîtes, sont triés selon leur taille : d'un côté, ceux qui font moins de 6 mm ; de l'autre, ceux qui ont un diamètre supérieur. On s'est aperçu, en effet, que les petits ne "profitaient" pas en présence des gros — et l'on se demande si, au-delà d'un certain âge, il est encore rentable d'essayer de pousser les trop chétifs.

(5) Les petits-gris vivent environ 3 ans ; les escargots de Bourgogne, 5 ans. Précisons qu'il s'agit là d'une estimation, car on ne connaît pas leur durée de vie respective de façon exacte.

vidus pendant l'accouplement (2), on voit le spermatophore, étui solide, fin comme un cheveu, très long (10 à 15 cm), renfermant les spermatozoïdes que le pénis de l'un déverse dans le vagin de l'autre. La fécondation se fait dans les voies génitales. Une quinzaine de jours après l'accouplement, l'escargot pond dans la terre une grappe d'une centaine d'œufs (3) de 4 mm de diamètre. Dès l'éclosion, les nouveau-nés grimpent à la surface. A l'élevage du Magneraud, ils sont recueillis sur des plaques de verre placées sur les pots de ponte (4). Dans les bâtiments d'élevage climatisés, un brouillard (5) maintient l'humidité de l'air à 85 % environ.



RÉSULTATS D'UN ÉLEVAGE EXPÉRIMENTAL (1)

		Nombre d'escargots	Poids total (kg)	Poids moyen à l'unité
REPRO-DUCTION	Reproducteurs	6 400	68,2	10,65 g
ÉCLOSERIE	Jeunes de 1 jour	387 296	10,8	28 mg
NURSERY	Jeunes de 1 jour	360 400 (2)	10,1	28 mg
	Mortalité : 28 %			
	Jeunes de 6 semaines			
	— petits < 6 mm	260 000	42,8	165 mg
	— gros > 6 mm	200 000	17,2	83 mg
		60 000	25,6	360 mg
	Mortalité			
	— petits : 21 %			
	— gros : 5 %			
	Jeunes de 12 semaines			
	— petits	217 000	317	595 mg
	— gros	160 000	117	1,524 g
		57 000	200	
	Mortalité globale en nursery : 37 %			

(1) Obtenus au Magneraud en reproduction-écloserie-nursery (d'après M. Daguzan). Les résultats de la phase "engraissement" seront connus à l'automne prochain.

(2) Une partie des jeunes a été prélevée pour des expériences de recherches en laboratoire.

A la fin du premier âge, c'est-à-dire au bout de 6 semaines, la mortalité n'était que de 28%. Elle a encore fléchi au cours du second âge, c'est-à-dire entre 6 et 12 semaines, puisqu'elle n'a pas dépassé 13%. Au total, entre la naissance et la douzième semaine, 37% seulement des jeunes ont péri, contre plus de 90% dans la nature ! (Voir tableau ci-dessus)

A 12 semaines, les escargots quittent la nursery et passent à l'engraissement deux mois et demi durant. Pour cela, ils sont entreposés soit dans un bâtiment chauffé et humide, si l'on est en hiver, soit dans des parcs de plein air, pendant la belle saison. Selon Mlle Charrier, de l'université de Rennes, il faut de 1 à 1,5 kg d'aliment composé pour "faire" 1 kg d'escargot dans un bâtiment chauffé à 20°C, contre 4,8 kg de végétaux (choux, laitues, carottes) dans un bâtiment chauffé, et 7 kg dans un bâtiment non chauffé. Autre avantage du chauffage : élevés à 20°C, les escargots sont matures en 5 à 6 mois, au lieu de 13 mois en milieu non chauffé.

Malgré ces résultats tout à fait positifs, il reste encore bien des points obscurs qui devront faire l'objet de recherches approfondies et amèneront peut-être d'autres progrès. Ainsi l'on ne sait rien

des effets de la suppression de l'hibernation sur les capacités de reproduction ; de l'influence de la date d'éclosion des œufs d'une même ponte sur la croissance ultérieure des petits ; des conséquences de la densité de peuplement sur les activités ou les maladies, etc.

A l'université de Besançon, au laboratoire de M. Gomot, des chercheurs étudient les éventuelles modifications apportées par l'élevage artificiel aux sécrétions hormonales du cerveau de l'escargot. Une fois isolées, ces substances pourraient être utilisées pour stimuler ou freiner les activités de reproduction en milieu non naturel. De même, on soupçonne les tentacules (les "cornes" de l'escargot) de jouer un rôle dans la croissance de l'animal et le développement de son appareil génital. Aussi l'équipe de Besançon a-t-elle commencé à expérimenter l'injection d'extraits de tentacules dans la nourriture des escargots. Mais tous ces travaux ne font que commencer, et il faudra encore plusieurs mois, voire plusieurs années, pour qu'ils débouchent sur des applications concrètes. Plus avancée, en revanche, est la mise au point d'un matériel d'élevage. Il s'agit d'armoires multicellulaires, autonettoyantes, placées dans une grande cage

(suite du texte page 118)

Quand l'astuce supplée à la technique

Face à la technologie hypersophistiquée des satellites explorateurs, on ne donnait pas cher de la survie de l'ancêtre de la télédétection, la photographie aérienne. En quoi l'on se trompait ! Car il suffit d'un peu d'ingéniosité pour revigorer un procédé apparemment démodé. En tout cas, l'œil du satellite est loin d'avoir supplanté celui de l'aviateur.

■ Sur la plupart des satellites de télédétection, les capteurs — les “yeux” du satellite, pourrait-on dire — sont des radiomètres à balayage multispectral, c'est-à-dire des appareils capables d'enregistrer simultanément dans plusieurs bandes du spectre les radiations émises par le sol. Ainsi le scanner (autre appellation du radiomètre à balayage) des satellites d'observation américains *Landsat* est doté de quatre canaux, désignés sous les chiffres 4, 5, 6 et 7. Ils perçoivent respectivement les longueurs d'onde comprises entre 0,5 et 0,6 micromètre⁽¹⁾ (bande correspondant en gros au vert et au jaune), entre 0,6 et 0,7 μm (bande correspondant à l'orange et au rouge), entre 0,7 et 0,8 μm ainsi qu'entre 0,8 et 1,1 μm (bandes correspondant à une partie de l'infrarouge que l'on appelle infrarouge proche). Les scanners des satellites météorologiques enregistrent en plus l'infrarouge lointain (centré autour de 10 μm), dénommé aussi “infrarouge thermique”, parce qu'il rend compte de la température dégagée par les corps. Rappelons que l'œil humain, lui, ne perçoit que les radiations comprises entre 0,4 et 0,7 μm de longueur d'onde, plage infime du rayonnement électromagnétique baptisée “spectre visible”.

Lorsqu'un faisceau dont la longueur d'onde se situe dans la zone de sensibilité du scanner parvient au détecteur d'un satellite, il est transformé en signaux électriques enregistrés sur bande magnétique. Chaque portion de sol de 185 x 185 km balayée instantanément par un *Landsat* donne naissance à 7 309 440 bits par canal, chacun représentant l'énergie lumineuse moyenne rayonnée par un site élémentaire de 79 x 57 m. Ce site minimal est appelé “tache d'analyse” ou *pixel* (*picture element*). Un *Land-*

sat effectuant le tour de la Terre en 18 jours, on peut imaginer le nombre de données numériques qu'il transmet aux différents centres de réception pendant cette période !

C'est pourquoi, sans le développement de l'informatique, ce mode d'exploration n'eût jamais vu le jour. Seuls des ordinateurs sont capables de dépouiller et de traiter une telle masse d'informations pour les reconvertir en points lumineux et fournir à l'utilisateur une image ressemblant à une photographie tramée, en noir et blanc ou en couleur, selon qu'elle restitue les informations recueillies dans un seul canal ou dans plusieurs.

Cela dit, il n'est pas obligatoire de passer par le scanner d'un satellite pour enregistrer le rayonnement infrarouge : certaines émulsions photographiques (noir et blanc ou couleurs) y sont également sensibles. Un film en couleur comme l'ektachrome infrarouge est sensible au vert, au rouge et à l'infrarouge qu'il rend respectivement par du bleu, du vert et du rouge.

L'intérêt de l'infrarouge, qu'il soit enregistré par satellite ou par photographie aérienne, est de fournir des informations que les radiations du spectre visible ne permettent pas de percevoir. Il nous renseigne, par exemple, sur l'activité chlorophyllienne des végétaux : plus cette activité est grande, plus les feuillages réfléchissent la lumière dans l'infrarouge proche, et plus ils impressionnent l'œil du scanner ou l'émulsion photographique. Grâce à l'infrarouge, on peut ainsi distinguer des végétaux malades de végétaux sains, différencier des résineux de feuillus, juger de l'évolution d'une culture, de sa croissance à sa maturité.

Toutefois le grand avantage de la photographie aérienne sur l'image fournie par un satellite, c'est son pouvoir de résolution élevé autre-

(1) Un micromètre (μm) équivaut à un millionième de mètre, ou à un millième de millimètre.

ment dit son aptitude à rendre compte de détails de petite dimension. Alors que l'œil d'un *Landsat* qui survole la Terre à environ 900 km d'altitude est incapable de distinguer deux points séparés par moins de 80 m (on dit pour cette raison que son pouvoir de résolution est de 80 m), la précision d'une photographie aérienne n'est limitée que par le grain de l'émulsion, qui est de l'ordre du micron et son pouvoir de résolution est souvent inférieur au mètre⁽²⁾. C'est pourquoi, toutes les fois que l'on désire avoir l'image la plus nette possible, c'est à la photographie aérienne que l'on s'adresse — en attendant peut-être les photos prises par les navettes spatiales qui rapporteront les pellicules sur terre.

Bien que relativement ancienne par rapport aux satellites, la technique de la photo aérienne n'a donc pas dit son dernier mot. Elle parvient même encore à donner des résultats surprenants quand l'ingéniosité du photographe s'allie à l'expérience du botaniste ou du pédologue (spécialiste des sols), autrement dit quand l'homme de laboratoire collabore avec l'homme de terrain. Le cas que nous allons évoquer est, à cet égard, significatif. Certes il est ponctuel et, sur le plan scientifique, il a besoin de confirmations supplémentaires. Il n'en reste pas moins exemplaire dans la mesure où il montre l'efficacité d'un travail artisanal né de la collaboration d'un technicien de l'Institut national de recherche agronomique (INRA), Bruno Dassonville, et d'un photographe professionnel, Jean-Louis Francou.

Établis tous deux à Briançon, ils décidèrent un jour de voir si, à partir d'une photographie aérienne existante, ils pourraient "expertiser" une clairière d'environ deux hectares, analyser sa végétation, déterminer la répartition de celle-ci et, éventuellement, découvrir des corrélations entre la flore et la faune, spécialement celle des petits mammifères et des oiseaux. Le but de leur travail : mettre en évidence le rôle de cette faune dans le contrôle des populations d'insectes défoliateurs, la tordeuse du mélèze notamment.

Le cliché dont ils disposent est une photographie aérienne en fausses couleurs sur émulsion infrarouge. Elle fait partie d'un lot de vues aériennes du Briançonnais commandées en 1972 par l'INRA dans le cadre d'une étude comparative intrarégionale. Le document est excellent mais son échelle (1/20 000) ne permet pas un examen minutieux de la zone à "expertiser" : une clairière située à 1 800 m d'altitude près de la route de Montgenèvre, au bas d'une forêt de mélèzes (voir photos p. 100).

Leur premier travail est donc d'agrandir cette partie du cliché (un carré d'un centimètre de côté) afin de la rendre plus accessible. L'agrandissement, réalisé sur format 13 × 18 cm ramène

l'échelle au 1/1300. Le nouveau document transposé sur film couleur normal est encore peu lisible car les contrastes colorés ne sont pas assez marqués. C'est alors qu'intervient l'astuce du photographe. Une émulsion couleur est constituée de trois couches superposées, sensibles chacune à une couleur déterminée : le bleu, le vert et le rouge. Le mélange de ces trois couleurs dites primaires donne, selon ses proportions, toutes les autres teintes.

Cela étant, le photographe a la possibilité, à l'aide de filtres, d'opérer trois sélections mono-

LE VISIBLE : UNE GOUTTE D'EAU DANS L'OcéAN DES RADIATIONS

La façon dont nous percevons les objets — et simultanément leurs couleurs — dépend de la composition du rayonnement lumineux qu'ils nous renvoient. Ce rayonnement est constitué de radiations de différentes longueurs d'onde, appartenant toutes à la gamme très étendue des radiations électromagnétiques. Les longueurs d'onde visibles, c'est-à-dire celles qui impressionnent l'œil humain, se situent entre 0,4 et 0,7 micromètre (millième de millimètres). En deçà, on a les radiations ultraviolettes et toutes les radiations ultra-courtes : rayons X, rayons gamma, rayons cosmiques. Au-delà, après les divers infrarouges (proche, lointain, très lointain), s'étend la gamme des ondes radio-électriques (radar, radio, télévision, etc.).

- Certaines émulsions photographiques font mieux que l'œil humain : elles sont sensibles à l'infrarouge proche et à l'ultraviolet. Elles donnent soit des photos en noir et blanc (émulsions panchromatique et infrarouge), soit des photos en couleur (émulsions couleur et infrarouge couleur). Dans le cas de l'infrarouge couleur, il s'agit, bien entendu, de fausses couleurs, puisqu'on donne une coloration à ce qui, dans la nature, est incolore (infrarouge).

- Les satellites sont en général équipés de plusieurs canaux qui enregistrent chacun une bande plus ou moins large de radiations (visibles et invisibles). Les *Landsat* ont deux canaux dans le visible et deux canaux dans l'infrarouge proche. Le futur *Spot* observera la Terre de deux façons : ou bien dans trois bandes étroites (mode multispectral), ou bien dans une bande plus large (mode panchromatique). Quant au HCMM, satellite thermique, il possède deux canaux, l'un enregistrant une très large bande égale aux quatre bandes du *Landsat*, l'autre détectant l'infrarouge lointain, domaine de la température radiative des objets. □

chromes de tout cliché en couleur : chacune des couches de l'émulsion produit alors dans la teinte qui est la sienne une image en dégradé où les tons les plus intenses (on dit aussi "denses" ou "saturés") voisinent avec les tons moyens, les tons faibles et le blanc. De même qu'avec un négatif noir et blanc on peut, en variant le temps d'exposition, obtenir des photos plus ou moins noires ou plus ou moins blanches, on peut également, par la sélection, modifier l'intensité de chaque couleur primaire et accentuer les

(2) A titre indicatif, précisons que le satellite européen *Spot*, qui doit être lancé en 1984, aura un pouvoir de résolution de 10 m lorsqu'il observera la Terre dans une seule bande du spectre, et de 20 m quand il l'observera dans trois bandes plus étroites.

LE TRAITEMENT PHOTOGRAPHIQUE, UN OUTIL POUR LE CHERCHEUR

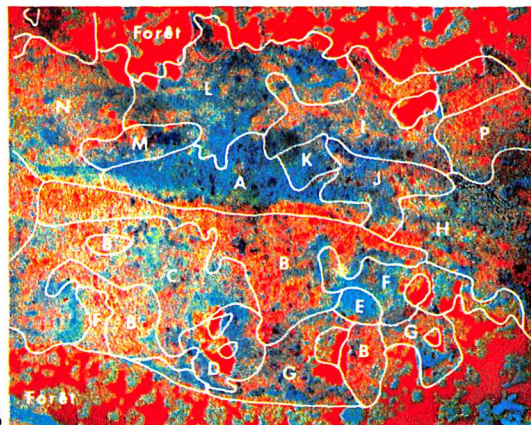
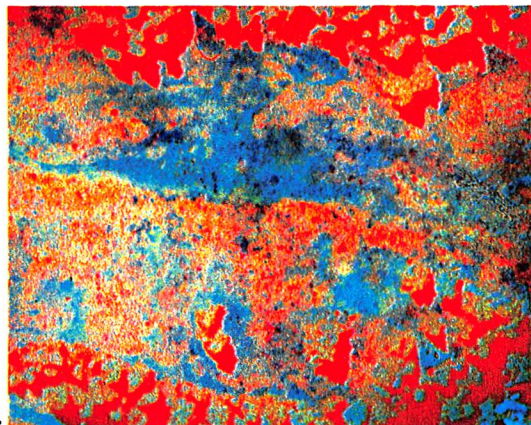
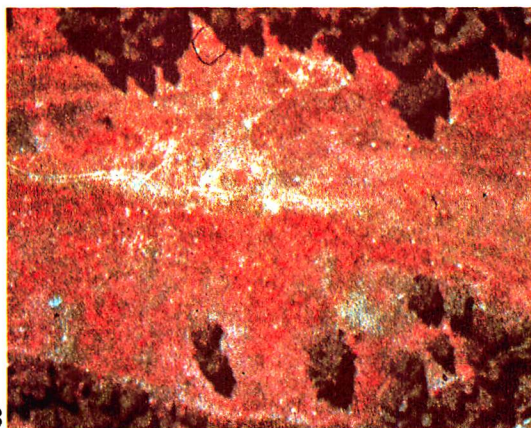
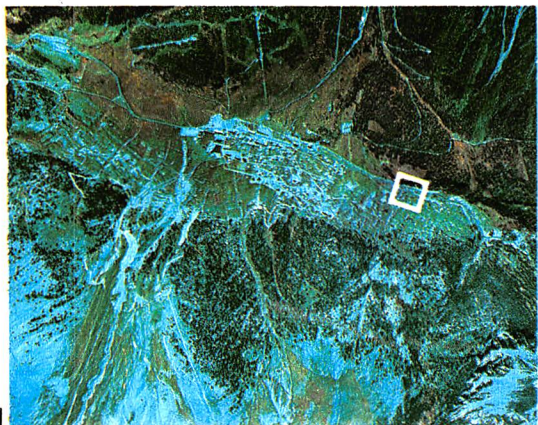
1. Sur la photographie aérienne de base (région de Montgenève), la zone d'étude (encadrée de blanc) occupe moins d'un centimètre carré.

2. Cette zone est une clairière située au bas d'une forêt de mélèzes, à 1800 m d'altitude.

3. Un agrandissement augmente l'échelle, mais n'est pas utilisable, faute de contrastes.

4. Le traitement photographique fait ressortir des plages de couleurs contrastées.

5. On peut alors délimiter des zones relativement homogènes (mêmes lettres). La signification du zonage, subjectif, doit être établie sur le terrain. □



contrastes. Ensuite, en superposant de nouveau les trois sélections "renforcées", on obtient une image aux couleurs plus marquées où l'œil peut désormais différencier des zones qui auparavant paraissaient homogènes. C'est grosso modo un traitement de ce genre que Jean-Louis Francou a fait subir à la photographie de la clairière.

Ayant maintenant à leur disposition un agrandissement contrasté, Bruno Dassonville et J.-L. Francou commencent par délimiter 21

zones présentant chacune à l'œil une certaine unité de couleur l'une par rapport à l'autre. Ce zonage optique sur photo correspond-il à une réalité sur le terrain ? C'est ce qu'il leur faut vérifier. Bénédicte Dassonville, botaniste de métier, se rend sur place et effectue 200 relevés de végétation selon un tracé qui recoupe les différentes zones de couleur. Chaque relevé rend compte, d'une part, des variétés de plantes présentes sur cette surface et, d'autre part, pour chacune d'elles, du pourcentage de recouvre-

PHOTOGRAPHIE ET IMAGE SCANNER : DEUX VISIONS COMPLÉMENTAIRES

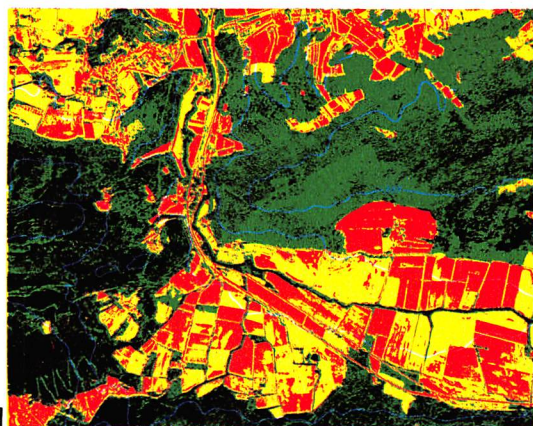
Ces trois documents ont la même origine : une photographie infrarouge couleur de l'Inventaire forestier national prise dans la région de Brignoles (Var). Cette photo originarie a subi deux modes de traitement différents, l'un photographique (1), l'autre numérique (2 et 3) ; mais, dans les deux cas, on a conservé les mêmes critères. Ainsi les cultures herbacées (prairies et céréales) sont en jaune ; les cultures ligneuses (vignes et vergers) sont en rouge ; les boisements arborescents (arbustes, garrigue, maquis) sont en vert ; les boisements arborés (arbres) sont en noir.

Dans la figure 1, obtenue par retraitement et sélection photographiques, le pouvoir de résolution est très proche de ce que l'œil perçoit sur le document d'origine : on peut y distinguer des détails qui, au sol, ont une surface égale ou inférieure à 1 m².

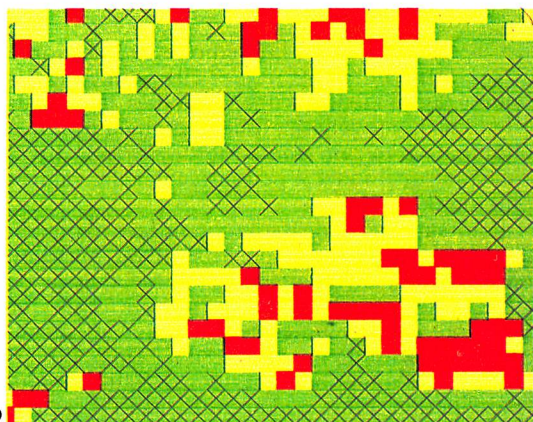
Dans la figure 2, un petit ordinateur a transformé la photographie aérienne en image scanner, avec le degré de précision fourni par un satellite Landsat. Le plus petit élément analysable (pixel), autrement dit chaque petit carré coloré, correspond au sol à un carré d'environ 80 m de côté.

Dans la figure 3, la photographie a encore été transposée en image scanner, mais avec la précision du futur satellite Spot. Le pouvoir de résolution de ce satellite sera, nous l'avons dit, de 20 m lorsqu'il enregistrera dans trois bandes, et de 10 m lorsqu'il observera la Terre dans une seule bande large. C'est le pouvoir de résolution de 20 m qui a été simulé sur cette figure. On voit tout de suite qu'il donne des résultats bien supérieurs à ceux du Landsat.

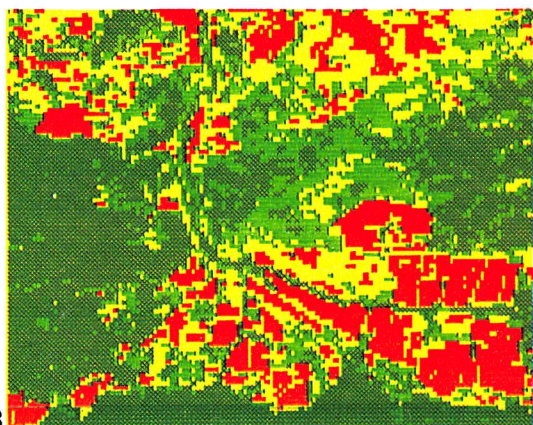
Cet exemple réalisé à l'INRA de Montpellier par B. Naërt et G. Boyer éclaire la relation qui existe entre le pouvoir de résolution d'une image et l'étendue de l'objet à identifier. Seule la photographie permet de distinguer les objets de petite taille (arbres, arbustes). L'image scanner, elle, traduit la végétation moyenne de chaque pixel sans tenir compte des objets dont la surface n'atteint pas un certain seuil. C'est pourquoi les proportions des vignes, des céréales, des boisements, ne sont pas les mêmes sur les trois figures. Cela dit, le traitement numérique a d'autres avantages : il élimine la subjectivité de l'œil humain et est capable de discriminer un plus grand nombre de tons à l'intérieur d'une même couleur. En définitive, c'est en fonction du travail qu'il veut entreprendre — et de son degré de précision — que l'utilisateur choisira entre l'image photographique et l'image numérique. □



1



2



3

ment du sol. Heureuse surprise, l'examen du terrain confirme les données de la photographie : les limites tracées sur le cliché correspondent dans la clairière à des ruptures dans la composition moyenne de la végétation. Encouragés par ce succès, les deux hommes expérimentent un zonage plus fin, découpant l'image de la clairière en une centaine de parcelles qui tiennent mieux compte des nuances chromatiques. Là encore, c'est le succès : deux zones aux couleurs semblables se traduisent sur le terrain

par des parcelles aux relevés floristiques quasiment identiques.

Alors, que penser de cette méthode a priori fort séduisante ? Tout d'abord elle confirme que toute différence de couleur sur une photographie infrarouge reflète une différence dans la nature du terrain. Ensuite elle soulève le problème de savoir jusqu'à quelle échelle on peut établir une correspondance entre ces différences. D'après cette expérience, l'échelle serait très grande ; presque trop semble-t-il, compte

tenu de la technique de prise de vue et de l'émulsion elle-même. Mais les résultats ponctuels à partir d'une seule photographie ne sauraient avoir de portée générale. Il faudrait multiplier les tests et éprouver leur valeur sur les sites les plus variés. On peut regretter que nos deux ingénieux chercheurs n'aient pas disposé de suffisamment de moyens financiers pour poursuivre leurs travaux : ils auraient pu alors affiner leurs observations, codifier leurs découvertes, déterminer, par exemple, la manière dont telle association de plantes réfléchit l'infrarouge. Car l'un des problèmes est justement de corréler la nature d'un tapis végétal, à un moment donné, avec la couleur qu'il produit sur une photographie, tâche particulièrement ardue lorsqu'on a affaire à un alpage où pas moins de 40 espèces de plantes peuvent cohabiter.

Ces réserves faites, la méthode en question a au moins un intérêt pratique : elle permet de délimiter rapidement sur une photo des zones plus ou moins homogènes et fournit du même coup à l'homme de terrain une sorte de schéma directeur à partir duquel il peut effectuer des relevés plus significatifs.

Pour sa part, B. Dassonville estime avoir obtenu des résultats très positifs : il est parvenu, précise-t-il, à différencier des zones qu'il a pu caractériser ensuite, sur le terrain, par une moyenne de 10 plantes représentant un recouvrement du sol de l'ordre de 80%. Ainsi, l'interprétation d'une photo aérienne "fausses couleurs" permettrait de déterminer ce qu'il appelle des "unités écologiques homogènes". De fait, lorsque le milieu est naturel (ce qui est le cas d'un alpage), la végétation intègre les divers paramètres du milieu (sol, microclimat) de telle sorte que l'identification du milieu, de la niche écologique, revient à celle de la végétation. Enfin, B. Dassonville justifie son optimisme sur la validité de sa méthode par le fait qu'elle a d'ores et déjà permis de calculer la productivité d'un alpage des Hautes-Alpes.

Et ceci nous ramène à l'un des aspects essentiels de la télédétection en matière agricole : son rôle utilitaire. On peut en effet tirer d'une carte de la végétation d'une prairie naturelle des informations extrêmement précieuses pour sa gestion et son aménagement. Du point de vue de la gestion, une bonne connaissance de la qualité et de la production fourragère permet de calculer ou de comprendre pourquoi une prairie est sous-exploitée ou au contraire surpâturée. Sur le plan de l'aménagement, si la végétation traduit un sol marécageux, on saura qu'il convient de l'assainir ; si elle dénote un sol acide, on pourra apporter un amendement calcaire ; si, enfin, le tapis floristique témoigne d'un sol riche, profond, suffisamment humide, on pourra envisager de cultiver la prairie et d'y faire des céréales.

C'est donc dans cette perspective fonctionnelle qu'il faut comparer les mérites des différentes méthodes d'investigation des sols. Si, très schématiquement, la méthode classique de car-

tographie ressortit au sondage d'opinion (à partir de quelques relevés caractéristiques, on définit par extrapolation une zone homogène), la photo-interprétation d'un contraste artificiel de couleurs procède plutôt de la théorie des ensembles : deux couleurs différentes traduisent deux réalités de terrain différentes, que des relevés sur place permettent de définir ; corrélativement, deux zones de couleur identique révèlent à peu près sûrement deux types de terrain analogues. L'augmentation des contrastes de couleurs est donc un moyen de faciliter l'interprétation des clichés aériens, interprétation au demeurant limitée par la sensibilité de notre œil et la subjectivité de notre cerveau⁽³⁾. Aussi cherche-t-on maintenant à reculer ces limites et à s'affranchir de cette subjectivité en substituant à l'œil des procédés électroniques de détection et d'étalonnage des couleurs (encadré p. 101).

La télédétection par satellite, elle, ne pose pas ce genre de problème. Elle ne rend pas non plus le même genre de service. Elle est particulièrement appréciée pour les études chronoséquentielles, c'est-à-dire répétées dans le temps. En effet, si les différentes longueurs d'onde réfléchies par un objet (une culture, par exemple) constituent la signature spectrale de cet objet, celle-ci n'est pas fixe, mais varie avec le temps. D'où la nécessité de comparer plusieurs enregistrements d'un même objet effectués à des dates différentes. D'où aussi l'intérêt des satellites, qui repassent au même endroit avec une périodicité déterminée : *Spot*, par exemple, survolera le même point tous les 26 jours⁽⁴⁾.

Voilà pourquoi le satellite prend une place de plus en plus importante dans les programmes de recherche. Au laboratoire d'écologie végétale de l'Institut national agronomique Paris-Grignon (INA-PG), par exemple, Mme Girard met au point une méthode de diagnostic des prairies et des pâturages qui utilise conjointement les données du terrain et celles de la télédétection spatiale. Les cartes qui seront dressées auront certes une petite échelle (1/500 000, au mieux 1/250 000) mais elles auront l'avantage de s'appuyer sur des données scientifiquement rigoureuses.

En résumé, la photo aérienne et l'image satellite sont complémentaires. Ayant des pouvoirs de résolution différents — l'une voit de près, l'autre de loin — elles ont chacune leurs applications particulières. Le satellite reste l'outil privilégié de la météorologie, de l'océanographie

(suite du texte page 162)

(3) Sur une photographie, si l'œil parvient à distinguer près de 1 000 variétés de couleurs, à l'intérieur d'une même couleur, il ne peut différencier qu'une dizaine de niveaux d'intensité (aspect plus clair ou plus foncé de la couleur en question). Or ces niveaux sont très importants dans la photo-interprétation.

(4) De nombreux laboratoires travaillent sur la relation entre un couvert végétal et sa réponse radiométrique en fonction de son état morphologique. Un colloque international "Signatures spectrales d'objets en télédétection" aura lieu à Avignon du 8 au 10 septembre 1981, sous le patronage de l'INRA, du Centre national d'études spatiales et de la Société internationale de photogrammétrie et de télédétection.

CRÉATION D'ENTREPRISES

100 Centres techni-loisirs à créer

Par nécessité ou par plaisir, chacun a bricolé, bricole et bricolera. De nombreux travaux, même "lourds", autrefois réservés aux professionnels — comme l'installation de sanitaires ou du chauffage central, la réparation automobile ou l'aménagement, sinon la construction, d'une résidence secondaire, la construction du prototype d'une invention ou d'une maquette — sont aujourd'hui réalisés par des particuliers.

Ainsi le marché du bricolage connaît-il une expansion forte et permanente: + 19% par an, en prix; + 8% en volume, depuis 1972. En 1980, la dépense moyenne de bricolage atteignait 250 F par personne.

Mais devenir "manuel", cela ne s'improvise pas, cela s'apprend. D'où l'idée de création des Centres techni-loisirs (CTL), à la fois centres de formation, ateliers et magasins.

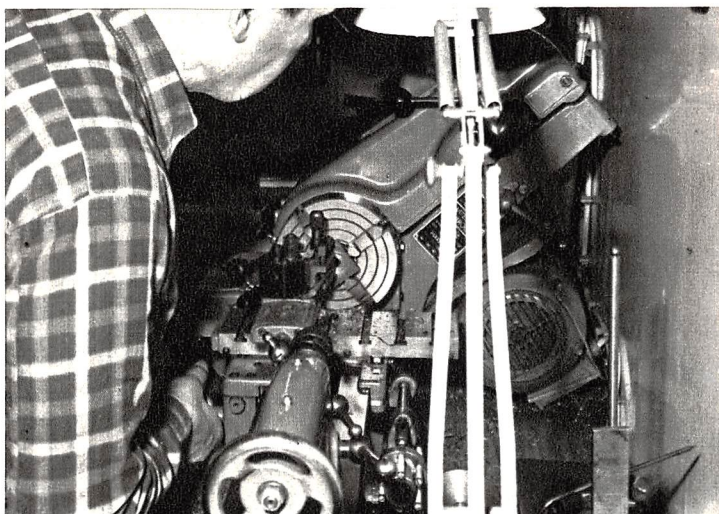
■ Centres de formation, les CTL organisent des stages thématiques (individuels ou en mini-groupes): soudage, brasage, tournage, fraisage, taraudage, roulage, perçage, etc.

■ Ateliers, ils mettent leurs machines, leurs établis, leurs postes de travail, en location, à la disposition des bricoleurs qui ne sont pas encore équipés.

■ Magasins, enfin, ils proposent à la vente une gamme de machines-outils et de produits exclusifs.

■ Sans compter ce qui est peut-être le principal: les CTL sont un lieu d'idées et d'échanges, une sorte de club qui aide les passionnés à réaliser leurs rêves, les bricoleurs à s'améliorer, qui donne des idées de réalisations et de travaux.

La formule a été mise au point par la société Doga, une grosse firme (80 millions de C.A. annuel, 210 personnes, 10000 clients industriels) spécialisée dans la distribution de machines-outils et de produits industriels tournés vers la transformation du métal. Doga s'est



en effet aperçue qu'une part croissante de ses machines et de ses produits était, depuis quelques années, achetée par des particuliers.

Deux CTL fonctionnent: l'un à Asnières (74, avenue d'Argenteuil, tél. 790.48.90); l'autre à Parly II (30, rue Moxouris, tél. 955.15.01). L'objectif est d'en établir un dans chaque grande ville (200 à 300000 habitants), soit au total environ une centaine sur toute la France.

Les CTL seront créés par et avec des partenaires indépendants; ils constituent donc une possibilité intéressante pour ceux qui cherchent à créer une entreprise.

Ces partenaires-concessionnaires, les "Cetelmen", doivent trouver le local (70 à 100 m²), le payer et l'aménager. Doga installe tout le matériel, sauf le

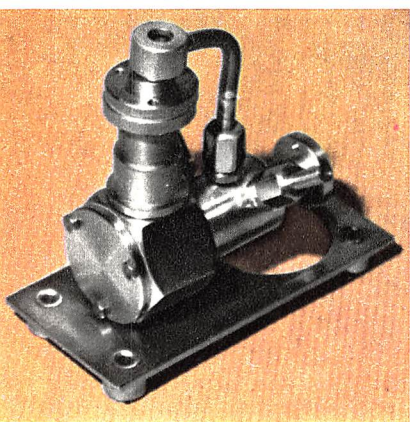
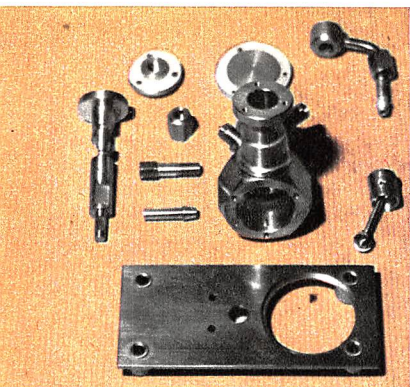
petit outillage, et ne demande son paiement qu'à partir du 9^e mois, par 1/12^e. Elle assure, bien sûr, la formation du créateur dans un CTL existant, après l'avoir soigneusement sélectionné.

«Nous ne recherchons ni le "vendeur de comptoir", ni l'"ingénieur-mécanicien", ni le "pédagogue spécialisé", précise-t-on chez Doga. Nous recherchons des hommes capables de s'adapter, d'écouter, de montrer, d'expliquer, de conseiller, d'apprendre et de vendre. De vendre en rendant service.»

Le contrat passé par Doga avec le Cetelman stipule que ce dernier ne peut acquérir ni vendre des produits ou des machines concurrençant la CTL. Doga devient donc son fournisseur privilégié. Ce contrat est pour-

tant libéral: le concessionnaire peut apporter d'autres orientations à son CTL, par exemple adjoindre le bois ou l'électronique à la vocation première de transformation du métal. Recettes prévisionnelles annuelles d'un CTL en période de démarrage:

■ Vente d'heures de formation: environ 190 000 F HT. La capacité de remplissage maximale, avec 6 postes de travail, est de 14 100 heures. Le mon-



tant de 190 000 F est calculé en supposant une fréquentation à 40% de la capacité de remplissage et une facturation à 40 F TTC de l'heure de formation.

■ Vente de machines et de produits: environ 150 000 F HT de marge. Cette marge, calculée à 25% en moyenne, suppose un C.A. annuel de 600 000 F HT.

Le total de ces deux postes représente donc, dès la première année, 340 000 F de recettes. Doga estime que, les années suivantes, ces recettes peuvent grimper de 25% par an.

Pour tout renseignement: Jacques Rouard, chef du département CTL - Société Doga - BP 53 - 78311 Maurepas Cedex - Tél. (3) 062.41.41.

ÉNERGIE

De l'argent frais pour un vieux surrégénérateur

Le surrégénérateur américain de Clinth River va revivre. Après maints faux départs, le seul surrégénérateur civil américain va recevoir des fonds substantiels de la nouvelle administration Reagan.

Durant les quatre ans de son séjour à la Maison Blanche, Jimmy Carter a essayé de tuer le projet déjà bien avancé de Clinth River. La raison invoquée: donner l'exemple et empêcher les autres pays de développer eux aussi ce type de technologie, porteuse de prolifération de l'arme atomique, puisque les surrégénérateurs, on le sait, fournissent plus de plutonium qu'ils n'en consomment. Malgré la volonté du président en place, le Congrès démocrate américain n'a jamais voulu donner le coup de grâce à Clinth River, lui allouant des crédits minimum de développement.

L'administration Reagan, en opposition complète avec celle de Carter sur ce point précis, vient de déclarer qu'elle croyait en l'avenir du surrégénérateur, que celui-ci devait jouer un rôle important dans l'avenir énergétique du pays. Et pour le prouver, elle vient d'ajouter 300 millions de dollars (pour l'année 1982) aux 122 millions déjà alloués à Clinth River.

Le prix total de ce premier surrégénérateur américain devrait être de 3 milliards de dollars,

dont 1 milliard a d'ores et déjà été dépensé.

Ajoutons que Clinth River est le seul projet de production d'énergie à voir son budget augmenté. Les autres programmes liés aux énergies nouvelles sont plutôt soumis à des restrictions sévères de crédits.

TECHNOLOGIE

Distributeur automatique de neige carbonique

Cet appareil a été conçu pour assurer une conservation parfaite des produits surgelés entre le point de vente (grandes surfaces, terrains de camping, ports de plaisance, etc.) et le lieu de résidence du consommateur.

Il s'agit d'un générateur de neige carbonique saupoudrant automatiquement les produits surgelés, par simple introduction d'un jeton dans l'appareil, de la quantité de neige nécessaire au transport.

Le générateur est alimenté en dioxyde de carbone liquide à partir d'un réservoir ou de bouteilles. Toutes les parties en contact avec la neige carbonique sont réalisées en acier inoxydable, donc conformes aux normes de l'industrie alimentaire.

L'emploi de neige carbonique ne nécessite pas l'usage d'emballages spéciaux. Pour tout renseignement: La Carboxyque française — 91, rue du Faubourg-St-Honoré - 75008 Paris.

AUDIOVISUEL

Magnétoscopes: à peine 0,8% des ménages

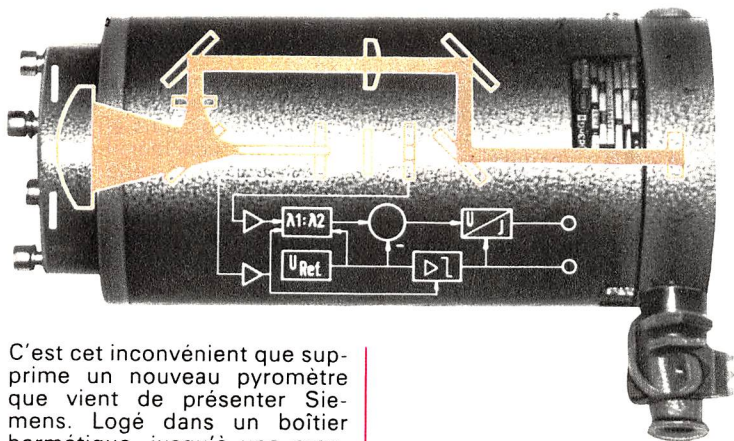
Le parc français des téléviseurs atteint 18,7 millions de récepteurs (près de 90% des ménages équipés). Mais, sur ce total, il n'y a que 8,4% de postes couleuvres.

Le parc des récepteurs radio est de 35 millions de postes, ce qui représente un taux d'équipement des ménages de 99%. Sur ce total, il y a 3,5 millions de radio-réveils, autant de radiocassettes et 10 millions d'auto-radios.

Enfin, si l'on dénombre 12 millions de magnétophones et 4,2 millions de chaînes électro-acoustiques, on ne compte que 300 000 magnétoscopes, soit 0,8% des ménages équipés.

Raffineries : pyromètre pour atmosphères explosives

Jusqu'ici la mesure de température dans les fours à combustion d'hydrogène sulfuré des raffineries se faisait par l'intermédiaire de thermocouples situés dans les fours de combustion de H_2S . Inconvénient : la faible longévité de ces thermocouples, qu'il fallait remplacer toutes les semaines, au mieux tous les mois.



C'est cet inconvénient que supprime un nouveau pyromètre que vient de présenter Siemens. Logé dans un boîtier hermétique, jusqu'à une pression différentielle de 10 bars entre l'intérieur et l'environnement, et anti-déflagrant, il détermine à distance la température d'un corps dans la gamme de 900 à 1400°C, à partir du rapport des intensités de rayonnement à deux longueurs d'onde différentes. Cette température de couleur ne diffère que d'une valeur négligeable de la température vraie.

Sur sa face frontale, le boîtier comporte une fenêtre en quartz qui permet la visée de la chambre de combustion, l'encrassement de cette fenêtre frontale étant évité par la projection d'un jet d'air comprimé. Ce nouveau pyromètre trouve d'autres applications que les raffineries : mesure de la température dans la zone de frittage des fours rotatifs de cimenterie (l'influence de la poussière est négligeable si les particules ont une taille supérieure à 5 μ) ; usines sidérurgiques (le résultat de la mesure n'est pas faussé en présence de pièces d'adjonction pouvant représenter jusqu'à 30 % de surface du produit visé).

■ ■ **Verre fertilisant.** Il s'agit de composés vitreux qui, par dissolution lente, libèrent les éléments minéraux utilisables par les plantes.

Bourse idées-handicap

L'Automobile-Club médical de France lance la "Bourse idées-handicap". Objet : recueillir et diffuser des idées pratiques déjà appliquées de façon individuelle ou locale et qui méritent un plus long développement ; susciter une réflexion concrète sur les problèmes et les difficultés des handicapés. Les idées, toutes les idées, sont attendues à : Bourse idées-handicap — Automobile-Club médical de France — 74, avenue Kléber — 75116 Paris.

■ ■ Film isolant transparent.

Le Reftel permet d'isoler tout en conservant une transparence parfaite au support sur lequel on l'applique. Posé sur une vitre, il diminue les entrées de chaleur l'été et en empêche les déperditions l'hiver. Dans une voiture, en été, on peut ainsi obtenir un abaissement de la température intérieure de l'ordre de 10%. Applications : vitrages des bâtiments, vitrines réfrigérées, présentoirs de surgelés.



Des marchés à saisir

Les innovations et les techniques et procédés nouveaux présentés dans cette rubrique ne sont pas encore exploités sur le marché français. Il s'agit d'opportunités d'affaires, qui semblent « bonnes à saisir » pour les entreprises industrielles et commerciales françaises. Comme l'ensemble des articles de *Science & Vie*, les informations que nous sélectionnons ici sont évidemment libres de toute publicité. Les sociétés intéressées sont priées d'écrire à « Des marchés à saisir » c/o *Science & Vie*, 5, rue de la Baume, 75008 Paris, qui transmettra aux firmes, organismes ou inventeurs concernés. Aucun appel téléphonique ne pourra être pris en considération.

TRANSMISSION HYDROSTATIQUE TRANSFORMANT LES VÉHICULES À DEUX ROUES MOTRICES EN VÉHICULES À QUATRE ROUES MOTRICES

Quoi

Cette transmission se compose principalement d'une pompe hydraulique liée au moteur thermique et de deux moteurs hydrauliques liés aux roues arrière. Elle peut donc s'adapter sur tous les véhicules à traction avant. Seule la liaison moteur hydraulique-roue arrière varie suivant le type de véhicule à équiper.

Comment

La prise de puissance de la transmission hydrostatique sur le moteur thermique s'effectue au niveau de l'arbre secondaire de la boîte de vitesses grâce à un couple d'engrenage placé en nez de boîte. Ces engrenages entraînent, par l'intermédiaire d'un crabot mécanique commandé par le conducteur, la pompe hydraulique à double corps. Celle-ci produit un débit à pression moyenne (200 bars) dans un circuit fermé, entraînant ainsi les deux moteurs hydrauliques réversibles. Un distributeur à commande électrique assure la sélection de l'effet différentiel ou de son blocage.

Principaux avantages de cette

transmission: faible coût de réalisation; faible encombrement et masses réduites; souplesse de la transmission; fort couple à basse vitesse.

Marché

La simplicité de la transformation sur le véhicule d'origine permet d'envisager la commercialisation de la transmission sous la forme de "kit" et le montage par le client lui-même.

ÉCAILLEUR À POISSONS

Ce petit appareil permet d'écailler automatiquement 150 à 200 kg de poissons à l'heure. Le tambour écailleur, entraîné par un moteur de série, est en plastique dur. Il réalise l'écaillage de tous les poissons sans échauffer les chairs et sans abîmer les poissons, même les plus fragiles.

Trois tambours interchangeables sont prévus pour le particulier, le restaurateur et l'industriel.

SIÈGE TOUT-TERRAIN



Comment passer dans cette rubrique ? Si vous avez conçu une innovation ou un produit nouveau faites-le-nous savoir: un brevet qui dort au fond d'un tiroir n'a jamais enrichi personne... Adressez à « Des marchés à saisir » un descriptif de votre invention le plus succinct et le plus clair possible, en vous inspirant de la présentation que nous avons adoptée pour cette rubrique. Joignez-y une copie de votre brevet et une photo ou un schéma de votre prototype ainsi que tout document attestant de son bon fonctionnement. Enfin faites preuve de patience et de tolérance: nous ne pouvons présenter toutes les inventions, et celles que nous publions doivent être d'abord étudiées par notre service technique.

Les inventions présentées dans cette rubrique sont gratuitement insérées dans "Technotec" et "Transinove", outils informatiques de transferts de technologies nouvelles, grâce à des accords exclusifs passés par notre revue avec ces deux banques de données. Elles sont également publiées dans "le Marché de l'innovation", revue éditée par l'ANVAR. Enfin, la SOFIREM prendra directement contact avec les auteurs des inventions qu'elle juge particulièrement valables.

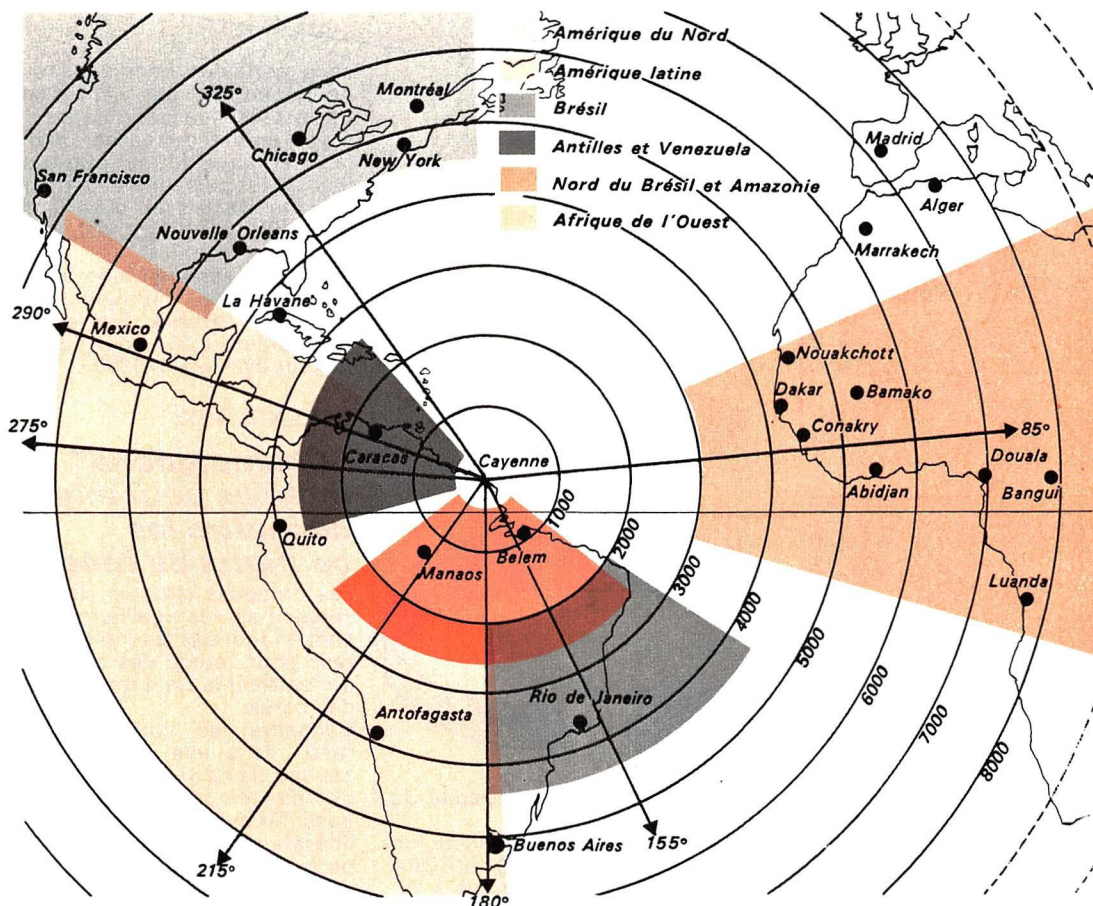
Il s'agit d'abord d'un siège "de poche" pour randonneurs à pied ou à bicyclette. Il ne pèse que 1,2 kg et, une fois replié, il constitue un cylindre de 7 cm de diamètre et 43 cm de long.

Ce siège s'ancre, au moyen d'un piquet amovible, entre un point haut situé sur un support existant (généralement un arbre) et un point bas situé au sol.

Avantages de cette disposition: facilité et rapidité d'installation; confort, le siège étant réglable en inclinaison et en profondeur; agrément du hamac, avec possibilité de se balancer.

Le centre ondes courtes de Guyane permettra de desservir le continent américain

A la fin de l'année, Télé-Diffusion de France commencera en Guyane, sur le site de Montsinery, à 43 km de Cayenne, les travaux d'édification d'un nouveau centre-relais ondes décamétriques.



Objectif : développer la présence radiophonique française dans le monde. Actuellement, l'action radiophonique internationale de la France étant menée à partir de 3 centres situés en métropole, elle ne peut se déployer que sur des zones situées à moins de 6000 km. Les continents américain et asiatique se trouvent donc hors de portée des émetteurs français. Le centre-relais de Guyane permettra de desservir le continent américain et de renforcer le service sur l'Afrique de l'Ouest aux heures où les caractéristiques de propagation altèrent la réception (18 à 21 h GMT), ainsi que de l'étendre jusqu'au Congo et au Zaïre.

En ce qui concerne les Amériques, compte tenu des di-

verses zones linguistiques à desservir, la conception du centre doit permettre de diffuser trois programmes en langues différentes : le portugais (Brésil), l'espagnol (Argentine, pays andins, Amérique centrale et Mexique), l'anglais (Amérique du Nord). Ces zones seront atteintes à partir de quatre groupes d'antennes de longue distance. Deux groupes d'antennes de courte distance supplémentaires devraient permettre de desservir également le Venezuela et les Antilles d'une part, le nord du Brésil et l'Amazonie d'autre part.

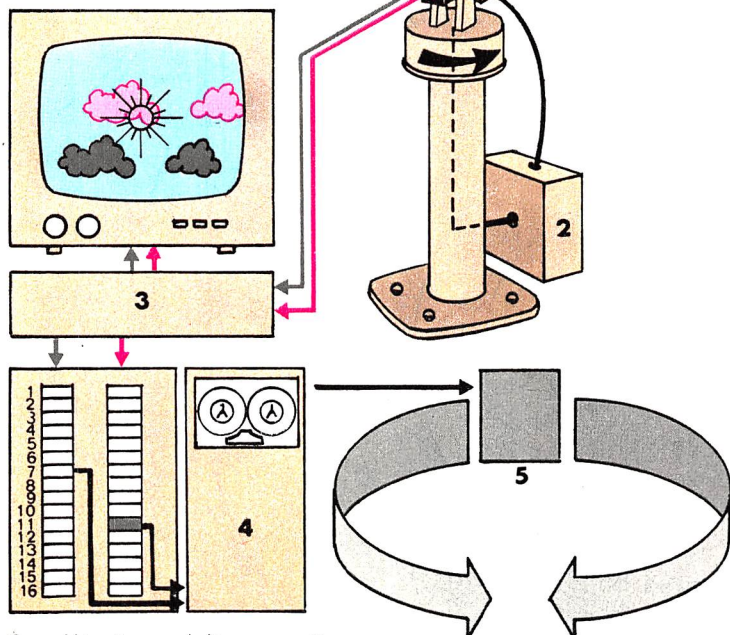
Dans une première phase, 3 émetteurs grande puissance (500 kW) et 4 des 6 groupes d'antennes envisagés vont être installés, qui permettront de

desservir les pays d'Amérique latine et les Caraïbes. Mise en service : premier semestre 1984. Coût d'investissement : environ 100 MF.

■ ■ **Les Suédois croient à la guerre biochimique :** la Défense civile vient de passer commande de 12000 unités de protection pour enfants de 2 à 5 ans. Il s'agit d'une sorte de combinaison spatiale veste + masque. Dans ce dernier, un filtre d'épuration, bien sûr, et un ventilateur fournissant l'air frais et créant une surpression qui empêche l'air toxique d'entrer et fait sortir l'air expiré. La batterie qui alimente ce ventilateur a une autonomie de 10 heures ce qui, estime-t-on, est suffisant pour gagner les abris anti-atomiques.

Un détecteur de nuages

L'École supérieure d'ingénieurs de Marseille (ESIM) (département électronique-informatique) met au point un détecteur de nuages prévu pour équiper la centrale solaire expérimentale Themis à Targassonne, près de Font-Romeu, qui sera mise en service en décembre 81.



Ce détecteur doit permettre d'optimiser le rendement de la centrale en limitant les déperditions de chaleur dues aux passages momentanés de nuages devant le soleil.

Cette centrale, en effet, produit de l'électricité à partir de la chaleur recueillie dans un four solaire vers lequel convergent les rayons de soleil captés par 200 miroirs plans. La température du four devrait être en moyenne autour de 500°C. Il s'agit d'éviter que cette température baisse lors d'une période d'ombre et donc de prévoir, dans certains cas, la fermeture de la porte du four, lors de l'apparition de groupes nuageux importants.

Le système de l'ESIM comprend d'abord une caméra (1) qui scrute le ciel. C'est un appareil de type CCD (Fairchild), matrice de photodiodes qui donne une excellente définition de l'image (finesse de 512 points sur 512 lignes). Chaque point sera codé selon 16 niveaux de gris ce qui est impor-

tant pour calculer l'opacité du nuage.

La caméra est placée sur un dispositif suiveur (2) SICOPA (viseur opto-électronique à asservissement hydraulique) et équipée d'un objectif "grand angle". Elle suit donc le soleil et donne une vue du ciel autour.

Le signal vidéo est transmis à un microprocesseur (3) de 16 bits, associé à une mémoire dynamique de 64 Ko qui, avant de le traiter, le transforme en données numériques. En comparant deux images successives — nuages (gris clair) avançant puis couvrant le soleil (nuages gris foncé) — transmises par la caméra, il élabore la direction des nuages, leur vitesse apparente et donc le moment exact du début de l'ombre ainsi que sa durée.

Le tout est envoyé à un ordinateur central (4), gérant l'ensemble de Themis (de type Solar 16-40 de la SEMS).

Le four ne devra se fermer que

sous certaines conditions qui ne dépendent pas seulement de la présence des nuages. Il s'agit, en fait, de réaliser un bilan thermique du four et de savoir s'il est plus rentable de fermer ou de laisser ouverte la porte (5), en temps réel, bien sûr.

Premiers essais en laboratoire de ce détecteur de nuages : en avril 81 à Marseille. Sur le site, en septembre 81. Coût du détecteur évalué à 120 000 F.

Océanologie

"Champignons" mobiles pour mieux connaître les courants du fond

Les procédés les plus simples seraient-ils les meilleurs ? Ce sont en tout cas les moins coûteux pour l'étude des courants qui balaient le fond marin, près des côtes.

Connaître les courants profonds dans une zone côtière est une tâche si ardue que peu de scientifiques s'y sont attaqués. Ce qui explique le peu de littérature sur le sujet. En effet, pour déterminer la trajectoire d'un courant à un endroit donné il faut mouiller des courantomètres à plusieurs niveaux pendant des durées qui ne sont pas inférieures à un mois. Et les courants ne sont pas tous homogènes.

Une autre solution consiste à suivre des flotteurs, ce que va effectuer dans la mer d'Iroise le département Environnement littoral et gestion du milieu marin du Centre océanologique de Bretagne. Tous les deux mois jusqu'à l'hiver prochain, 5 000 flotteurs en plastique seront immergés : de petites assiettes de camping percées de trous et lestées d'un plomb. Ces flotteurs se déplaceront sur le fond comme des champignons mobiles, au gré des courants. Chaque flotteur est muni d'une étiquette qui porte l'adresse du COB. Les océanologues espèrent en récupérer au moins 500.

Un accumulateur d'énergie solaire pour les serres

Qu'est-ce qu'une serre ? Un capteur solaire, un piège à rayonnements permettant d'intensifier le rendement des plantes. Seulement ce capteur n'est associé à aucun système de stockage, à aucun accumulateur.

Si bien que le serriste doit ventiler sa serre pendant la journée pour limiter la montée en température et, au contraire, consommer du fuel ou du gaz pour maintenir pendant la nuit les conditions bioclimatologiques nécessaires à la plante. Ce qui est parfaitement absurde, dans la mesure où le bilan énergétique global d'une serre est positif : elle capte plus d'énergie qu'elle n'en consomme.

Plutôt que de mettre en place et d'utiliser de nouvelles sources d'énergie, le problème fondamental consiste donc à mieux gérer l'énergie solaire captée par la serre, c'est-à-dire à imaginer un accumulateur stockant la chaleur solaire et la restituant au moment où cela est nécessaire.

C'est précisément ce que réalise un système fort simple, le SL 15, qui a été mis au point dans les laboratoires de l'École des Mines de Paris et qui, après avoir été expérimenté avec la collaboration des professionnels agricoles, commence aujourd'hui à être diffusé.

La solution SL 15 consiste à disposer dans les serres des petits récipients spéciaux en polyéthylène haute densité noir, traités anti-UV, d'une contenance d'environ 2 litres. Ces récipients contiennent un matériau à changement de phase liquide-solide à 15,6°C : des sels hydratés à base de soude.

Ces matériaux ont la propriété suivante : exposés à une source de chaleur, pendant la journée, ils se liquéfient et stockent des calories ; la nuit, ou simplement lorsque la serre se refroidit, dès que la température baisse au-dessous du point de fusion, ils se solidifient et restituent alors l'énergie emmagasinée pendant la période chaude.

Une expérimentation a été effectuée à Antibes, en février-mars, dans une serre d'oignons de 445 m². Pour une température extérieure de 0°C, la température minimale relevée dans la serre équipée de SL 15 attei-



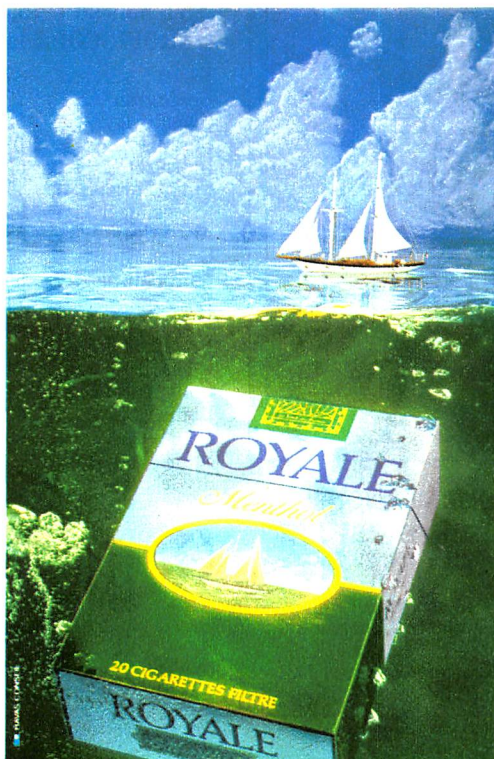
gnait + 8°C, alors que celle enregistrée dans une serre non équipée de SL 15 ne dépassait pas + 2°C. Le bilan énergétique montre ainsi une économie de 11 litres de fuel par m² de serre et par an.

Avantages importants de ce nouveau mode de chauffage : il est autorégulant et il constitue un système autonome. En cas de coupure d'électricité ou de panne des appareils de chauffage traditionnels, le dispositif SL 15 continue à maintenir la

serre à une température évitant le gel de la plante.

Grâce à sa simplicité même, SL 15 est enfin peu coûteux : 60 F par m² de serre au maximum. Il est ainsi amorti en 4 ou 5 ans, si l'on tient compte uniquement des économies de chauffage qu'il permet de réaliser. A ces économies, s'ajoutent la sécurité de fonctionnement et des avantages agronomiques liés à l'amélioration de la productivité.

■ ■ **Aérosol de sécurité.** Un nouveau système d'aérosol à deux compartiments permettant la diffusion de solutions aqueuses en dosages précis et supprimant tout contact avec le gaz propulseur a été mis au point en Suisse. Premières applications : le dosage de préparations pharmaceutiques en oto-rhino-laryngologie et en ophtalmologie.



Informations commerciales

OBJECTIFS COMPLÉMENTAIRES

CIMKO :

La marque CIMKO, fabriquée par CIMA KOGAKU, s'étend : un zoom F 4,5/80-200 mm, série MT (Mega Transmission) qui ne mesure que 11,9 cm de long et ne pèse que 460 g (hors monture).

Livré avec parasoleil intégré il s'adapte sur les boîtiers CANON, NIKON, OLYMPUS, MINOLTA, YASHICA, KONICA, PENTAX K, monture K ou Ø 42 mm à vis. Serait-ce le plus petit zoom 80-200 mm au monde ?

MAKINON :

Une nouvelle gamme de téléobjectifs à miroir 300, 400, 500 mm. 2 points forts :

— Capacité : ils mesurent 60, 80, 93 mm de long et pèsent 300, 425 et 450 g respectivement !

— Mise au point : 2,50 m, 3 m et 4 m respectivement !
Traités multicouches, livrés avec 3 filtres (1A, ND 2X et ND 4X), ces objectifs sont livrables directement (sans bague) sur les boîtiers MINOLTA, NIKON, CONTAX, YASHICA, PENTAX K et M. CANON, KONICA, OLYMPUS, ROLLEI et tous les boîtiers K, à vis Ø 42 mm.

DIVERS

L'ACADÉMIE INTERNATIONALE DE LUTÈCE

annonce son Concours Annuel :

Lettres - Poésies - Beaux-Arts - Sciences - Musique - Variétés.

DATE LIMITE DES INSCRIPTIONS : 26 septembre 1981.

Pour tous renseignements écrire à :

GIL ROC, Chancelier A.I.L.

27, avenue Lamartine

95230 SOISY-SOUS-MONTMORENCY

Joindre une enveloppe timbrée ou C.R. International libellé à votre adresse.

« IMAGES ET CONNAISSANCE DE LA MONTAGNE »

Beaucoup d'amateurs de montagne souhaitent ramener des « photos souvenirs » et regrettent leur incompétence et aussi, parfois, d'être dépourvus du matériel approprié. Le club « IMAGES ET CONNAISSANCE DE LA MONTAGNE » dispose d'un service de prêt gratuit de matériel, de spécialistes photo, d'un laboratoire photo. Les stages offrent également à leurs participants des randonnées à travers les massifs de la Vanoise et du Grand-Paradis. Stages du 28 juin au 13 septembre, avec trois formules :

— balade avec pause-photo ; — randonnée avec nuits en refuge pour les photographes déjà expérimentés ; — safari photo, promenade consacrée à la cueillette des images. IMAGES ET CONNAISSANCE DE LA MONTAGNE, B.P. 47, 73150 VAL-D'ISÈRE. Tél. (79) 06.00.03.



LA DOCUMENTATION

DU MODÉLISTE N°SV 22

format européen 21 x 29,7

dos carré

160 pages - 12 en couleurs

nombreuses illustrations, maquettes, accessoires, etc.

* Le catalogue envoi franco contre 22 F en timbres-poste ou par chèque.

AMATEURS DE BATEAUX ANCIENS
en bois au 1/75, nous importons en ce moment la marque **AEROPICCOLA** la plus belle fabrication artisanale actuelle.

Essex	878 F
Lexington	770 F
Swist	527 F
Serapis	1.031 F
Indiscret	577 F
Cutty Sark	412 F
A. Vespucci	908 F
Ark Royal	589 F
Golden Hind	554 F
Santa Maria	358 F
Revenge	716 F
May Flower	531 F
Bon Homme	
Richard	616 F
Constitution	489 F
Bounty	427 F
SS. Madre	999 F
Frais d'envoi	
SNCF	50 F



A LA SOURCE DES INVENTIONS

60, Boulevard de Strasbourg 75010 PARIS - Tél. 607.26.45

* Pour vos règlements : La Source SARL CCP 33139-91 La Source

Venez voir notre nouveau rayon de maquettes plastiques.

QU'EST-CE QUI CHANGE DANS LA HI-FI?

Ces derniers mois ont été caractérisés par la sensation d'une accélération des progrès techniques sur les équipements de haute-fidélité. Cette impression est-elle justifiée, et à quoi est-elle due? Sommes-nous véritablement dans une période d'intenses progrès, ou, plus simplement, la hi-fi traverse-t-elle une période de redistribution des cartes entre les fabricants.

► Très brièvement résumée, l'histoire de la hi-fi a connu, de sa naissance dans l'après-guerre à nos jours, quatre grandes étapes :

Avant 1960, c'est la période des précurseurs. Les appareils s'appellent entre autres Fisher (États-Unis), Garrard (Grande-Bretagne), Grundig, Telefunken (RFA). Ces quelques entreprises isolées, plus ou moins importantes vendent des platines tourne-disques incorporées dans des malles électrophones ou installées dans de somptueux et imposants meubles-radio avec un compartiment bar et un autre pour ranger les disques. Les plus sophistiquées de ces platines, les *pick-up*, savent déjà recevoir une pile de disques et les passer un à un. Les magnétophones, de dimensions et de poids considérables, font leur apparition dans le grand public. Il y a donc des disques, et il y a de quoi les "écouter", et de quoi les enregistrer, mais ça s'arrête là.

De 1960 à 1965, la reproduction sonore prend un tournant : la haute-fidélité⁽¹⁾ prend forme, la modulation de fréquence est adoptée, la stéréophonie sur disques fait son apparition et se généralise rapidement.

De 1965 à 1970, c'est le début d'une véritable explosion qui ira en s'amplifiant. Les ventes de matériel hi-fi connaissent un essor jamais égalé et qui ne se démentira plus. Des sociétés vont se faire des noms, qui vont devenir synonymes de haute-fidélité. Certaines, citées plus haut, existent déjà ; d'autres apparaissent sur le devant de la scène. Ce sont les Akai, Sony, Scott... En France on commence à peine à les connaître.

(1) Pour être classés "haute-fidélité", les appareils doivent répondre à des critères définis : la reproduction doit être stéréophonique ; le taux de distorsion ne doit pas dépasser un certain seuil ; le rapport signal/bruit ne doit pas descendre en-deçà d'un minimum donné ; la courbe de réponse doit couvrir la totalité des fréquences entre 16 et 15000 Hz. En France, ces critères sont définis par l'AFNOR.

Après 1970, c'est l'ère des produits *made in Japan* qui s'installe. En dépit de la présence de certaines fabrications américaines (Marantz, Scott, CBS) et européennes (Philips surtout), le marché mondial des matériels hi-fi est aujourd'hui aux trois-quarts japonais. Sur le marché français, un certain nombre d'entreprises locales tenteront l'aventure (Scientelec, Era, Filson), mais aucune ne réussira, du moins sur toute la ligne et de façon durable. Pour un marché de 900 000 chaînes vendues en France en 1980, 68 000 seulement sont de marque française. En 1970, ces chiffres étaient respectivement de 105 000 et 30 000. La montée de la hi-fi a été, on le voit, fulgurante. Et encore la France est loin d'être le pays le plus significatif en ce qui concerne cette explosion de la hi-fi.

Sur un marché mondial en pleine expansion et où la concurrence devient de plus en plus serrée, il se produit depuis plusieurs années un phénomène classique ; les grands groupes entreprennent de dominer le jeu. L'entreprise n'est pas compliquée, les atouts des grands sont imparables : gros budgets de recherche comme de publicité, laboratoires sophistiqués, réseaux commerciaux étendus et, éventuellement, alliances diverses permettant un partage du marché mondial. Les précurseurs, ont essuyé les plâtres, les grands viennent récolter les fruits.

En France, par exemple, Philips-Radiola, resté en retrait pendant la période d'épanouissement des techniques sonores (Philips ne s'est intéressé à la hi-fi qu'après 1970), opère soudain une véritable volte-face et récupère un marché créé par les autres marques, petites et moyennes. En Allemagne fédérale, Grundig et Telefunken ont réussi, en organisant leurs alliances, à recoller au peloton de tête des grands leaders.

Partout dans le monde, cette effervescence entre grands constructeurs donne lieu à une course en avant technologique, massivement appuyée par la publicité. Résultat : quelle que soit la valeur réelle des nouveautés technologiques qu'ils renferment, les matériels se multiplient sur des kilomètres d'étagères et de vitrines, éclipsant les produits des petits et moyens fabricants qui ne peuvent suivre.

Pour voir d'un peu plus près ces innovations et pour pouvoir porter un jugement critique sur leur valeur, il convient de répartir les matériels hi-fi en trois grandes familles : la mécanique, l'électronique, l'électro-acoustique.

La mécanique. Les progrès y sont lents et patients. Pas d'invention spectaculaire, pas de nouvelle science mécanique fondamentale. En haute-fidélité, les éléments concernés sont les tables de lecture des disques et les magnétophones à bande ou à cassette.

● Le bras tangentiel est une des principales nouveautés techniques sur les platines tourne-disque. La position et l'avance de la pointe de lecture par rapport au sillon reprennent exactement celles du burin de la machine à graver qui a servi à fabriquer la matrice utilisée ensuite pour le moulage du disque en vinyl. De là une plus grande fidélité de la reproduction sonore. Le progrès technique est donc réel. Quant à affirmer que la qualité de l'écoute est améliorée de manière indiscutablement perceptible par l'oreille mélomane, ou que la différence qualitative justifie la différence de prix...

● L'ensemble bras de lecture + cellule phonocaptrice a fait l'objet d'une attention plus soutenue que par le passé. On a en effet très longtemps considéré la force d'appui de la pointe dans le sillon comme le seul facteur déterminant la qualité de la lecture. Aujourd'hui on tient compte des perturbations provoquées par les mouvements de la pointe qui engendrent des vibrations à très basses fréquences et dont l'importance dépend de la masse de l'ensemble bras + cellule. Une suspension adéquate de cet ensemble permet à la pointe de suivre plus fidèlement la gravure, d'où une réduction des distorsions du signal sonore dues à ces vibrations.

● L'entraînement "direct" se généralise de plus en plus sur les tourne-disques. Au lieu des entraînements classiques par galet (bas de gamme) ou courroie (haut de gamme), les plateaux sont maintenant montés directement sur l'axe du moteur. Faux progrès, voire recul qualitatif : tandis que la courroie de transmission (en raison de la forte démultiplication du nombre de tours/minute) absorbe en grande partie, voire totalement, les fluctuations⁽²⁾ dans la vitesse de rotation du moteur, l'entraînement direct ne peut compter sur aucun artifice mécanique. Ce qui implique le recours à une alimentation en courant continu sophistiquée, pilotée par quartz.

L'argument publicitaire fondé sur l'impact du

mot "direct" sert en fait à promouvoir un système qui avantage les grands constructeurs disposant de moyens industriels pour le produire à faible coût. Marginalisée par l'introduction systématique de l'entraînement direct dans toutes les gammes de matériel, la transmission par courroie devient aujourd'hui, plus chère car moins vendue. En somme, le choix disparaît... Alors, progrès ou pas progrès ?

● Les magnétocassettes ont aujourd'hui remplacé le classique magnétophone à bandes qui tend à disparaître. Jusque dans le milieu des années soixante-dix, ces appareils, que leur taille rendait pratiques, étaient dotés d'une mécanique peu fiable, rapide à "lâcher". La qualité de l'écoute s'est très fortement améliorée grâce notamment aux progrès réalisés dans la bande magnétique : les particules de la couche magnétique sont devenues plus petites, plus nombreuses et plus régulières, donnant une meilleure sensibilité de la bande au champ magnétique de la tête. Dès cet instant, l'amélioration des performances s'imposait pour la mécanique : celle-ci devint plus soignée ; un moteur indépendant fut consacré au seul enroulement rapide des bandes ; la régularité de la vitesse d'enregistrement et de lecture devint plus rigoureuse ; les systèmes d'entraînement furent mieux étudiés.

L'électronique, elle, a progressé grâce surtout à l'énorme avance des composants électroniques. Les semi-conducteurs ne produisent plus de souffle, ce bruit de fond comparable à celui que l'on entend sur un tuner MF lorsque l'indicateur est entre deux stations. Ils sont devenus performants, solides et bon marché. De nombreux sous-ensembles sont réalisés sous forme de circuits intégrés, dont le montage est très rapide. Grâce à ces réels progrès, un appareil vaut aujourd'hui en francs réels, la moitié de ce qu'il valait, à performances comparables, au début des années 1970. En francs constants, les prix ont été divisés par 10 !

Tous les étages de la chaîne hi-fi en ont bénéficié : asservissement de la vitesse de la table d'une platine tourne-disque ; gain en sensibilité et stabilité des stations dans la MF sur les tuners ; système Dolby réducteur de souffle sur les magnétocassettes ; élimination des bruits et atténuation des distorsions sur les amplis.

Mais ce progrès portait en lui les graines de sa propre perversion. En effet, les prix réduits de ces composants les mettent à la portée de tous les fabricants petits et grands, ce qui ne convient pas à cette nouvelle génération de constructeurs de matériel hi-fi : les grands groupes industriels. Ils ne tardèrent pas à détourner ce progrès à leur profit en se mettant soudain à inonder le marché de systèmes plus ou moins nouveaux, mais surtout qui nécessitent d'importants investissements d'étude et de production et qui permettent de ce fait de laisser sur place un certain nombre de concurrents petits et moyens.

Un exemple, les amplificateurs. Les premiers systèmes à semi-conducteurs qu'ils incorpo-

(suite du texte page 114)

(2) Ces fluctuations se traduisent par du pleurage et du scintillement.

VRAIS ET FAUX PROGRÈS

La concurrence que se livrent les fabricants de matériels haute-fidélité à l'échelle mondiale induit une évolution technologique source, quelquefois, de progrès réels qui améliorent effectivement la qualité de la reproduction sonore et de l'écoute, mais aussi productrice de nombreux gadgets sacrifiant à la nouveauté à tout prix sans pour autant être d'une grande utilité pratique pour le mélomane. Voici quelques exemples distinguant les premiers (puces bleues) des seconds (puces rouges).

PLATINES TOURNE-DISQUES

- L'ensemble bras+cellule est mieux étudié et une meilleure suspension permet de réduire les distorsions dues aux vibrations mécaniques.
- Le bras tangentiel reproduit plus fidèlement le mouvement du burin qui a servi à la gravure originale.
- La sélection programmée de l'ordre d'écoute des différentes plages.
- L'entraînement direct est plus intéressant pour les constructeurs, mais moins efficace pour la qualité de la reproduction sonore.



AMPLIFICATEURS

- La "classe A" apporte au taux de distorsion une réduction réelle mais inutile car imperceptible par l'oreille humaine.

TUNERS

- Les circuits d'accord classiques (condensateurs variables) sont devenus très sensibles et très stables.
- Le synthétiseur de fréquence améliore la stabilité des stations, surtout sur les récepteurs à prix modéré. Il permet la présélection des stations.
- L'introduction d'un moteur commandé par un micro-processeur pour la recherche des stations.

MAGNÉTOCASSETTES

- Les nouvelles bandes magnétiques (métalliques) apportent une plus grande fidélité aux enregistrements.
- La mécanique des appareils a fait de gros progrès de fiabilité.
- Les réducteurs de bruit (Dolby, DBX, Address, Hi-Com) se multiplient, apportant un petit mieux mais, surtout, rendant désuets aux yeux du public les appareils qui n'en sont pas pourvus.

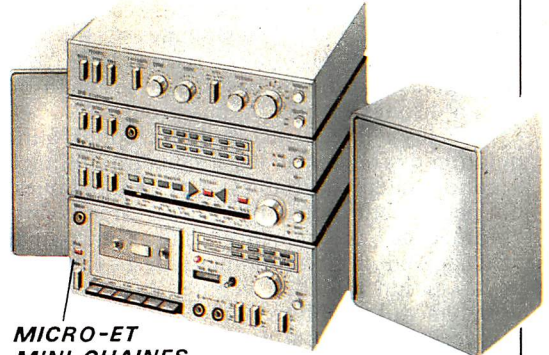
ENCEINTES ACOUSTIQUES

- Meilleure restitution dans les graves par des enceintes de dimensions réduites.
- Meilleur rendement.
- Les haut-parleurs plans sont très spectaculaires mais pas meilleurs que les autres.
- Enceintes "Compound": l'amélioration réside surtout dans la réduction des coûts de fabrication que permet l'utilisation du plastique injecté.



CASQUES D'ÉCOUTE

- Grands progrès dans la fidélité de reproduction sonore, dans la réduction de poids (ils pèsent aujourd'hui entre 20 et 50 g), et dans la baisse de leurs prix.



MICRO-ET MINI-CHAÎNES

- Economie de place appréciable.
- Pas d'amélioration technique spécifique.

(suite de la page 112)

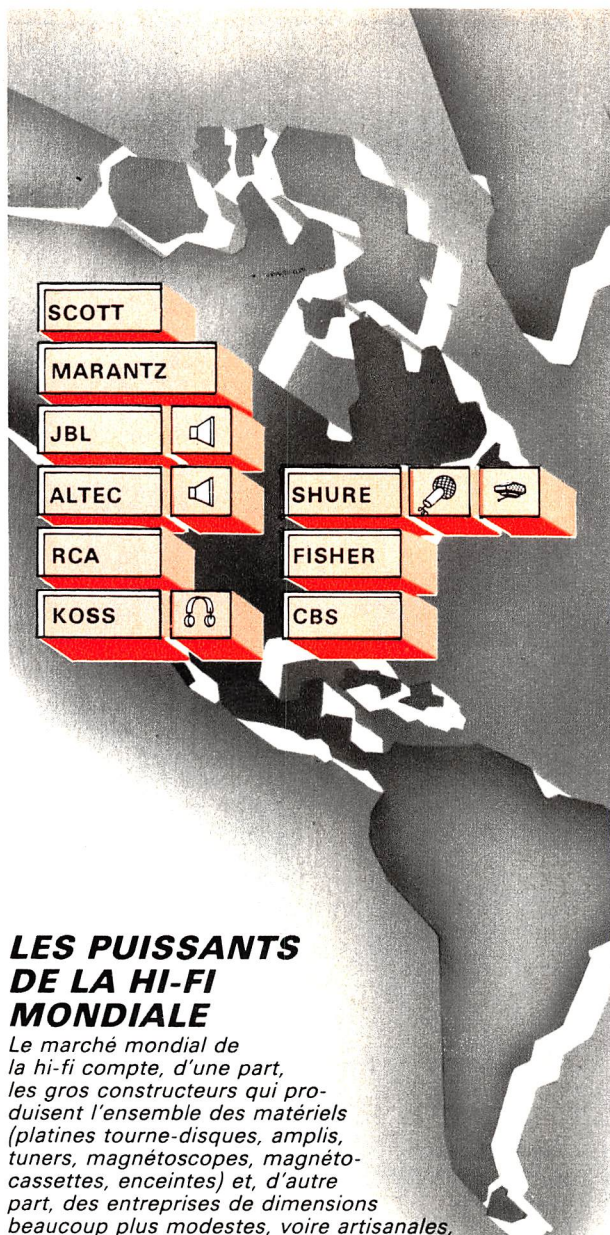
raient sont parvenus à un degré de performance tel qu'il est difficile de faire mieux. Cela n'a pas empêché l'apparition et le développement de la mode dite de la "classe A". Nouveauté ? Pas du tout. Cette "classe A" existait déjà il y a trente ans, à l'époque des tubes. De quoi s'agit-il ? Un transistor de puissance, tout comme le tube d'antan d'ailleurs, présente une courbe d'efficacité où il existe une zone de rendement idéal et des zones (en début et en fin de courbe) de moindre rendement. En "classe B", normalement utilisée pour l'amplification de puissance (même d'appartement), le transistor est utilisé sur l'intégralité de sa courbe. En "classe A", par contre, on "cale" le fonctionnement dans la seule partie idéale de cette courbe. Le transistor sort alors moins de puissance brute, mais celle qu'il produit est d'une qualité quasi-parfaite. Cette technique se justifie dans l'amplification de haute fréquence (émetteurs radio, par exemple) qui nécessite un coefficient de distorsion beaucoup plus faible. Mais pour l'ampli d'une chaîne hi-fi... La meilleure "classe B" a un taux de distorsion de 0,01 %. Or l'oreille humaine ne perçoit que difficilement les distorsions en dessous de 3%. Plus qu'un progrès, la "classe A" est surtout une des astuces destinées à imposer un vieillissement accéléré à des systèmes existants, aux performances plus qu'honorables.

Comme sur les cuisinières ou les machines à laver, une autre électronique, accessoire celle-ci, s'introduit un peu partout sur les chaînes hi-fi, dominée par un recours à haute dose au microprocesseur (baptisé "puce"), transformé par un coup de baguette publicitaire en micro-ordinateur. Tant pis si ce n'est pas tout à fait la même chose, l'essentiel c'est que ça frappe mieux les imaginations !

Les visiteurs du dernier Festival du son ont pu voir, sur le stand Technics (Japon) une platine SL 15, qui est une platine tourne-disques de très bon niveau, à bras tangentiel. Cette platine est équipée de ladite "puce", ce qui permet d'écouter sur un disque, d'abord la plage 1, puis 3 fois la plage 4, puis de revenir à la plage 2, etc. Tout cela programmé par l'utilisateur, bien entendu, et se déroulant automatiquement. C'est très spectaculaire et c'est aussi très cher : une platine de bon niveau coûte, avec bras tangentiel, entre 2 500 et 3 000 francs. Cette SL 15 est proposée à 5 500 francs environ. 2 500 francs pour choisir l'ordre de passage de ses chansons sur un disque. Progrès ou pas progrès ?

Mais il y a mieux encore. En réception à modulation de fréquence, les circuits traditionnels, à condensateurs variables, dits "analogiques", ont petit à petit cédé la place à des circuits dits à "synthétiseur de fréquence" qui permettent un affichage en chiffres lumineux de la fréquence de la station que l'on écoute, qui améliorent grandement la stabilité de réception, surtout sur les récepteurs de coût modéré, et qui autorisent facilement la mise en mémoire de quelques stations, que l'on retrouve ensuite instantanément sur simple action d'un bouton de pré-sélection.

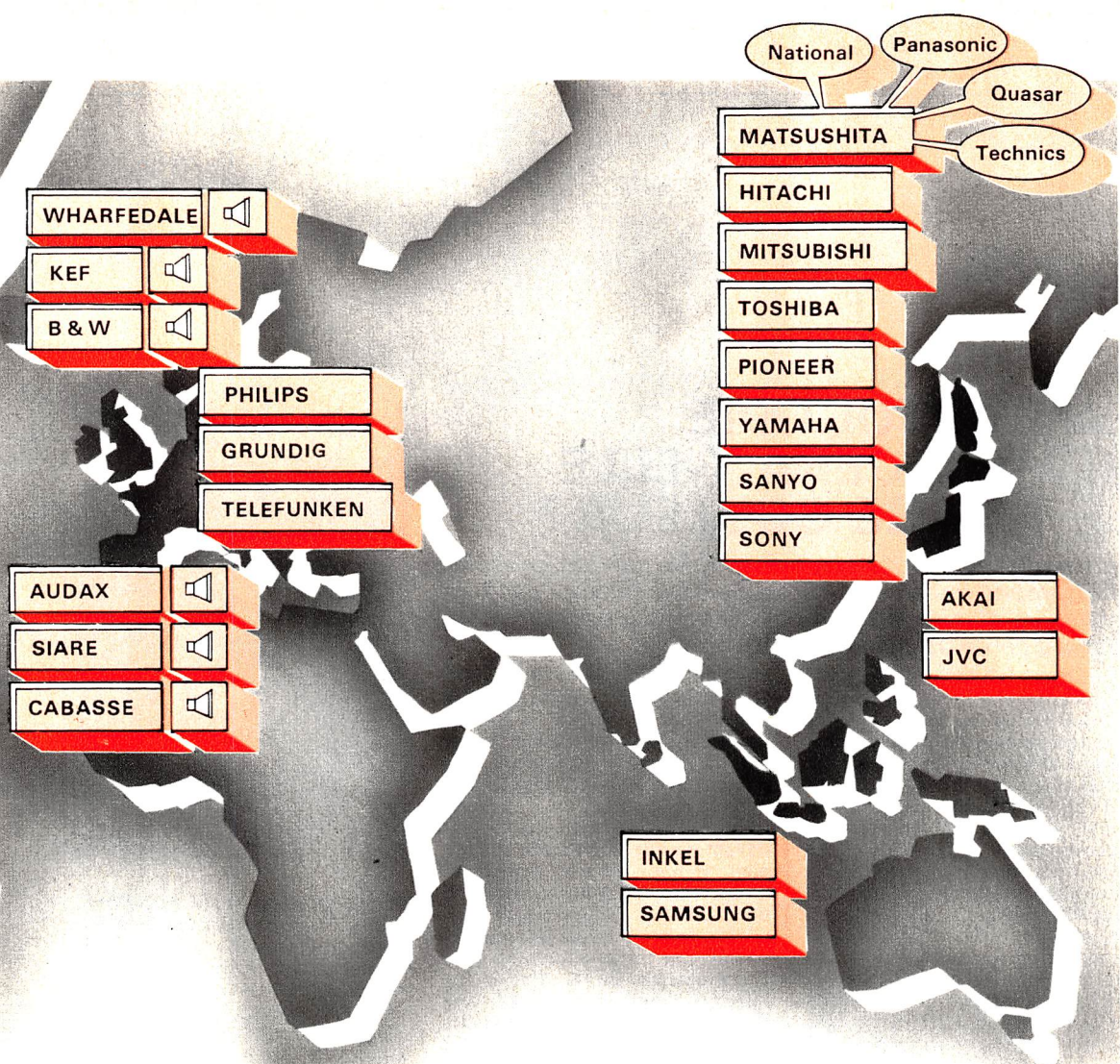
(suite du texte page 163)



LES PUISSANTS DE LA HI-FI MONDIALE

Le marché mondial de la hi-fi compte, d'une part, les gros constructeurs qui produisent l'ensemble des matériels (platines tourne-disques, amplis, tuners, magnétoscopes, magnéto-cassettes, enceintes) et, d'autre part, des entreprises de dimensions beaucoup plus modestes, voire artisanales, qui se spécialisent souvent dans un type d'équipement (accompagnant le nom de la marque sur la carte), notamment les enceintes, les cellules phonocaptrices, les micros, les casques d'écoute. L'autre phénomène qui apparaît lorsque l'on étudie ce marché : les grandes alliances internationales entre industriels de la hi-fi destinées à mieux asseoir leur puissance sur tel ou tel marché.

Aux États-Unis. A l'assaut des matériels made in Japan (omniprésents ici comme partout), les grands constructeurs américains ont répondu par des prises de participation importantes dans des firmes japonaises opérant aux États-Unis (parts importantes de CBS dans Sony ; accords Fisher-Sony). Cependant, des firmes de dimensions beaucoup plus réduites, mais non moins prestigieuses, restent présentes sur ce marché (Mac Intosh, Koss) : leurs productions sont plus limitées et leurs matériels plus spécialisés.



En Europe. Philips (Pays-Bas), avec l'appui de ses nouvelles filiales américaines, déborde les frontières du continent pour compter parmi les géants. Grundig et Telefunken (RFA) représentent la taille juste en dessous : leurs productions, quoique très diversifiées, ne sont guère (ou alors marginalement) commercialisées hors d'Europe. Viennent ensuite des sociétés moyennes ou petites en assez grand nombre, plus ou moins spécialisées. Wharfedale, Kef, BPW (G.-B.) ; Cabasse, Siare, Audax (France), notamment.

Au Japon. Les constructeurs nippons ont généralement des implantations hi-fi mondiales. Certains font partie de groupes à activités multiples, comme Mitsubishi qui produit des camions, des équipements aéronautiques et même des pétroliers géants. Le groupe le plus important de la hi-fi made in Japan est Matsushita, avec quelque 120 000 salariés, alors que des sociétés célèbres comme Sony ou Akai sont beaucoup plus petites (quelques milliers d'employés quand même).

En Extrême-Orient. Des fabricants (Inkel, Samsung) de Hong Kong, Taiwan, Corée du Sud commencent à investir les marchés occidentaux. En fait, ce ne sont pas des nouveaux venus puisqu'ils sont depuis de très nombreuses années les sous-traitants des constructeurs japonais et autres.

Il faut savoir, en effet, que les fabricants de matériels hi-fi ont recours, comme cela se pratique dans bien d'autres industries, à des sous-traitants qui produisent divers sous-ensembles. Tout comme en automobile, où de nombreux modèles de diverses marques sont équipés d'instruments de tableau de bord Smith ou Jaeger, de carburateurs Weber ou Solex, de nombreux magnétocassettes, par exemple, sont équipés de mécaniques provenant de sociétés comme Kasuga ou Tanashin (Japon).

Ces sous-traitants proposent de véritables catalogues de sous-ensembles et même de produits entiers, échelonnés en prix et performances. On trouve même en Extrême-Orient des industriels proposant des équipements vendus complets, avec leur emballage : il suffit alors à une marque occidentale (grande ou petite) d'en commander une certaine quantité (il suffit parfois de quelques milliers d'unités) pour obtenir sur l'appareil et son emballage l'apposition de sa marque. Le prestige de sa griffe permettra ensuite à telle marque de hi-fi de commercialiser "une gamme originale" !

Un exemple parmi d'autres : les mêmes appareils, de la même provenance, sont commercialisés en France sous la marque BST, en Angleterre sous le label Eagle, en RFA ornés du sigle Monacor, au Benelux sous l'appellation ITT ! □

LA PHOTOCOPIE REEMPLACERA-T-ELLE LE TIRAGE COULEUR ?

Le remplacement de la photographie par un procédé sans argent métal sera-t-il finalement obtenu par une technique électrophotographique ? Des progrès récents réalisés en ce domaine le suggèrent.

Deux obstacles essentiels s'opposent, pour l'instant, à l'utilisation de procédés électrophotographiques en photographie pure, à savoir l'encombrement du matériel et la très médiocre définition des images obtenues. Ces inconvénients font que les systèmes électrostatiques n'ont trouvé de débouchés importants qu'en reprographie (thermocopie et, surtout, électrocopie).

Le problème de la diminution de l'encombrement du matériel semble avoir trouvé une solution en URSS. Une équipe de chercheurs de l'université de Kichinev dirigée par le Pr Panassiouk a annoncé avoir conçu une adaptation d'un procédé électrostatique sous forme thermophotographique pour des appareils 24×36 et 6×6. L'émulsion sensible est constituée d'un film polymère recouvert d'une mince électrode métallique, d'une couche photosensible et d'une couche semi-conductrice. L'électrode est chargée positivement dans l'obscurité (au cas particulier dans la chambre de l'appareil photo). Lors de l'exposition, les régions sensibles atteintes par la lumière sont déchargées. Ainsi est formée une image latente. Le document soviétique précise encore que l'image est ensuite révélée par passage à la chaleur dans certaines conditions qui provoquent une déformation du support variant avec l'importance de la charge qui subsiste dans la matière sensible. Le refroidissement fixe ensuite l'image.

Une photographie de l'équipe du Pr Panassiouk a été publiée dans la revue *Union soviétique* et montre chaque chercheur tenant un appa-

reil photo relié par un fil électrique à une source d'énergie. Il s'agit probablement de l'alimentation du système qui permet, d'une part, d'assurer la charge du film polymère le rendant sensible à la lumière et, d'autre part, de révéler l'image. Si nous n'en savons pas davantage sur le procédé soviétique, il nous permet cependant d'observer que les techniciens estiment pouvoir l'adapter à des appareils de prise de vue ordinaire et obtenir une image acceptable.

Le problème de la finesse de l'image, d'autre part, est en voie d'être amélioré dans les procédés actuels d'électrocopie, tant en noir et blanc qu'en couleurs, ce qui permettra de les appliquer au tirage des épreuves photographiques. Deux firmes bien connues des photographes, Kodak et Canon, sont actuellement à la pointe du progrès dans ce domaine.

Kodak-Pathé, nous l'avons annoncé le mois dernier dans *Science & Vie*, lancera en France, en septembre prochain, un nouvel ensemble de machines de photocopie (procédé Ektaprint) qui procure une extraordinaire qualité de reproduction en noir et blanc. Ce résultat est obtenu autant par un accroissement de la précision du matériel de copie que par l'emploi de poudres aux particules plus fines qu'antérieurement. On sait en effet que, dans l'électrocopie, l'image est obtenue par une poudre (noire ou de couleur) fondue par la chaleur dans la trame d'une feuille de papier ordinaire. Rappelons-en brièvement le processus : une plaque métallique revêtue d'une couche photoconductrice (du sélénium) est chargée positivement



Presque aussi vraie que l'original. Une photocopie de billet de banque aurait mieux montré la ressemblance, mais une telle reproduction est interdite par la loi. Voici donc la photocopie d'une récente couverture de *Science & Vie* : on peut constater que la fidélité de reproduction est remarquable sur toute la gamme des couleurs.

dans le duplicateur, puis exposée à la lumière sous le document à copier. Les charges positives disparaissent alors dans les régions atteintes par la lumière (parties claires du document). La plaque est ensuite mise en contact avec la poudre qui vient se fixer sur les zones où subsistent les charges positives (correspondant donc aux parties sombres du document). La plaque est enfin mise en contact avec une feuille de papier et chauffée : la poudre adhère à cette feuille par fusion.

L'électrocopie en couleurs fait appel à la même technique : le copieur possède trois plaques qui sont exposées chacune pour une couleur de la trichromie, par filtrage de sélection. Chaque plaque est mise en contact avec une poudre colorée qui correspond à la

couleur de la sélection trichrome (jaune, magenta et cyan). Les trois images sont enfin fondues sur la même feuille de papier, en repérage obtenu automatiquement. Cette technique n'est pas nouvelle. Le premier prototype de photocopieur en couleurs fut présenté en 1968 par la société américaine 3M. Une autre firme américaine, Rank Xerox, lança presque aussitôt un copieur couleur sur papier ordi-

technique fait appel à trois pigments colorés (rouge, bleu, vert) photoconducteurs, susceptibles d'être chargés positivement ou négativement et pouvant être mélangés dans un seul réservoir. Comme dans l'électrocopie ordinaire, une plaque est chargée positivement. Mais celle-ci est constituée d'un verre spécial, transparent. Cette plaque reçoit les pigments colorés, chargés négativement, qui y adhèrent.

sont plus attirés par la plaque : ils sont évacués par aspiration. Le transfert de l'image se fait ensuite selon le processus habituel, par fusion dans la trame d'une feuille de papier mise en contact avec la couche pigmentaire.

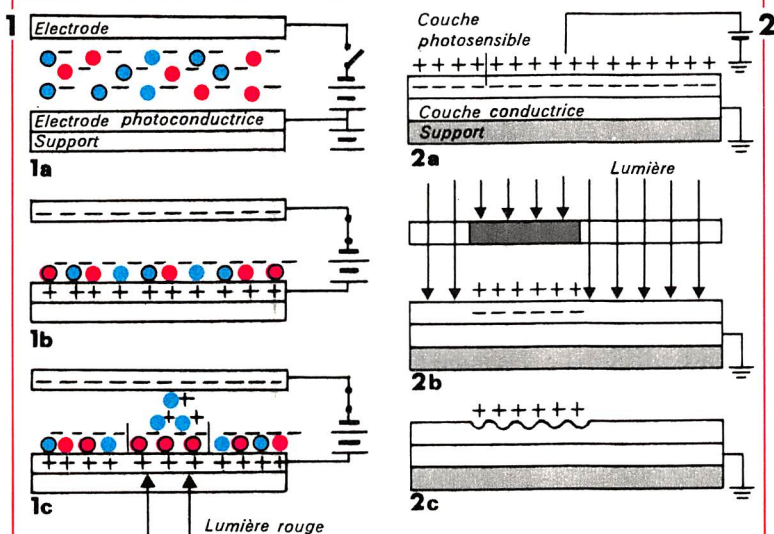
En 1978, Canon installait au Japon le premier centre de copie couleur mis à la disposition du public. De tels centres existent maintenant aux États-Unis et en Europe. Le premier centre français a été créé à Paris (98, avenue de Villiers). Chacun peut y faire des copies en couleurs. Les prix pratiqués sont, hors taxe, pour 5 à 10 copies, de 10,20 F l'unité en format A4 (21 x 29,5 cm) et 16,15 F en format A3 (42 x 29,5 cm).

La fidélité des copies, par rapport à l'original, est telle qu'elle a soulevé l'inquiétude des banques et des services d'émission de la monnaie dans plusieurs pays. En effet, on estime d'ores et déjà que la copie de billets de banque ou de chèques pourrait être suffisamment fidèle pour tromper certaines personnes qui n'y prêteraient pas attention. Par ailleurs, les artistes, les peintres et les photographes se sont emparés de ce copieur pour le mettre au service de leur imagination. Le cas le plus connu est celui du peintre Klaus Urbons en Allemagne.

Pour l'instant, l'appareil NP Colour utilisé en France ne fournit que des copies au format, les résultats les plus fidèles étant obtenus avec les objets et les dessins comportant des à-plats en couleurs ou avec les photographies tramées. La copie d'épreuves photographiques est moins satisfaisante en raison de la montée du contraste. L'appareil n'étant pas conçu pour l'agrandissement et ne travaillant que par transparence, il n'est pas possible d'obtenir des épreuves à partir de diapositives. Mais il n'y a pas là d'impossibilité. Rank Xerox possède de tels appareils et les photographes de Londres ou de New York les utilisent couramment dans des centres mis à la disposition du public.

Le tirage d'épreuves en couleurs par électrocopie est donc déjà du domaine du réel. Les appareils Xerox ne permettent pas une reproduction fidèle. Le nouveau NP Colour Canon est en mesure, de ce point de vue, d'apporter une remarquable amélioration. Celle-ci a été obtenue en deux ans. Plus rien n'interdit de penser que la qualité photographique sera atteinte dans les prochaines années.

Roger BELLONE ■



1. Principe de l'électrocopie directe en couleurs (d'après W. Myers). Exemple de la formation de l'image du rouge dans un système où ne sont représentés que les pigments bleus et rouges. **1a.** Système au repos : les pigments, chargés négativement, sont entre les deux électrodes dont celle du bas, photoconductrice, est transparente. **1b.** Après mise sous tension (environ 300 V pour un espace d'un millimètre entre les électrodes), l'électrode photoconductrice se charge positivement et attire les pigments chargés négativement qui se répartissent aléatoirement en surface. **1c.** Le sujet comportant une plage rouge est projeté sur l'électrode transparente. En présence de la lumière rouge les pigments rouges restent chargés négativement et continuent d'adhérer ; les pigments bleus deviennent conducteurs et la charge positive ; ils se détachent du support et sont évacués.

2. Principe de la photothermoplastie (principe du système soviétique). **2a.** Le film (support, couche conductrice métallique, couche photosensible) est mis sous tension. **2b.** Sous l'effet de la lumière, les charges s'écoulent, sauf dans la partie sombre de l'image. **2c.** La partie qui reste chargée se déforme par traitement thermique.

naire. En 1976, le Japonais Canon présentait un appareil similaire, le NP Colour, qui, depuis, a reçu de sensibles améliorations, au point qu'aujourd'hui il procure les copies en couleurs les plus fidèles du monde.

Une autre technique d'électrocopie en couleurs est à l'étude depuis 1968 et permet d'obtenir une copie avec un seul passage. Elle a l'avantage de permettre la réalisation de copieurs mécaniquement plus simples, capables d'une production deux à trois fois plus rapide. Cette

rent de façon aléatoire. La surface est alors revêtue de pigments rouges, bleus et verts. L'image en couleurs du document à reproduire est ensuite projetée sur la plaque de verre qui conserve sa charge positive. Par contre, les pigments se trouvent déchargés à l'exception de ceux qui sont de la couleur de la lumière. Ainsi, en face de la partie rouge du sujet, seuls les pigments rouges restent chargés négativement ; les pigments verts et bleus changent de polarité et, devenant positifs, ne

ESCARGOTS

(suite de la page 97)

isolante et climatisée⁽⁶⁾.

Quelles maladies peuvent frapper les escargots ? A dire vrai, nous en avons à peine exploré le domaine à peu près inexistant. On sait seulement que les escargots redoutent les acariens, minuscules araignées jaunâtres qui s'infiltreront dans leur poumon et y provoqueront des nécroses. Ces acariens, qui peuvent se trouver dans la terre des parcs ou dans la terre de ponte, se développent quand les excréments ne sont pas évacués, quand il fait sec, ou quand les animaux sont trop tassés. D'où l'importance de l'hygiène et de la bonne répartition des animaux.

Les escargots sont également parasités par de petits vers, les nématodes, contre lesquels on ne connaît aucun traitement préventif ni curatif⁽⁷⁾.

L'élevage des escargots est-il rentable ? Bien que la question soit capitale, personne n'ose encore avancer de chiffres précis, même si, du côté des expérimentateurs, on assure que le bilan sera positif. En fait, toute estimation est tributaire de plusieurs facteurs : la situation initiale, la technique utilisée, la taille de l'installation et le but poursuivi. Par exemple, l'héliculteur amateur ne recherchant qu'un revenu d'appoint n'aura pas les mêmes critères de rentabilité que le professionnel désirant vivre de son élevage.

En tout cas, si l'on en croit M. Cheillets, héliculteur dans le Lot, rien n'est plus trompeur que la légende selon laquelle « l'escargot, c'est comme le loto, ça ne coûte pas cher et ça peut rapporter gros ». Avant de rapporter (éventuellement) de l'argent, l'escargot demande d'abord du temps et des moyens financiers. Un élevage modeste requiert facilement 4 à 5 heures de travail quotidien. Une installation de 100 m² de batteries en local conditionné, capable (théoriquement) de produire 4 à 5 tonnes d'escargots par an (à raison de 40 à 50 escargots par géniteur, commercialisables après 6 mois d'engraissement) revient au bas mot, et à condition que l'on fasse le maximum de travaux soi-même, à 50 000 F pour une serre et à 130 000 F pour un bâtiment en dur. La reconstitution d'un élevage semblable à celui du Magneraud, à partir d'un bâtiment existant, coûterait dans les 100 000 F, ce prix comprenant l'aménagement, l'isolation (20 000 F), le chauffage (10 000 F), la régulation hygrométrique (10 000 F), le mobilier intérieur (30 000 F) et les parcs extérieurs (10 000 F).

Les charges annuelles — électricité, chauffage, nourriture — représentent, selon M. Aubert, technicien de l'ITAVI, 50 à 60% du

chiffre d'affaires, et le prix de revient du kilo d'escargots commercialisables, après amortissement du matériel, se situe entre 9 et 18 F, suivant la technique mise en œuvre et la nature de l'aliment employé (une farine maison coûte moins cher qu'une farine de commerce, qui vaut environ 7,50 F le kilo). La marge bénéficiaire n'est pas très grande lorsque l'on sait que les préparateurs industriels payent le kilo d'escargots ramassés entre 14 et 30 F, selon la saison, et que l'escargot crétois, celui qui se rapproche le plus du petit-gris de Provence, ne dépasse pas, rendu usine, 12 F le kilo lorsqu'il est vivant, et 20 F décoquillé et surgelé.

Cela étant, les futurs éleveurs auraient peut-être intérêt à se spécialiser dans l'une des deux branches complémentaires de l'héliculture : on aurait ainsi des "naisseurs" qui ne s'occuperaient que de la reproduction, et des "engraisers" qui prendraient en charge la croissance. Autre solution pour améliorer la rentabilité : la transformation par l'héliculteur lui-même, ou par un groupement d'éleveurs, de l'escargot brut en produit prêt à être consommé (escargots farcis ou en conserve). Le rapport serait bien meilleur, mais le travail beaucoup plus grand.

De toute façon, on ne peut que conseiller aux éventuels candidats à l'héliculture de faire un petit tour de France de l'escargot, pour voir ce qui se fait et prendre des avis compétents. Il existe déjà cinq groupements de producteurs : le Groupement des héliculteurs de l'Ouest (GHO), celui du Centre-Ouest (HELICO), celui du Sud-Est (GHSE), celui du Midi-Pyrénées (GHEMIPY), et l'Association comtoise et sa voisienne d'héliculture.

Encore devra-t-on se méfier de certains jugements trop tranchés. Nous avons rencontré M. Billot, directeur d'une usine de préparation et de conserve d'escargots : pour lui, l'élevage serait intéressant, il permettrait d'étaler sur toute l'année le travail d'entreprises comme la sienne, et éviterait les sorties de devises. Mais il n'y croit pas. Pas plus que Mme Testenière, négociante en escargots à Cavaillon. L'un et l'autre sont formels : l'escargot ne grossit pas s'il est sorti de son milieu naturel ; sa coquille ne se "borde" pas. Opinion démentie par les faits. Les expériences en cours ont montré, sur une génération au moins, que l'on pouvait engraisser des gastéropodes. L'équipe de Rennes a même eu l'émotion, le 13 mai, d'assister à la première ponte d'un escargot né au Magneraud et donc développé en élevage : elle a donné 189 œufs !

Ainsi l'héliculture pourrait bien tenir ses promesses et procurer, d'ici à 1985, un certain nombre d'emplois, tant dans l'élevage que dans la petite industrie artisanale de transformation. Le consommateur, lui, n'y perdra pas en qualité : les escargots élevés "scientifiquement" n'ont rien à envier aux escargots dits naturels. Espérons simplement que des jaloux n'agiteront pas le spectre mensonger des escargots aux hormones !

Marie-Laure MOINET ■

(6) Centre universitaire d'héliculture - 5, rue Ronchoux - 25000 Besançon.

(7) Une station de recherche de l'INRA, à Saint-Christol-lès-Alès (Gard), s'est spécialisée dans la pathologie des gastéropodes. Elle possède un service de diagnostic et un réseau de correspondants. Aussi peut-on espérer, dans un avenir assez proche, une meilleure connaissance des maladies de l'escargot et de leur prophylaxie.

VOTRE TÉLÉVISEUR PEUT-IL IMPLOSER ?

Une centaine de cas (connus) d'implosion par an sur les quelque 17 millions de postes couleur et noir et blanc que compte la France. C'est moins que les accidents dus aux cocottes minute ou aux outils de bricolage, mais c'est quand même trop. Qu'est-ce qu'une implosion ? Quels en sont les symptômes ? Où en est la technique de fabrication des postes pour éliminer ce risque ?

► Précisons, pour commencer, pourquoi l'on parle d'implosion lorsqu'il s'agit d'un téléviseur, tandis que l'on dit explosion en parlant d'un autocuiseur, d'une chambre à air ou d'une bombe. Tout simplement parce qu'une implosion est par définition le contraire d'une explosion.

Une explosion est due à une forte pression dans un milieu confiné qui se libère brusquement vers l'extérieur où la pression est moindre.

Une implosion résulte, elle, d'un appel brutal vers l'intérieur d'un espace confiné où règne le vide ou presque.

Or le tube cathodique que comprend l'écran de nos postes de télévision est justement une grosse ampoule de verre où l'on a fait le vide et ajouté des accessoires électroniques. Ce tube constitue donc théoriquement un risque d'implosion, étant soumis sur toute sa surface extérieure à la pression énorme de l'atmosphère, soit plus de 1 kg/cm², ou au total 2 200 kg pour un écran (la "dalle") de 66 cm, ou encore environ 5 tonnes réparties sur tout le tube.

Il y a implosion lorsque la barrière supportant cette grande différence de pressions vient à céder, c'est-à-dire se fêler ou se briser, en un point quelconque de sa surface. La puissance de l'appel d'air entraîne alors l'effondrement du tube et les débris de verre sont violemment aspirés vers l'intérieur. Ils sont très fortement accélérés vers le centre, où ils atteignent leur vitesse maximale.

A partir du centre du tube, par contre, les débris de verre continuent sur leur lancée et partent vers l'extérieur pour retomber à plusieurs mètres. En même temps, le centre du tube se trouve instantanément en état de surpression à cause de l'appel d'air, d'où l'onde de choc res-

ponsable de la détonation que l'on entend à ce moment, détonation nettement moins puissante, d'ailleurs, que celle d'une grenade qui explose, les pressions en jeu étant d'un autre ordre.

On peut se demander comment un tube qui a bien supporté une forte pression pendant des années ne résiste plus. En fait, il faut que le verre subisse un choc ponctuel qui fasse "déborder le vase". Ce choc peut être mécanique, comme un coup de marteau ou une chute brutale du poste sur son écran, d'une force suffisante pour briser le verre.

La principale cause des implosions survenant sur des postes de particuliers est, cependant, un choc thermique brutal, une augmentation brusque de quelques centaines de degrés de la température du verre du tube. Un tel choc peut conduire au même effet qui se produit lorsque l'on verse un liquide très chaud dans un verre ordinaire : il se fêle.

Pour étudier le phénomène de l'implosion et tenter d'y remédier, les constructeurs ont entrepris depuis de nombreuses années de provoquer des implosions telles qu'elles sont susceptibles de se produire dans la pratique, mais cette fois dans leurs laboratoires, sur des postes munis de sondes thermométriques et de toutes sortes d'appareils de mesure. Au préalable, des questionnaires détaillés soumis aux témoins d'implosions ont permis de reconstituer le fil des événements conduisant à ces accidents.

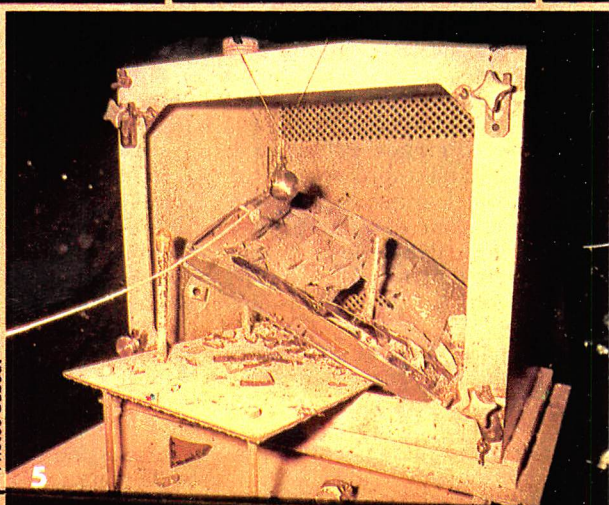
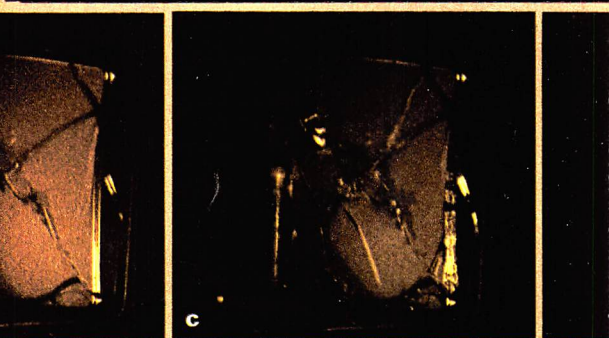
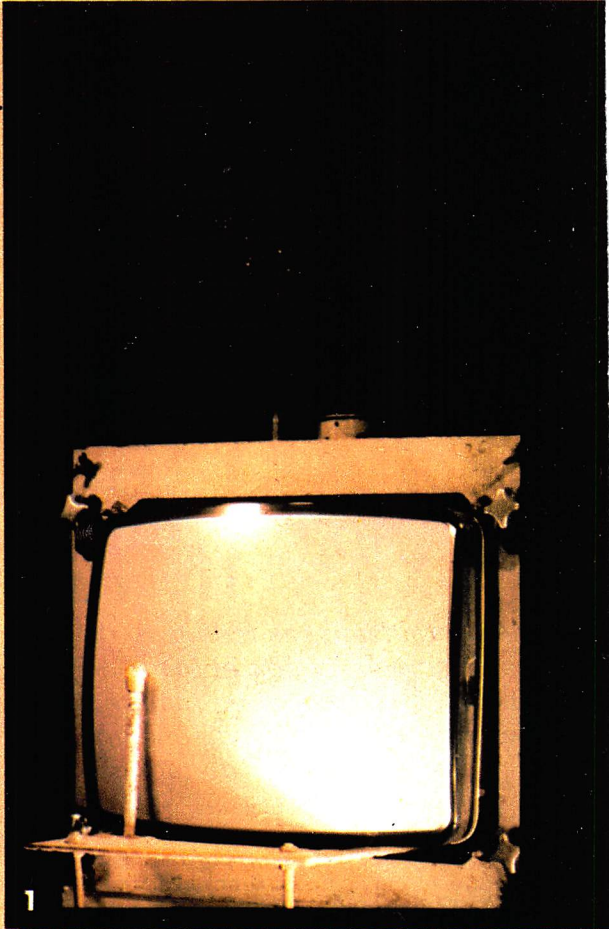
Dans leurs tentatives de provoquer en laboratoire des pannes susceptibles de dégénérer en implosions, l'étincelle est apparue comme la seule voie possible vers ce but. Et les sources d'une étincelle dans un poste de télévision sont les circuits haute tension, notamment le trans-

IMPLOSION, EXPLOSION: LES MÊMES EFFETS

L'implosion d'un poste de télévision, pour qui a assisté à ce genre d'accident, produit un son et des effets semblables à ceux d'une explosion. Mais, grâce à notre photographe qui a assisté, au laboratoire d'un constructeur de tubes cathodiques, à des tests d'étude où des implosions étaient provoquées, il nous a été possible de "voir" une implosion se dérouler "au ralenti": elle est en réalité, du moins au début, le contraire d'une explosion, nous allons voir pourquoi.

En 1, l'écran est encore intact; en 2 les débris de verre giclent vers l'extérieur, ce qui peut sembler paradoxal si l'on veut bien se rappeler qu'une implosion est un mouvement violent vers l'intérieur. Il faut alors se reporter à la bande centrale, dont les images ont été tirées d'un film pris à la cadence de 2000 images par seconde.

Sur l'écran du poste concerné, on laisse tomber d'une hauteur de 250 cm, une bille d'acier de 4 cm de diamètre et de 250 g environ (a). En b et c, le verre se fêle sous l'impact. A l'image suivante (d), la face avant du tube, qui constitue l'écran, s'enfonce vers l'intérieur, poussée par la pression atmosphérique. En d et e, on voit réellement l'implosion se faire: les débris de l'écran s'enfoncent et disparaissent vers le centre, mais il faut penser que les fragments de la partie arrière du tube (le cône) font de même, partant vers l'avant en passant par le centre.



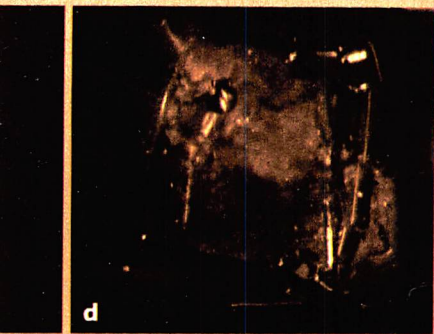
L'image f illustre bien le mouvement: les fragments du cône jaillissent vers l'avant, avec quelques morceaux de l'écran qui ont rebondi sur les parties internes du poste ou sur d'autres morceaux venus de l'arrière. En fait, explosion et implosion ne diffèrent que pendant quelques fractions de seconde (de a à e); dans une explosion, chaque parcelle est tout de suite lancée vers l'extérieur. Dans une implosion, les morceaux commencent par converger vers le centre, après quoi, sur leur lancée, ils s'écartent les uns des autres et continuent vers l'extérieur, comme dans une explosion.

Les images 3, 4 et 5 montrent la fin du processus: les éclats de verre ont été projetés à quelques mètres — rien à voir avec la violence d'une explosion — et il ne reste plus qu'un boîtier vide de ce qui fut jadis un poste de télévision en bon état de fonctionnement. □

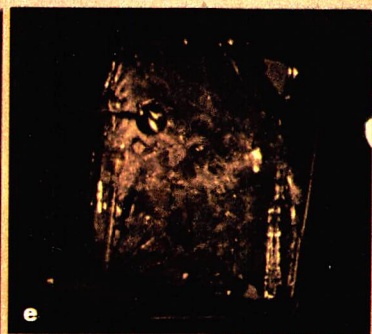
Photos Babout



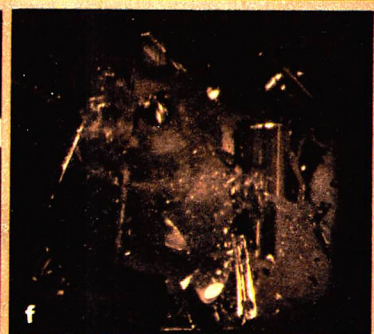
2



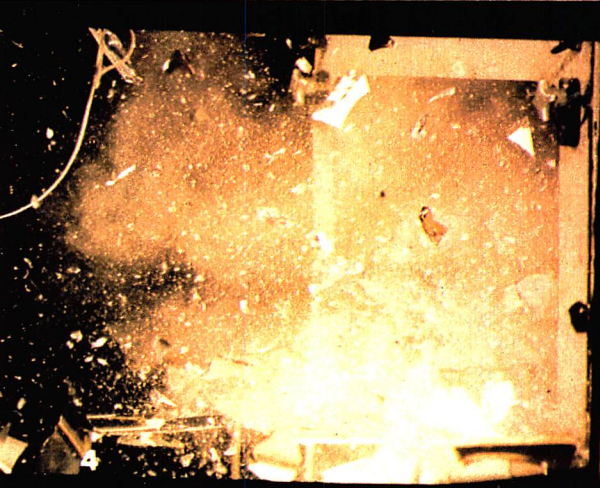
d



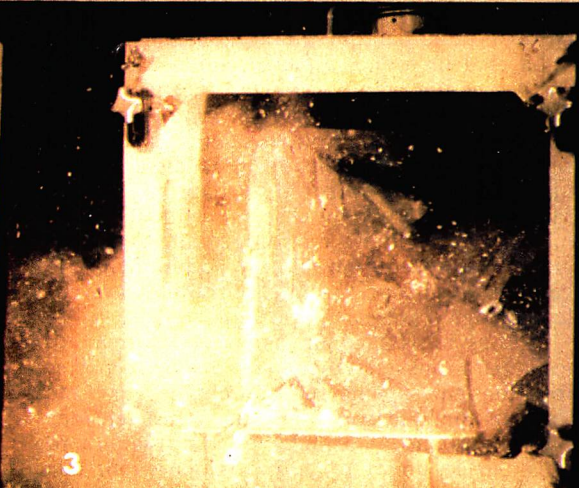
e



f



4

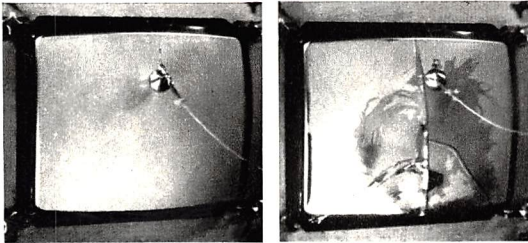


3

formateur haute tension (THT dans le jargon professionnel).

Quand l'intérieur du téléviseur considéré finit par prendre feu, très vite, la température de la face extérieure du tube grimpe à 300-400 °C. Le verre ne résiste pas à cet écart brusque de température entre ses faces externe et interne : il craque, et l'implosion s'ensuit.

Ce n'est pas un défaut du tube, comme nous l'avons vu, qui peut provoquer une implosion, mais une détérioration des circuits haute-tension. Cela, les professionnels le savent bien, et l'analyse des récits des victimes confirme la responsabilité de ces circuits. Notamment celle du



Une ceinture anti-implosion. Contrairement aux anciens tubes qui implosaient dangereusement dès que le verre était fêlé, le choix des matériaux et la ceinture métallique, dite de freinage, font que les tubes actuels, s'ils sont cassés accidentellement, ne produisent pas de projection de débris de verre. Pour s'assurer de ces caractéristiques, les tubes sont régulièrement soumis à des essais destructifs dans les laboratoires des fabricants (voir article).

THT, qui produit les quelque 18 000 V pour alimenter le tube. Dans le cas des télécouleurs, cette tension est de 25 000 V, mais là on passe par un tripleur de tension, qui peut aussi se détériorer et produire des étincelles dangereuses.

Sur l'ensemble des pannes qui peuvent mettre le feu dans le caisson d'un téléviseur, 90 % sont imputables à ce THT. Cela dit, ce même THT, le plus souvent, cesse de fonctionner avant de pouvoir produire de tels dégâts, ce qui explique que les cas d'implosion sont en fait très rares, en dépit de la panique qu'ils induisent.

La chaleur, donc, est la première cause des pannes et des implosions des récepteurs télé. Car elle rend plus aléatoire le fonctionnement des composants : un condensateur ou un transistor soumis à une tension peut laisser passer un peu de courant lorsqu'il s'échauffe. Ce "courant de fuite" provoque à son tour un échauffement supplémentaire du composant, aggravant ainsi la situation. Au bout d'un certain temps, le composant se court-circuite, entraînant souvent le claquage d'autres composants.

Notons au passage un cas un peu particulier : les réparations effectuées sur de vieux postes fonctionnant à peine sur une chaîne. Le poste s'est en quelque sorte habitué à des tensions plus faibles que la normale, les composants sont usés. Sur ce, une intervention majeure telle que

le remplacement du THT fait remonter les tensions. Résultat : d'autres composants claquent en quelques jours, voire quelques heures de fonctionnement après l'intervention.

Tôt ou tard, comme l'ont montré les essais en laboratoire, une étincelle peut trouver un écho dans un matériau qui brûle (gaines de fils électriques, cartes de circuits imprimés, dépôt de gras et de poussière). Ces étincelles sont à peine visibles, mais révèlent leur présence en produisant des parasites apparaissant sur l'écran sous forme de lignes ou de points blancs scintillant un peu partout : le même genre de parasites que produit le passage d'une moto, par exemple.

Les tubes anti-implosion. Depuis 1936, date à laquelle la Grande-Bretagne a été le premier pays à proposer un service TV grand public, les constructeurs ont accompli d'importants progrès dans la conception et la fabrication des tubes cathodiques. Ceux-ci sont devenus de moins en moins volumineux : de leur forme de poire, au départ, ils se sont aplatis pour trouver enfin leur aspect d'aujourd'hui. Le tube couleur à masque perforé, jadis (1949) un énorme entonnoir en métal et verre pesant plusieurs dizaines de kg, est devenu plat et nettement plus léger, tel que nous le voyons dans nos maisons.

Les recherches anti-implosion ont accompagné ce progrès, aidées notamment par les travaux de laboratoire décrits ci-dessus. Dans les premières années de la télévision, les constructeurs plaçaient devant l'écran une épaisse glace de protection en verre trempé susceptible, sinon d'empêcher une éventuelle implosion, d'en limiter du moins les effets pour le téléspectateur. Inconvénients de cette solution : une vue de moindre qualité à cause de l'épaisseur du verre (3 cm) ; un poste encore plus volumineux et plus lourd.

Vers 1960 sont apparus progressivement les tubes dits autoprotégés : une seconde dalle était collée sur l'écran. Ces tubes, appelés *twin panel*, étaient, eux aussi, très lourds. Une seconde génération de tubes autoprotégés apparut vers la fin des années 1960. Il ne s'agissait plus, là, d'un doublement de l'écran, mais d'un "fretage" de la verrerie par une ceinture métallique qui, allié à une amélioration des matériaux, réduisait pratiquement à néant le risque d'implosion.

De nos jours, pour garantir encore mieux la sécurité des téléspectateurs, la résistance des tubes est soumise à des contrôles réguliers et stricts chez le constructeur : normes obligent. Il s'agit de celles de la Commission électronique internationale, adoptées en France par l'AFNOR (Association française de normalisation). Toutes les semaines, six tubes subissent des essais d'implosion, et six autres des tests de résistance mécanique. Les textes sont très précis sur la façon de procéder.

Pour les essais d'implosion, « des fêlures sont provoquées dans l'ampoule de chaque tube par la méthode suivante : on raye, avec une pointe en diamant une certaine surface sur le côté ou

sur la face de chaque tube et on refroidit cette surface de façon répétée à l'aide d'azote liquide (...) Après cet essai, aucune particule de masse supérieure à 2 g ne doit avoir franchi une barrière de 25 cm de haut placée sur le sol à 50 cm de la projection de la face du tube et aucune particule ne doit avoir franchi une barrière semblable placée à 200 cm ». En clair : le tube se brise sans projections de morceaux de verre.

Pour les essais mécaniques, on se sert d'une bille en acier trempé de 40 mm de diamètre (250 g environ) suspendue à un point fixe au moyen d'un fil. En maintenant le fil tendu, on soulève la bille, puis on la laisse tomber d'une hauteur de 210 cm (170 cm pour les petits tubes) sur une partie quelconque de la face du tube. Là aussi, le tube doit se briser sans projections dangereuses de débris de verre (photos ci-contre).

Les composants électroniques et mécaniques, sont aussi soumis à des essais de flamme. Pour ce faire, on chauffe les composants (notamment le THT) dans un four pendant 2 heures. On essaie alors à plusieurs reprises d'enflammer chaque composant au moyen d'une flamme de butane : la flamme du composant doit s'éteindre lorsque l'on retire la source de chaleur, et un morceau de papier mousseline placé à 2 mm du composant ne doit pas prendre feu. Les composants sont donc étudiés pour ne pas propager le feu.

D'autres améliorations viennent compléter ces précautions : les circuits d'alimentation des téléviseurs sont maintenant munis de régulateurs et de plusieurs disjoncteurs ; certains circuits potentiellement dangereux (comme les tripleurs de tension) sont moulés dans de la résine.

Comment limiter les risques de panne, et d'implosion par la même occasion, même s'ils sont, nous l'avons vu minimes ? Il faut éviter de gêner la ventilation du poste, ne pas l'encastrier dans un *cosi* ou au moins percer des trous de ventilation. Ne pas placer d'étagère à moins de 15 cm au-dessus du téléviseur. Ne pas boucher les trous de ventilation avec une couverture ou des revues. Le remplacement progressif des lampes par des semiconducteurs a permis de réduire beaucoup l'échauffement naturel dans le poste. Plus récemment sont apparus des postes "à basse consommation" dans lesquels tous les progrès techniques sont mis en œuvre pour réduire la consommation électrique et donc la production de chaleur. Une chaîne d'hôtels a remarqué que ses clients avaient l'habitude de baisser le son du téléviseur de leur chambre et de s'endormir le poste allumé. Depuis que la direction a installé une minuterie sur chaque poste qui coupe après trois heures de fonctionnement, ils ont trouvé que le nombre de pannes avait diminué sensiblement.

Éviter les environnements particulièrement chauds ou humides. Laisser un espace de 5 cm minimum entre l'appareil et le mur. Éteindre le poste en cas de mal fonctionnement. Nombreux sont les gens qui, lorsque l'image est en panne,

laissent le poste allumé pour suivre un film par le son. La panne peut être une banale coupure ou bien un court-circuit provoquant un échauffement désastreux. Sont à proscrire également les régulateurs de tension. Vendus en général avec la table roulante pour compléter le "coin télé", ces appareils sont de nos jours non seulement une escroquerie, mais aussi une source potentielle de mauvais fonctionnement. En effet, ils déforment la forme sinusoïdale du secteur. Cela empêche le bon fonctionnement des circuits de régulation déjà incorporés à l'intérieur des téléviseurs modernes.

Pas de télé dans la cuisine. Une autre cause de pannes pouvant conduire à des implosions : certaines formes de chauffage (ex. : le mazout) qui augmentent considérablement l'humidité ambiante puisque la combustion entraîne la production de vapeur d'eau. L'air humide est plus conducteur d'électricité que l'air sec et facilite donc les étincelles. Cas pire mais fréquent : le poste dans la cuisine. Hormis les problèmes gastronomiques que cela peut poser, le poste est soumis à l'humidité et à la fumée. Dans tous les cas, au bout de 18 mois à 2 ans tout l'intérieur du poste se trouve recouvert d'un dépôt de gras. Cela provoque de mauvais contacts, des fuites imprévisibles et des étincelles, fournissant ainsi une "mèche" à l'incendie.

Un vieux poste de TV mis sur le trottoir représente un danger : C'est une véritable bombe potentielle. Un coup de pied d'un passant sur le "symbole de la société de consommation" renverserait le poste et casserait le tube déclenchant une implosion. Dans le cas d'un poste dont le tube n'est pas autoprotégé, le résultat serait une explosion de morceaux de verre dans un rayon de 10 m autour du poste. La meilleure façon de se débarrasser d'un vieux poste est d'en faire... cadeau. Le livreur de votre nouveau poste peut souvent s'en charger. S'il est absolument nécessaire de le descendre aux ordures, un petit coup de marteau bien placé le mettra hors de danger. Le point faible du tube est le col, petit cylindre de verre mince contenant les électrodes. Un petit coup avec le manche d'un tournevis suffit pour le fêler : on entend alors le sifflement de l'air qui entre.

Quoi qu'il en soit, les conséquences des rares implosions qui se produisent encore de nos jours ont changé et impliquent une attitude différente de la part des particuliers. Ainsi, le risque de recevoir des éclats de verre en plein visage sont, nous l'avons vu, pratiquement nuls. C'est donc du risque d'incendie allumé par l'implosion qu'il faut se préoccuper au lieu de se laisser gagner par la panique et de laisser le temps au feu de prendre de l'ampleur. En passant en revue les accidents d'implosion de ces dernières années, on s'aperçoit effectivement que leurs victimes ont été brûlées ou asphyxiées... et non criblées d'éclats de verre.



Un témoin lumineux!..

“A voir leur façon de se prendre la main, je me doutais bien que ça finirait par un mariage...

Ce que je n'avais pas prévu, c'est qu'ils me demanderaient d'être leur témoin, et plus encore : le photographe officiel.

On a beau faire de la photo, de là à jouer au professionnel... Mais ils ont insisté si gentiment.

Enfin bref, pas question de les rater. Ni devant le maire, ni à la sortie de l'église...

J'allais déclarer forfait, lorsque j'ai découvert, chez Carrefour, un incroyable petit reflex à mise au point automatique. Avec flash incorporé, témoin lumineux d'exposition...”

La photo chez Carrefour : c'est, en plus des reflex 24 × 36, un vaste choix d'objectifs interchangeable, de flashes, de projecteurs diapositives. C'est aussi les caméras, les projecteurs sonores, les écrans, etc. Avec des vendeurs qui prennent le temps de tout vous expliquer!

LA TOUPIE PERPÉTUELLE

Bien que le jouet soit un peu tombé en désuétude, nul n'ignore ce qu'est une toupie. On en trouve encore dans les magasins, de toutes formes et de toutes couleurs : en poire, en cœur, en champignon, en soucoupe volante ; certaines sont lumineuses, d'autres chantent quand elles sont bien lancées. Mais il est difficile de trouver ces toupies qu'on lançait avec une ficelle ou qu'on entretenait avec un fouet. Enfin, nous mentionnerons celles qu'on fait avec de la mie de pain quand le diner est ennuyeux ou présidé, justement, par une vieille toupie.

Jeunes ou vieilles, elles ont toutefois deux caractéristiques universelles : elles ne tiennent debout que si elles sont lancées à bonne vitesse, et elles perdent cette vitesse en très peu de temps, ce qui limite beaucoup l'observation scientifique de l'engin. Car cet objet simple est lourd d'enseignement. Et d'abord, pourquoi une toupie au repos est-elle incapable de tenir en équilibre sur sa pointe, alors qu'il suffit de la lancer pour que la rotation la rende stable ? Si elle est parfaitement équilibrée et bien lisse, on pourrait d'ailleurs même croire à un moment qu'elle est immobile.

La réponse à cette question est difficile à fournir, car la stabilité des toupies relève de la mécanique générale à un niveau qui n'a rien d'élémentaire. Et les réactions paradoxales de ces engins à des sollicitations latérales demanderaient des explications plus ardues encore. Toutefois, ce jouet très simple mérite une attention réelle, car il est exactement semblable au gyroscope dont les utilisations scientifiques, techniques et industrielles sont innombrables.

Sans la toupie très soignée qu'est le gyroscope, il ne serait pas question de guider un sous-marin, une torpille, une roquette, une fusée interplanétaire, un satellite, ou même un avion commercial. Aussi nous a-t-il paru intéressant de réaliser une toupie un peu spéciale, qui a l'avantage sur les modèles conventionnels de garder sa rotation pendant des heures. Bien entendu, il n'y a aucune liaison mécanique.

En fait, cette toupie n'est autre que le rotor d'un moteur autosynchrone assez particulier. Comme nous avons déjà traité ce type de

moteur dans *Science & Vie* (n° 763), nous nous pencherons plutôt cette fois sur les effets gyroscopiques propres à toutes les toupies et, d'une manière générale, à tout corps en rotation.

Ces effets sont étranges, ou du moins nous apparaissent comme tels, parce que la vie quotidienne ne comporte jamais de rotations rapides : nous restons habitués aux mouvements en ligne droite, avec quelques virages de temps à autre. D'ailleurs, une rotation autour de la verticale provoque rapidement le tournis, notre système interne d'équilibre n'étant pas conçu pour jouer les totots.

Un gyroscope, c'est-à-dire un rotor assez dense lancé à grande vitesse sur des roulements soignés, permet de mettre en évidence trois effets majeurs : la permanence de l'axe de rotation dans une direction fixe, la précession et la nutation. Le premier effet, le plus utile aussi, nécessite un rotor monté dans un double cardan pour être facilement observable. On vérifie alors sans peine que, quelle que soit l'orientation donnée au cadre, l'axe de rotation pointe toujours dans la même direction.

Encore faut-il s'entendre sur ce que l'on entend par même direction, car cette notion suppose un repérage par rapport à un système de référence qu'on pourra considérer comme fixe. Or, si on prend les murs de la pièce où tourne le gyroscope comme référence, on constate que l'axe dérive lentement, ce qui semblerait contredire le premier principe.

En réalité, il n'en est rien : c'est la Terre qui dérive, et donc la pièce avec elle ; par sa rotation sur elle-même, la Terre change constamment d'orientation. L'expérience doit donc être interprétée en sens inverse des apparences : l'axe reste bien fixe, et ce sont les murs de la pièce qui bougent par rapport à cette direction. Le seul système de référence par rapport auquel cette direction reste constante est constitué par des étoiles lointaines. Celles-ci n'ont, en effet, que des mouvements infiniment lents à notre échelle de temps et d'espace, ce qui a conduit à les considérer comme fixes.

Or toute navigation, que ce soit sur la mer, dans les airs ou dans l'espace, se fait par repérage sur les étoiles — à condition qu'elles

PHYSIQUE AMUSANTE



Après quelques essais destinés à acquérir le coup de main, vous pourrez lancer la toupie et la regarder tourner pendant des heures. Détails de construction page 128.

soient visibles. On conçoit d'emblée l'intérêt fantastique d'un système qui conserve la direction de ces étoiles fixes et permet de se guider sous l'eau, dans le brouillard, en plein jour et, pour tout dire, en toutes circonstances. La vérité oblige toutefois à dire qu'il faut pour cela un assemblage mécanique, mobile et déformable sans frottements, ce qui n'existe pas. Mais les progrès de la technologie ont permis d'approcher cette condition de si près que les erreurs de guidage dues aux frottements restent très faibles : le guidage garde la précision souhaitée, même après plusieurs jours de fonctionnement.

Que la toupie garde une direction fixe n'est pas si étonnant que cela. A vrai dire, si on lance une simple brique dans l'espace de telle manière que les coins aillent tous rigoureusement selon des lignes droites parallèles, son orientation restera constante aussi puisqu'aucune force extérieure ne viendra lui donner un mouvement de rotation. Le seul ennui, c'est qu'il est pratiquement impossible de lancer un mobile selon une stricte translation.

La toupie lancée à grande vitesse présente là un avantage énorme

parce que la rotation lui confère une énergie potentielle considérable ; pour déplacer l'axe de sa direction initiale, il faut apporter une énergie supplémentaire très supérieure à celle qui serait nécessaire pour déplacer le même axe quand la toupie est immobile. C'est là la supériorité d'un rotor bien lancé sur une brique que la moindre sollicitation extérieure va mettre en mouvement.

Dans le cas de la toupie, le moment cinétique ne peut subir une modification sensible que si la sollicitation extérieure est élevée et durable : sans un effort appréciable et prolongé, il n'y aura pas de changement visible dans la direction de l'axe. Or, avec un gyroscope bien isolé dans sa double suspension à cardans, les seuls couples parasites sont ceux dus aux roulements des cages formant le support. Comme ces roulements sont particulièrement soignés, les frottements sont extrêmement faibles comparés à la valeur du moment cinétique et la perturbation qu'ils apportent peut mettre plusieurs jours avant de devenir appréciable.

Ajoutons, et ceci constitue la première caractéristique bizarre des toupies, que l'axe ne se déplace

pas dans le sens de la sollicitation extérieure, mais à un angle droit par rapport à celle-ci. On serait fort étonné de voir une chaise partir à droite ou à gauche quand on veut la pousser en avant ; c'est pourtant ce qui se produit avec une toupie : si on pousse l'axe de rotation en avant ou en arrière, on a la surprise de le voir se déplacer vers la droite ou vers la gauche selon le sens de rotation du rotor. Cet effet curieux, dit mouvement de précession, demande pour être compris de voir qu'en appuyant sur le bout de l'axe, on crée en réalité un couple qui tend, dans notre exemple, à faire basculer la toupie d'avant en arrière, donc autour d'une droite fictive orientée de droite à gauche. A ce moment, l'axe de la toupie tend à se rapprocher de cette ligne (qui constitue un deuxième axe de rotation) et va donc de droite à gauche.

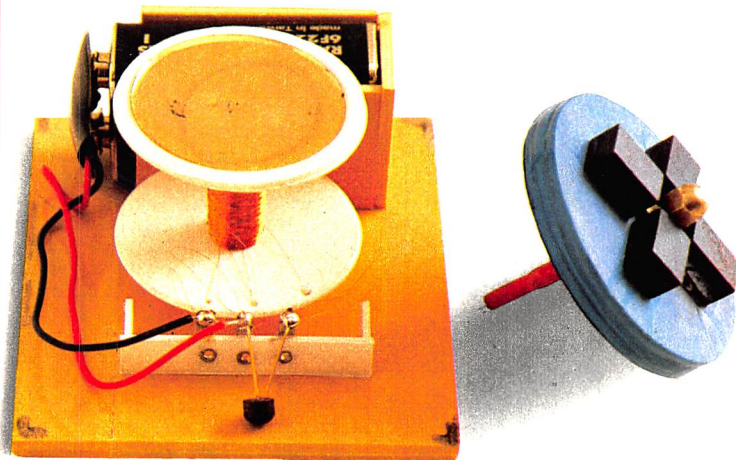
Mentionnons enfin qu'un choc latéral donné à la toupie modifie aussi l'axe de rotation qui se met à décrire un cône, dit cône de nutation. Si une force extérieure ajoute un mouvement de précession, l'axe du rotor décrit une trajectoire compliquée, semblant dessiner des boucles ou des festons tout le long d'un cercle.

Le mouvement le plus général d'une toupie est donc un mouvement périodique dans lequel il faut distinguer trois fréquences : la fréquence propre de rotation, la fréquence de nutation et la fréquence de précession. La plupart des corps célestes, qui sont en fait d'énormes toupies lancées dans l'espace, sont affectés de trois fréquences, ce qui permet de saisir que la mécanique céleste soit une science difficile.

L'interprétation complète de ces phénomènes fait appel à la dynamique des rotations, et à la cinématique des mouvements composés où apparaissent en particulier des accélérations d'entraînement, dites accélérations de Coriolis. Comme il n'est pas question de faire ici un cours de mécanique générale, nous allons laisser là la théorie et passer à la réalisation de notre toupie permanente.

Le matériel nécessaire à sa réalisation est peu coûteux et facilement disponible :

- Polystyrène-choc en feuilles de 1 et 2 mm d'épaisseur ; on peut le trouver directement, ou en vente



C'est sur cet écrou borgne (entre les 4 aimants) que s'appuiera la toupie pour tourner sur la feuille de métal recouvrant le flasque supérieur de la bobine.

par correspondance, chez Adam, 11, bd Edgar-Quinet, 75014 Paris.

- Trichloréthylène, ou colle Uhu-Plast, et colle type Cyanolit.

- Tige filetée, diamètre 3 mm, longueur 3-4 cm, avec un écrou standard et un écrou borgne; on trouve ces éléments chez les quincaillers bien équipés et chez les spécialistes en modèles réduits.

- 4 aimants Ferram $12 \times 7,7 \times 6$ disponibles chez Arelec, 71, bd de Reuilly, 75012 Paris, ou par correspondance, pour 25 F TTC franco de port, en écrivant à Arelec, BP 139, 64005 Pau Cedex. Ne pas oublier de joindre chèque ou mandat.

- Du fil de cuivre émaillé 0,06 mm (six centièmes) et un transistor type BC 207 A/7529 — ou équivalent, mais alors bien se faire préciser le brochage du transistor. Ces deux éléments sont à acheter chez un marchand de composants électroniques. On peut aussi récupérer le fil émaillé sur un transformateur et, à la rigueur, il peut être de 8 ou 9/100, voire 1/10 mm, mais il sera nécessaire d'augmenter le nombre de spires de la bobine B2.

- 3 bornes relais (ou des rivets à souder) qu'on trouvera chez le même revendeur que le transistor.

- 1 fiche à pression pour pile 9 V, toujours dans le même point de vente.

- 1 noyau en fer doux, diamètre 6 mm, longueur 38 mm (chez un quincailler).

Notons que la possession d'une chignole à main facilitera considérablement la

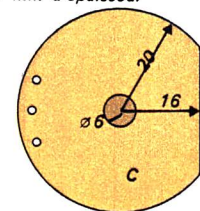
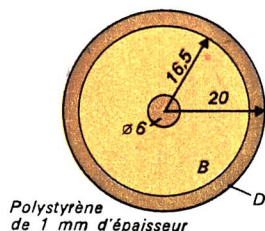
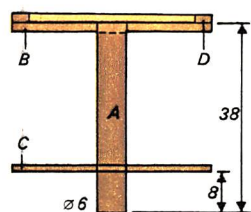


Figure 1

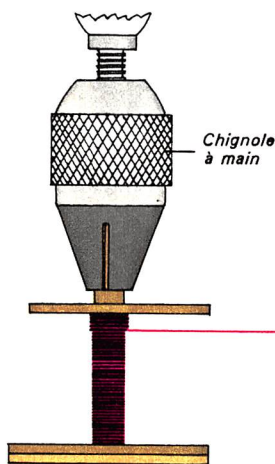


Figure 2

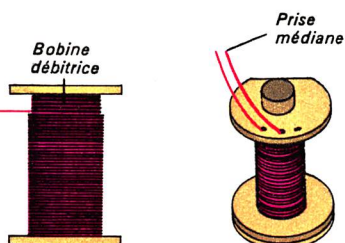


Figure 3

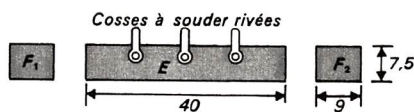


Figure 4

Polystyrène de 1 mm d'épaisseur

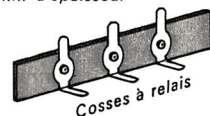


Figure 5

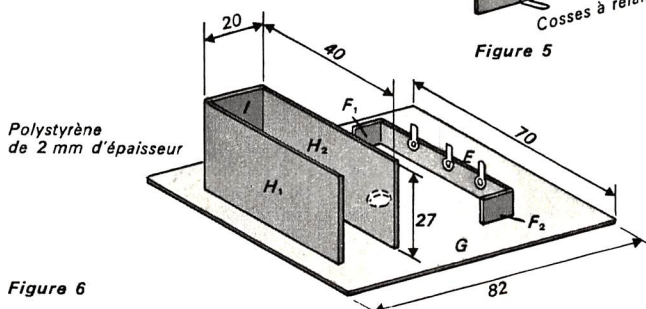
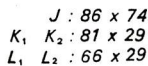


Figure 6

PHYSIQUE AMUSANTE



La pièce principale de notre toupie électromagnétique est la bobine, et c'est la seule qui offre quelque difficulté pour ceux qui ne sont pas habitués à travailler avec du fil de cuivre émaillé relativement fin. On commencera par fabriquer, dans du polystyrène de 1 mm et selon la **figure 1**, le corps de la bobine qui comprend deux flasks (**B** et **C**) et un noyau (**A**). Le flask supérieur est formé d'un disque percé en son centre d'un trou de 6 mm sur lequel on collera une couronne de diamètres intérieur 33 mm et extérieur 40 mm (pièce **D**). Le flask inférieur, pièce **C**, comportera 3 trous percés avec une aiguille chauffée et un pan coupé. Après avoir enfoncé et positionné ces flasks sur le noyau, on les collera par ins-tillation de Cyanolite et on laissera sécher.

Il ne reste plus, en tournant la manivelle, qu'à exécuter le bobinage proprement dit. On commence par enrouler 600 tours et, à ce stade, on fait une prise médiane dont le fil de sortie passe par le second trou : il sera, comme le premier et pour la même raison — risques de rupture ou d'arrachement —, fixé au mors avec du ruban adhésif. On se reportera à la **figure 3**. On reprend alors le bobinage, toujours dans le même sens, et on enroule 4400 tours. Le dernier brin passera par le troisième trou et on laissera encore une extrémité libre de 10 cm environ.

129

ront par la suite soudés ensemble) à 6 cm et, avec beaucoup de précautions, on dénudera leurs extrémités. Il vaut mieux laisser du fil libre car cette opération, qui doit être faite avec une lame bien affûtée, provoque parfois la rupture du fil : il est préférable de pouvoir la recommencer.

Les figures 4 et 6 montrent la fabrication de la barrette-relais à l'aide de 3 rivets-cosses à souder. Il est également possible d'utiliser une barrette à 3 cosses (figure 5). Celles-ci se vendent en diverses longueurs chez les spécialistes en composants électroniques.

On découpe ensuite, dans du polystyrène de 2 mm d'épaisseur, les pièces G, H1, H2 et I (figure 6). La pièce G sera percée en son centre d'un trou de 6 mm de diamètre qui servira à fixer la partie inférieure du noyau de la bobine. Le pan coupé de la pièce C reposera contre la face externe de H2.

Il faut maintenant souder les fils en provenance de la bobine aux 3 cosses de la barrette. La figure 7 constitue un plan de câblage qui doit être respecté impérativement. La figure 8 donne le schéma. Pour être bien réussie, la soudure du fil nécessite :

- un fer de puissance moyenne bien chauffé ;
- un dénudage correct de fil, avec étamage préalable ;
- une main légère...

La soudure bien faite présente un aspect brillant en forme de goutte solidifiée. Le fil ne doit pas être collé par le fondant incorporé au fil de soudure, mais être noyé dans la goutte de métal fondu. Au besoin, on peut s'exercer avant de procéder à l'opération définitive. Pour terminer le boîtier, il faut confectionner le couvercle selon les cotes de la figure 9. La découpe de 40 mm de diamètre est centrée sur la pièce J : elle permet au flasque supérieur de la bobine d'affleurer à son niveau.

On passe maintenant à la fabrication de la toupie elle-même. Le compas de découpe, dont nous avons déjà décrit dans cette rubrique la confection et le fonctionnement, a servi à faire l'ouverture de la pièce J : il va également être employé pour fabriquer la toupie. Afin d'éviter au maximum les bavardages qui ne manquent pas de se manifester dans tout corps en rotation quand l'équilibre statique et dynamique n'est pas parfait, il

faut procéder lentement et avec application.

Ceux qui peuvent avoir accès à un tour pourront l'employer utilement. La figure 10 montre comment pratiquer, en empilant sur un disque deux couronnes découpées dans du polystyrène de 2 mm d'épaisseur. L'axe est constitué par une tige filetée ; cette astuce permet un réglage fin de la distance entre le plan de rotation et la face inférieure du rotor.

Les 4 aimants, figure 11, seront collés radialement sur 2 diamètres à 90°, avec une colle cyanocrylate, et en alternant les pôles. On ajuste enfin l'axe avec son écrou borgne.

A ce moment, et avant de passer au lancement de l'engin, il faut effectuer un certain nombre de réglages, faute de quoi la toupie ne tournera pas pendant des heures. Il faut tout d'abord noter que l'alimentation du système avec une pile miniature de 9 V constitue une limite inférieure. Rappelons en effet que la toupie n'est autre que le rotor d'un moteur asynchrone qui nécessite une certaine énergie pour tourner à bon régime.

Avec notre pile miniature l'énergie est faible, et le rendement du montage n'étant pas très élevé, il faut réduire les frottements au minimum pour que le rotor, ayant pris de la vitesse, continue à tourner longtemps. Il faut en plus une bonne impulsion de départ.

Éliminer les frottements parasites exige de faire avec soin les opérations suivantes :

- abattre l'angle intérieur de la cuvette formée par la couronne D collée sur le flasque supérieur de la bobine ;
- revêtir le fond de cette cuvette avec un disque de métal non magnétique (laiton, cuivre, aluminium, argent, or, zinc, etc.), découpé et collé en bonne place comme on peut le voir sur notre photo p. 128.

Une fois ces opérations terminées, on branche une pile neuve de 9 V et on lance la toupie vivement et verticalement. Il y a là un coup de main à prendre car si la toupie est lancée de travers, elle oscille, puis les aimants touchent le disque métallisé et c'est l'arrêt. La distance entre la face inférieure des aimants et le plan du disque, est importante : si elle est trop grande, l'entrefer est trop important et le rendement tombe à zéro ; si elle est trop petite, le rendement est très

bon mais les aimants touchent. Il y a donc un juste compromis à déterminer en réglant la hauteur avec la tige filetée.

Si la toupie est lancée trop lentement, le courant d'induction sera insuffisant pour commander le transistor et, ne recevant aucune impulsion magnétique du bobinage, elle s'arrêtera très vite. On peut faciliter beaucoup le lancement en alimentant le système en 12 V, ou même en 18 V : la toupie prend rapidement de la vitesse, même avec une faible impulsion, et on diminue ensuite le voltage jusqu'à revenir aux environs de 9 V. Il faut faire très attention à la polarité, et la respecter impérativement.

Si tout est bien fait, la toupie se met à tourner à bonne allure pendant des heures ; la chose paraît étonnante aux profanes, et les initiés devront garder le secret sur ce mouvement apparemment perpétuel. On peut d'ailleurs habiller la toupie pour cacher les aimants, ce qui rend la découverte du procédé beaucoup plus difficile et des observateurs, même scientifiques, peuvent plancher bien longtemps sans trouver l'astuce.

Ceux qui aiment les systèmes affînés peuvent optimiser le montage : en faisant varier les données on améliore le rendement, et il est quelques points sur lesquels il est facile d'agir :

- le nombre de tours de la bobine : du fil plus gros pour la bobine B1, et beaucoup plus d'enroulements pour la bobine B2, mais ceci modifie la tension d'alimentation ;
- les dimensions de la toupie ;
- l'utilisation d'un lest non magnétique en anneau ;
- le nombre des aimants ;
- l'équilibrage (très important).

On notera que l'axe de la toupie décrit un cône ouvert sur le bas et non vers le haut comme c'est le cas d'une toupie libre lancée sur le sol. Ce fait est dû à ce que le rotor est soumis non seulement à la pesanteur, mais à des attractions magnétiques variables en grandeur et en direction. De ce fait, la description du mouvement devient très difficile et peut être l'objet à elle seule d'une étude scientifique complète : les montages les plus élémentaires recèlent souvent les secrets les plus complexes.

Renaud de LA TAILLE □

LA SENSIBILITÉ AUX GROSSES MASSES

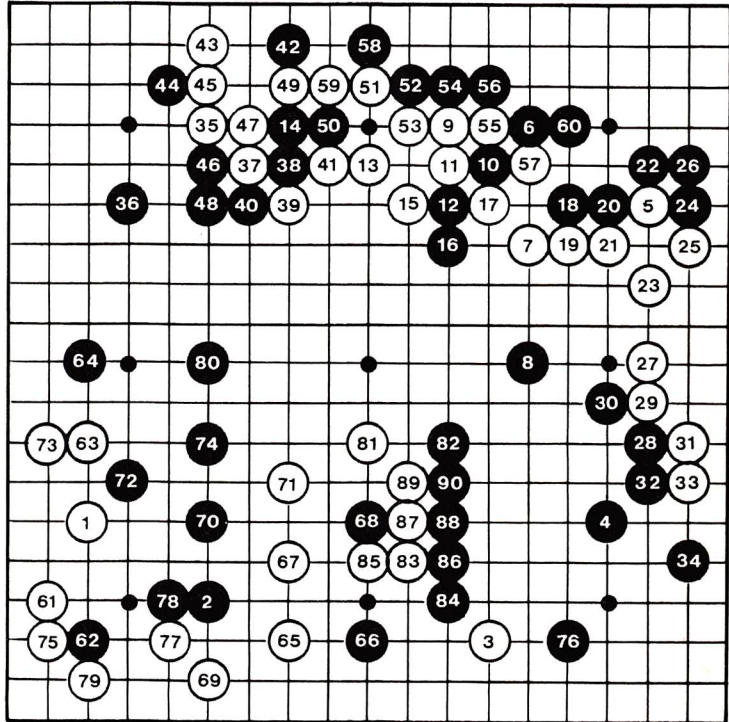
Dans le jeu à handicap, le diable est blanc : chaque pierre blanche irradie sa lumière maléfique dans les recoins apparemment les mieux protégés. Il n'y a pas d'exorcisme à toute épreuve : quelle que soit la manière du noir, confiance dans la théorie et les bouquins ou confiance en soi, le processus se ramène à un développement de "la sensibilité aux grosses masses". On entend par là principalement le sens du danger qui presque par définition ne peut s'acquérir qu'en jouant contre un joueur plus fort : on ne peut pas vraiment percevoir à jour les intentions du blanc, en revanche on peut, on doit sentir quand et où ça risque de chauffer. Dans la partie ci-dessous, le noir est toujours prêt à céder, mais seulement sur l'accès, les lambeaux. Cela dénote un sens du jeu remarquable.

1. Assurer immédiatement la sécurité d'un groupe isolé.

Après le coup 17, le coin N-E est coupé et le noir ne s'embarrasse pas de fioritures : il s'assure une large vie en acceptant de renforcer le blanc sur l'extérieur ; les coups 18 à 26 sont techniquement discutables mais le but poursuivi est incontestablement atteint. Comme un bonheur n'arrive jamais seul, le blanc est coupé en 2 et doit assurer sa sécurité, ce qui va permettre au noir de se renforcer gratuitement : le blanc se stabilise (27-33) et le noir recule en se renforçant.

2. Quand on ne connaît pas précisément l'issue d'un combat, en finir le plus vite possible. Avec 37, le blanc fait pression sur les 2 pierres noires du bord Nord. Le noir commence par essayer de sortir ses pierres, mais après 43 il se rend compte qu'il n'est pas sûr et décide aussitôt de sacrifier. Avec la séquence 44-60, il se renforce d'un côté puis de l'autre. Plus le blanc est fort, moins le sacrifice a d'importance : le noir donne 4 pierres et perd la pierre 10 en prime mais il s'est assuré un gros territoire au Nord-Est et n'a pas de groupe malade.

3. Toujours avancer globalement. Le noir répond solidement avec 62 et 64 puis sépare les forces blanches avec 66. Le blanc devrait



Partie à 9 pierres.
Noir gagne de 1 point. 90 premiers coups

sans doute jouer 69 en 70 — ce qui contraindrait le noir à assurer sa sécurité en 75 —, puis il pourrait essayer de tirer quelque chose de sa pierre 3.

Il joue un peu vite en 69 et le noir saute en 70 : un groupe qui est sorti vers le centre est rarement en danger et les forces blanches sont toujours séparées. Le noir se dirige toujours vers le centre avec 72-74 et ne se préoccupe pas des points du coin ; il profite d'un moment d'accalmie pour donner le coup de

grâce à la pierre 3 avec 76, puis continue à assurer avec 80.

82 est imprécis et donne au blanc une chance de lancer un combat. Si le noir répond à 83 en 85, le blanc va compliquer ; le noir refuse aussitôt de se laisser entraîner et avec 84-90 il préserve l'essentiel. Il ne gagera finalement que d'un seul point en reculant constamment et en démontrant qu'avec un peu plus d'expérience il deviendra rapidement "injouable" à 9 pierres.

BIBLIOGRAPHIE

- "Les bases techniques du GO" (le jeu 9 pierres de handicap) par Lim Yoo Jong et Hervé Dicky.
- "L'ABC du GO" par Hervé Dicky. Ces deux ouvrages sont édités par Chiron, 40, rue de Seine, 75006 Paris.

- "Le Guide Marabout du GO" traduit d'un ouvrage de Kaoru Iwamoto.
- "GO", revue française de Go, Les Authieux - 76520 Boos (CCP Rouen 122207 M).

Abonnement pour 1 an, 4 numéros : 40 F.

Pierre AROUTCHEFF □

JEUX ET PARADOXES

LE RETOUR DE LA BANDE DES NEUF

Notre attachement pour le système décimal est tel que nous éprouvons une intense satisfaction à bâtir des relations où chacun des chiffres non nuls (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 et 9) nous fascinent ainsi depuis plusieurs mois.

Cette rubrique proposait, en décembre 1980, de les répartir en plusieurs nombres pour obtenir chaque fois des formules égalant 100 (autre gloire du système décimal). Jacques Chaupin en relâche plusieurs.

● D'abord $(A \times B) : C = 100$
de 4 manières :

$$\begin{aligned}(1\ 248 \times 75) : 936 &= \\(1\ 284 \times 75) : 963 &= \\(3\ 184 \times 25) : 796 &= \\(2\ 475 \times 36) : 891 &= 100.\end{aligned}$$

● Puis $(A \times B) : (C \times D) = 100$
de 6 manières :

$$\begin{aligned}(984 \times 75) : (123 \times 6) &= \\(725 \times 68) : (493 \times 1) &= \\(475 \times 96) : (38 \times 12) &= \\(3\ 675 \times 8) : (294 \times 1) &= \\(7\ 925 \times 8) : (634 \times 1) &= \\(9\ 325 \times 8) : (746 \times 1) &= 100.\end{aligned}$$

● Ensuite $(A \times B) : C = 100$
de 32 manières, avec 4 dénominateurs différents :

$$\begin{aligned}(2\ 849 + 751) : 36 &= \\(2\ 851 + 749) : 36 &= \\(2\ 751 + 849) : 36 &= \\(2\ 749 + 851) : 36 &= \\(2\ 741 + 859) : 36 &= \\(2\ 759 + 841) : 36 &= \\(2\ 859 + 741) : 36 &= \\(2\ 841 + 759) : 36 &= 100 =\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(3\ 829 + 671) : 45 &= \\(3\ 629 + 871) : 45 &= \\(3\ 879 + 621) : 45 &= \\(3\ 679 + 821) : 45 &= \\(3\ 821 + 679) : 45 &= \\(3\ 621 + 879) : 45 &= \\(3\ 871 + 629) : 45 &= \\(3\ 671 + 829) : 45 &= 100 =\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(5\ 829 + 471) : 63 &= \\(5\ 429 + 871) : 63 &= \\(5\ 879 + 421) : 63 &= \\(5\ 479 + 821) : 63 &= \\(5\ 821 + 479) : 63 &= \\(5\ 421 + 879) : 63 &= \\(5\ 871 + 429) : 63 &= \\(5\ 471 + 829) : 63 &= 100 =\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(6\ 341 + 859) : 72 &= \\(6\ 354 + 841) : 72 &= \\(6\ 859 + 341) : 72 &= \\(6\ 841 + 359) : 72 &= \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(6\ 351 + 849) : 72 &= \\(6\ 349 + 851) : 72 &= \\(6\ 851 + 349) : 72 &= \\(6\ 849 + 351) : 72 &= 100.\end{aligned}$$

● Enfin $(A + B) : (C + D) = 100$
de 60 manières :

$$\begin{aligned}(857 + 943) : (12 + 6) &= \\(857 + 943) : (16 + 2) &= \\(843 + 957) : (12 + 6) &= \\(843 + 957) : (16 + 2) &= \\(947 + 853) : (12 + 6) &= \\(947 + 853) : (16 + 2) &= \\(953 + 847) : (12 + 6) &= \\(953 + 847) : (16 + 2) &= 100 =\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(924 + 876) : (15 + 3) &= \\(924 + 876) : (13 + 5) &= \\(976 + 824) : (15 + 3) &= \\(976 + 824) : (13 + 5) &= \\(926 + 874) : (15 + 3) &= \\(926 + 874) : (13 + 5) &= \\(974 + 826) : (15 + 3) &= \\(974 + 826) : (13 + 5) &= 100 =\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(5\ 379 + 21) : (46 + 8) &= \\(5\ 379 + 21) : (48 + 6) &= \\(5\ 329 + 71) : (46 + 8) &= \\(5\ 329 + 71) : (48 + 6) &= \\(5\ 371 + 29) : (46 + 8) &= \\(5\ 371 + 29) : (48 + 6) &= \\(5\ 321 + 79) : (46 + 8) &= \\(5\ 321 + 79) : (48 + 6) &= 100 =\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(6\ 213 + 87) : (54) &= \\(6\ 213 + 87) : (59 + 4) &= \\(6\ 283 + 17) : (54 + 9) &= \\(6\ 283 + 17) : (59 + 4) &= \\(6\ 217 + 83) : (54 + 9) &= \\(6\ 217 + 83) : (59 + 4) &= \\(6\ 287 + 13) : (54 + 9) &= \\(6\ 287 + 13) : (59 + 4) &= 100 =\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(3\ 584 + 16) : (27 + 9) &= \\(3\ 584 + 16) : (29 + 7) &= \\(3\ 514 + 86) : (27 + 9) &= \\(3\ 514 + 86) : (29 + 7) &= \\(3\ 516 + 84) : (27 + 9) &= \\(3\ 516 + 84) : (29 + 7) &= \\(3\ 586 + 14) : (27 + 9) &= \\(3\ 586 + 14) : (29 + 7) &= 100 =\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(7\ 142 + 58) : (63 + 9) &= \\(7\ 142 + 58) : (69 + 3) &= \\(7\ 152 + 48) : (63 + 9) &= \\(7\ 152 + 48) : (69 + 3) &= \\(7\ 148 + 52) : (63 + 9) &= \\(7\ 148 + 52) : (69 + 3) &= \\(7\ 158 + 42) : (63 + 9) &= \\(7\ 158 + 42) : (69 + 3) &= 100 =\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(2\ 653 + 47) : (19 + 8) &= \\(2\ 653 + 47) : (18 + 9) &= \\(2\ 643 + 57) : (19 + 8) &= \\(2\ 643 + 57) : (18 + 9) &= \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(2\ 647 + 53) : (19 + 8) &= \\(2\ 647 + 53) : (18 + 9) &= \\(2\ 657 + 43) : (19 + 8) &= \\(2\ 657 + 43) : (18 + 9) &= 100 =\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(6\ 293 + 7) : (45 + 18) &= \\(6\ 293 + 7) : (48 + 15) &= \\(6\ 297 + 3) : (45 + 18) &= \\(6\ 297 + 3) : (48 + 15) &= 100.\end{aligned}$$

Jacques Chaupin ne trouve, par contre, aucune solution pour :
 $(A - B) : C = (A - B) : (C - D)$
 $= A(B + C) = A(B - C) = 100$.
Ferez-vous mieux que lui sur ces voies encore libres ?

Quels autres sentiers peut-on suivre avec ces nombres composés de 9 chiffres utilisés une fois et une seule chacun ? Un problème a été exploré depuis longtemps et se trouve, par exemple, dans les *Récréations mathématiques* de Victor Thébault (p. 140) : quels nombres de trois chiffres peut-on ainsi former, en suivant une progression arithmétique ? Une solution est évidente : 123, 456, 789, dont la raison est 333. Il y en a 379 autres en progression croissante. Les trouverez-vous ? De telles progressions sont-elles envisageables avec des nombres de deux, trois et quatre chiffres ?

D'autres thèmes semblent n'avoir jamais été abordés. Celui des diviseurs et des nombres premiers ou premiers entre eux en est un. Voici trois façons de répartir les neuf chiffres en nombres premiers entre eux :

$$\begin{aligned}2\ 13456789 \\2\ 3\ 1456789 \\13\ 29\ 47\ 568.\end{aligned}$$

En existe-t-il de nombreuses autres ? Peut-on répartir les neuf chiffres en plusieurs nombres premiers ? Peuvent-ils même former un nombre premier à eux tous ? La réponse à cette dernière question est évidemment non (123456789 n'est pas premier...). Dernière piste : les nombres amiables. Deux nombres sont amiables lorsque chacun est égal à la somme des diviseurs de l'autre, 1 étant compris comme un diviseur. Ainsi, 220 a pour diviseurs, 1, 2, 4, 5, 10, 11, 20, 22, 44, 55 et 110, dont la somme est 284, nombre qui a lui-même pour diviseurs 1, 2, 4, 71 et 142, dont la somme est 220. Peut-on faire de même avec des nombres composés des neuf chiffres ?

Pierre BERLOQUIN □

LA CALCULETTE DE L'ASTRONOME

COMMENT CALCULER LA DISTANCE ENTRE DEUX POINTS A LA SURFACE D'UNE PLANÈTE

Qui ne s'est jamais posé la question de savoir quelle est la distance exacte entre Paris et New-York ou Tokyo et San Francisco, par exemple ? A moins de prendre un globe terrestre et de tendre un fil entre ces deux points, fil dont on mesure ensuite la longueur avant de la convertir en kilomètres, il est difficile de connaître cette valeur. De plus en plus également, à une époque où l'on parle beaucoup de missiles et de bombes orbitales, on peut éprouver le besoin de connaître la distance la plus courte entre une base de lancement et un objectif stratégique. Sans parler des pilotes privés qui peuvent souhaiter déterminer une distance entre deux points de leur parcours.

La mesure sur globe, inévitablement, est assez imprécise : la mesure sur planisphère l'est également, compte tenu des déformations dues aux divers systèmes de projection. Il est donc intéressant d'établir un programme de calcul donnant la distance entre deux points à la surface d'un globe planétaire (pas forcément la Terre) connaissant leurs coordonnées : celles-ci peuvent être relevées sur un Atlas, si elles ne sont pas déjà connues, ou sur une carte dans le cas d'une planète ou d'un satellite. Cette deuxième application ne nous paraît pas moins importante que la première, car à l'heure des expériences spatiales nous aurons — ne serait-ce que par pure curiosité — de plus en plus fréquemment besoin de connaître la distance à vol d'oiseau entre deux stations sur la Lune, ou entre deux sondes posées sur Mars, par exemple.

La formule permettant d'effectuer ce type de calcul, bien que peu connue, est simple en elle-même, puisqu'elle se limite à des produits de sinus et de cosinus. La difficulté vient de ce que certains astres ne sont pas parfaitement sphériques, mais présentent une ellipticité plus ou moins prononcée, dont il faut tenir compte. La formule en question permet en effet de déterminer l'angle géocentrique entre les deux points considérés, si bien que le calcul de l'arc de cercle décrit à la surface de l'astre par la ligne qui joint ces deux points, nécessite la

connaissance du rayon moyen. Nous devons donc effectuer le calcul de ce rayon moyen, entre les latitudes extrêmes atteintes par cet arc de cercle (figure 1).

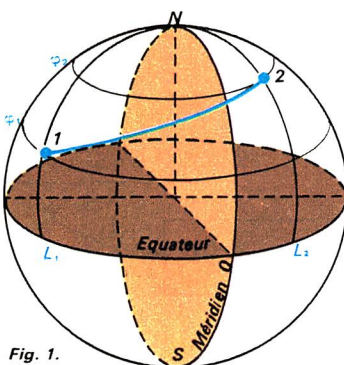


Fig. 1.

Entrer : Coordonnées du point
1 (L_1, φ_1)
2 (L_2, φ_2)
Rayon équatorial de la planète (R_e)
Aplatissement de la planète (α).

N.B. : Les latitudes sud sont précédées du signe (-).

Notation :

R_e = rayon équatorial de l'astre
 α = aplatissement.

Formulation

1. Calcul de la différence de longitude
 $dL = L_1 - L_2$

Test :

si $dL < 0$ faire $dL = dL + 360$

si $dL > 180$ $dL = 360 - dL$.

2. Calcul de l'angle géocentrique (γ)

$\cos \gamma = (\sin \varphi_1 \sin \varphi_2) + (\cos \varphi_1 \cos \varphi_2 \cos dL)$.

3. Calcul de la latitude moyenne. Chercher d'abord la latitude maximale atteinte par l'arc de cercle joignant les deux points. Si l'écart est inférieur à 90° (figure 2, cas A), cette latitude maximale équivaut à celle du point de latitude la plus élevée (en valeur absolue). Entre 90 et 180° (figure 2, cas B) la latitude maximale est supérieure, jusqu'à atteindre 90° (le pôle) pour $dL = 180^\circ$.

$\text{tg } \varphi_{\text{max}} = \frac{\text{tg } \varphi_2}{\sin dL}$

$\varphi_{\text{moy}} = \frac{\varphi_{\text{max}} + \varphi_1}{2}$.

4. Calcul du rayon moyen

$R_m = R_e (1 - \alpha \sin^2 \varphi_{\text{moy}})$

5. Détermination de la distance

$D = \pi R_m \frac{\gamma}{180}$ (D en km).

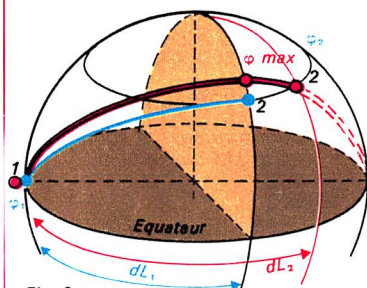


Fig. 2.

Cas A. Si $dL < 90^\circ$ (ici $dL = 90^\circ$) la latitude maximale survolée par le segment reliant les points 1 et 2 est égale à la latitude du point 2, le plus élevé.

Cas B. Si $dL \geq 90^\circ$ (ici $dL < 180^\circ$) le segment passe par une latitude maximale (φ_{max}) avant de redescendre vers le point 2.

Applications

Exemples concrets :

1. Déterminer la distance à vol d'oiseau entre les aéroports de Paris-Orly et Nice-Côte-d'Azur.

Paris : $L_1 = 2,38^\circ \text{ E}$ $\varphi_1 = 48,72^\circ \text{ N}$

Nice : $L_2 = 7,21^\circ \text{ E}$ $\varphi_2 = 43,67^\circ \text{ N}$

$dL = 7,21 - 2,38 = 4,83^\circ$

$\cos \gamma = (\sin 48,72 \times \sin 43,67) + (\cos 48,72 \times \cos 43,67 \times \cos 4,83)$

$= 0,994$, soit $\gamma = 6,05$

$\varphi_{\text{moy}} = \frac{(48,72 + 43,67)}{2} = 46,195$

$R_m = 6378,155 (1 - 0,003353 \sin^2 46,195) = 6367,02 \text{ km}$

$D = 3,1416 \times 6367,02 \times \frac{6,05}{180}$

$= 672,7 \text{ km}$, soit 673 km .

N.B. : La précision finale est évidemment fonction de la précision avec laquelle sont connues les coordonnées des deux points. Pour $1/100$ de degré, comme ici, on peut seulement prétendre à une détermination au kilomètre près. Notons aussi que la distance ci-dessus est la plus courte distance entre les deux points (vol d'oiseau). Dans la réalité, pour ce qui est des liaisons aériennes, la distance est un peu supérieure car les routes de vol suivent des lignes brisées.

2. Déterminer la distance qui séparerait le module lunaire d'Apol-

LA CALCULETTE DE L'ASTRONOME

Tableau 1

Valeurs des rayons équatoriaux et aplatissements pour les principaux astres telluriques

	R_e	α
Terre	6 378.155 km	0.003 353
Lune	1 738	0
Mercure	2 439	0
Vénus	6 052	0
Mars	3 395	0.005 2

Tableau 2

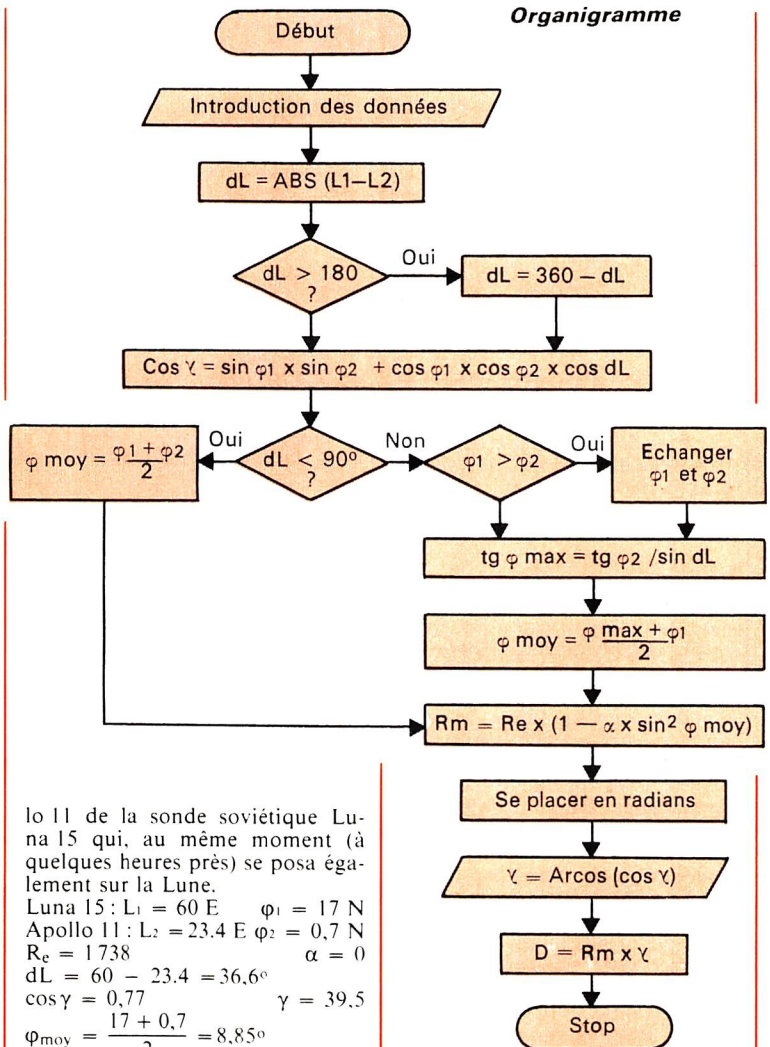
Coordonnées de sondes et LM sur la Lune

Ranger 4	229.5	E 15.5	S
6	9	E 9	N
7	339	E 11	S
8	35	E 3	N
9	357.5	E 13	S
Surveyor 1	317	E 3	S
2	349	E 5	N
3	336.5	E 3	S
4	359	E 0.5	N
5	22.5	E 2	N
6	348	E 1	N
7	348	E 41	S
Luna 2	359	E 1	N
5	325	E 6.5	S
7	311.5	E 9.5	N
8	297	E 9.5	N
9	296	E 7	N
1 ^{er} atterrissage en douceur			
13	298	E 19	N
15	60	E 17	N
16	56.3	E 0.7	N
Retour d'échantillons sur Terre			
17	325.0	E 38.3	N
Avec "Lunokhod 1"			
18	56.5	E 3	N
20	56.55	E 3.5	N
Retour sur Terre			
21	31	E 26.5	N
Avec "Lunokhod 2"			
23	59	E 13	N
24	62.2	E 12.75	N
Retour sur Terre			
Apollo 11	23.43	E 0.68	N
Premiers hommes sur la Lune			
12	336.59	E 3.20	S
14	342.53	E 3.67	S
15	3.66	E 26.09	N
16	15.52	E 9.00	S
17	30.77	E 20.17	N

Coordonnées des sondes Viking sur Mars

Viking 1	311.98	E 22.48	N
Viking 2	134.14	E 47.89	N

Organigramme



lo 11 de la sonde soviétique Luna 15 qui, au même moment (à quelques heures près) se posa également sur la Lune.

Luna 15 : $L_1 = 60^\circ$ E $\phi_1 = 17^\circ$ N
 Apollo 11 : $L_2 = 23.4^\circ$ E $\phi_2 = 0.7^\circ$ N
 $R_e = 1738$ $\alpha = 0$
 $dL = 60 - 23.4 = 36.6^\circ$
 $\cos \gamma = 0.77$ $\gamma = 39.5^\circ$
 $\phi_{moy} = \frac{17 + 0.7}{2} = 8.85^\circ$

$R_m = 1738$

$D = 3.14 \times 1738 \times \frac{39.5}{180} = 1198 \text{ km.}$

3. Quelle distance séparent sur Mars les sondes Viking 1 et Viking 2 ?

Coordonnées dans le tableau 2. Caractéristiques de la planète dans le tableau 1.

Résultat dans notre prochaine rubrique.

Indications

Pour régler le cas $dL < 0$, le plus simple est de poser directement $dL = \text{ABS}(L_1 - L_2)$. Nous conseillons de se placer en mode degrés pendant les 4 premiers points du calcul, puis de calculer en rad dans le cinquième, on aura alors tout simplement : $D = R_m \times \gamma$.

Solution

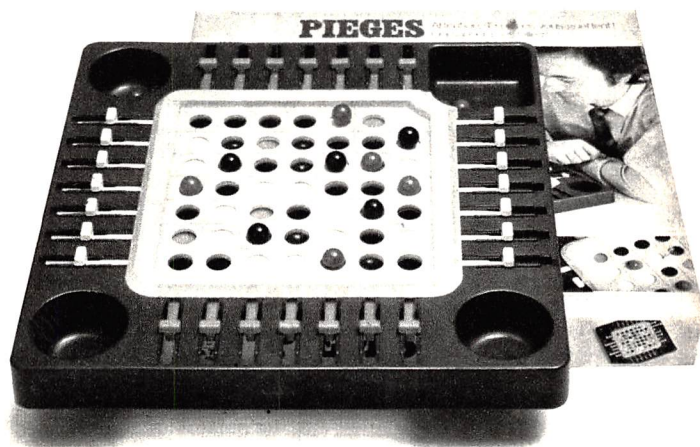
du numéro précédent
 « Calculez la distance des galaxies et des quasars »

Programme pour TI-58 et 59

000 LBL A	010 STO 00
FIX 2	-
INV ENG	1
+	=
1	÷
=	(
x^2	RCL 00

JEUX DE RÉFLEXION

"PIÈGES" AU BANC D'ESSAI



020	1	+	=	R/S
)		÷	x=t
	×		×	3
	1		×	2
	0			
	0			
	=			
	R/S			
	×	040	6	
	2		2	
			EE	
			3	
030	9		=	ENG
	9			
	8	046	R/S	

Mode d'emploi

Écrire H, appuyer sur $x=t$, entrer z et faire A : apparaissent successivement $(\frac{V}{C})'$, Vf puis Dz.

Programme pour HP-33

01	FIX 1	9
	CL REG	
	$\sum +$	20 9
	+	8
	x^2	×
	ENTER	R/S
	ENTER	RCL 3
	1	÷
	-	3
		2
10	$x \leq y$	6
	1	2
	+	
	÷	30 EEX
	EEX	3
	2	×
	×	ENG 2
	R/S	
	2	34 GTO 00

Mode d'emploi

Écrire z, appuyer ENTER, écrire H puis faire GSB 01 : apparaissent

successivement $(\frac{V}{C})'$, Vf puis Dz.

Rappelons, pour les deux modèles, que H est exprimé en km/s par million de parsec.

Remarque concernant le HP-33

L'astuce concernant à utiliser les fonctions statistiques permet de raccourcir le programme (sans grande utilité cette fois). Elle a l'inconvénient de devoir effacer les mémoires.

Pierre KOHLER
Programmation
Daniel FERRO □

Jeu présenté

Nom : Pièges
Origine : USA
Éditeur : MB France
Nombre de joueurs : 2 à 4

Matériel

- Un plateau moulé avec matrice de trous 7×7 avec 7 glissières blanches à 3 crans et 7 glissières orange à 3 crans.
- 4 séries de 5 billes.
- Règles imprimées sur le couvercle.

But du jeu

Être le dernier à avoir encore une ou plusieurs billes sur le plateau.

Préparation

A tour de rôle, poser une bille sur un des trous bloqués par les glissières.

Comment jouer

On déplace une glissière d'un cran afin de faire tomber des billes dans les trous. On n'a pas le droit de déplacer une glissière manœuvrée par le joueur précédent.

Commentaires

Ce jeu est destiné surtout aux enfants par sa présentation, mais le jury a essayé de le jouer comme jeu de réflexion en l'analysant... Peut-être 1% des acheteurs le feront !

Chaque glissière possède 9 positions (trou ou blocage). Dans l'exemplaire de "Pièges" analysé, 7 des glissières avaient 4 trous, 6 avaient 5 trous et une avait 6 trous. Pour une position de la matrice (7×7) il y a trois positions pour chacune des deux glissières qui la ferme. Une glissière a donc 1, 2 ou 3 chances sur trois de fermer un

point donné de la matrice. Les 9 positions des deux glissières donnent 1, 2, 3, 4, 6 ou 9 chances sur 9 de laisser la bille tomber. La distribution des chances pour chacun des 49 points est étonnante :

1 point est ouvert en permanence ; 6 pts sont ouverts 6 fois sur 9 ; 13 ouverts 4 sur 9 ; 3 ouverts 3 sur 9 ; 20 ouverts 2 fois sur 9 et puis 6 points qui n'ont que 1 chance sur 9 d'être ouverts.

Les membres du jury ont remarqué qu'un trou au milieu des trois positions d'une glissière est très avantageux.

La préparation spécifie qu'on démarre avec les glissières disposées de façon aléatoire. Le nombre de positions inutilisables pour la pose initiale des billes varie donc considérablement.

Un des membres du jury prévoit de mettre un programme sur son ordinateur individuel tellement il a été fasciné par ce jeu. Les autres se sont lassés rapidement.

Verdict

- Originalité : 7
 - Présentation : 8
 - Clarté des règles : 8
- (sauf si on fait l'analyse en profondeur)



- Note globale : 5

Peter WATTS □

UN MINI-SYNTHÉTISEUR

Il ressort du nombreux courrier que nous recevons régulièrement que les montages touchant à des phénomènes acoustiques sont ceux qui semblent remporter le plus grand intérêt auprès de nos lecteurs. C'est pourquoi voici de nouveau une réalisation tout spécialement orientée vers le son, puisque nous vous proposons de réaliser ce mois-ci un mini-synthétiseur.

Cet appareil restera cependant très simple dans sa version de base, mais pour plus de souplesse d'utilisation il sera possible de le raccorder au montage du mini-orgue première partie. Si vous n'avez pas réalisé ce dernier appareil, il vous sera pourtant possible d'utiliser notre synthétiseur sur son oscillateur interne.

Nous avons vu, lors de la réalisation du mini-orgue, l'influence des formants de timbre sur le son d'un instrument. Ici nous allons tout particulièrement nous intéresser à l'enveloppe du signal : c'est-à-dire à l'évolution de son amplitude dans le temps. Nous avions déjà présenté une réalisation de ce type : la guitare électronique. Cependant, dans ce dernier cas, le formant était figé ; nous n'y avions pas accès.

Dans le cas du synthétiseur, nous pourrions modifier à notre gré

cette évolution du formant et, par voie de conséquence, obtenir une multitude de sonorités différentes. Mais que faut-il, à présent, pour réaliser un formant et pour pouvoir le modeler. Nous pouvons décomposer notre enveloppe en trois phases bien distinctes :

- l'attaque ;
- le maintien ou *sustain* ;
- l'amortissement ou *decrease*.

Ces trois phases s'enchaînent et le son dépend de leur durée et de leur forme respective.

Par exemple, pour le piano nous avons une attaque relativement rapide et de forme logarithmique, un maintien long et à faible décroissance suivi d'un amortissement logarithmique.

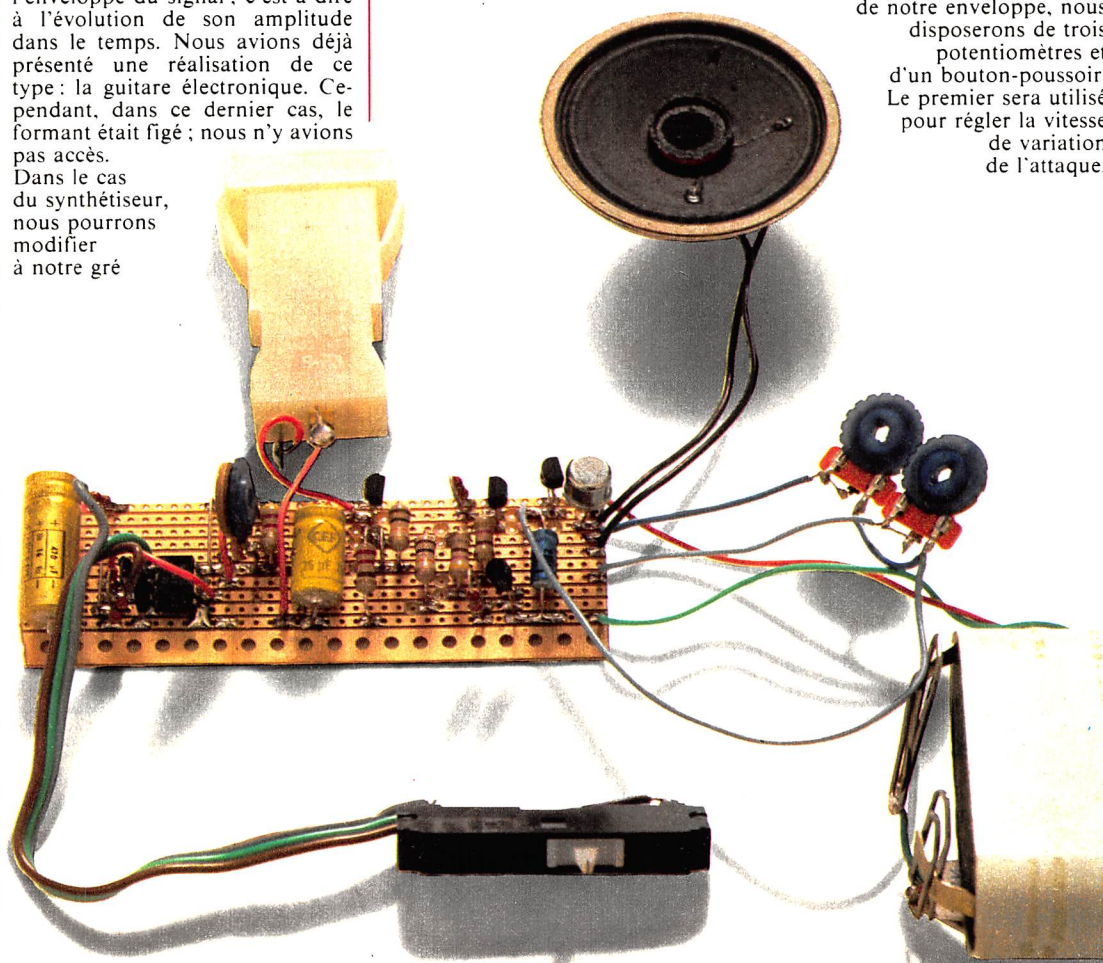
Dans les sons de cloche ou de guitare, par contre, les phases d'attaque et de maintien sont de durée pratiquement nulle.

En effet, le son atteint immédiatement son amplitude maximale pour décroître aussitôt de manière logarithmique.

Pour la flûte ou l'orgue classique, seule la phase de maintien existe, alors que les durées de l'attaque et de l'amortissement sont pratiquement nulles.

Nous voyons donc qu'un instrument peut utiliser soit le formant au complet soit une partie des phases uniquement. Seule l'attaque n'est jamais utilisée sans suite dans les sons naturels. En effet, cela correspondrait à des sons augmentant progressivement pour s'arrêter net. On peut cependant réaliser ce type d'enveloppe sur notre synthétiseur, mais le son obtenu est parfaitement artificiel et ne rappelle aucun instrument connu.

Revenons à présent à notre montage. Pour pouvoir piloter la forme de notre enveloppe, nous disposerons de trois potentiomètres et d'un bouton-poussoir. Le premier sera utilisé pour régler la vitesse de variation de l'attaque,



Implantation des composants

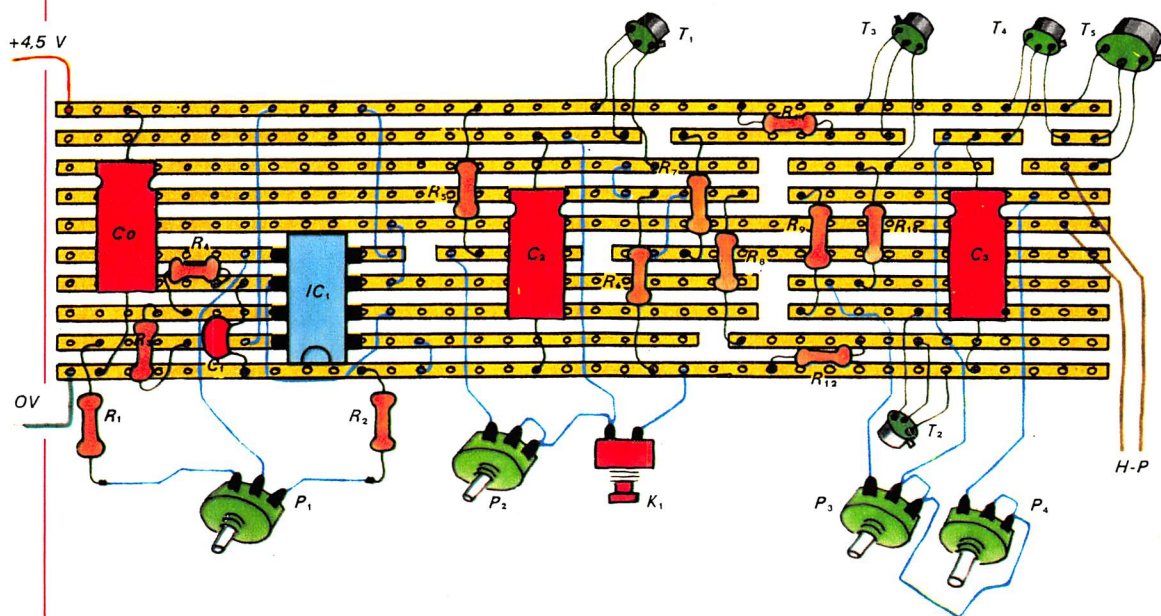
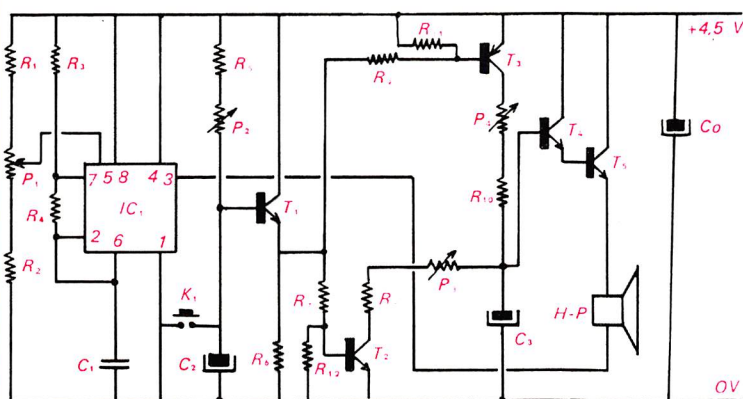


Schéma électrique



le second fixera la durée du maintien et le troisième la vitesse de décroissance de l'amortissement. Le bouton-poussoir sera, quant à lui, employé pour démarrer le cycle, donc pour envoyer la note.

Dans le cas du montage sur oscillateur interne, un quatrième potentiomètre vous permettra de choisir la note à jouer; ceci en agissant tout simplement sur la fréquence d'un NE 555.

Dans ce cas, il faudra cependant une certaine habitude pour pouvoir jouer une mélodie précise, mais le fait que la fréquence reste variable à tout instant permet une multitude d'effets sonores.

NOMENCLATURE

$R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ (brun-noir-rouge-argent ou or).
 $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$ (brun-noir-rouge-argent ou or).
 $R_3 = 2,2 \text{ k}\Omega$ (rouge-rouge-rouge-argent ou or).
 $R_4 = 68 \text{ k}\Omega$ (bleu-gris-orange-argent ou or).
 $R_5 = 4,7 \text{ k}\Omega$ (jaune-violet-rouge-argent ou or).
 $R_6 = 220 \Omega$ (rouge-rouge-brun-argent ou or).
 $R_7 = 10 \text{ k}\Omega$ (brun-noir-orange-argent ou or).

$R_8 = 10 \text{ k}\Omega$ (brun-noir-orange-argent ou or).
 $R_9 = 470 \Omega$ (jaune-violet-brun-argent ou or).
 $R_{10} = 470 \Omega$ (jaune-violet-brun-argent ou or).
 $R_{11} = 6,8 \text{ k}\Omega$ (bleu-gris-rouge-argent ou or).
 $R_{12} = 6,8 \text{ k}\Omega$ (bleu-gris-rouge-argent ou or).
 $C_0 = 470 \mu\text{F}$ 10-12 V.
 $C_1 = 68 \text{ nF}$.
 $C_2 = 25 \mu\text{F}$ 10-12 V.
 $C_3 = 10 \mu\text{F}$ 10-12 V.

$P_1 = 5 \text{ k}\Omega$.
 $P_2 = 10 \text{ k}\Omega$.
 $P_3 = 100 \text{ k}\Omega$.
 $P_4 = 100 \text{ k}\Omega$.
 $T_1 = 2\text{N } 3904$.
 $T_2 = 2\text{N } 3904$.
 $T_3 = 2\text{N } 3905$.
 $T_4 = 2\text{N } 3904$.
 $T_5 = 2\text{N } 1711$.
 $K_1 = \text{bouton-poussoir}$.

MP = 8Ω ou 16Ω .
 Alimentation : pile plate 4,5 V.
 Henri-Pierre PENEL
 et Olivier GUTRON □

ÉCHECS

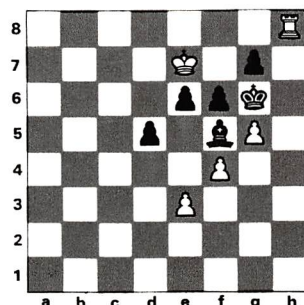
ET APRÈS ?

« Combien de coups voyez-vous à l'avance ? » Cette traditionnelle question, dévoilant une préoccupation bien naïve, porte pourtant en elle, si on la retient littéralement, l'un des problèmes fondamentaux du jeu tactique. Calculer l'enchaînement correct des coups constitutifs d'une combinaison n'est pas, en effet, la tâche la plus difficile. Sauf si la combinaison mène directement au mat, il importe également de "voir" la position qu'elle laisse à son issue. Et c'est bien là le plus délicat. "Voir

cinq coups à l'avance", par exemple, ce n'est pas seulement trouver une combinaison qui gagne une pièce en cinq coups, mais également s'assurer que la position en résultant ne se prête pas elle-même à une nouvelle combinaison de l'adversaire. Ce point est particulièrement délicat lorsque la combinaison, commencée en milieu de partie, mène à la finale après une série d'échanges. Attention, notamment, à la création de pions passés qui peuvent tout à coup renverser l'équilibre.

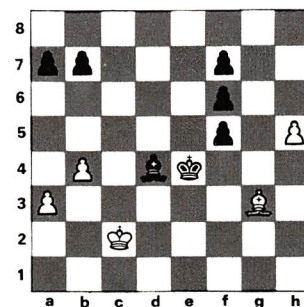
Pour vous entraîner, voici trois positions où un pion emporte la décision de manière difficilement prévisible.

Exercice n° 85



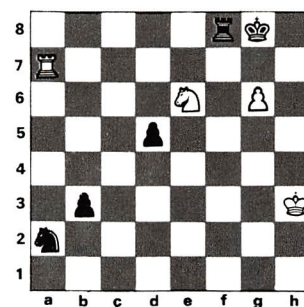
Les noirs doivent à présent être persuadés d'obtenir le nul. On voit mal en effet comment les pions blancs pourraient passer. Et pourtant... les blancs jouent et gagnent.

Exercice n° 86



Les blancs jouent et gagnent ! Simple et élégant.

Exercice n° 87



Les noirs ont un pion (passé) de plus. Mais ce sont les blancs qui jouent... et qui gagnent.

Solution de l'exercice n° 84

1. Dxh7 + !!, Rxh7 ; 2. g6 +, Rh8 ; 3. Th4 +, Fh6 ; 4. Txh6 mat.

Alain LEDOUX □

BOLTCHIKHINE-BRAGUINE

1979-1980, URSS — Par correspondance, Défense GRUNFELD

1. d4 Cf6
2. c4 g6
3. Cc3 d5
4. cxd Cxd5
5. e4 Cxc3
6. bxc3(a) Fg7
7. Fc4 c5
8. Ce2 0-0
9. 0-0 Cc6
10. Fe3 Dc7
11. Tc1 Td8
12. Dd2 Da5
13. Tfd1 Fg4(b)
14. f3 Ce5
15. Fd5 Txd5
16. exd5 Cc4
17. Dd3 Cb2
18. Db1 Cxd1
19. Txd1 cxd

a) Position caractéristique de l'hypermoderne défense Grünfeld : les noirs ont laissé les blancs occuper le centre ; ils vont à présent s'appliquer à le miner, notamment en faisant pression de toutes les manières possibles, sur le pion d4.

b) Les noirs cherchent à prendre l'initiative et se lancent dans de tentantes complications. Hélas, la suite dépassait leur profondeur de calcul et ils vont se retrouver dans une position bien compromise... neuf coups plus tard !

c) Les noirs avaient peut-être "calculé" qu'ici, après 22. ... Dxc2, ils rétablissaient l'égalité matérielle. Mais ils n'avaient sans doute pas "vu", neuf coups plus tôt, que les pions blancs c et d seraient alors si menaçants après 23.c5. Ils doivent donc à présent se résigner à ramener d'urgence leur Fou g7 sur l'aile-Dame et à rester avec un pion en moins.

20. Dxb7 Td8
21. Cxd4 Fd7
22. c4 Fe5(c)
23. f4 Fb8
24. Db2 Fd6
25. Cb3 Da4
26. De2 Tc8
27. c5 Fxf4
28. Fd4 e5
29. c6 Ff5
30. Fxe5 Te8(d)
31. Td4 Dxd4(e)
32. Cxd4 Txe5
33. Df3 Fe3+(f)
34. Dxe3!!(g) Txe3
35. Cxf5 Tc3(h)
36. d6! les noirs abandonnent(i)

d) Comptant sans doute sur ce clouage pour gagner une pièce. Mais, décidément, rien ne marche.

e) Essayer désespérément de s'en sortir par des complications tactiques.

f) La position que les noirs avaient dû envisager quatre coups plus tôt. Ils espèrent regagner à présent le Cavalier et résister honorablement avec leur Tour et leur paire de Fous contre la Dame et les deux pions passés blancs. Mais la position s'est considérablement simplifiée et les blancs n'ont pas grand mal à démonter l'insuffisance de l'analyse de leur adversaire.

g) Et voilà ! Deux pions passés liés sur la sixième rangée étant plus forts qu'une Tour, la conclusion est rapide.

h) La Tour ne peut arrêter les pions après 35. ... gxf5 ; 36.d6.

i) Car si 36. ... Txc6 ; 37.Cf7+ gagne la Tour.

JEUX STRATÉGIQUES

LES DERNIÈRES BATAILLES DE NAPOLEON

Les Cent Jours de 1815 peuvent être considérés dans une certaine mesure comme une manifestation exacerbée d'un étonnant romantisme politique. De retour de l'île d'Elbe, à l'issue de sa chevauchée à travers une France reconquise par le magnétisme d'un homme seul, Napoléon voulut réellement forcer le destin. Bien sûr, ses détracteurs rétorqueront que l'empereur n'avait guère le choix mais, quand même, la tentative fut d'une grandeur émouvante.



Présentées par la firme américaine S.P.I., "Les dernières batailles de Napoléon" rassemblent sous un emballage commun et robuste cinq jeux différents. Le cadre est celui de la campagne de Belgique de juin 1815. Ligny, Quatre-Bras, Wavre sont les trois coups frappés dans la plaine flamande, avant le lever du grand rideau rouge de Waterloo.

A volonté, ce jeu permet de reproduire séparément les quatre combats précités ou encore de les rassembler en un grand jeu de campagne qui, débutant le 16 juin 1815 à 14 heures, mènera les joueurs jusqu'à la victoire de Waterloo... Victoire pour qui ? C'est une autre affaire...

Description du jeu. Quatre cartes repliables représentent le terrain. La qualité du support ne dépasse certes pas la moyenne. Il

en résulte une planéité fort relative qui, jointe à une médiocre lisibilité de certains détails ainsi qu'à quelques erreurs d'impression, n'ajoute rien à l'agrément de manipulation.

Il est recommandé aux joueurs de couper eux-mêmes les bords des cartes de manière à les assembler plus précisément pour le jeu de campagne... Le conseil est judicieux mais pourquoi ne pas l'avoir suivi lors de la fabrication du jeu ?

Côté pions, la complication est de rigueur. Un certain nombre d'unités sont représentées deux fois, l'une pour jouer un rôle à Ligny, Quatre-Bras ou Wavre et l'autre pour Belle Alliance, c'est-à-dire la bataille de Waterloo elle-même.

Même en prenant ses précautions, le tri est fastidieux, d'autant que la lisibilité des pions est extrêmement médiocre, tout au moins en ce qui concerne la désignation précise de chaque unité. Là encore, quelques erreurs d'impression ne facilitent pas la mise en place.

Un livret de règles standard — huit pages — fournit les renseignements nécessaires pour les quatre batailles séparées tandis qu'un second opuscule de quatre pages s'intéresse au jeu de campagne complet. L'ensemble de ces règles est rédigé en français ainsi qu'en néerlandais, sans doute à partir de l'anglais. Je n'aurai garde d'exprimer ici une opinion quant au texte néerlandais, mais la traduction française ne m'a pas enthousiasmé. Le style manque d'agrément, ce qui n'est pas très grave, mais également de précision, ce qui s'avère plus gênant.

Organisation du jeu. La séquence de jeu — une heure — comporte deux phases : mouvement puis, ensuite, combat. Dans le jeu de campagne, ces deux phases sont précédées par un segment supplémentaire où, tour à tour, chacun des joueurs vérifie la manière dont ses unités sont commandées avant de réorganiser s'il le désire — et s'il le peut — les unités précédemment détruites au combat.

En fait, l'apparition des "chefs" constitue la grande différence entre les petits jeux et le jeu de cam-

pagne sensiblement plus complexe. Tentons d'expliquer brièvement le fonctionnement du dispositif :

- Six commandants — Napoléon, Ney, Grouchy, Wellington, le duc d'Orange et Blücher — sont dotés chacun d'une valeur de commandement qui indique le nombre d'officiers et aussi d'unités qu'ils peuvent diriger.

- Un certain nombre d'officiers — chefs de corps pour les Français et les Prussiens, chefs de division pour les Anglo-hollandais — sont nommément désignés pour diriger les grandes unités.

- Pour être commandée, une unité doit se trouver dans un rayon de trois hexagones de son officier lui-même commandé, ou dans un rayon de cinq hexagones d'un commandant.

- Quant aux officiers, ils sont commandés s'il se trouvent dans un rayon de cinq hexagones d'un commandant de même nationalité.

Ce système tend indéniablement à enlever de la souplesse au jeu mais il reproduit vraisemblablement fidèlement les problèmes de commandement à une époque où la radio et le téléphone n'existaient pas... Pour être opérationnelle, une armée devait demeurer plus ou moins étroitement groupée.

Faute de se trouver normalement sous commandement, les unités ne peuvent attaquer, bien qu'elles continuent à se déplacer et à se défendre.

Analyse générale. Bien qu'un point de vue français sur une simulation de Waterloo soit susceptible de manquer d'objectivité, je pense que les auteurs de ce jeu éprouvent un peu plus de sympathie pour Wellington que pour Napoléon. On trouve donc çà et là des règles tendant à glisser quelques bâtons dans les roues du Petit Caporal, en particulier au sujet des règles de démoralisation.

Ces règles enregistrent les pertes accumulées par les armées en présence. Lorsque le total des points de combat détruits atteint un seuil de démoralisation préalablement fixé, l'armée entière perd la faculté

JEUX STRATÉGIQUES

(suite)



d'avancer à la suite d'un combat victorieux. Or, il faut le dire, les seuils de démoralisation français apparaissent assez bas.

Dans le jeu de campagne, les officiers peuvent tenter de réorganiser leurs unités détruites et, par là, d'échapper à la démoralisation. Pour ce faire, ils doivent s'écarter de plus de dix hexagones de n'importe quelle unité ennemie et jeter un dé. Les unités réorganisées ne retrouvent pourtant qu'une efficacité réduite.

Dans le jeu de campagne, les unités et les officiers démoralisés se déplacent deux fois plus lentement.

La nuit fait également intervenir dans le jeu de campagne des règles particulières. D'abord, on ne peut pas tenter de réorganiser une unité dans ces conditions. De surcroît, il est interdit de pénétrer ou de sortir d'une zone de contrôle ennemie.

Pour les joueurs habitués à des simulations intéressantes des périodes historiques plus récentes, les restrictions apportées au déplacement des pièces par les exigences du commandement seront ressenties au premier abord comme une gêne. Après entraînement, les mêmes règles induiront pourtant une manière de penser et d'agir spécifique et l'intérêt du jeu de campagne apparaîtra pleinement.

Napoléon pouvait-il gagner la bataille de Waterloo ? Il n'est pas déraisonnable de répondre par l'affirmative, à la double condition que l'empereur ait la chance avec lui et, sans doute, que tous les chefs français agissent rapidement. Sur la carte comme dans la réalité, il est nécessaire d'aller très vite. Il faut écœurer les Prussiens, les assommer, les disperser et, dans le même temps, empêcher Wellington et le duc d'Orange de s'établir sur des positions trop bien renforcées. La partie est jouable, passionnante même, surtout si deux joueurs se partagent Anglo-hollandais et Prussiens sans avoir l'auto-risation de communiquer...

André COSTA ■

SURSAUTS GAMMA

(suite de la page 23)

viennent de publier E.P. Mazets et ses collègues, chercheurs à l'Institut A.F. Ioffe de Leningrad, semble étayer cette théorie. Ces chercheurs se fondent sur les enregistrements fournis par leur appareillage de détection "Konus".

Placés sur Venera 11 et 12, les détecteurs "Konus" sont d'une précision médiocre en direction : 4 degrés environ ; mais leur haute sensibilité permet l'enregistrement d'un sursaut tous les deux jours en moyenne. Grâce à cette grande fréquence de détection, les chercheurs soviétiques purent dresser une quarantaine de sources de sursauts gamma (voir p. 24), et estimer pour la première fois la distance qui nous sépare de leurs sources. L'analyse statistique des données semble indiquer qu'elles sont assez proches et se répartissent dans notre Galaxie. Cette étude est fondée sur des tests fréquemment utilisés en radioastronomie. Les astrophysiciens possèdent, en effet, une formule donnant le nombre de sources en fonction du flux détecté. Ce nombre doit décroître selon une certaine courbe lorsque les sources se répartissent uniformément dans tout l'univers.

Or la courbe qui peut être dressée à partir des données d'observation s'écarte notablement de la théorie. Ceci semble donc contredire une distribution uniforme des sources de sursauts gamma dans l'univers et suppose leur répartition restreinte à un volume limité à l'intérieur de notre Galaxie. Dans ces conditions, on peut se demander pourquoi ces sources, malgré leur proximité, restent invisibles. En fait, ce paradoxe surprend plutôt agréablement les chercheurs puisqu'il cadrerait parfaitement avec leurs estimations antérieures de la taille maximum de l'objet émetteur : si aucune des sources gamma n'a pu être associée avec des objets observés dans les domaines visibles en radio, c'est qu'elles sont très petites ou selon le terme précis employé par les astrophysiciens, compactes, exactement comme doivent l'être les étoiles à neutrons.

Disons qu'une étoile à neutrons normale ayant deux fois la masse du Soleil (soit 2 fois 2.10^{28} tonnes) a un diamètre de 20 km !

Les étoiles à neutrons sont une vieille connaissance des théoriciens. Vers les années 1930, ils avaient imaginé des modèles d'étoiles extrêmement denses, dont chaque centimètre cube de matière pèserait cent millions de tonnes au lieu de 1,4 g pour une étoile moyenne comme le Soleil. A une telle densité, l'énergie des électrons devient si forte qu'ils fusionnent avec les protons des noyaux atomiques pour donner des neutrons.

Ainsi, au bout d'un certain temps, la matière qui était composée des trois sortes de particules (des neutrons, des protons et des électrons assemblés en atomes) ne contient plus que des neutrons. Et ceux-ci peuvent alors s'agglomérer

jusqu'à être en contact les uns avec les autres puisqu'ils sont électriquement neutres et ne s'écartent donc pas sous l'effet de la répulsion électrostatique comme les autres particules atomiques.

On pense aujourd'hui que les étoiles à neutrons résultent de l'évolution d'étoiles massives, 10 à 30 fois la masse du Soleil, et pourraient se former après l'explosion de l'étoile en supernova. Lors du phénomène véritablement cataclysmique qu'est une supernova, l'étoile explose, augmente considérablement d'éclat et expulse une quantité formidable de matière dans l'espace. A la fin, il ne reste qu'un petit noyau très dense : l'étoile à neutrons. De tels astres exceptionnels engendrent évidemment des phénomènes non moins exceptionnels ; dans leur voisinage, les champs magnétiques et gravifiques peuvent atteindre des valeurs hors du commun. Or, en examinant en détails la structure des sursauts gamma, Mazets et ses collègues ont eu la surprise d'y déceler certaines caractéristiques s'accordant de façon troublante avec les valeurs colossales atteintes par les champs magnétiques et gravifiques des étoiles à neutrons.

On sait qu'il règne à proximité de ces étoiles, des champs magnétiques d'une intensité des milliards de fois supérieure à celle du champ terrestre. Les électrons libres autour de l'étoile sont piégés par ce champ et acquièrent une trajectoire hélicoïdale autour des lignes de force. Ce processus, connu sous le nom d'émission cyclotron, s'accompagne d'un rayonnement électromagnétique dont la fréquence dépend de l'intensité du champ magnétique. Dans l'affaire qui nous intéresse, l'énergie de toute une catégorie de sursauts gamma, autour de 50 keV, coïncide exactement avec les valeurs communément admises de champs magnétiques et gravifiques des étoiles à neutrons (voir figure p. 25).

En effet, ces champs très intenses créés par les étoiles à neutrons ont une action sur les photons constituant le rayonnement émis par les électrons. Les photons sont déviés de leur trajectoire et de ce fait perdent de l'énergie.

Il existe, par ailleurs, un phénomène connu en physique, celui des particules qui donnent naissance à un rayonnement d'énergie exactement de 511 keV. Il s'agit là de "l'annihilation de paires", c'est-à-dire de la désintégration d'un électron et d'un positon. Cependant, si cette annihilation se produit dans un champ de gravitation, le rayonnement résultant devra être "décalé vers le rouge". Dans le cas d'une étoile à neutrons, ce décalage peut atteindre 20% et l'énergie passera de 511 keV à environ 400. Or des impulsions possédant cette énergie ont été effectivement observées dans plusieurs sursauts. Voici donc qu'après huit ans d'efforts, les faits d'observation concordent enfin avec les études théoriques. Cette concordance n'est-elle pas trop belle pour être vraie ? Pour s'en assurer, de nouvelles expériences sont déjà programmées avec des satellites qui doivent être lancés avant la fin des années 1980. **Pierre KOHLER ■**

CALCULATRICES : RÉPONSES AUX LECTEURS

Plus de six mois après notre article sur l'évaluation des grands nombres avec les petites calculatrices, le courrier concernant cette étude continue à nous parvenir : beaucoup de questions inquiètes, des programmes nouveaux, des idées originales et, bien sûr, une amélioration des records que nous tenions pour imbattables.

► Considérons donc ce courrier concernant le calcul des grands nombres sur les petites machines. En suivant l'ordre de notre page illustrée du mois de décembre, on trouve en premier la Sharp PC 1211. Elle n'est pas encore très répandue, et pourtant de nombreux lecteurs nous ont écrit que le programme ne marchait pas : à ceux-là, et à ceux qui auraient eu les mêmes doutes, nous pouvons préciser que le programme publié était parfaitement sûr et ne comportait aucune ambiguïté.

Mais le temps de parcours d'une boucle était si long pour 1650 chiffres (10 mn) et l'apparition du nombre de termes si brève (moins d'une seconde) que la machine semblait au point mort. Pour débiter, et s'assurer que le programme avait été correctement transcrit, il fallait modifier les valeurs de la boucle ; par exemple commencer avec 50 chiffres en faisant $FOR A = 10 TO 6$.

D'autre part, certains avaient modifié les parenthèses, trouvant sans doute que certaines étaient de trop. En particulier, la fin de la 4^e ligne $+(B - INT B)$ a été transcrite $+B - INT B$. Or il arrive des cas où $(C - D) 10^5 + B$ atteint ou dépasse 10^{10} : la machine procède à un arrondi sur le dernier chiffre, ce qui ôte toute précision au calcul : le résultat est faux à partir de la nième décimale. Le plus souvent, et c'est une erreur que tout le monde peut faire, on omet sans y prendre garde un signe, une lettre, une ponctuation ; cela suffit pour tout fausser.

Un autre problème a surgi du fait

que plusieurs personnes ont transposé ce programme, rédigé pour la Sharp, sur des micro-ordinateurs de marques et de modèles différents. Or, si le basic est un langage informatique assez codifié, il comporte tout de même pas mal de dialectes. En particulier, si l'on tape CD, on obtient le produit de la mémoire C par la mémoire D ; sur d'autres machines, il faut taper $C \times D$.

Transposer des programmes écrits pour un modèle d'une marque donnée demande donc d'être attentif et prudent. Certaines instructions peuvent être abrégées sur une machine et pas sur l'autre — par exemple IF E sur la Sharp — les ponctuations peuvent différer, et le reste à l'avenant. Redisons donc que le programme publié ne comportait ni erreur, ni omission, et fonctionnait parfaitement sur le PC 1211 ; mais il demande sûrement quelques modifications mineures pour passer sur un autre mini-ordinateur conçu pour le basic.

La machine suivante, la Hewlett-Packard 67, a suscité peu de commentaires. Mais l'un de ces commentaires nous a apporté une grosse surprise : nous avions écrit qu'il n'était pas possible de dépasser 250 chiffres sur cette calculatrice qui ne comporte en effet que 26 mémoires, dont l'une est fatalement réservée à l'adressage indirect.

Or M. Taymans, de Bruxelles, nous a indiqué une astuce assez remarquable permettant de sortir π avec 300 chiffres sur cette même HP 67. Et pourtant, Dieu sait si la

chose nous paraissait a priori impossible : nous avions tort. En réalité, le calcul des grands nombres peut très bien se faire avec 300 chiffres exacts, à condition bien sûr que le processus de calcul tienne dans les 224 pas de programme.

Nous ne révélerons pas tout de suite le procédé utilisé par M. Taymans, laissant à nos lecteurs curieux le soin de le découvrir eux-mêmes. Nous dirons seulement que nous avons alors pu rédiger un programme complet permettant de calculer 12 à 300 chiffres exacts du nombre π . Par programme complet, nous entendons un programme qui tient en 224 pas et comprend l'entrée du nombre de décimales voulu, le traitement des données et la sortie des résultats — les décimales sont données par la touche D et apparaissent par groupe de 6 sous la forme 0, a b c d e f. Il n'y a aucune manipulation en cours de calcul, aucune carte magnétique à utiliser, ni rien de ce genre. On tape le nombre de chiffres désiré, on lance le calcul, et c'est tout.

Continuons avec les Texas qui nous ont valu, et de loin, le courrier le plus abondant. Là encore, une majorité de lettres pour nous dire que le programme ne convenait pas, que la machine refusait de calculer, que les mémoires restaient vides, et ainsi de suite. En fait le programme est parfaitement correct et mène sans difficultés aux résultats promis. Encore faut-il le recopier sans erreur, et c'est là bien sûr que les ennuis ont commencé.

Le manuel des Texas : patience et longueur de temps...

Nous savions, et nous avions déjà écrit ici, que le manuel d'utilisation des Texas n'a rien d'un ouvrage simple et distrayant. Sa lecture est ardue et réclame beaucoup de patience, beaucoup d'attention et une immense bonne volonté. A cette condition, beaucoup deviennent de véritables experts de ces machines : par contre ceux qui survolent le manuel ou qui, pris d'un insondable ennui, le laissent glisser sous un fauteuil auront toujours du mal à se débrouiller avec les parenthèses, les ordres de priorité, les tests conditionnels, etc.

En particulier, et faute d'avoir étudié le manuel jusqu'au bout, beaucoup de nos correspondants ont tapé RCL 00 quand il était écrit RC ★ 00 ; de même pour ST ★ 00 ou SM ★ 00 qui ont été traduits

par STO 00 ou SUM 00. Or il s'agit d'une notation particulière aux TI 58/59, et l'étoile indique qu'il s'agit d'un adressage indirect. La chose est indiquée à la fin du manuel d'instructions.

Il fallait donc taper RCL Ind 00, de même que STO Ind 00 ou SUM Ind 00, faute de quoi la machine pouvait tourner à vide pendant des heures.

Les codes HIR ont constitué un second écueil, certains utilisateurs ayant apparemment du mal à se familiariser avec des instructions qui ne figurent pas dans la notice habituelle d'utilisation. Notre confrère l'Ordinateur de Poche a traité complètement ce problème dans son premier numéro et les amateurs exigeants peuvent s'y reporter. Pour notre part, nous ne pouvons que rappeler ce que nous disions dans notre numéro de décembre : le code HIR qui placé à une ligne de programme nnn apparaît à l'écran sous la forme nnn 82, commande le déclenchement d'instructions codées à la ligne suivante par deux chiffres.

Les limites de la HP 41 : de l'ordre de 3000 chiffres

Ces instructions concernent des mémoires en principe inaccessibles et destinées au calcul des expressions ; il y a 8 mémoires de ce type, définies par les chiffres 1 à 8. En général, les calculs comportent rarement plus de quelques niveaux, et les mémoires internes 5, 6, 7, 8 restent disponibles. Ceci permet de gagner sur les mémoires adressables, et c'est la voie que nous avons suivie dans le programme publié en décembre.

Cette fonction HIR, code numérique 82, n'est opérante que si elle est suivie d'un autre code de deux chiffres dont le premier indique une opération arithmétique à effectuer et le second la mémoire sur laquelle opérer. Par exemple, si le programme à partir de la ligne 60 est le suivant : 060 02-061 82-062 46, la machine va multiplier le contenu de la mémoire 6 par 2. En effet, en 3 lignes de programme, on a 2 HIR 46, et le 4 de 46 est l'opération x, ou Prd pour employer la notation Texas ; quant au 6 de 46, c'est le numéro de la mémoire à multiplier par le chiffre précédent HIR, donc précédant la ligne où figure le code 82. Quant à la manière de faire apparaître le code dans le programme, nous l'avons déjà indiqué dans notre numéro de décembre.

La dernière machine étudiée, la HP 41, semble ne pas avoir posé

de problèmes à nos lecteurs ; selon toute vraisemblance, les possesseurs de ces calculatrices avaient déjà une bonne expérience des Hewlett-Packard et de leur mode opératoire. Par contre, de nombreux lecteurs ont relevé que la machine aurait bien du mal à calculer 3600 chiffres comme nous l'avions indiqué ; de fait, la limite est de l'ordre de 3000 chiffres, puisque la machine possède au mieux (HP 41 CV OU 41 C avec 4 modules mémoire) 319 registres de 10 chiffres.

Le programme prenant à lui seul une vingtaine de registres, il n'en reste que 299 pour le calcul. On pourrait utiliser l'astuce de M. Taymans qui fait gagner 20% sur le total des nombres, mais on serait alors amené à consommer plus de registres pour le programme et il n'est pas sûr que le bilan soit positif. De même on perdrait en temps de calcul, ce qui serait un peu dommage car la HP 41 reste toujours la plus rapide des calculatrices de poche.

Dans notre étude, nous n'avions traité que 4 machines puissantes, pensant que les modèles simples ne permettaient pas le calcul des grands nombres. En effet, dépourvues d'adressage indirect, et ne possédant que 49 pas de programmes, elles nous semblaient écartées d'office. Nous avions tort, car deux lecteurs nous ont envoyé des programmes pour la Texas 57 et pour la HP 33, permettant le calcul des constantes mathématiques avec plusieurs dizaines de chiffres. Un tel résultat constitue une performance remarquable.

Le programme pour la Ti 57 a été conçu par M. Philippe Roussel, de Merville ; il permet de calculer e, base des logarithmes, avec 64 chiffres, π avec 57 chiffres et les factorielles jusqu'à 62! ; ce dernier nombre comprend 86 chiffres.

La petite Texas ne possédant pas d'adressage indirect, le balayage des mémoires demande de recourir à une astuce simple — mais comme toujours, il fallait y penser. Ainsi, pour multiplier 6 mémoires par un nombre n, M. Roussel a imaginé le programme suivant : 6, STO 0, LBL 1, n, Prd 0, RCL 0, Exc 6, Exc 5, Exc 4, Exc 3, Exc 2, STO 1, DSZ, GTO 1. En 6 boucles, les 6 mémoires sont multipliées par le nombre n. Quand il s'agit de calculer des restes de division, de faire des transferts de multiplication, etc, cette méthode est valable alors que le procédé apparemment plus simple qui consiste à faire n, Prd 1, Prd 2, etc., ne l'est pas.

La Texas 57 possède 8 mémoires de 11 chiffres et, en utilisant cette méthode et les séries habituelles, on peut calculer π avec 57 chiffres en une heure, e avec 64 chiffres en 1/4 d'heure, et 62! avec 86 chiffres en 20 mn.

Un autre lecteur, M. Alexis Bonnet de Marseille, nous a envoyé plusieurs programmes pour HP 34 C et HP 33 E. La HP 34 étant assez perfectionnée (adressage indirect, contrôle du nombre de boucles, etc) nous n'avons pas été trop étonnés qu'il puisse calculer n! jusqu'à 230 chiffres, «e» avec 200 chiffres et π avec 130 chiffres. Par contre sur la HP 33 dont les possibilités sont très limitées, il a tout de même réussi à programmer «n» : jusqu'à 56 chiffres (soit 45!) et «e» avec 58 chiffres.

Comme il n'y a même pas ici de DSZ, le balayage des mémoires est plus difficile à réaliser que sur la Texas 57. Il faut recourir à l'enchaînement GBS x, STO 1, RCL 2, GSB x, STO 2, RCL 3, GSB x, STO 3, etc. En se donnant beaucoup de mal, on arrive à faire tenir le calcul de la série «e», mise sous forme de Hörner, en 49 pas seulement : un joli record.

Le calcul de π étant plus complexe que celui de «e» ne semble pas, pour l'instant, être faisable sur la HP 33. Nous disons pour l'instant car un fait mérite d'être noté : à chaque article, nous avons pensé que les records établis étaient définitifs, et à chaque fois des correspondants sont venus nous prouver le contraire.

Des élèves de troisième aussi forts que des ingénieurs

On peut en tirer deux conclusions ; la première, c'est que les possibilités de petites machines sont beaucoup plus vastes qu'on l'imagine. C'est ainsi que pour le seul calcul du nombre π , nous avions au début estimé la limite à 200 chiffres pour la HP 67 et à 221 pour la Texas 58. Or nous en sommes aujourd'hui à 300 pour la HP 67, et à plus de 500 avec la Texas 58. La seconde conclusion concerne nos correspondants : leur talent et leurs compétences en matière de calculatrices semblent inépuisables ; l'âge ne joue aucun rôle : des élèves de seconde ou de troisième côtoient des ingénieurs au faite de leur carrière. Seul point commun, un esprit d'analyse très poussé, beaucoup de capacités pour la synthèse et une imagination créatrice puissante

Renaud de la TAILLE ■

LES FORMULES BLEUES

"SON PRIX ET SES PERFORMANCES M'ONT ETONNE"

Témoignage authentique
de M. Genoud à Saint-Genis.

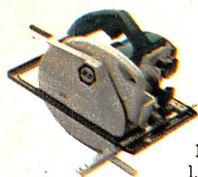
Scie circulaire DN59.

1.020 Watts, 3.700 tr/mn.

Profondeur de coupe à 90° : 62 mm.

Règlage de l'angle de coupe jusqu'à 45°

Garantie 1 an.



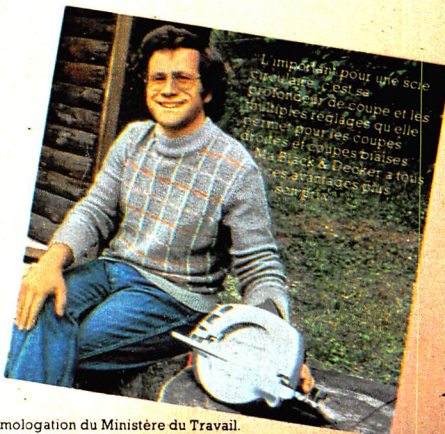
HD1000.
1.200 Watts,
4.250 tr/mn.
Profondeur de coupe
à 90° : 63 mm.



DN57.
800 Watts,
4.200 tr/mn.
Profondeur de coupe
à 90° : 52 mm.



DN56.
450 Watts,
3.000 tr/mn.
Profondeur de coupe
à 90° : 35 mm.



Ces modèles ont reçu l'homologation du Ministère du Travail.

Black & Decker®

Bon pour les documentations "Formules Bleues" gratuites :
Ecrivez à BLACK & DECKER FRANCE, SERVICE CS8, B.P. 417, LYON R.P.
69218 LYON CEDEX 1.

Nom _____ Prénom _____
Adresse _____
Code postal _____ Ville _____

L'INVESTISSEMENT PREFERE DES BRICOLEURS.



SERVICE APRES-VENTE DANS TOUTE LA FRANCE.

SCANDALES SCIENTIFIQUES

(suite de la page 13)

lui-même et au directeur de la revue britannique, Relman, puis au doyen d'Yale, Robert Berliner. Ils essaient de la persuader que sa réaction dépasse le préjudice dont elle est victime. Il est vrai que Soman a repris quelques lignes de son article. C'est parce que, maniant mal la langue anglaise et pressé par le temps, il a cédé à la commodité d'utiliser quelques définitions toutes prêtes. Mais pour le reste, les deux travaux sont différents, et d'ailleurs Soman a entrepris le sien bien avant de connaître celui d'Helena. On offre à cette dernière de citer son nom quand l'article de Soman paraîtra dans l'*American Journal of Medicine* et même de retarder cette publication jusqu'à ce que le malentendu soit entièrement aplani. Aucune de ces promesses ne sera tenue.

Helena Rodbard d'ailleurs n'en tient aucun compte. Elle remue ciel et terre, elle accuse Soman non seulement de l'avoir piratée, mais encore d'avoir fait état, dans son étude, de résultats expérimentaux tantôt falsifiés, tantôt imaginaires. Elle exige une enquête au plus haut niveau. Elle l'obtiendra.

La vérité, telle qu'on la reconstitue enfin, est à peine imaginable. Elle éclipse la petite histoire du plagiat. Depuis le début de sa carrière aux États-Unis, Soman n'a cessé de falsifier les données expérimentales, d'en inventer d'autres, de détruire celles qui le gênaient. Dans ses observations cliniques, il a fait figurer des noms de malades qui n'ont jamais souffert des maladies qu'il leur prêtait. Au terme de l'enquête, les revues médicales insèrent des mises au point annulant onze articles, dont neuf parce que les résultats qui y figuraient ont disparu de la surface de la terre ou n'ont jamais existé. Sur les neuf, sept portaient les signatures conjointes de Soman et de Felig. Epilogue : Soman abandonne Yale pour rentrer chez lui en Inde. Quant à Felig, éclaboussé par le scandale, il paie cher la confiance aveugle qu'il a accordée à son assistant. Felig était sur le point d'être nommé doyen de la faculté de médecine de Columbia. Il a préféré de lui-même y renoncer.

Le dernier scandale évoqué devant la sous-commission du Congrès est une affaire de faux et de plagiat en série. Elle se distingue par une espèce de beauté dans la perfection. Pour un peu, on admirerait le coupable, comme le bon public s'ébahit devant l'ingéniosité d'un hold-up. En 1977, débarque aux États-Unis un jeune Jordanien frais émoulu de ses études médicales à Amman, Elias Alsabti. Il est titulaire d'une bourse accordée par S.A.R. le prince Hassan, frère du roi Hussein, qui doit lui permettre de parfaire aux États-Unis sa formation scientifique.

L'argent ne lui manque pas. Ni l'audace. Il passe d'un établissement à un autre, travaillant notamment à l'Institut de cancérologie de

Houston. En deux ans, ce Rastignac de la recherche gravit les degrés d'une carrière fulgurante. Il conquiert un diplôme américain de cancérologie, il est membre de onze sociétés scientifiques, il publie plus de 60 articles. Au demeurant il est beau garçon, roule en Cadillac et se présente comme un parent du roi Hussein. Mais les difficultés surgissent vite.

En avril 1978, deux chercheurs du Jefferson Medical College de Philadelphie, où Alsabti travaille depuis peu, signalent à leur patron, le microbiologiste Wheelock, que le jeune médecin jordanien forge de toutes pièces des résultats qu'il introduit dans ses rapports. Il est mis à la porte du laboratoire. Il a le temps d'emporter un exemplaire du dossier de demande de crédits récemment présenté par le laboratoire, ainsi que des copies de divers travaux manuscrits. Quelques mois plus tard Wheelock a sous les yeux trois articles signés d'Alsabti, lequel n'a fait qu'utiliser les matériaux dérobés. Il écrit à Alsabti pour exiger une mise au point dans les revues qui ont publié les articles. Alsabti le prend de haut. Il nie avoir plagié qui que ce soit. Wheelock envoie alors au journal *The Lancet* une lettre racontant toute l'affaire. Elle paraît en avril 1980. C'est le commencement de la fin pour l'aventurier.

De tous les endroits où il est passé affluent les rapports sur ses exploits. On rassemble les articles qu'il a réussi à signer dans plusieurs revues : une soixantaine en tout, dont cinq dont les sources sont vite identifiées comme des plagiat (tels deux textes tirés mot pour mot de revues médicales japonaises) et les autres tenus pour hautement suspects. Personne ne sait où il a reçu le diplôme américain dont il se prévalait. Pour donner une allure crédible à ses travaux, il ajoutait parfois à son nom ceux de collaborateurs imaginaires, affublés de noms à consonance arabe, ainsi que la référence d'un institut d'étude des protéines à Bagdad, dont personne en Irak n'a jamais entendu parler. Quant à l'ambassade de Jordanie à Washington, elle fait savoir, apprenant qu'Alsabti se targuait mensongèrement d'être de sang royal, qu'elle a fait suspendre le paiement de sa bourse. Elle ne voit aucun inconvénient, au contraire, à ce qu'il soit traduit en justice. Ce sera difficile. Il a disparu de la circulation. Personne ne sait où il a porté ses talents. La question demeure de savoir comment il est possible qu'un imposteur, pendant deux ans, abuse tant de personnalités scientifiques et passe des articles — qui n'étaient pas de lui — dans des publications américaines et européennes, lesquelles n'ont pas songé à contrôler ses références.

Au-delà de la bonne ou de la mauvaise utilisation des crédits de la recherche, les quatre scandales récents de Washington évoqués — succédant à divers autres surgis au cours des dernières années — soulèvent à nouveau un problème qui n'est pas spécifiquement américain : celui des fraudes dans le travail des scientifiques. Faut-il y voir de simples accidents dans

(suite du texte page 150)

LE CRU, LE CUIT, ET L'IMMANGEABLE

Il en va des livres comme des viandes. Certaines sont bonnes, mais insuffisamment cuites, d'autres bonnes et cuites, d'autres encore, immangeables.

Les Monstres, de Martin Monestier⁽¹⁾, est un gros livre très illustré qui risque de faire défaillir les âmes sensibles. Il consiste, en effet, en un inventaire de toutes les formes d'aberrations morphologiques qui ont affligé les êtres humains, de la femme à trois seins à l'homme-chien en passant par des femmes à barbe, des hommes à trois jambes et autres anormaux. On pense à ce film célèbre des débuts du cinéma, *Freaks*, et à un film récent, *Elephant man*. Puis on pense à autre chose, parce que le spectacle de ces difformités est simplement affligeant. Voilà un exemple de livre "cru": l'auteur n'explique nulle part comment se produit l'accident ontologique qui aboutit, par exemple, à la formation d'un homme à deux têtes. Une interview de biologiste eût permis d'éclairer sa lanterne et la nôtre ou, du moins, celle du lecteur. Elle eût, si elle avait été poussée, permis d'établir le rôle des monstres dans l'évolution. Sont-ils toujours des culs-de-sac, si l'on peut dire, ou bien peuvent-ils être des points de départ? Après tout, comparé à l'hipparion, le cheval est peut-être un monstre.

Nous n'avions aucune idée préconçue en ouvrant *Corps pour corps, une Enquête sur la sorcellerie dans le Bocage*, signée de Jeanne Favret-Saada et José Contreras⁽²⁾ (un chroniqueur littéraire est un peu omnivore). Disons tout de suite que nous avons été captivé dès les premières pages. La simplicité du ton a de grandes vertus: quand elle décrit ses premiers efforts pour s'informer auprès des habitants d'un patelin du Bocage sur les ensorceleurs, les «encrouilleurs», quand elle raconte comment elle ne rencontre que méfiance, refus de parole, prétextes évasifs, l'auteur (c'est l'enquêtrice, Jeanne Favret-Saada) retrouve le ton des meilleurs romanciers du

monde paysan. "On y est". Mais mieux, on est dans une enquête ethnologique sur le terrain et l'on avance même un pied dans une enquête psychologique.

Comment toute une population parvient-elle à croire que certains "sorciers" puissent tarir le lait d'une vache, ou provoquer la maladie et la mort à distance? Comment se met-elle à croire au pouvoir maléfique du cœur de veau percé d'une pointe et au pouvoir désenvoûtant du sel que l'on met à griller sur une poêle? Comment se laisse-t-elle embringer dans les intrigues qui découlent des manigances supposées d'un sorcier et qui étendent leurs ramifications jusqu'au plus profond de la vie d'une collectivité? Et cela non dans une société "primitive", mais au pays de Michel Foucault et de Guy Lux! On touche là à un problème immense, qui fut celui des procès de sorcellerie du Moyen Âge et des deux premiers siècles de l'époque moderne (après tout, les procès de sorcellerie ne disparurent-ils de France qu'à la fin du XVII^e siècle).

De preuves formelles d'un pouvoir des sorciers, Jeanne Favret-Saada n'en a évidemment pas trouvées. Au contraire, ce qu'elle a trouvé, ce serait des preuves du contraire. La «beurrée» qui rend le lait inconsommable, est une moisissure causée par la saleté, par exemple. Et les «malheurs» qui arrivent à tel fermier apparaissent tout au long du livre comme des accidents de la vie paysanne qui seraient advenus de toute manière, mais revêtent une signification magique parce qu'on les interprète comme tels.

Un peu trop savamment, à la fin, dans un chapitre qui n'est en fait que la reprise d'un article paru dans *Critique*, Jeanne Favret-Saada s'efforce d'éclaircir le débat en le déplaçant sur le terrain du lan-

gage. On ne peut pas comprendre la sorcellerie, dit-elle en substance, tant que l'on n'entre pas dans le système linguistique de ceux qui y croient. La sorcellerie, en bref, ne s'explique pas du dehors et Michel, dans *la Sorcière*, a bien vu l'écueil: à écrire une histoire de la sorcellerie en utilisant le langage des juges et de la raison, on n'obtient que l'écho de son propre discours.

C'est vrai et c'est bien de le constater, mais cela non plus n'éclaircit pas le débat: c'est une pétition de principe d'école. Le médecin ne guérirait pas la maladie du malade, il ne guérit que celle qu'il croit avoir diagnostiquée. L'auteur, toutefois, fait beaucoup mieux pour sa cause quand elle dépouille ces habits relativistes et quand elle dit, un peu trop brièvement, que la sorcellerie s'est affirmée à une époque où la toute-puissance de la religion avait ligoté hommes et femmes dans des systèmes où quasiment tout était interdit; on ne pouvait ni savoir, ni inventer, ni créer, ni parler, ni être libre, ni se marier, ni guérir, ni jouer, ni rire. Il fallait bien résister et les populations les plus démunies le firent en recourant à Satan. L'ennemi de Jésus faisait finalement figure de libérateur.

Voilà un ouvrage qui possède un immense mérite: il se lit comme un roman et il en apprend comme un livre didactique.

On fera bien de lire dans la foulée un ouvrage presque souterrain, *la résurrection du Grand Cocu ou le trésor véritable de Rennes-le-Château*⁽³⁾. Dégageons-en le thème pour le lecteur, car la manière dont l'auteur, Franck Marie, avance dans sa rédaction risque de dérouter le lecteur moyen. Il y a à l'église de Rennes-le-Château une sculpture vraiment bizarre: sur le mur opposé au chœur, à la droite de Jésus, un diable à pieds

d'homme qui louche : il porte des cornes de bélier. Ce cornu est un vieux familier de l'Aude, c'est le Grand Cocu, c'est-à-dire le Grand Abandonné. De fait, l'auteur démontre assez bien que, divinité d'autant de l'âge du fer, ce diable-là fut abandonné à l'avènement du christianisme. C'était le dieu Belenus ou Bélier des Gaulois, guérisseur, générateur de vie et protecteur des sanctuaires ! Il est la version celte de Cernunos, dont on trouva en 1911 une représentation sous... Notre-Dame de Paris.

Voilà qui est bien utile à la compréhension de l'ouvrage précédent : le diable a eu d'autant moins de peine à s'imposer dans certaines régions de France, sinon dans toutes, qu'il existait déjà sous une autre forme : cornu comme les dieux païens et comme le christianisme représentait Satan. Voilà de l'ethnologie et de l'archéologie originales, encore que pas tout à fait orthodoxes. Ce n'est pas tout à fait "cuit", mais c'est très consommable.

Les tenants de l'archéologie fantaisie nous rebattent les oreilles depuis maintes lunes avec des histoires de continent disparu. James Churchward, colonel de l'Armée des Indes et agent de renseignements, est obsédé de secrets perdus. Il prétend qu'un jour le grand prêtre d'un temple hindou, tous deux anonymes bien sûr, lui aurait communiqué des écrits sacrés et secrets portant sur l'existence d'un continent et d'une civilisation disparus, ceux de Mû. Mû aurait existé il y a quelque 12 000 ans dans le Pacifique et aurait été englouti, tout comme l'Atlantide, dans un immense tourbillon de feu et d'eau. Louis-Claude Vincent reprend ces spéculations dans *La Paradis perdu de Mû* (4).

Non seulement il les reprend, mais les assaisonne de cent et mille "corrélations" qui voudraient faire croire que Mû est à l'origine de toutes les civilisations. On est estomaqué par la densité des assertions invérifiées et en contradiction formelle avec les faits que les sciences les plus diverses ont établis. La première apparition de l'homme eut lieu sur Mû, affirme ainsi Churchward. Or, on sait qu'elle eut lieu en Afrique et que le Pacifique n'a jamais pu contenir un continent aussi incontinent que Mû, puisque les limites assignées à cette terre mythique sont à peu près celles du Pacifique lui-même. Les études océanographiques les plus récentes ne permettent d'avancer aucune hypothèse de ce genre. Vincent cite Vallaux, qui

observait en 1933 (bien avant le grand démarrage de l'océanographie moderne) qu'il y a dans le Pacifique Sud une topographie exceptionnelle représentée par un exhaussement qui accuse une convexité plus forte que celle de la Terre. Si nous ne nous trompons, cette topographie est celle des fonds entourant l'île de Pâques : ses dimensions sont très largement inférieures à celles qui sont assignées au continent de Mû. Nulle part dans les fonds pacifiques, d'ailleurs, on ne retrouve de relief qui corresponde de près ou de loin aux contours supposés de Mû.

Se référant toujours à des textes anciens, dont le plus récent date de 1939, Vincent veut voir presque partout des preuves de l'existence de Mû : par exemple, dans la transcription d'une ancienne mappemonde chinoise représentant, dans le Pacifique Sud, une "Contrée des Perroquets". Mais, située à l'ouest de Sumatra, cette terre occupe à peu près l'emplacement de l'Australie.

Bref, on n'en finirait pas de discuter point par point des assertions invérifiables et des citations gauchies. Que certaines îles du Pacifique ne représentent qu'une fraction de terres autrefois plus vastes, c'est bien possible, encore que cela n'ait jamais été établi. Qu'il ait pu se produire, il y a des milliers d'années, un événement géologique très important, qui aurait changé l'axe de rotation de la Terre, c'est une idée généralement admise. Qu'il ait pu se produire un choc d'un corps céleste avec la Terre et que ce choc se soit produit dans le Pacifique, c'est une hypothèse de travail admissible. Mais qu'il y ait eu dans le Pacifique un gigantesque continent dont seraient parties toutes les civilisations actuelles, c'est de la fable. Hélas, le salmigondis relatif à Mû est immangeable.

L'Age cosmique aux USA, de Jean-Marie Schiff (5) est préfacé par Jean E. Charon. On y lit p. 159 que « les facultés d'Uri Geller quant à la manipulation du métal ont été démontrées par un autre groupe de chercheurs de la marine américaine qui, pour les expériences, ont utilisé du nitinol, un alliage nickel-titanium ayant la propriété de reprendre sa forme à la chaleur ». On y lit p. 175 que la taille des humanoïdes se situe « entre 90 et 150 cm et leur poids entre 20 et 60 kg ». « Peut-être », dit l'auteur, les représentants de cette catégorie d'extra-terrestres se reproduisent-ils par *cloning*, car ils sont souvent identiques à l'intérieur d'une même soucoupe. »

P. 250, on lit qu'« en 1970, le Dr Ray Brown, médecin naturopathe, découvrit une sphère de cristal d'environ 22 cm au sommet d'une pyramide engloutie au large des Bahamas ». Dans la préface, Jean Charon assure que « l'Esprit vient donc ainsi d'entrer, sans frapper à la porte, dans le laboratoire du physicien. Je crois qu'il sera désormais bien difficile de l'en faire sortir ». Un dernier mot : on trouve enfin, p. 88, le schéma d'une machine hyéronymique, vous savez, ce truc à tuer à distance par mauvaises pensées. On devine le genre de l'ouvrage... Bon appétit.

Gerald Messadié

1. Tchou, 395 p., 101 F, 121 F franco.
2. Témoins-Gallimard, 563 p., 67 F, 82 F franco.
3. SRES, 142, rue de Paris, 92220 Bagneux, 140 p.
4. Copernic, tome I, 415 p., 77 F, 93 F franco.
5. Albin Michel, 281 p., 59 F, 74 F franco.

DR MONIQUE ASTIER-DUMAS,
SIMONE MARTIN-VILLEVIEILLE

La Bonne Croque

Maloine, 233 p., 64 F, 76 F franco.

Saviez-vous que les produits de la mer sont à peu près les seuls fournisseurs d'iode, que les bières peuvent titrer jusqu'à 7° d'alcool, que le laboratoire de contrôle des eaux de la Ville de Paris possède un corps de goûteurs d'eau, que les protéines de l'œuf et non celles de la viande sont les plus aptes à combler nos besoins, que tous les sucres n'ont pas un goût sucré, que la viande de porc est moins grasse que celle des autres viandes de boucherie contrairement à la charcuterie qui est « l'art de faire manger de l'eau et de la graisse avec une fourchette »... ?

Pour ne pas manger idiot, il faut lire ce livre d'un médecin nutritionniste réputé et d'une journaliste auteur de nombreux ouvrages sur la diététique. La présentation du livre est par elle-même digeste, offrant la possibilité d'une lecture rapide et agréable par une présentation aérée, des sous-titres nombreux, des encadrés se détachant sur fond gris, des jeux, des menus...

Démarrant, sans s'y appesantir, par les maux du mal manger, les auteurs replacent les aliments dans l'environnement de l'homme. Ainsi, quelques comparaisons opportunes des apports protéiques fournis par 100 kg de bœuf, 100 kg de soja et 100 kg de levure rappellent l'étroite interdépendance qui régit les rapports sol-végétaux-animaux-homme dans les chaînes biologiques et trophiques. L'aliment complet est une notion dé-

suète, aucun aliment n'assurant la diversité et l'équilibre des nutriments (acides aminés, vitamines, minéraux, glucides, lipides...) dont notre organisme a besoin. Ainsi, le lait apporte des protéines d'excellente qualité biologique, du lactose, des graisses, du calcium, des vitamines A et B₂ mais il ne contient ni fer, ni magnésium, ni vitamine C, B₁ ou B₆.

La variété de l'alimentation est donc la meilleure garantie de notre équilibre. Pourtant « 98 sujets sur 100 n'obéissent pas à un autre mobile dans le choix de leurs aliments que la recherche d'un plaisir ». Après la lecture de ce livre, espérons que le plaisir sera, au contraire, de reconnaître les cent erreurs de notre comportement alimentaire et d'y remédier par des "trucs" simples mais élémentaires dont le rejet de la monotonie.

Chez les aliments, à chacun sa fonction... et sa préparation. Les propriétés des corps gras, des huiles — celle du colza est injustement passée sous silence — des glucides à absorption lente du pain ou rapide du sucre, des vitamines, etc. sont astucieusement présentées.

Vous y apprendrez, avec la recette de l'eau de clou, que la rouille est un oxyde de fer qui s'assimile bien tandis que les épinards ont une réputation surfaite, le fer le mieux assimilable se trouvant dans les viandes. Enfin, l'alerte y est donnée sur certaines attitudes aux lourdes conséquences. Ainsi est-il rappelé que « c'est en violant les signaux naturels de la satiété qui se trouvent encore spontanément chez l'enfant qu'on fabrique des obèses ». Moralité : n'empêchez pas les enfants de quitter la table lorsqu'ils n'ont plus faim et dévorez ce livre avant de vous y mettre.

Marie-Laure MOINET

MARIE-PAULE VIÉ-KLAZE

Les Grands Latécoères, sur l'Atlantique

Denoël, 336 p., 148 F, 164 F franco.

Partant de son amour de la côte landaise, M.-P. Vié-Klaze s'est passionnée pour l'histoire du lac de Biscarosse. Elle s'est aperçue que ce lac était indissolublement lié à l'une des grandes pages de l'histoire de l'aviation française : celle des avions Latécoères qui furent, autour de la dernière guerre mondiale, les plus grands hydravions du monde.

L'histoire des "Latés" débute en fait en 1927, lorsque Pierre-Georges Latécoère, après avoir vendu ses lignes aériennes, décide de se consacrer exclusivement à la construction des hydravions pour traverser l'Atlantique. D'où le choix de l'étang de Biscarosse, "porte de l'Atlantique", servant à la fois de port d'attache, de centre d'essais et de base d'amérissage et de décollage pour ces géants. La mode était alors aux hydravions : c'était l'époque où l'on trouvait plus facilement des plans d'eau que des pistes d'atterrissage.

Du Laté 38, assurant pour l'Aéropostale le transit entre Dakar et Natal, aux grands Latés 631, l'auteur de l'ouvrage n'oublie aucun détail de cette prodigieuse aventure qui devait, hélas, mal se terminer : par une série d'accidents dont furent victimes plusieurs exemplaires du plus grand des hydravions, le Laté 631. Même si ces accidents, survenus autour des années 50, « n'ont coûté la vie qu'à 107 personnes » (alors qu'un seul accident de nos jours peut faire plus de 346 victimes, comme ce fut le cas à Ermenonville) ils devaient quand même sonner le glas des grands hydravions. Ceux-ci furent en fait victimes de moteurs pas assez puissants, que l'on était obligé de pousser au maximum, ce qui entraînait des vibrations considérables provoquant à leur tour des ruptures de la cellule. Mauvais avion, mauvais bateau, l'hydravion devait, vers les années 50, être finalement supplanté par des engins plus modernes fondés sur des technologies qui avaient fait leurs preuves pendant la guerre.

Jean-René GERMAIN

A. DEMEYER, F. JACOB, M. JAY, G. MENGUY, J. PERRIER

La Conversion bioénergétique du rayonnement solaire et les biotechnologies

Technique et documentation, 314 p., 187 F, 203 F franco.

Que le titre n'éloigne personne, surtout pas les profanes qui cherchent à pénétrer le sens des mystérieuses biotechnologies : ceux-ci trouveront dans ce livre collectif de quoi saisir le problème à la racine. En effet, les notions essentielles de physique (optique, thermique...) de chimie (chimie organi-

que et biochimie...) et de biologie (biologie végétale, microbiologie...) sont rappelées au fur et à mesure de leur emploi et non, comme dans de nombreux ouvrages scientifiques, sous-entendues comme un acquis permanent.

En un seul volume, le lecteur apprendra tout sur le rayonnement solaire, la photosynthèse, les produits de la photosynthèse (biomasse) disponibles dès aujourd'hui ou envisageables à long terme, les conversions thermochimiques, biochimiques et microbiologiques de la biomasse, susceptibles de prendre une place très importante dans l'économie mondiale. La combustion, la gazéification, la carbonisation, la liquéfaction, les fermentations méthanique ou alcoolique, la production de POU (protéines d'organismes unicellulaires) n'auront plus de secret pour le lecteur et pas seulement d'un point de vue théorique puisque les applications dans le domaine industriel, agricole ou de l'habitat sont largement exposées.

Ce livre s'adresse aussi bien aux étudiants et aux chercheurs, qu'aux ingénieurs, aux techniciens et à toute personne désireuse de savoir pourquoi et comment certaines biotechnologies débouchent sur une production de haute valeur alimentaire ou constituent une véritable alternative à la disparition des carburants fossiles.

Un excellent livre, riche, instructif et varié sur un thème omniprésent et tout-puissant : la bioindustrie.

M.-L. M.

MICHEL CARON

Jardin de fleurs Jardin de légumes

Hachette, 127 p., 34 F chaque livre, 49 F franco

Deux livres du même auteur qui offrent beaucoup de plaisir à ceux qui veulent s'instruire dès ce mois-ci pendant que leur potager et leur jardin de fleurs sont en sommeil. Bâti sur le même canevas, ils passent en revue les légumes et les fleurs à cultiver, le matériel indispensable, la préparation du sol et les travaux à faire, la reproduction et la multiplication, les ennemis à combattre et le jardin au fil des mois. Chaque recto de page étant illustré par des schémas explicatifs de Louis Vuitton, il y a autant à regarder qu'à lire dans ces deux livres qui donnent envie de s'y mettre aussitôt.

M.-L. M.

● Les ouvrages dont nous rendons compte sont également en vente à la Librairie Science & Vie. Utilisez le bon de commande page 165.

NON-SÉPARABILITÉ

(suite de la page 19)

démontra qu'il existait une situation expérimentale dans laquelle les prédictions de la mécanique quantique diffèrent de celles des théories à variables cachées. La situation en question concerne des paires de protons corrélés dont on mesure le spin. Le spin est le moment cinétique propre d'une particule élémentaire, dû à la rotation de la particule sur elle-même : comme la polarisation, le spin est défini par trois composantes (trois axes arbitraires) A, B et C qui ne peuvent prendre chacune que deux valeurs : + et -.

Si donc on suppose, d'une part, qu'il existe des variables cachées qui déterminent à chaque instant les composantes de spin de chaque proton, et, d'autre part, que la notion classique de séparabilité est exacte (c'est-à-dire qu'une fois séparés les deux protons d'une paire n'interagissent plus) alors, dans cette double hypothèse, il doit y avoir, selon Bell, une certaine relation entre les résultats des mesures. Cette relation est la fameuse inégalité évoquée plus haut :

$$n(A^+ B^+) \leq n(A^+ C^+) + n(B^+ C^+)$$

Cette inégalité, avons-nous dit, s'appuie sur un raisonnement de la théorie des ensembles dont le point de départ peut être illustré par l'exemple suivant : dans une population humaine quelconque, le nombre des femmes qui fument est plus petit que le nombre des personnes — hommes et femmes — qui sont blondes et qui fument, additionné du nombre des femmes qui ne sont pas blondes. Cet énoncé apparemment compliqué ne fait que traduire l'évidence toute simple que toute femme qui fume est soit blonde, soit pas blonde. On peut obtenir une infinité d'énoncés de ce type : il suffit de considérer n'importe quelle collection d'objets susceptibles de posséder trois propriétés dichotomiques, c'est-à-dire trois propriétés que chaque objet de la collection ou bien possède ou bien ne possède pas.

Revenons maintenant aux protons. Pour eux, les trois propriétés sont les composantes de spin qui sont bien dichotomiques, puisque chacune ne peut être que positive ou négative. On a donc un énoncé analogue à celui des femmes qui fument. Jusque-là, il s'agit de protons individuels. Pour passer aux paires de protons, et donc à l'inégalité de Bell, il faut recourir à un argument statistique sur lequel nous ne nous étendrons pas. Le point important est que le raisonnement, qui conduit à l'inégalité de Bell, est basé sur l'idée que si l'on trouve pour un proton le résultat A^+ , c'est que le proton possédait déjà la propriété A^+ avant la mesure. En d'autres termes, c'est l'idée réaliste d'Einstein selon laquelle le résultat d'une mesure correspond à une réalité qui existe indépendamment de la mesure. Si l'on admet cela (et les théories à va-

riables cachées l'admettent), l'inégalité de Bell doit être vérifiée.

En revanche, la mécanique quantique prédit le contraire. Selon elle, si l'on assigne aux axes A, B et C une certaine orientation, on doit observer des résultats qui violent l'inégalité de Bell. Autrement dit, on va trouver plus de paires de protons $A^+ B^+$ qu'il n'y a, au total, de paires $A^+ C^+$ et de paires $B^+ C^+$.

Qui a raison ? Le point de vue réaliste des théories à variables cachées ou le point de vue de la mécanique quantique ? Là, c'est à l'expérience de trancher.

De 1972 à 1976, sept expériences réelles ont été réalisées en vue de tester l'inégalité de Bell. Six d'entre elles ont porté, non pas sur des protons, mais sur des photons (les conséquences théoriques sont les mêmes). Sur ces sept expériences, cinq ont confirmé les prévisions de la mécanique quantique, c'est-à-dire que les résultats ont été contraires à l'inégalité de Bell. Dans les deux autres, l'inégalité de Bell a été respectée. Le bilan est donc favorable à la mécanique quantique.

Toutefois — et c'est là le nœud du problème qui nous intéresse — il existe un argument qui permet de "sauver" les variables cachées, même si ce sont les prévisions quantiques qui semblent vérifiées. Cet argument, c'est celui de la non-séparabilité. Rappelons-nous en effet que, dans le raisonnement conduisant à l'inégalité de Bell, on a supposé qu'une fois séparés, les deux protons d'une paire n'interagissaient plus. Mais si l'on fait l'hypothèse inverse, rien n'empêche de penser qu'une quelconque influence entre les protons peut modifier le résultat des mesures. Et les modifier précisément dans le sens constaté, c'est-à-dire dans le sens contraire aux inégalités de Bell.

Supposons maintenant qu'un dispositif expérimental soit tel que, une fois les protons séparés, les mesures soient faites extrêmement vite. Tellement vite que, pour qu'une influence puisse se propager du premier proton au second et vienne modifier le résultat de la mesure, il faudrait que cette influence soit plus rapide que la lumière. On se trouverait alors amené à remettre en cause la séparabilité au sens d'Einstein, et à admettre que "quelque chose" peut aller plus vite que la lumière.

C'est précisément un dispositif de ce genre qu'a imaginé Alain Aspect !

En guise de conclusion. Si, comme il est probable, l'expérience d'Aspect confirme la mécanique quantique, c'est-à-dire si l'inégalité de Bell est violée, que pourra-t-on en conclure ? Sur ce point, les physiciens sont divisés.

Pour un réaliste — et en particulier pour un partisan des variables cachées —, la violation des inégalités de Bell signifie nécessairement que, d'une manière ou d'une autre, il existe une interaction supralumineuse entre les photons. Reste à expliquer la nature de cette interaction. Si l'on veut préserver les acquis essentiels de la relativité, il faut admettre qu'il ne s'agit pas

(suite du texte page 150)

SCANDALES SCIENTIFIQUES

(suite de la page 145)

la marche vers la connaissance ou bien ont-elles des racines plus profondes ?

Quelques-uns des témoins cités à Washington ont fait preuve d'une curieuse indulgence à l'égard des fraudeurs. Ils leur trouvent des circonstances atténuantes dans les conditions où ils doivent travailler : nécessité de faire vite, de publier pour être connu, et, pour les laboratoires, de présenter des résultats pour obtenir des crédits. La tentation est grande, quand on se sent dépassé, de donner à la vérité le coup de pouce qui vous tirera d'affaire.

De telles remarques mettent évidemment en cause l'organisation même de la recherche dans les pays occidentaux. Elles ne sauraient justifier le reproche que certains scientifiques font aux mass media : ils auraient inutilement enflé les scandales en les portant sur la place publique. La communauté scientifique, disent-ils encore, est assez mûre pour faire son ménage elle-même. Tout résultat non reproductible est automatiquement tenu pour non valable. Les fraudes conscientes et les plagats finissent par être démasqués. Malheureusement, les quatre affaires qui viennent d'être évoquées montrent que cet optimisme n'est pas toujours justifié. Dans la science comme dans les autres affaires humaines, le secret est dangereux, la libre information et le contrôle démocratique, en dépit des inconvénients qu'ils créent parfois, demeurent la meilleure garantie de salubrité.

Si les chercheurs ne sont pas forcément des anges, il leur arrive aussi d'être victimes de leurs propres réussites. On se rappelle l'histoire de William Summerlin, pris en flagrant délit de maquillage de souris blanches porteuses de faux greffons noirs peints au crayon feutre. C'était en 1974. Il est établi maintenant que si Summerlin, désespéré parce qu'il n'arrivait pas à reproduire ses premiers résultats, a commis l'erreur de frauder, sa découverte comportait pourtant une part de réalité. Des greffons mis en culture peuvent perdre leur pouvoir antigénique⁽¹⁾. Pris sur le fait, Summerlin a été honteusement chassé des laboratoires. Aujourd'hui d'autres reprennent ses expériences et, à l'occasion, lui rendent justice. Mais il ne veut plus entendre parler de cette affaire. Il a trouvé un modeste emploi de dermatologiste dans un coin perdu des États-Unis, au milieu des bayous de Louisiane. Il n'a aucune envie de retrouver le tumulte des grandes villes. Comme le Saturne mythologique, la science dévore parfois ses enfants. Il lui arrive aussi de chercher à dissimuler ses faiblesses. Mais on pourrait reprendre à son propos le mot de Galilée : et pourtant elle marche.

Michel ROUZÉ ■

(1) Voir *Science & Vie* n° 690, p. 78.

NON-SÉPARABILITÉ

(suite de la page 149)

d'énergie, ni de quoi que ce soit que l'on pourrait éventuellement exploiter pour "communiquer" à distance à une vitesse supérieure à celle de la lumière. Mais alors quoi ?

Une autre possibilité consiste à admettre le "téléphone spatio-temporel" proposé par Costa de Beauregard. Dans cette théorie, les deux photons corrélés "communiquent" par l'intermédiaire d'un « potentiel quantique avancé ». En gros, cela signifie que l'un des photons, après qu'il a été mesuré, envoie à l'autre photon une sorte de signal qui "remonte le temps" et qui atteint le second photon avant que celui-ci soit mesuré. Ainsi, le second photon est "prévenu" du résultat de l'autre mesure, et ce, même si les deux mesures ont lieu simultanément.

Cette hypothèse des "zigzags dans l'espace-temps" a apporté de l'eau au moulin de ceux qui pensent trouver dans la physique moderne la confirmation de certains phénomènes parapsychologiques. C'est pourquoi il convient de bien préciser les deux points suivants.

1° La théorie de Costa de Beauregard, si elle rencontre l'approbation de certains physiciens, n'a reçu jusqu'à présent aucune confirmation expérimentale. Elle ne relève pour l'instant que du formalisme mathématique.

2° Il n'est pas évident que, si les photons peuvent télégraphier dans le passé, nous pouvons, nous, envoyer des messages à Charlemagne ! Car les objets de la physique quantique sont manifestement très différents de ceux de notre expérience quotidienne. Il semble donc, jusqu'à preuve du contraire, que fonder la parapsychologie sur la théorie des potentiels avancés, ou sur tout autre développement récent de la microphysique, relève de l'extrapolation pure et simple.

Enfin, soulignons qu'un partisan "orthodoxe" de la mécanique quantique peut très bien se dispenser de toutes ces considérations. Pour lui, il n'y a ni variables cachées ni réalisme au sens einsteinien. Si l'expérience d'Aspect confirme la mécanique quantique, tout ce qu'on peut en déduire, c'est que les prédictions de la mécanique quantique sont justes. Point final !

Mais un pragmatisme aussi étroit ne risque-t-il pas de rebuter les esprits qui pensent que la science ne doit pas être réduite, selon l'expression de Paul Valéry, à « l'ensemble des recettes qui réussissent toujours » ? L'entreprise scientifique ne perdrait-elle pas une grande part de son intérêt ? Car si la physique ne peut plus prétendre nous fournir une certaine explication du monde, mais doit seulement nous permettre de prédire la position d'une aiguille sur un cadran, quelle est sa valeur ?

**Michel de PRACONTAL
et Alexandre GEDILAGHINE ■**

VIE PRATIQUE

INFORMATIQUE



Des tracés en 16 couleurs différentes.

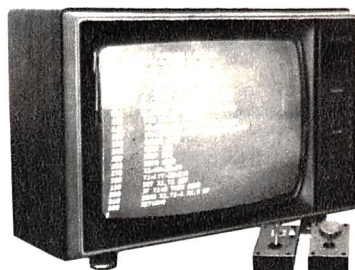
UN MICRO-ORDINATEUR DESSINATEUR... ET MUSICIEN

Dans un article récent sur la micro-informatique, nous présentions un scénario quelque peu futuriste où l'utilisateur faisait de la musique sur son clavier de saisie. La fiction est presque devenue réalité.

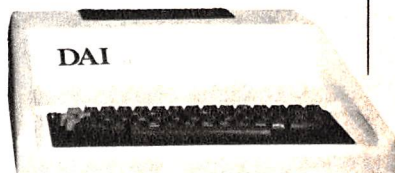
L'ordinateur individuel audiovisuel est né avec DAI. C'est avant tout un vrai micro-ordinateur doté d'une mémoire étendue (RAM 48K) et d'un langage basic. Raccordé à un téléviseur couleur, le DAI peut faire des tracés graphiques en 16 couleurs différentes, des dessins, des animations, etc. Et il suffit de brancher l'appareil à un amplificateur stéréophonique domestique pour qu'il devienne un synthétiseur programmable stéréo. Il possède un jeu d'instructions permet-

tant de modeler complètement les sons fournis par trois générateurs musicaux.

En plus de ses caractéristiques graphiques et sonores inhabituelles, le DAI peut se raccorder à deux magnétocassettes de stockage de programmes et de données. Il possède également une interface pour sortir un texte sur une imprimante, par exemple et une autre, parallèle, pour y raccorder des disquettes ou diverses extensions. Le microprocesseur de base est le 8080-A.



48 K RAM de mémoire en langage Basic.



Un clavier qui devient synthétiseur.

Prix : 6950 F environ. En vente chez Dune, 12-14, rond-point des Champs-Élysées, 75008 Paris.

►► **"Grafitix"** est un produit en aérosol qui permet de rendre aux murs leur propreté d'avant les élections.

Grâce au chlorure de méthylène qu'il contient, il agit sur la pierre, le ciment, le bois, le verre, les métaux et même les tissus.

Il élimine ainsi sans effort professionnel de foi, slogans et autres inscriptions moins électorales qu'elles soient faites à la peinture, au feutre, à la craie. Une bombe = 3 m² environ. L'utilisation est simple : on vaporise, 10 minutes après on brosse et on rince à l'eau.

Prix : 56 F. En vente au B.H.V.

UNE CB RESPECTUEUSE DES LOIS



Le premier émetteur mobile français vient d'être commercialisé par Thomson, qui entre ainsi dans la concurrence de la citizen band. Le REM 551 est parfaitement conforme à la norme NFC 92411, qui a soulevé récemment la colère des cibistes en réduisant considérablement la portée des appareils et le nombre des canaux: 2 watts et 22 canaux en FM.

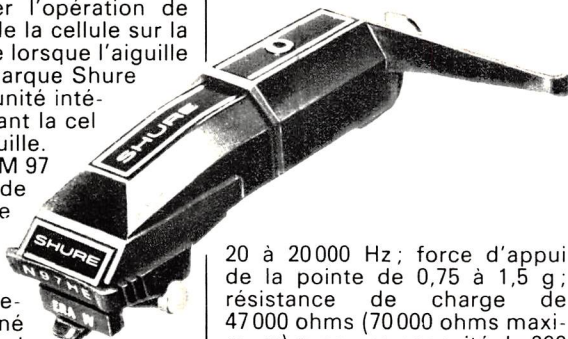
Il existe sur cet émetteur 27 MHz, une sortie d'antenne sur prise UHF et une entrée 12 volts pour branchement

dans la voiture. Les commandes en façade comprennent un sélecteur rotatif des canaux, un réglage de volume et de silencieux, et un bouton-poussoir sélectionnant les fonctions émission-réception/sono. Les affichages sont adaptés à la technologie Thomson: vu-mètre du niveau HF, diode électroluminescente, haut-parleur incorporé, mais également sortie haut-parleur pour utilisation en sono extérieure au véhicule. L'appareil est homologué par les PTT. Prix indicatif: 1000 F.

SON

TÊTE DE LECTURE AVEC POINTE ET CELLULE INTÉGRÉES

Pour simplifier l'opération de changement de la cellule sur la tête de lecture lorsque l'aiguille est usée, la marque Shure propose une unité intégrée comportant la cellule et sa coquille. Cette tête, la M 97 HE-AH, possède une baïonnette universelle à quatre broches qui permet le branchement instantané sur les bras de lecture de la grande majorité des platines. La M 97 HE-AH est alignée en usine et peut être réglée en dé-



passement. Elle peut réduire de six grammes la masse totale de l'ensemble bras-cellule. Cette réduction de la masse diminue d'autant l'effet de résonnance de l'ensemble bras-cellule. Les principales caractéristiques de cette cellule sont les suivantes: gamme de réponse de

20 à 20 000 Hz; force d'appui de la pointe de 0,75 à 1,5 g; résistance de charge de 47 000 ohms (70 000 ohms maximum) avec une capacité de 200 à 300 picofarads par canal. Importateur: Cinéco, 72, avenue des Champs-Élysées, 75008 Paris.

RÉCONCILIER LES INCOMPATIBLES

Voici un matériel qui peut se révéler aussi précieux pour les amateurs que pour les professionnels pour les transferts entre deux appareils vidéo de normes différentes. Proposés par la société 3 M sous le nom de RS 80 Video Systems, une série de cordons vendus en kits permettront de relier deux magnétoscopes de même standard ou de standards différents (VHS-Betamax, par exemple), un téléviseur à un magnétoscope, une caméra vidéo à un magnétoscope.

Outre qu'ils permettent ainsi de brancher les uns aux autres des appareils non normalisés, ces divers kits rendent possible une connexion directe sans passer par les tuners intermédiaires des magnétoscopes. Résultat: gain sensible de qualité de l'image, le signal TV ne subissant aucune perte.

Prix publics des différents kits: de 120 à 350 F TTC environ.

SANTÉ

ENFANTS: PROTÉGER LES TOUCHE-À-TOUT

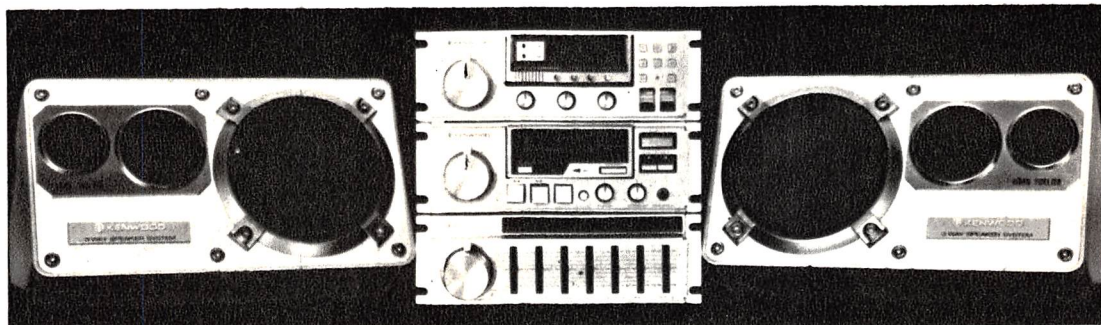
Les médecins et services anti-poisons des hôpitaux savent que les enfants de moins de 5 ans sont particulièrement exposés par leur curiosité aux accidents domestiques. Parmi ces derniers, les plus nombreux relèvent de l'absorption de produits ménagers dangereux, mal protégés par des fermetures trop facilement manipulables.

D'où l'importance de la norme française sur les "fermetures de protection à l'épreuve des enfants", publiée tout récemment. Cette norme est expérimentale, c'est-à-dire qu'elle ne sera adoptée par les fabricants que s'ils estiment qu'un tel effort de protection intéresse les acheteurs éventuels.

L'objectif: fixer les spécifications et déterminer les essais permettant de fixer l'efficacité des fermetures. Elle doit permettre de mettre au point des capsules et bouchons que les adultes manipulent sans difficulté, mais qui résistent au zèle intempestif des enfants de cet âge.

MICRO-CHAÎNE POUR AUTOMOBILE

Si la qualité des appareils de reproduction sonore pour appartement s'est améliorée au cours des vingt dernières années — tandis que la baisse des prix permettait une large vulgarisation —, en revanche, la qualité des appareils pour voiture est restée à des niveaux assez peu satisfaisants.



Cette situation évolue. La miniaturisation en électronique permettant de créer une nouvelle génération d'appareils, ce sont de véritables chaînes haute-fidélité que l'on peut écouter au volant de sa voiture. Exemple: la nouvelle gamme d'appareils Kenwood CAR HIFI. Quelques chiffres suffisent à montrer les possibilités de ces appareils: puissance jusqu'à 50 W par canal (sous 4 ohms, de 50 Hz à 20 kHz), distorsion par harmoniques inférieure à 1%, rapport signal/bruit MF 73 dB, réponse en fréquence du magnétocassette: 30 Hz à 16 kHz \pm 3 dB.

Divers dispositifs particuliers assurent un confort et une qualité d'écoute optimaux avec cette chaîne. En radio, un circuit automatique ajuste constamment les réglages de l'appareil (commutation stéréo/mono; filtrage) pour que la réception MF soit exempte de bruits parasites. Un autre système met automatiquement la cassette en route — donc évite que les occupants du véhicule soient privés de musique — lorsque le signal radio tombe en dessous d'un minimum. Si l'on souhaite conserver l'écoute radio, l'appareil — au lieu de mettre en route le magnétocassette — cherchera une station plus puissante. L'accord, dans tous les cas, est automatisé, l'automatisme fonctionnant soit par défilement soit par affectation de touches à un groupe de stations.

Le lecteur de cassettes "sait reconnaître" les blancs séparant les morceaux; on peut ainsi

sauter un morceau et laisser à l'appareil le soin de reprendre exactement au début du morceau suivant. On peut aussi passer le morceau qu'on vient d'entendre d'un seul geste, sans qu'il soit nécessaire de tâtonner pour retrouver le début. Sont également automatiques: le chargement, l'inversion du sens de défilement et l'éjection.

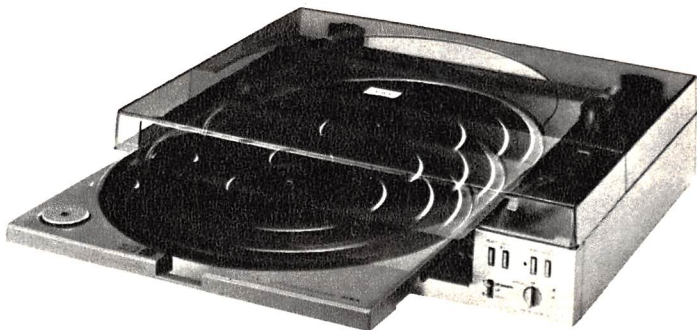
La gamme Kenwood de micro-chaînes pour voitures se compose de nombreux éléments offerts au choix de l'utilisateur. Ce sont, notamment, un tuner sté-

réo, le KTC 767 (prix: 2200 F environ); un lecteur de cassette, le KTC 757 (1990 F); un égaliseur à 7 fréquences-charnières, le KXC 747 (990 F); un amplificateur de 15 W, le KAC 727 (590 F); un amplificateur de 50 W, le KAC 801 (1490 F); une enceinte trois voies, la KSC 701 (1490 F); une enceinte deux voies, la KSC 501 (990 F); des haut-parleurs encastrables à une, deux ou trois voies (prix de 240 F à 890 F environ la paire). Ces appareils peuvent être combinés entre eux au gré de l'utilisateur.

— SON —

UNE PLATINE ENCASTRABLE

La firme japonaise Aiwa lance sur le marché une platine tourne-disques qui peut être encastrée dans un meuble. Pour la mise en place du disque, le plateau s'avance, puis se rétracte et fonc-



tionne ensuite comme une platine normale. Toutes les commandes sont également sur la face frontale de l'appareil. Les autres caractéristiques de cette platine sont des plus classiques: entraînement direct, fluctuations de vitesse de 0,03%, rapport signal sur bruit de 75 dB, plateau de 1,3 kg, bras de 21 cm, force d'appui de 3,5 à 8,5 g. Dimensions: 45 x 10 x 37 cm.

PHOTO

CHAMBRES À OBJECTIFS GRAND-ANGULAIRES

La firme allemande Plaubel propose deux nouveaux appareils, l'un pour le format 6 x 7 cm, le Makina W 67, l'autre pour le format 6 x 9 cm, le Makina Proshift 69. Tous deux utilisent les bobines de pellicule standard 120 (8 poses en 6 x 9 et 10 en 6 x 7 cm).



Le Proshift 69 reçoit en outre le film 220 qui permet 16 photos 6 x 9. Tandis que le Makina W 67 possède un objectif grand angle Nikkor 4,5/55 mm, le Proshift est équipé d'un super grand angulaire Schneider 5,6/47 mm. Le premier donne un angle de champ de 77° (comparable à un objectif de 27 mm en 24 x 36), le second un angle de 93° (comparable à un objectif de 21 mm en 24 x 36).

Les deux appareils possèdent

un obturateur Copal donnant les vitesses normalisées de 1 s au 1/500 s, la pose et la synchronisation au flash électronique à toutes les vitesses. Le Proshift 69 possède un viseur optique et un viseur sportif. Il est de construction simple et pèse 1600 g. Le Makina W 67 est équipé d'un viseur télémétrique avec compensation de parallaxe et d'une cellule au gallium pour le réglage semi-automatique de l'exposition. Son poids est de 1 200 g.

PHOTO

DIX MILLIONS DE REFLEX CHEZ PENTAX

Asahi Optical, l'un des plus importants fabricants d'appareils photo japonais annonçait voilà quelques semaines avoir commercialisé son dix-millionième appareil reflex 24 x 36. Le premier modèle de la marque l'Asahiflex, avait été produit en 1952. En 1966, alors qu'était mis sur le marché le Spotmatic, la fabrication du millionième appareil fut atteinte.



A l'occasion de cet événement, Pentax a annoncé la sortie de plusieurs nouveautés et, en particulier d'une nouvelle version du reflex 24 x 36 ME Super. Sous le nom de Pentax ME Super SE, ce boîtier conserve les caractéristiques principales du premier modèle.

Il comporte une programmation automatique de l'exposition et une touche électromagnétique pour le déclenchement. Le programme du posemètre (à cellules au gallium) peut être modifié par l'opérateur dans les limites de 5 indices de luminance. Le viseur

est constitué d'un télémètre entouré d'un anneau de micro-prismes. L'appareil reçoit le moteur ME-II qui permet jusqu'à 2 im./s. Au moment où ce nouveau reflex était annoncé, les premiers exemplaires étaient lancés sur le marché américain au prix de 324 dollars, boîtier nu.

Outre ce boîtier, Pentax propose de nouveaux objectifs, et en particulier, un zoom 4/24-50 mm. En miniformat, l'appareil Pentax Auto 110 reçoit un nouveau système optique, le Pan Focus 1102,8/18 mm qui assure une netteté maximale sur toute la longueur du format 13 x 17 mm de l'image. Cette optique comporte six lentilles et couvre un champ de 61,5°, comparable à celui d'un objectif de 35 mm pour appareil 24 x 36. Aux États-Unis, au moment du lancement du Pan Focus 110, cet objectif était vendu 199 dollars.

PLANTES D'APPARTEMENT

SANS TERRE ET SANS SERVITUDES

Plus savamment appelée hydroculture (du grec hydros : eau), la culture sans terre est pratiquée dans de nombreux pays à l'échelle industrielle, pour produire légumes et fleurs. Aujourd'hui, elle trouve également application dans les cultures d'amateur.

Après de longues recherches, une version de cette technique a été mise au point en Suisse, mais cette fois au profit des plantes d'appartement, que l'on cultive dans des pots ou des jardinières étanches en matière plastique.

► Pour la stabilité des plantes, une couche de granules d'argile expansé emplit la jardinière pour permettre aux racines de s'y accrocher en s'y développant. Ce matériau léger joue donc le même rôle mécanique que le sol en fixant les racines, mais il est chimiquement neutre et inerte.

► Pour leur alimentation, une solution nutritive faite d'eau et d'engrais spéciaux remplace les sels minéraux du sol traditionnel. Une certaine réserve de ce liquide est maintenue en permanence au fond de la jar-

dinière. Le niveau en est facilement contrôlé grâce à la position d'un repère à flotteur. Ces engrais, contenant tous les éléments utiles à la végétation, se présentent sous forme de solution concentrée à diluer dans l'eau ou sous forme de cartouches solides à dissolution progressive dont l'effet s'échelonne sur 4 à 6 mois.

Vos plantes n'auront ainsi plus besoin de vos soins permanents, et vous, vous n'aurez plus besoin de vos amis pour qu'ils viennent s'en occuper durant vos vacances ou vos absences prolongées. C'est cela la liberté ! Il existe une solution plus simple, diront les mauvaises langues : les plantes en plastique.

Pour plus de renseignements : Floronor — Les Brulins-par-Auffargis, 78610 Le Perray-en-Yvelines.

PHOTO

LE PLUS PETIT APPAREIL DU MONDE

La firme Minox produit depuis toujours les plus petits appareils photographiques du monde. Elle vient de battre son propre record en diminuant encore le volume du plus petit d'entre eux, le LX. Sous le nom de Minox EC, sa longueur perd 28 mm. Le nouveau Minox EC ne mesure plus que 8 cm fermé et 9,6 cm ouvert.

Ses spécifications techniques sont les suivantes : obturateur



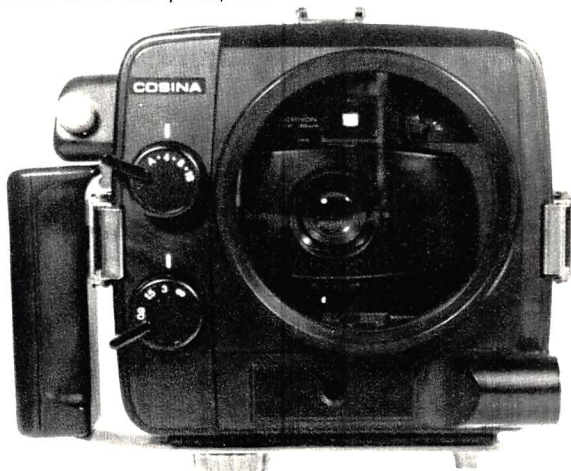
central à commande électronique de 1/500 à 8 secondes ; cellule CdS ; objectif Minox Fix Focus à 4 lentilles 5,6/15 mm ; viseur à cadre lumineux ; connexion flash à prise spéciale pour adaptateur flash-cube Minox FE 4 ; poids : 45 g (58 g avec pile et film). Prix : inférieur à 900 F.

PHOTO

CHASSE AUX IMAGES SOUS-MARINE

Un flash électronique étanche, le Sunpak Marine 32,

a été annoncé par le constructeur japonais Sunpak. Il s'agit d'un appareil de moyenne puissance, utilisable jusqu'à 100 mètres de profondeur. Son nombre-guide est de 35 pour 100 ASA dans l'air et de 17 dans l'eau. Il offre diverses possibilités, permettant de couvrir les champs d'un objectif de 28 mm ou de 35 mm. L'alimentation se fait avec 6 piles de 1,5 V ou 6 batteries au cadmium. L'autonomie est de 150 éclairs avec les piles, l'in-



tervalle entre chaque éclair étant de 2 secondes. Le Marine 32 est utilisable avec tous les appareils équipés d'une prise standard.

Le **Cosina CX-2** est un 24 x 36 miniaturisé mesurant 10 x 7 x 4 cm environ et pesant 225 g. Il est équipé d'un objectif 2,8/35 mm et d'une cellule réglant automatique-

ment l'exposition de 2 s au 1/500 s. Le constructeur vient d'annoncer qu'il allait lancer pour cet appareil un boîtier de prise de vue sous-marine. Cet accessoire conserve l'automatisme de l'appareil, il permet l'emploi du flash électronique et peut recevoir un viseur permettant la correction de la parallaxe.

— ÉLECTROMÉNAGER —

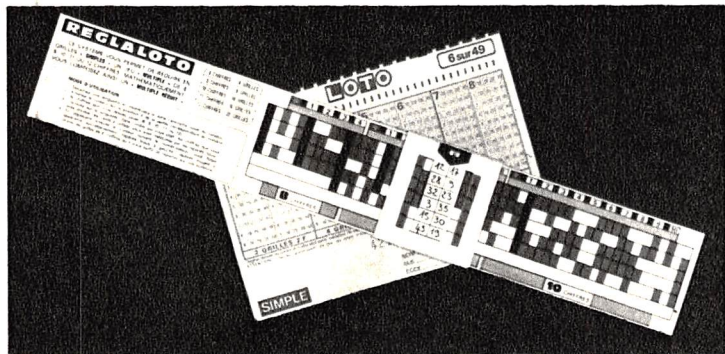
ASPIREZ EN SILENCE

Cinq fois moins de bruit, c'est ce que propose Philips avec sa nouvelle génération d'aspirateurs. Il s'agit de 9 aspirateurs traîneaux dont le silence, assez remarquable, a été obtenu grâce à une amélioration de la circulation de l'air à travers l'appareil, une isolation du bloc moteur par une double paroi interne et un montage adapté du moteur.

En vente dans tous les magasins d'électroménager, cette génération antibruit ne coûte pas plus cher que les aspirateurs ordinaires de mêmes performances.

LES MATHÉMATIQUES AU SECOURS DE LA CHANCE

Chaque semaine 8 millions de Français remplissent 13 millions de bulletins de Loto pour quelque 13 milliards de francs (anciens), mais chaque joueur n'a qu'une chance sur 13 983 816 exactement de gagner...



Voici une nouvelle méthode qui, si elle n'est pas "miracle", met plus de chances du côté des parieurs. Elle guide le hasard, ou les intuitions du joueur, en s'appuyant sur la théorie mathématique des ensembles.

C'est un informaticien qui a mis au point la "Règlaloto": elle se présente comme une simple règle à calcul. La technique employée, dite du "multiple réduit" consiste à combiner une série de chiffres de manière à obtenir une couverture mathématique maximum. Ainsi la Règlaloto offre la possibilité de jouer 8, 9, 10, 11 ou 12 chiffres en seulement 4, 8, 10, 16 ou 20 grilles simples.

Prenons un exemple: si vous faites confiance à 10 numéros et que vous jouez toutes les combinaisons formées par leurs mariages, il vous faudra remplir 210 grilles, c'est-à-dire risquer 210 F, puisque la grille coûte 1 franc. Mais, mathématiquement, 10 combinaisons seulement (donc 10 grilles, soit 10 francs) suffisent pour gagner si, parmi vos dix chiffres, 3 numéros sont gagnants. Ce sont ces 10 combinaisons que la Règlaloto trouve automatiquement pour vous, en éliminant les 200 combinaisons superflues et donc en vous faisant économiser 200 F. Ainsi vous évitez tout "trou" dans votre jeu, toute combinaison que vous auriez voulu et dû jouer, mais que vous auriez oubliée au moment de remplir vos grilles.

La Règlaloto, non seulement

augmente la chance — rare — de gagner gros, mais surtout elle multiplie considérablement les possibilités de gagner des sommes rondes en effectuant des investissements très raisonnables. C'est du moins ce qu'affirme le fabricant.

Son utilisation, en tout cas, est très facile, même si l'on n'est pas doué pour les mathématiques. Il suffit d'inscrire les chiffres choisis (jusqu'à 12 chiffres) sur une languette de papier fixée sur un curseur. Le curseur se déplace latéralement sur une table de repère qui indique, à chaque fois, les six chiffres à reporter sur les grilles simples — dont le nombre est fonction du nombre de chiffres choisis.

La Règlaloto se vend par correspondance au prix de 38 F. Chez Ludi France - BP 21 - 17140 Lagord.

►► **Dipetanch est une peinture pour rendre étanche toute la maison, du toit aux fondations: façades, fissures, rebords de terrasse, gouttières, etc. Elle a l'aspect d'un liquide semi-pâteux qui donne, après séchage, un film résistant au vieillissement et aux intempéries. Sa très grande élasticité (2000%) lui permet d'absorber toutes les fissures. Durée d'efficacité: jusqu'à dix ans. Existe en neutre et six coloris miscibles entre eux. Vendue en pots de 1, 5, 10 et 20 kg. Prix: environ 38 F le pot de 1 kg; 330 F celui de 10 kg.**

DES PÂTES FAITES MAISON

Base de l'alimentation en Italie, fort appréciées en France, les pâtes fraîches sont désormais à la portée des particuliers sans tour de main de maître. Il suffit de disposer du Pastamatic, qui est à la fois un mixer et un moule à pâtes.

L'appareil se compose d'un bloc moteur et d'une cuve de malaxage où l'on verse la juste proportion de farine de blé dur, d'œuf et d'eau. Lorsque la pâte est prête, une tirette la laisse passer aux travers des grilles de sortie de formes différentes, à l'aide d'une vis sans fin. Ainsi tagliatelle, macaroni, garganelli n'auront plus de secrets pour les vrais amateurs.



Un seul inconvénient, le prix de l'appareil: de 1150 F à 2800 F, selon que l'on veut fabriquer 700 g, un kilo ou 1,4 kg de pâtes fraîches. Il faut tout de même beaucoup apprécier ce plat, ou destiner l'appareil à une utilisation en collectivité. Distribué par CIMETEX, 41, rue de l'Échiquier, 75010 Paris.

AGRICULTURE

COFFRET POUR ANALYSE DU SOL

Voulez-vous connaître la concentration de votre sol en azote, phosphore ou potassium, ses principaux éléments fertilisants? Vous pouvez obtenir la réponse sur les lieux de votre exploitation grâce à un coffret réalisé en plastique moulé résistant, qui contient tous les récipients, seringues, pipettes, tube de prélèvement et réactifs nécessaires à l'analyse de votre sol.

Bien sûr ce coffret ne peut remplacer complètement le la-

boratoire mais il permet de tester à bon marché un grand nombre d'échantillons par des opérations simples. Une comparaison de vos résultats avec une échelle colorimétrique de référence fournie dans le coffret vous indiquera la carence ou l'excès de votre sol en ses principaux éléments fertilisants.

Vous pouvez aussi contrôler régulièrement l'état de vos cultures en alimentation azotée en analysant la teneur en nitrates de la sève des plantes.

Les sceptiques pourront toujours faire vérifier leurs résultats, acquis rapidement, auprès d'un laboratoire. La méthode a eu, en tous cas, la caution de la Station nationale de recherche agricole de Wellesbourne en Angleterre.

Le prix de la mallette et de ses accessoires se situe aux environs de 900 F départ, hors taxes. Pour tous renseignements: Laboratoire Merk-Clevenot, Division chimie - 65-67, rue de la Victoire, 75009 Paris, tél. (1) 280.62.65.

AUTOMOBILE

FAITES VOUS-MÊME VOTRE VIDANGE

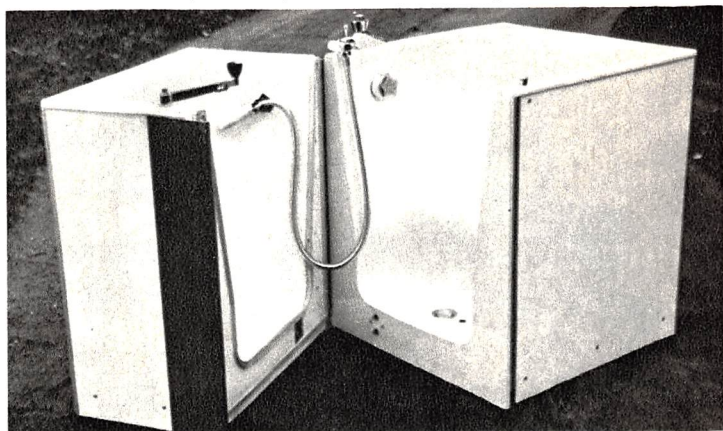
Avec ce système manuel, vous ne sollicitez plus votre batterie, comme c'est le cas avec les appareils à vidanger qui se branchent sur l'allume-cigare. Il suffit de visser la pompe à main sur le bidon et d'enfoncer le tuyau d'aspiration, fixé à la pompe, dans l'orifice prévu pour la jauge d'huile. En pompant, l'huile usagée est aspirée du moteur et s'écoule dans le bidon. L'écrou-chapeau reliant le bidon à la pompe devra être bien serré pour éviter l'aspiration d'air. Prix TTC: 135 F environ. Distribué par Auto F, B.P. 12, 74350 Cruseilles, tél. (50) 44.11.38.



HANDICAPÉS

UNE BAIGNOIRE QUI S'OUVRE

Une invention à première vue farfelue mais pourtant sérieuse: la baignoire ouvrante, qui permet un accès aisé pour ceux qui ont des difficultés à prendre place dans une baignoire ordinaire.



La baignoire ouvrante est constituée de deux parties. L'une, fixe, comprend le siège, l'alimentation en eau, l'évacuation et les sécurités. L'autre, pivotante sur 180°, comprend la commande d'ouverture et de fermeture et le système d'étanchéité.

Une bride en acier inoxydable de très grande résistance, commandée mécaniquement par une poignée, assure le verrouillage sur toute la hauteur de la baignoire. Un dispositif à flotteur bloque cette poignée tant que la baignoire n'est pas entièrement vidée.

De la même manière, on ne

peut la remplir si elle n'est auparavant parfaitement fermée: un dispositif de robinet à pousser ne laisse passer l'eau que lorsque le joint d'étanchéité est comprimé.

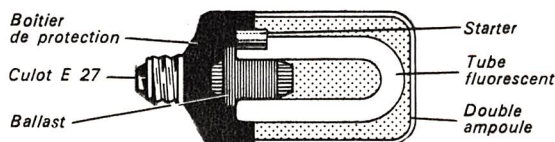
Tous les raccordements étant prévus, la baignoire ouvrante se met en place facilement, sous réserve, bien sûr, de prévoir un emplacement permettant l'ouverture totale de la partie mobile.

Fabriquée en ABS, elle se nettoie donc sans abrasif, avec du teepol ou de l'alcool. Elle coûte environ 6000 F. (Monoplast - BP 3 - 40140 Soustons).

ÉCLAIRAGE

75 W QUI EN CONSOMMENT 18

La FEE 75 allie la forme compacte de l'ampoule à filament incandescent à la longévité et à l'économie d'un tube fluorescent.



► Comme la première, dont elle rappelle la rondeur et l'encombrement réduit, elle se visse en place grâce à son culot E 27. L'ampoule elle-même est à double paroi. Elle renferme un tube fluorescent monté sur un ballast incorporé à un boîtier de protection.

► Comme le second, sa consommation est minime

(18 W, ballast compris, pour un flux lumineux équivalent à une lampe ordinaire de 75 W) et sa durée de vie est de 5000 heures, soit cinq fois plus qu'une lampe classique.

Prix: 100 F environ. Distribuée par la Compagnie des lampes Mazda, 29, rue de Lisbonne, 75008 Paris.

JEUX DE RÉFLEXION: COMMENT CHOISIR?



Mastermind, Rubik's cube, Othello... tous les jours de nouveaux amateurs découvrent ces jeux de réflexion.

Mais aussi tous les jours de nouveaux jeux apparaissent et bien souvent, sous un nom mystérieux, dans une splendide boîte soigneusement scellée, se cache un jeu sans intérêt.

Comment s'y reconnaître? Comment être utilement conseillé?

La solution, découvrez-la avec les relais-boutiques Jeux Descartes.

Les relais-boutiques Jeux Descartes, ce sont 51 spécialistes qui vous proposent en permanence un large choix de jeux de réflexion. Des jeux connus, des grands classiques, mais aussi la gamme Jeux Descartes comportant plus de 250 jeux originaux, sélectionnés dans le monde entier et souvent introuvables en France: casse-tête, jeux stratégiques, war-games, jeux électroniques, etc.

Visitez le relais-boutique Jeux Descartes de votre région. Vous y trouverez tous les avantages d'un véritable spécialiste: une gamme étudiée, la possibilité d'examiner tous les jeux, des conseils pratiques, des informations sur le monde du jeu.

Et votre spécialiste Jeux Descartes vous réserve d'autres avantages: il vous remettra gracieusement le luxueux catalogue tout en couleur de la gamme Jeux Descartes. Liste des relais-boutiques et bon pour un catalogue gratuit: voir page ci-contre.

En devenant membre du Club Jeux Descartes, vous pourrez bénéficier de services privilégiés, par exemple une réduction permanente de 10% sur tous les articles sélectionnés dans le catalogue Jeux Descartes.

Votre spécialiste Jeux Descartes, c'est le partenaire idéal pour découvrir le monde du jeu de réflexion.



**RELAIS-BOUTIQUES
JEUX DESCARTES**
Les spécialistes du jeu de réflexion.

BIENVENUE CHEZ LES SPÉCIALISTES DU JEU DE RÉFLEXION

Les 51 relais-boutiques Jeux Descartes.

Vous aimez les casse-tête, les puzzles, les jeux électroniques, les jeux de stratégie, vous voulez découvrir les wargames et les jeux de simulation.

Plus de 250 jeux de réflexion du monde entier vous attendent dans le relais-boutique Jeux Descartes de votre région.

PARIS 75005

BOUTIQUE PILOTE
40, rue des Ecoles
326 79 83

PARIS 75001

LA LIBRAIRIE DES VOYAGES
24, rue Molière
296 36 76

PARIS 75008

AU NAIN BLEU
406-410, rue St-Honore
260 39 01

ALBI 81000

RELAIS JEUX DESCARTES
5, rue des Foissants
Tel. en cours

ANGERS 49000

LA BOUTIQUE LUDIQUE
12, rue Bressigny
87 41 85

AVIGNON 84000

LA DAME DE TREFLE
19 bis, rue Petite-Fusterie
82 62 96

BAGNOLES-DE-L'ORNE 61400

LA MAISON DE LA PRESSE
4 bis, rue du Dr-P. Paulian
37 01 61

BELFORT 90000

ALSATIA UNION
1, place Corbis
28 29 22

BORDEAUX 33000

JOKER D'AS
7, rue Maucoudina
Tel. en cours

BOURGES 18000

MERCREDI
22, rue d'Auron
24 49 90

LE FOU DU ROI

100, rue Saint-Pierre
85 24 51

CARCASSONNE 11000

AU PERE NOEL
57, rue Georges-Clemenceau
25 15 49

CHAMALLIERE 63400

PIROUETTE
Carrefour Europe
Avenue de Royat
36 20 99

CLERMONT-FERRAND 63000

LA FARANDOLE
14 bis, place Gaillard
37 12 58

COLMAR 68000

ALSATIA UNION
28, rue des Teles
41 41 59

CREIL 60100

AU LUTIN BLEU
8, avenue Jules-Uhry
455 05 64

DIJON 21000

REFLEXION
19, rue de la Chaudronnerie
32 53 51

GRENOBLE 38000

LE DAMIER
25 bis, cours Berriat
87 93 81

LA ROCHE-SUR-YON 85000

AMBIANCE
Centre Commercial des Haies
18, rue de la Poissonnerie
37 08 02

LA ROCHELLE 17000

SACI PRESSE
29-31, rue Gambetta
28 47 68

LE PUY 43000

HEXAGONE
23, rue Saint-Gilles
09 54 18

LILLE 59002

LE FURET DU NORD
15, place du General de Gaulle
93 75 71

LIMOGES 87000

LIBRAIRIE DU CONSULTAT
27, rue du Consulat
34 14 35

LORIENT 56100

LOISIRS 2000
25, rue des Fontaines
64 36 22

LYON 69002

JEUX DESCARTES
13, rue des Remparts d'Anay
37 75 94

LYON 69008

MON PLAISIR JEUX
RELAIS JEUX DESCARTES
4, place Amboise-Courtois
74 25 25

MARSEILLE 13001

AU VALET DE CARREAU
6, rue du Jeune-Anacharsis
54 02 14

METZ 57000

TOP JOYS
1, avenue Ney
Parking Souterrain 75-10-95

MONTPELLIER 34000

LE MINOTAURE
1, rue du Bras-de-Fer
54 34 89

MULHOUSE 68100

ALSATIA UNION
4, place de la Reunion
45 21 53

NANCY 54000

JEUX JOHN
7, rue Stanislas
332 17 50

NANTES 44000

MULTILUD
14, rue J.-J.-Rousseau
73 00 25

NEVERS 58000

LES TEMPS MODERNES
45, rue Saint-Martin
61 24 93

NICE 06000

JEUX ET REFLEXION
16, avenue Victor-Hugo
87 19 70

NIMES 30000

BAZAR DE L'HOTEL DE VILLE
Rue de l'Aspic
67 31 35

ORLEANS 45000

EUREKA
Galerie du Chatelet
53 23 62

PERPIGNAN 66000

LE HALL DE LA PRESSE
51, avenue du General de Gaulle
34 05 60

POITIERS 86000

QUEST LOISIRS
26, rue Magenta
01 84 56

REIMS 51100

MICHAUD JUNIORS
2, rue du Cadran St-Pierre
40 57 16

RENNES 35000

ORDIFACE
3, rue St-Melaine
30 13 10

ROUEN 76000

ECHEC ET MAT
9, rue Rolon-Angie rue Evreux
71 04 72

SAINT-NAZAIRE 44600

MULTITUD
16, rue de la Paix
22 58 64

SAINT-BRIEUC 22000

LE STRATEGE
5, rue Houvenague
61 61 21

SAINTE 17100

LE HOBBY
Residence St-Pierre
Quai de la Republique
93 16 58

STRASBOURG 67000

ALSATIA UNION
31, place de la Cathedrale
32 13 93

TOULOUSE 31400

RELAIS JEUX DESCARTES
1, passage St-Jerome
Centre Commercial St-Georges
14-16, rue Fonvielle
23 73 88

TOURS 37000

POKER D'AS
6, place de la Resistance
66 60 36

VALENCE 26000

RIVE DROITE
50, Grande-Rue
43 13 15

VANNES 56003

LIRE ET ECRIRE
22, rue du Mené
38 38 55

VICHY 03200

AU KHEDIVE
36, rue Georges-Clemenceau
98 48 21

ETRANGER

NEUCHÂTEL 20004 SUISSE

QUINTER
Fausses Brayes 1
038 25 85 25

Et bientôt Besançon, Toulon, Versailles,
Cannes, etc. La Suisse, la Belgique,
l'Italie, le Canada



club JEUX DESCARTES

5, rue de la Baume - 75008 PARIS

BON POUR UN CATALOGUE GRATUIT

Découvrez, sans engagement de votre part, le Club Jeux Descartes. En échange de ce bon, le catalogue en couleurs vous sera remis gratuitement dans le relais-boutique Jeux Descartes de votre région (ou si vous préférez, adressé par la poste contre 3 timbres à 1,40 F pour frais d'envoi).

NOM :

Prénom :

N° :

Rue :

Code postal :

Ville :

Désire recevoir le nouveau catalogue Jeux Descartes.

HOMINISATION

(suite de la page 36)

signe extérieur permettant d'identifier le moment favorable de leur cycle menstruel ; il n'y a aucune synchronisation entre la copulation et l'ovulation.

Ces changements favoriseraient la formation de couples stables : la fidélité reproductive rassurerait le mâle quant à la paternité de ses petits et la transmission de ses gènes, et consoliderait un groupe de plusieurs familles en éliminant la concurrence sexuelle permanente. La monogamie, souligne Lovejoy, serait plus avantageuse que la polygamie (un mâle pour plusieurs femelles) car cette dernière implique une compétition continue avec des mâles sans femelle et augmente la dimension de la famille dont le mâle est responsable. La monogamie, remarque-t-il, ne se rencontre parmi les primates modernes que lorsque le mâle est directement concerné par ses responsabilités parentales : c'est le cas du gibbon, du siamang (son cousin asiatique) et de singes du Nouveau Monde.

La monogamie, à son tour, favoriserait le développement de différences entre individus de la même espèce, permettant aux couples de se reconnaître facilement. Cela expliquerait, que l'homme moderne est aujourd'hui doté de différences individuelles plus marquées que chez n'importe quel autre primate. Nous avons donc, chez les premiers hominiens bipèdes, des relations sociales intenses, dont Lovejoy pense qu'elles sont sans doute la cause la plus importante de l'origine de l'intelligence humaine.

Ce modèle de l'évolution des hominidés contredit les notions classiques selon lesquelles l'humanisation serait une conséquence directe de l'expansion du cerveau ou de la culture (apparition d'outils). Mais, selon le Pr Lovejoy, il explique bien des caractéristiques humaines : l'établissement d'une base et d'une famille, l'évolution de différences entre les individus, le comportement sexuel de l'homme, unique parmi les mammifères, et l'abandon d'une stratégie K trop extrême. Il permet de comprendre la mobilité géographique des humanoïdes, qui ne sont plus limités par l'environnement de la forêt tropicale.

Si le modèle correspond à la réalité — car, rappelons-le, le Pr Lovejoy ne fait ici qu'une hypothèse — peut-on retrouver le bipédalisme dans un passé encore plus lointain, notamment chez le Ramapithèque, ancêtre présumé des hominiens, datant de 10 à 15 millions d'années et qui s'est répandu un peu partout dans le monde, puisque des fossiles ont été retrouvés en Afrique, en Asie et en Europe ? Le débat reste ouvert...

Alexandre DOROZYNSKI ■

CERVEAU

(suite de la page 53)

ments ce foyer devient actif, c'est-à-dire déclenche une crise d'épilepsie généralisée. L'EEG repère des ondes anormales au niveau du foyer, mais les résultats du PET sont considérablement plus précis. D'abord, il délimite exactement le foyer, et c'est précieux lorsqu'on décide son ablation chirurgicale, en évitant l'exploration pré-opératoire, parfois longue, avec des électrodes profondément enfoncées dans le cerveau. Ensuite, il relève au niveau du foyer, pendant les crises, une activité métabolique supra-maximale (jusqu'à 130 % d'augmentation) et entre les crises, un hypométabolisme sévère. Enfin, il permet d'observer des aires hypermétaboliques éloignées du foyer, traçant ainsi à travers le cerveau des voies de projection de l'activité épileptique, ce qui peut-être avancera la compréhension de cette maladie toujours mystérieuse.

● Lors d'un infarctus cérébral, le PET permet d'apprécier l'activité réactionnelle de l'hémisphère non lésé, et surtout de suivre les progrès de la réparation de la lésion (adaptation précise des rééducations...).

● Lors des sénilités précoces (maladie d'Alzheimer), le PET peut jouer un rôle déterminant de diagnostic, de pronostic et d'indicateur thérapeutique. Le vieillissement cérébral semble se présenter différemment selon les espèces : chez le rat, il commence par les aires sensibles et motrices ; chez le chien, il est plus généralisé et atteint les structures limbiques (vie instinctivo-émotionnelle). Chez l'homme, c'est encore différent : le déclin est marqué d'abord au pôle frontal, l'une des deux grandes zones de la pensée...

● Enfin, une recherche en cours concerne les maladies dégénératives, dont la chorée de Huntington, maladie génétique qui se révèle au début de l'âge adulte. C'est une dégénérescence des noyaux striés (profondément situés dans les hémisphères cérébraux) qui se manifeste par des troubles moteurs graves et une altération mentale progressive. Or, le PET pratiqué systématiquement chez les jeunes issus de familles où est apparue la maladie a permis de détecter un hypométabolisme strié avant l'extériorisation des troubles.

Cette méthode qui, il y a dix ans encore aurait été du domaine de la science-fiction, a déjà permis d'aider de nombreux malades. Mais surtout, et ce n'est plus de la philosophie-fiction, elle entr'ouvre un peu plus la porte de cette obscure caverne d'Ali Baba qu'est, en son insaisissable unicité, le cerveau et sa pensée.

Dr Jacqueline RENAUD ■

ÉNERGIE

(suite de la page 82)

sont possibles : transformer le thermique en électricité et faire l'électrolyse de l'eau, ou décomposer l'eau à haute température par l'intermédiaire d'un élément réducteur. Le premier procédé est connu et utilisé depuis longtemps, mais le rendement global énergie nucléaire-hydrogène n'est pas très élevé.

La seconde méthode permet des rendements beaucoup plus élevés mais la mise en œuvre nécessitera un gros programme de recherches. En effet, la décomposition thermochimique de l'eau implique des réactions nucléaires à haute température et la présence d'un réducteur qu'il faut régénérer à chaque cycle.

Dans un premier stade, on s'orientera donc vers l'électrolyse, et plusieurs solutions ont été retenues pour le stockage de l'hydrogène. La plus simple consiste à utiliser des cavités naturelles, par exemple des nappes d'eau profondes : il existe déjà 5 réservoirs de ce type autour de la région parisienne. On peut aussi réaliser des cavités artificielles là où existent des gisements de sel qu'on dissout avec de l'eau : l'espace libéré est parfaitement étanche et peut être rempli d'hydrogène sous pression.

La seconde formule consiste à stocker le gaz sous forme liquide, par refroidissement avec des installations cryogéniques, ou sous forme comprimée dans des bouteilles en acier. La pression nécessaire est très élevée — plus de 200 bars — ce qui pose des problèmes techniques délicats car l'hydrogène diffuse dans les matériaux et les rend fragiles.

La troisième formule, en principe la plus intéressante pour les petites quantités, est celle du stockage sous forme d'hydrures métalliques. La réaction est très simple : à partir d'une certaine pression, de nombreux métaux absorbent l'hydrogène, puis le restituent quand cette pression redescend. Pour augmenter la surface réactive, le métal doit être réduit en poudre.

Les hydrures métalliques peuvent emmagasiner des quantités considérables d'hydrogène : à volume égal on peut y mettre plus de gaz que dans un réservoir d'hydrogène liquide. Le magnésium et ses alliages sont les produits les plus fréquemment envisagés pour les véhicules.

Les hydrures conviendraient fort bien comme réservoirs d'hydrogène pour les voitures, les camions, les tracteurs, les pelleteuses, etc. Il n'y a que peu de changements à effectuer sur les moteurs, mais l'hydrogène a l'inconvénient d'être un produit dangereux : il diffuse facilement à travers quantité de matériaux, et il forme avec l'air des mélanges explosifs dans de très larges limites de dilution. L'utilisation de l'hydrogène comme conserve de l'énergie nucléaire posera donc de très gros problèmes de sécurité. D'un autre côté, on ne voit guère d'autre solution au cas où il faudrait définitivement renoncer au pétrole.

Renaud de LA TAILLE ■

GÈNES HLA

(suite de la page 62)

ger d'autre part, les chercheurs ont réussi à isoler ce gène. Il ne restait qu'à le rendre radioactif pour pouvoir suivre son itinéraire dans la cellule (voir dessins pp. 62 et 60-61).

Par cette méthode, quinze paires de gènes codant pour le système HLA ont pu être repérés sur l'ADN humain. Les segments d'ADN ainsi repérés peuvent maintenant être obtenus en quantités relativement importantes puisqu'ils sont inclus dans des bactériophages que l'on peut "faire pousser" presque à volonté. L'un d'eux a été étudié en détail et la structure du gène qu'il porte a été déterminée en particulier en ce qui concerne la position des exons et des introns. L'intérêt de ces travaux est primordial car le système HLA est lié aux mécanismes de l'immunité cellulaire. Les protéines de ce système correspondent, en effet, aux antigènes d'histocompatibilité qui servent en quelque sorte de carte d'identité à nos cellules.

De ce fait, les cellules d'un individu se reconnaissent entre elles et reconnaissent comme étrangère toute cellule d'un autre individu. C'est ce qui se produit lors d'infections microbiennes ou lors de greffes faites avec des tissus incompatibles. Mais aussi lors des maladies appelées auto-immunes comme la sclérose en plaques. Dans cette affection les cellules nerveuses de l'individu sont reconnues comme étrangères par son propre système immunitaire. On pense qu'un virus serait la cause de la maladie. Il modifierait les antigènes d'histocompatibilité des cellules nerveuses qui deviendraient "étrangères" et seraient reconnues comme telles par le système immunitaire.

Hypothèse actuellement proposée : l'apparition du cancer serait liée dans certains cas à un système HLA défectueux. Normalement, en effet, les cellules qui deviennent cancéreuses ont des antigènes d'histocompatibilité modifiés et de ce fait ces cellules sont rejetées par le système immunitaire. Par contre, chez les sujets ayant une anomalie du système HLA, les antigènes d'histocompatibilité ne sont pas modifiés. Par conséquent les cellules cancéreuses peuvent se multiplier en toute liberté.

Maintenant que les gènes du système HLA sont isolés on pourra voir comment ils fonctionnent. Des expériences entreprises actuellement à Marseille et à Paris (ainsi que dans plusieurs laboratoires aux USA) doivent permettre d'aborder cette étude : les gènes HLA (ou H2) isolés sont introduits dans des cellules de souris en culture, pour essayer d'établir comment les antigènes d'histocompatibilité sont fabriqués. L'expérience doit mener au cœur même des mécanismes de l'immunité. Elle représente donc une percée de la plus grande ampleur depuis la naissance de la médecine. Mais il est trop tôt pour en imaginer les retombées pratiques.

Pierre ROSSION ■

MATA-HARI DE LA MER

(suite de la page 90)

en Espagne, dans un hangar ! Enlevé en mer et malmené, il s'était d'abord tu, avant de se remettre à fonctionner dès qu'on l'avait laissé tranquille. Mais les portes métalliques du hangar, fermées chaque soir et pendant le week-end, étouffaient ses appels... La bouée captive fut délivrée et ramenée au bercail, toujours suivie par son satellite qui traça le trajet du camion jusqu'à Brest. »

Avec cette famille marine de la robotique, les biologistes eux-mêmes ont eu des surprises. Témoignage, l'anecdote suivante. Aux Açores, un bateau s'empara un jour d'une bouée itinérante, qu'il traîna jusqu'à quelques encablures de Ponta Garça (île de São Miguel). Les pêcheurs pensaient avoir ainsi à portée de la main un "vivant" productif. Il existe en effet en biologie un comportement baptisé "commensalisme", consistant en l'association d'espèces animales différentes, pour le plus grand profit de chacune d'entre elles (cf. l'association du requin et du poisson pilote). Or, les plongeurs l'ont constaté à plusieurs reprises avec étonnement, il existe une certaine forme de commensalisme entre les bouées-perches et les poissons⁽¹⁾. Il semble que ce soit l'ombre que recherchent les poissons, et qui les pousse à former des syndicats d'usagers.

Quoi qu'il en soit, la faune marine n'a pas fini de voir venir à elle des robots sous-marins, car ils se multiplient sans cesse pour mieux nous renseigner sur les qualités physiques et biologiques du milieu thalassique. Robots véritables, car grâce à la maîtrise des techniques de transmission du son dans l'eau, ce sont aujourd'hui des appareils autonomes, télécommandés par voie acoustique.

Fonctionnent déjà, outre les BP 77, des stations qui enregistrent et retransmettent divers paramètres recueillis sur le plateau continental ; des ascenseurs sous-marins porteurs de courantomètres, qui mesurent les courants du fond ; des sismographes autonomes qui analysent les couches géologiques sous-marines jusqu'à 6000 mètres de profondeur. Les appareils de la présente génération bénéficient des progrès accomplis dans la connaissance de la propagation des ondes sonores sous la mer, et eux-mêmes travaillent à améliorer les performances des appareils de demain.

On le voit, le son prend de plus en plus d'importance dans le monde... du silence !

(1) Parmi les poissons familiers des bouées, on a identifié des cerniers (*Polypriion americanicus*), des chinchards (carangidés de petite taille), des balistes et des coryphènes.

Jean-Albert FOËX ■

PHOTO AÉRIENNE

(suite de la page 102)

et de la géologie appliquée (prospection minière et pétrolière, hydrogéologie, sismologie). Il est également adapté à l'exploration globale de régions encore mal connues et, nous l'avons vu, aux observations qui exigent la répétitivité.

En revanche, la photographie aérienne demeure irremplaçable pour tous les travaux qui requièrent une grande précision : recherches universitaires, cartographie à grande échelle, expertise d'un domaine agricole ou forestier. Elle permet aussi d'accélérer le travail de prospection préalable à toute cartographie. Pour toutes ces tâches, les amateurs disposent des remarquables clichés de l'Institut géographique national (IGN), qui a réalisé plusieurs couvertures photographiques du territoire métropolitain. Malheureusement, l'échelle des clichés effectués de façon systématique n'est pas toujours appropriée (la plus grande n'est que de 1/14500) et certains utilisateurs se trouvent dans l'obligation de commander des photos sur mesure. Or, le prix d'une mission aérienne excède souvent les possibilités budgétaires d'un particulier, voire d'un laboratoire de recherche. Pour modérer la dépense, diverses solutions ont été essayées : avions d'aéroclubs, ballons captifs, etc., mais elles demeurent onéreuses.

Aussi l'initiative d'un expert forestier est-elle intéressante à mentionner. Pour établir des plans de gestion à partir du peuplement des propriétés forestières dont il a la charge, et qui atteignent fréquemment plusieurs dizaines d'hectares, cet expert a besoin de photographies aériennes infrarouges car c'est essentiellement dans cette bande d'ondes que se manifestent les différences entre les espèces. Les clichés de l'Inventaire forestier national, malgré leur qualité, n'étant pas adaptés à la nature ni à l'échelle de son travail (qui demande une précision au moins égale à 1/5000), il projette d'utiliser de petits avions ultra-légers (80 kg !), motorisés et équipés du matériel de prise de vues adéquat. Ces avions aux ailes souples, d'origine américaine, outre qu'ils sont repliables et transportables sur le toit d'une voiture, sont idéaux pour les vols à basse altitude, donc pour les clichés à grande échelle.

Cet exemple, choisi entre cent, démontre la vitalité que conserve, malgré les satellites, la photographie aérienne, surtout à grande échelle. Ses possibilités sont loin d'avoir été toutes exploitées, et de nombreux secteurs lui sont encore ouverts : évaluation des surfaces, prévision des travaux d'entretien, devis de reboisement, etc. Sans compter l'énorme gain de temps qu'elle peut apporter dans la prospection du terrain. Oui, l'ancêtre de la télédétection a encore de beaux jours devant elle !

Marie OLIVET ■

C'est un progrès, car c'est mieux et pas plus cher que les systèmes traditionnels. Mais voilà que Yamaha, qui est connu pour la qualité de ses tuners à condensateur variable, a présenté à ce même Festival du son un récepteur utilisant un tel système classique. Mais pour être dans le vent, il y a ajouté un microprocesseur pour commander un petit moteur qui fait tourner l'axe du condensateur variable, le bouton que l'on tournait jadis à la main pour rechercher les stations. La chasse à l'astuce commerciale n'a pas de limite, et même si la réalisation est technologiquement avancée, elle est souvent plus dans le domaine de l'esbrouffe.

L'électro-acoustique. En matière de diffusion sonore, on n'a pas encore réussi à trouver un dispositif nouveau qui fasse mieux l'affaire que le classique haut-parleur à aimant permanent. Les progrès le concernent donc essentiellement, ainsi que son couplage avec l'enceinte acoustique qui lui est destinée.

Dans ce domaine, de véritables progrès techniques sont enregistrés. Mais ils ne sont pas l'œuvre des plus gros groupes industriels. De nombreuses sociétés moyennes, situées en Europe ou aux États-Unis, réalisent des équipements très intéressants. Ainsi, en Grande-Bretagne, des sociétés comme B & W ou Celestion, ou, en France, la société Cabasse sont des entreprises d'envergure moyenne, mais qui ont su se doter de moyens de recherche très avancés (spectographie laser, ordinateurs, chambres sourdes) et qui réussissent à réaliser les progrès les plus sensibles. Ces progrès touchent le rendement des enceintes (c'est-à-dire la capacité qu'elles ont de produire un niveau sonore de plus en plus élevé pour une puissance électrique donnée). Ce meilleur rendement vise non à faire plus de bruit, mais à restituer au mieux la dynamique des signaux musicaux, c'est-à-dire les écarts de niveau existant entre les phases les plus faibles et les plus fortes. Cette dynamique est très grande et très difficile à restituer. On progresse aussi dans la restitution des basses sur des équipements de taille réduite, d'où l'apparition des enceintes "de bibliothèque", très pratiques dans nos intérieurs encombrés.

Donc, tout semble aller pour le mieux au niveau de l'électro-acoustique, pourrions-nous dire. Eh bien non ! Là encore, les gros groupes arrivent avec leur stratégie, et faute de réaliser des équipements remettant en cause les performances jusque-là obtenues, on voit des "innovations", comme des haut-parleurs à membranes planes et des enceintes en plastique injecté. Les haut-parleurs plans sont très spectaculaires mais pas meilleurs que les autres (et à la limite plus compliqués à mettre au point) et les enceintes en plastique injecté, appelées pompeusement *compound*, sont surtout moins

chères à produire qu'une belle ébénisterie.

Le seul domaine où l'intérêt commercial des grands a été bénéfique au progrès technique, est celui quelque peu marginal des casques stéréophoniques. L'écoute au casque est très attractive car elle donne une sensation stéréophonique extraordinaire et très agréable, quoique l'effet d'espace est quelque peu exagéré. D'autre part, le formidable développement des petits lecteurs de cassettes que l'on porte en bandoulière, et dont le Walkman est le représentant n° 1, a impliqué la mise au point de casques miniatures de très bonne qualité : on trouve aujourd'hui de très bons casques stéréophoniques pour moins de 200 F, pesant 20 à 50 g seulement !

Entre l'étalage tapageur de la puissance des grandes sociétés industrielles de la hi-fi et la créativité combative des petits, le public, tant profane que professionnel, semble plutôt conscient de la différence d'intérêt. Le dernier Festival du son qui s'est tenu en mars au Palais des Congrès, à Paris, en a apporté la preuve. Ce salon, où les grands se sont retrouvés presque exclusivement entre eux, a enregistré une baisse d'affluence. Dans le même temps, en face, à l'hôtel Méridien où les petits et moyens constructeurs présentaient leurs matériels dans une exposition appelée "les Journées d'exception", se pressait la foule dense des visiteurs professionnels et grand public.

Les organisateurs du Festival ont vite compris le message : dès l'année prochaine, le Festival du son, qui deviendra dorénavant le Festival du son et de l'image, accueillera tous ces exclus d'un moment. Ce sont eux qui, finalement, font l'actualité.

Tandis que les grands groupes industriels européens, américains ou japonais s'emploient à assurer leur domination sur le marché mondial de la hi-fi, un nouveau concurrent réclame une part de gâteau. Déjà de nombreux produits arrivant sur les marchés américain et européen avec la mention *made in Japan*, sont en fait sous-traités à d'autres pays d'Extrême-Orient, surtout Taiwan et la Corée du Sud. Or voilà que ces sous-traitants manifestent clairement leur intention de jouer leur carte personnelle, directement. Résultat : des produits rigoureusement identiques en mode de conception, de fabrication et en fiabilité commencent à arriver sur les marchés occidentaux. Les prix de vente se situent d'entrée à 20% au minimum en-dessous des produits *made in Japan* similaires, et la baisse pourrait aller jusqu'à atteindre 40% ! Ceci est un avertissement : si ces nouveaux producteurs prennent soudain conscience de leurs capacités sur les marchés mondiaux, la tempête ne tardera pas à se soulever. Et rien ne prouve que l'avance technologique, véritable ou artificielle, suffira à endiguer un flot de produits très bon marché, qui ne demanderait alors qu'à déferler dans nos magasins. Ce n'est pas une hypothèse, ni une prophétie, les premiers éléments sont déjà disponibles à Paris, dans certains rayons spécialisés. **Brigitte SAILLIARD ■**



Collectif

L'ART DE VIVRE AU TEMPS JADIS Mille et une recettes de nos grands-parents

Inspirez-vous de vos grands-parents pour vivre mieux. Économisez en subvenant à vos besoins, récoltez, conservez. Fabriquez de belles choses en redécouvrant les matières d'autrefois : la laine, la pierre, le bois. Profitez de la nature pour préserver votre santé, vous divertir et vous enrichir à son contact. Retrouvez le bonheur de vivre en famille.

Installer une maison. Travail du bois et du fer. Fruits et légumes du jardin pour toute la famille. Du poulailler à la bergerie. Des provisions toute l'année avec les produits de la terre. Artisanat et loisir. Les fêtes existent encore. Index.

360 p., 27 x 21, relié, 960 photos dont 360 en couleurs, 1000 dessins en 2 couleurs, 1981, 176,00 F (franco 196,00 F).

A. Warusfel, préface de Ernő Rubik

RÉUSSIR LE RUBIK'S CUBE Suivi de "Un algorithme pour reconstruire le cube" de E. Halberstadt

Jeu de l'esprit, spéculation mathématique, gageure aussi, le Rubik's cube, qui peut avoir plus de 43 milliards de positions possibles, lance un défi à plus d'un million de Français. L'auteur se propose d'aider ses innombrables adeptes à résoudre plus aisément les énigmes que pose ce casse-tête diabolique mais très intelligent.

190 p., 10,5 x 18, schémas, 1981, 28,00 F (franco 38,00 F).

C. de Rossi

APPRENTISSAGE RAPIDE DU BASIC

Avant-propos. Introduction. Utiliser le système d'une manière efficace. L'instruction LET. L'instruction IF. L'instruction PRINT. Les instructions GO, TO et END. Les instructions READ et DATA. Résoudre des problèmes en utilisant 7 types d'instructions. Réaliser des organigrammes. Arithmétique. Les commandes systèmes. La mise au point. Les boucles et les instructions FOR/NEXT. Les fonctions INT et RND. Les instructions INPUT et RESTORE. Tableaux et indices. Utiliser des tableaux. Opérations de

164

matrices. Instructions alphanumériques. Les instructions GOSUB, RETURN et ON. Travailler sur bande papier. Fonctions définies. Instructions de manipulation de fichiers. Index. Réponses aux exercices.

208 p., 15,5 x 22, 1981, 75,00 F (franco 89,00 F).

C. Villars

VOTRE PEAU SAINE ET BELLE

La peau : un véritable bouclier naturel. Avez-vous une peau normale ? Les différents âges de la peau. Protégez votre peau contre les agressions. Reconnaitre et guérir les principales maladies de la peau. La peau un joli moyen de communiquer. Bien entretenir sa peau et ses cheveux. Les spécialistes de la peau et l'esthétique. Bibliographie.

191 p., 16 x 19, cart., figures, 1980, 49,00 F (franco : 61,00 F).

B. Sabelli

LES COQUILLAGES

L'ouvrage décrit les caractéristiques et les conditions de vie des mollusques, leurs dimensions, leur répartition géographique et leur habitat. Il indique où les trouver, comment les identifier, les nettoyer et les conserver.

Introduction. Mollusques des fonds meubles. Mollusques des substrats rigides. Mollusques des formations madréporiques. Mollusques d'habitats particuliers. Mollusques continentaux. Schéma de classification. Glossaire. Index.

512 p., 12 x 19, relié, 550 ill. en couleurs, 1981, 99,00 F (franco 119,00 F).

J. Boyeldieu

LES CULTURES CÉRÉALIÈRES

Avant-propos. Le grain des céréales et ses utilisations. La production et les échanges de céréales. Importance économique. Caractéristiques botaniques, physiologiques et écologiques des céréales. L'amélioration des céréales. La culture des céréales. Les grandes espèces de céréales. Conclusions. Biblio.

255 p., 17 x 22, figures, 1980, 98,00 F (franco 118,00 F).

H. Vaucher

LES ARBRES, LEURS ÉCORCES

Ce petit guide a sélectionné 50 espèces d'arbres de la zone tempérée et donne pour clef de leur reconnaissance, outre les particularités botaniques habituelles : bourgeons, feuilles, fleurs, fruits, une vue du tronc à hauteur d'homme et une description de leur écorce accompagnée d'une photo grandeur nature. Il comprend à la fin un index et une bibliographie.

122 p., 13 x 19, cart., 108 photos et 50 dessins couleurs, 1981, 40,00 F (franco 52,00 F).

Dr C. Binet

VITAMINES ET VITAMINOTHÉRAPIE

Étude de chaque vitamine (sources, bienfaits, carences, hypervitaminoses...) et indications thérapeuti-

332 p., 18×24, 25 planches, figures, 1981, 156,00 F (franco 172,00 F).

A L'ÉCOLE CENTRALE D'ÉLECTRONIQUE

préparez votre avenir

Dans les carrières de l'Électronique
et de l'Informatique

Admission de la 6^e à la terminale...

...MAIS OUI, des la 6^e, la 5^e ou la 4^e, vous pouvez être admis à l'ÉCOLE CENTRALE D'ÉLECTRONIQUE dans une section préparatoire correspondant à votre niveau d'instruction, ou tout en continuant d'acquiescer dans l'ambiance de votre futur métier une solide culture générale, vous serez initié à de nouvelles disciplines : électricité, sciences physiques, dessin industriel et travaux pratiques.

Ensuite vous aborderez dans les meilleures conditions les cours professionnels de votre choix : électronique ou informatique - dispensés dans notre Établissement.

L'E.C.E. qui depuis sa fondation en 1919 a fourni le plus de Techniciens aux Administrations et aux Firmes industrielles et a formé à ce jour plus de 100.000 élèves est la **PREMIÈRE DE FRANCE**

ÉLECTRONIQUE : Enseignement à tous niveaux CAP - BEP - BAC F2 - BTSE Préparation à la carrière d'ingénieur.

INFORMATIQUE : Préparation au BAC H

Toutes les professions auxquelles nous préparons conviennent aux jeunes gens et jeunes filles qui ont du goût pour les études à la fois pratiques et théoriques. Ces préparations sont assurées dans nos laboratoires et ateliers spécialisés en électronique et en informatique.

BOURSES D'ÉTAT

ÉCOLE CENTRALE des Techniciens DE L'ÉLECTRONIQUE

Etablissement privé d'enseignement technique et technique supérieur.

Reconnu par l'État - arrêté du 12 Mai 1964

12, RUE DE LA LUNE, 75002 PARIS • TÉL. : 236.78.87 +

**B
O
N**

à découper ou à recopier

Veuillez me faire parvenir, sans engagement de ma part, le guide des Carrières N° 817 S.V. Envoi effectué *gratuitement* à destination de la France Métropolitaine et d'Outre-Mer ou contre un *mandat international* de FF 15 pour frais d'envoi à l'Étranger.

(envoi également sur simple appel téléphonique 236.78.87)

Nom

Adresse

(Ecrire en caractères d'imprimerie)

FORMATIONS ET DIPLOMES DE LANGUES pour la vie professionnelle

Tous ceux qui ont étudié une langue (anglais, allemand, italien, espagnol), quel que soit leur âge ou leur niveau d'instruction, ont intérêt à compléter leur qualification par une formation linguistique à usage professionnel. Celle-ci leur permettra de trouver un emploi d'avenir dans une des nombreuses firmes qui travaillent avec l'étranger ou d'accéder dans leur profession à des postes de responsabilité et donc, d'améliorer leur situation matérielle. Car c'est par la maîtrise des langues étrangères commerciales ou contemporaines et leur pratique dans la vie des affaires et les échanges internationaux, que **vous affirmerez votre valeur et vos aptitudes à la réussite.**

Ces qualifications sont sanctionnées par un des diplômes suivants :

— **Diplômes des Chambres de Commerce étrangères**, qui sont les compléments indispensables à toute formation pour accéder aux très nombreux emplois bilingues du monde des affaires.

— **Brevets de Technicien Supérieur Traducteur Commercial**, attestant une formation générale de spécialiste de la traduction et de l'interprétation.

— **Diplômes de l'Université de Cambridge (anglais) : Lower et Proficiency**, pour les carrières de l'information, du secrétariat d'encadrement, du tourisme, etc.

Ces examens, dont les diplômes sont de plus en plus appréciés par les entreprises parce qu'ils répondent à leur besoin de personnel compétent, ont lieu chaque année dans toute la France

Langues et Affaires vous y prépare, chez vous, par correspondance, avec ses cours de tous niveaux. Formations de recyclage, accélérées, supérieures.

Les droits d'inscription peuvent être payés par votre entreprise (loi du 16/7/71 sur la formation professionnelle continue).

Ingénieurs, cadres, directeurs commerciaux, étudiants, secrétaires, représentants, comptables, techniciens, etc., sauront tirer profit de cette opportunité pour assurer leur promotion.

GRATUIT

Documentation gratuite n° 2516 sur ces diplômes, leur préparation et les débouchés offerts, sur demande à Langues et Affaires (enseignement privé à distance), 35, rue Collange - 92303 Paris Levallois - Tél. 270.81.88.

A découper ou recopier

B LANGUES ET AFFAIRES

(Établissement privé d'enseignement à distance)

35, rue Collange, 92303 PARIS-LEVALLOIS

Veuillez m'envoyer *gratuitement* et *sans engagement* votre documentation complète L.A. 2516.

NOM : M.....

ADRESSE :

.....

CONTROL DATA

Le constructeur mondial
de super-ordinateurs forme
dans son Institut Privé :



PROGRAMMEURS DE GESTION

cours intensifs en 19 semaines
ou cours du soir en 9 mois

TECHNICIENS DE MAINTENANCE

cours intensifs en 26 semaines

MODULES PRÉPARATOIRES POUR
ACCÉDER À CES FORMATIONS

INSTITUT PRIVÉ CONTROL DATA
19, rue Erard 75012 Paris - Tél. 340.17.30

Monsieur F. VATIN veuillez m'envoyer gratuitement
et sans engagement votre documentation sur l'Institut.

Nom Prénom

Adresse

Code postal Ville

Un métier La comptabilité

Les carrières de la comptabilité permettent d'obtenir des promotions, des salaires meilleurs, des emplois intéressants et stables.

Avec l'EPA, dès maintenant, préparez chez vous par correspondance, quelque soit votre âge, votre niveau d'instruction un diplôme officiel de comptabilité: CAP, BP, BTS, APTITUDE, PROBATOIRE, DECS.

Votre qualification sera alors très recherchée, très appréciée des employeurs et vous exercerez avec plaisir votre métier.

Avec l'EPA, commencez vos études à tout moment de l'année, travaillez à votre rythme et selon votre temps disponible.

Votre formation peut être gratuite, financée entièrement par votre employeur dans le cadre de la Formation Professionnelle Continue.

ÉCOLE PRÉPARATOIRE D'ADMINISTRATION

Établissement privé à distance
6 rue de Léningrad 75384 PARIS CEDEX 08
Tél. 387.95.88 - 522.37.84



Bon pour recevoir gratuitement et sans engagement la documentation N°SV 4-7.

Nom

Prénom né(e)

Adresse

Ville Code postal

POUR REUSSIR VOTRE AVENIR PREPAREZ UNE PROFESSION



FONCTIONNAIRES

Cadastre - Emplois Réservés - Equipement -
Génie Rural - Météorologie - H.L.M. -
Navigation Aérienne - P.T.T. - Services
Communaux - S.N.C.F.

F



AUTOMOBILE

Mécanicien - Electricien

A



COMPTABILITE - GESTION

Aide-comptable - Comptable - BTS - DECS

CG



ELECTRICITE

Electricien - Contremaître - Technicien -
Technicien Supérieur

E



ELECTRONIQUE

Electronicien - Technicien

ET



DROIT

Construction - Urbanisme - TP
- Capacité en Droit

D



TOPOGRAPHIE

Opérateur - Géomètre - Expert

T



BATIMENT - T.P.

Bureaux d'Etudes - Chantiers - Métré

B



CULTURE GENERALE

Français - Maths - Sciences Physiques

C



DESSIN INDUSTRIEL

Dessin d'Exécution - Dessin Petites Etudes

DI

Veuillez m'envoyer gratuitement votre documentation
(pour l'étranger joindre 25 FF - ou contre valeur)
concernant :

* réf : **F A CG E ET D T B C DI**

Nom :

Adresse :

.....

.....

* entourer la référence choisie



L'ECOLE CHEZ SOI
fondée par Léon Eyrolles

ENSEIGNEMENT PRIVE A DISTANCE

1, RUE THENARD 75240 PARIS CEDEX 05

Tél : 329.21.99

SV 1

ÉCOLE UNIVERSELLE page 63
59, boulevard Exelmans - PARIS (16^e)

Veillez m'adresser votre notice n° 865 (designez les initiales de la brochure qui vous intéresse).

NOM

ADRESSE

ÉCOLE CENTRALE D'ÉLECTRONIQUE page 166
12, rue de la Lune - PARIS (2^e)

Veillez m'adresser sans engagement la documentation gratuite n° 817 SV

NOM

ADRESSE

LANGUES ET AFFAIRES page 166
35, rue Collange - 92303 LEVALLOIS

Veillez m'envoyer gratuitement et sans engagement votre documentation L.A. 2516

NOM

ADRESSE

INSTITUT PRIVÉ CONTROL DATA page 167
19, rue Erard - 75012 PARIS

*Monsieur VATIN
Veillez m'envoyer gratuitement et sans engagement, votre brochure sur l'institut*

NOM

ADRESSE

ÉCOLE PRÉPARATOIRE D'ADMINISTRATION page 167
6, rue de Leningrad - 75384 PARIS Cedex 08

Veillez m'envoyer votre brochure gratuite n° SV 47

NOM

ADRESSE

L'ÉCOLE CHEZ SOI page 167
1, rue Thénard - 75240 PARIS

*Veillez m'adresser sans engagement votre documentation :
référence F.A.C.G.E. E.T.D.T.B.C.D.I*

NOM

ADRESSE

INFRA page 168
24, rue Jean-Mermoz - PARIS (8^e)

Veillez m'adresser sans engagement la documentation gratuite AB (ci-joint 8 timbres pour frais d'envoi).

Section choisie

NOM

ADRESSE

INSTITUT PRIVÉ D'INFORMATIQUE ET DE GESTION page 168
7, rue Heynen - 92270 BOIS-COLOMBES

Je désire recevoir sans engagement la documentation n° 1642 N

NOM

ADRESSE

AUBANEL page 83
W.R. BORG dép. 805
6, place St-Pierre - 84028 AVIGNON

Veillez m'envoyer gratuitement et sans engagement le livre « Les lois éternelles du succès »

NOM

ADRESSE

formation technique formation générale formation continue

par correspondance
à différents niveaux
(ou stages ponctuels de groupes).
principales sections techniques :

- radio/t.v./électronique
- microélectronique/microprocesseurs
- électrotechnique
- aviation • automobile
- dessin industriel

documentation gratuite AB
sur demande :
préciser section choisie et
niveau d'études (joindre
8 timbres pour frais d'envoi).



infra

Ecole Technique privée spécialisée
24 rue Jean Mermoz 75008 PARIS
métro : Ch. Elysées - Tél. 225.74.65 et 359.55.65

Le C. A. P. d'informatique

vous oriente vers un métier solide
et bien payé

Le C.A.P. aux Fonctions de l'Informatique (C.A.P. - F.I.) est un bon moyen pour démarrer dans l'Informatique, car il garantit auprès des employeurs vos aptitudes aux fonctions de l'Informatique. Ce diplôme d'Etat permettra de vous orienter, dès le début, non seulement vers les professions de l'Informatique (opérateurs,

puploteurs, etc.), mais également vers les nombreux postes qui touchent de près ou de loin aux ordinateurs. Aucun diplôme n'est demandé pour se présenter à cet examen. Niveau minimum : Brevet ou fin de 3^e. Durée : 6 à 10 mois suivant temps disponible.

Date prévue : octobre 1982.

L'informatique : une branche d'avenir

Tout le monde sait aujourd'hui que les ordinateurs s'implantent de plus en plus dans tous les secteurs de la vie économique. L'Informatique a

donc besoin de plus en plus de personnes ouvertes aux méthodes nouvelles. C'est pourquoi on trouve tant de jeunes dans cette profession.

Contrôle de vos connaissances par l'ordinateur

Arrivé à la moitié du cours, vous établirez un programme, d'une certaine d'instructions, en langage COBOL, que nous passerons sur ordinateur. Les résultats vous seront retournés tels qu'ils sortent de l'ordi-

nateur, ainsi que les cartes perforées utilisées. Vous pourrez alors travailler chez vous, sur des documents réels, ce qui vous donnera confiance en vous et facilitera votre réussite professionnelle.

Notre « garantie études »

Celle-ci vous permet en cas de non réussite à votre C.A.P. - F.I. de reprendre gratuitement pendant une année vos études d'Informatique.

Cours gratuits pour les bénéficiaires de la loi sur la « formation continue »

Informez-vous vite
et gratuitement

en adressant simplement
le coupon ci-contre à

**INSTITUT PRIVÉ
D'INFORMATIQUE
ET DE GESTION**

7, rue Heynen,
92270 Bois-Colombes
France

Je désire recevoir, sans frais, ni engagement,
la documentation 1642 N sur votre cours et sur
votre préparation complète à l'examen du C.A.P.
aux Fonctions de l'Informatique (C.A.P. - F.I.).

Nom- (maj.)

Prénom

Adresse (avec code postal)

AVIATION 1981 1990



Les prochaines années vont être une période de restructuration pour l'aviation mondiale.

SCIENCE ET VIE consacre un numéro hors-série à dresser un panorama de l'aviation d'aujourd'hui et de demain : avions de transport, forces aériennes, hélicoptères, avions radio-guidés, etc.

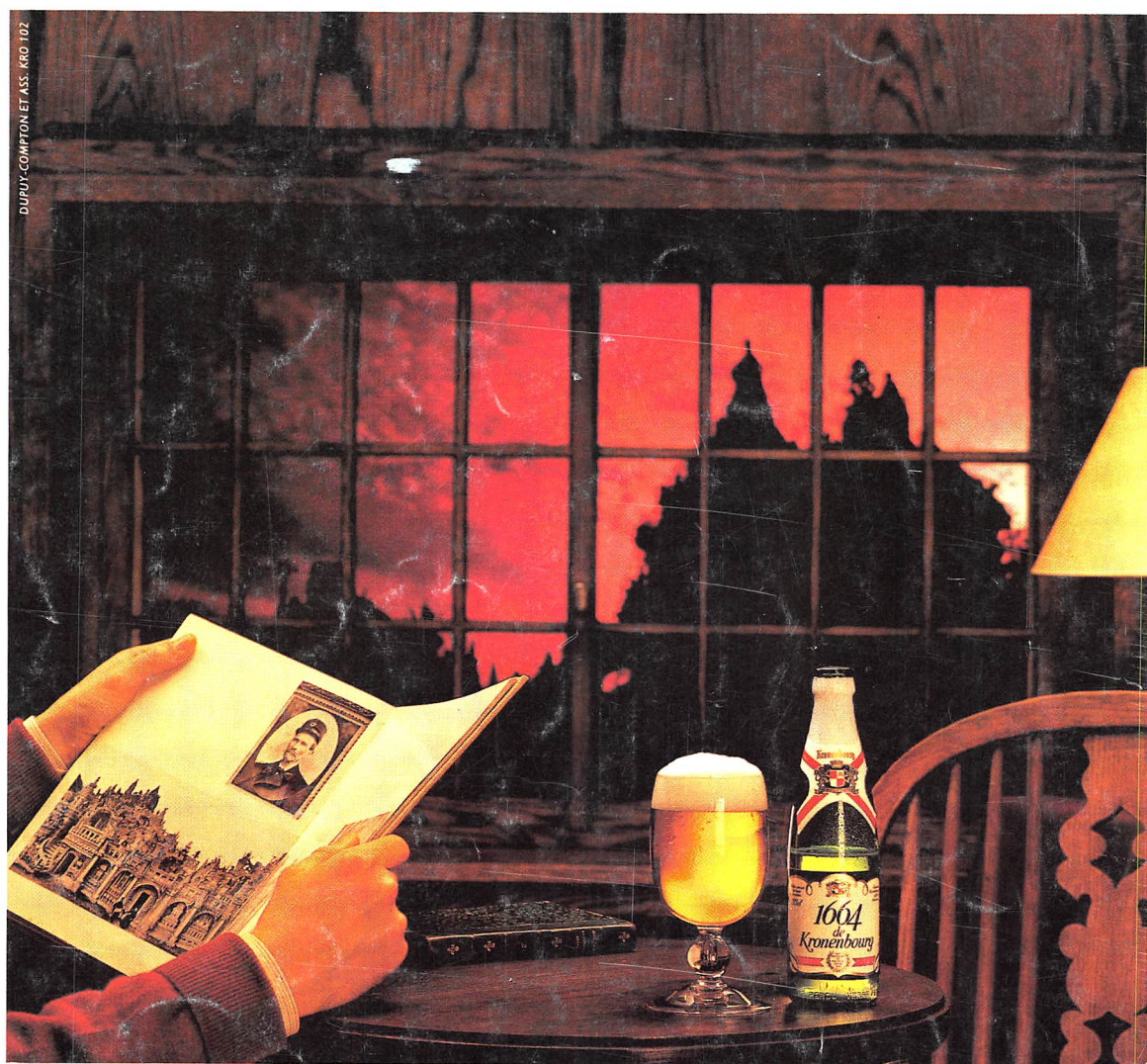
Dans ce hors-série AVIATION 1981-1990, les nouveaux défis de la technologie : les recherches aérodynamiques, l'essor des matériaux composites, les carburants de l'avenir, les prototypes.

Aviation 1981-1990. Tout ce qu'il faut savoir sur l'aviation mondiale contemporaine et ses développements futurs.

HORS
SERIE

SCIENCE
et VIE

EN VENTE PARTOUT, 12 F



1664 de Kronenbourg. L'authentique.