

SCIENCE VIE

L'hypertension
part
du cœur

Du
caviar
français

Astronomie
amateur :
le ciel d'août

LES CONTREBANDIERS DE BOMBES - A



**MÉDITERRANÉE :
CATASTROPHE IMMINENTE**

2,50F

803

UISSE 4.50 FS

ANADA \$ 2.50

ELGIQUE 100 FB

SPAGNE 300 P

MAROC 12.50 DH

TUNISIE 1.25 DT

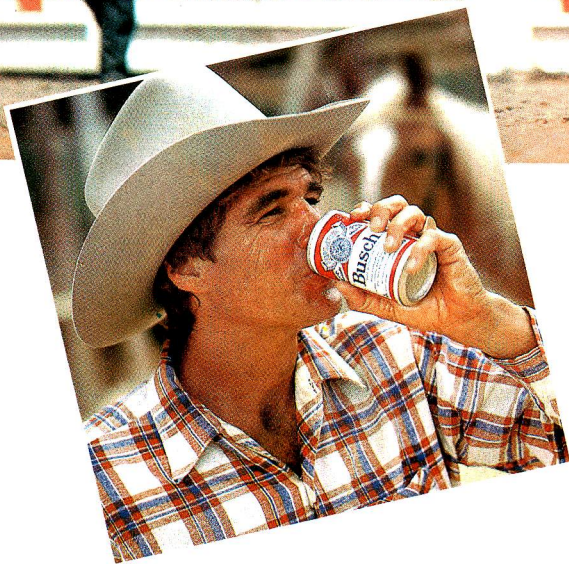
IBAN 15 LL

ISSN 0036 8369

Buvez l'Amérique à pleine Busch.



Doyle Dane Bernbach

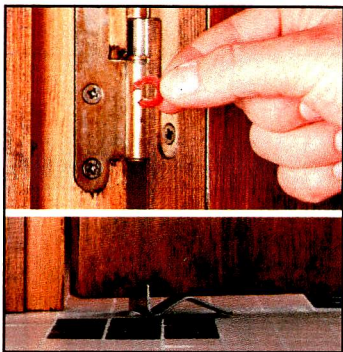


Busch.

La bière des hommes de l'Ouest

Busch est la bière qui désaltère les hommes d'action. Fine et légère, elle a été créée par Anheuser-Busch, brasseur à Saint-Louis, USA, depuis 1860.

OMEGA CRIC®



Permet de résoudre les problèmes de frottement des portes et fenêtres, sans les démonter, ni les raboter.

Fonctionnement. Un cric métallique de forme spéciale est placé sous la porte ou fenêtre ; il suffit d'appuyer sur la pédale de cric pour que la porte se soulève et reste en place, de glisser une (ou plusieurs) rondelle universelle dans l'axe de la paumelle et d'y déposer une goutte de graisse ; le cric retiré, la porte reste surélevée à la hauteur voulue.

Avantages. Testées par le Labo-

ratoire national d'essais, après 20 000 ouvertures fermetures de portes, ces rondelles n'ont subi aucune usure, ni déformation.

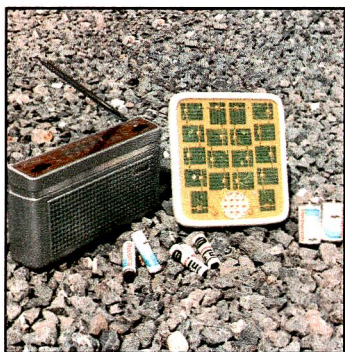
Références. Brevets internationaux. Médaille d'argent Genève 1984.

Marché. Recherche de distributeurs.

CONTACT

M. Xavier BEGOUEN -
LOMBOST - F 03380 HU-
RIEL. Tél. (70) 06 33 04.

SOLAR CHARGEUR®



Permet de recharger les piles Nickel-Cadmium sans prise de courant.

Fonctionnement. La lumière du jour ou celle d'une lampe est convertie en courant électrique utilisable pour la recharge rapide de 4 batteries (Cd/Ni type R6).

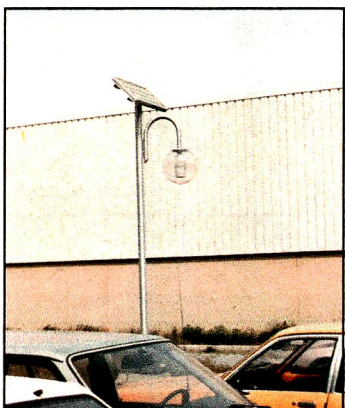
Avantages. Économie ; sécurité ; faibles dimensions ; l'assurance d'une technologie de haute fiabilité ; fonctionne dans toutes les régions.

Applications. Calculatrices, jouets, flash, caméras, walkman, radios, rasoirs, lampes de poche...

Marché. Recherche de distributeurs France et Étranger.

CONTACT

S.N.E.S., 32 quai du Mas-
d'Hours, F 30100 ALÈS.
Tél. (66) 30 24 25.



BULLE 51 ENERSOL®

Un lampadaire autonome qui utilise la seule lumière du jour pour fonctionner.

Fonctionnement. Le capteur à haut rendement de conversion transforme le rayonnement solaire en électricité. L'énergie est stockée le jour puis utilisée la nuit sous forme d'éclairage.

Avantages. Rendement élevé ; esthétique ; facile à mettre en œuvre ; pas de maintenance ;

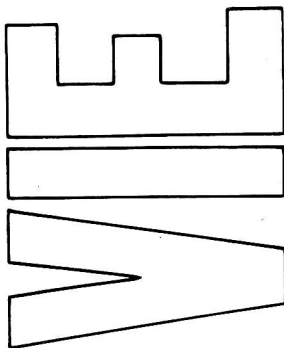
économique ; très fiable.

Références. Les compétences de spécialistes du photovoltaïque (SNES) et de l'éclairage (EUROPHANE) ont été mises en commun pour ce produit de haute technicité.

Marché. Recherche de distributeurs France et Étranger.

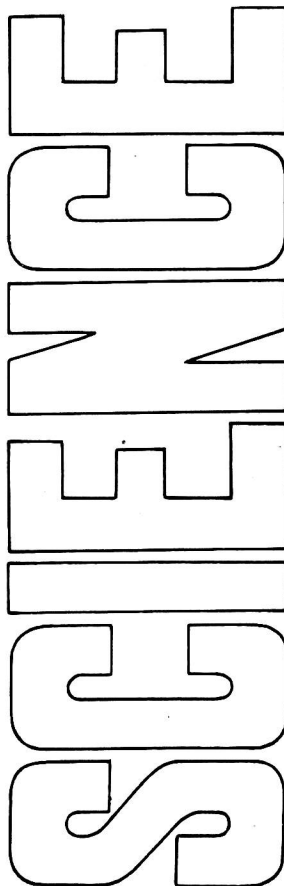
CONTACT

EUROPHANE, 156 bd
Haussmann, F 75008 PA-
RIS. Tél. (1) 562 22 80.



Sommaire
Août 84
N° 803

Dessin
Christian
Broutin



SAVOIR

**LES POISSONS
FONT AUSSI
LES OCÉANS**

p. 8
par Alexandre Dorozynski

**L'HYPERTENSION
COMMENCE
AU CŒUR**

p. 12
par Pierre Rossion

**LA GALAXIE
N'EST PLUS
CE QU'ELLE ÉTAIT**

p. 16
par Anna Alter

**PHYSIQUE :
DIX ÉVÉNEMENTS
ÉBRANLENT
LA PHYSIQUE
DES PARTICULES**

p. 28
par Hélène Guillemot

**UN GÈNE ANORMAL
POUR COMPRENDRE
LE VIEILLISSEMENT**

p. 38
par Jean Ferrara

**LA FOLIE LYSSENKISTE
AVAIT AUSSI
DES RACINES EN FRANCE**

p. 40
par Michel Rouzé

**DIDEROT
BIOLOGISTE
AVANT LA BIOLOGIE**

p. 42
par Denis Buican

**LE TOUR DU MONDE
EN AVION
SANS ESCALE**

p. 50
par Serge Brosselin

**LES CONTREBANDIERS
DE BOMBES-A**

p. 52
par Françoise Harrois-Monin

CHRONIQUE DE LA RECHERCHE

p. 61
dirigée par Gerald Messadié

Le "Plan Caviar" français

p. 68

par Marie-Laure Moinet

Côte d'Azur : le saccage va mener au désastre

p. 74

par Edgar Gärtner

La machine française à trier les cellules

p. 82

par Pierre Rossion

Pierres précieuses : la synthèse égale le naturel

p. 84

par Renaud de La Taille

Chronique de l'industrie

p. 91

dirigée par Gérard Morice

Des marchés à saisir

p. 96

JEUX : DIEU EST-IL UN BON STRATÈGE ?

p. 98

par Olivier Postel-Vinay

▶ ONDES COURTES : LE MONDE ENTIER À VOTRE TRANSISTOR

p. 102

par Petros Gondicas

FINIES LES PHOTOS IMPOSSIBLES

p. 118

par Alexandre Kovaleff

FAITES UN SAFARI DANS LA VOIE LACTÉE

p. 122

par Pierre Kohler

LES JEUX

p. 126

par Pierre Aroutcheff, Pierre Berloquin,
André Costa, Daniel Ferro, Olivier Gutron,
Pierre Kohler, Renaud de La Taille,
Alain Ledoux et Henri-Pierre Penel

SCIENCE & VIE A LU POUR VOUS p. 143

CHRONIQUE DE LA VIE PRATIQUE p. 147

dirigée par Elias Awad



Dick Rutan et sa coéquipière Yeana Yeager se préparent à faire le tour de la terre en volant 12 jours d'affilée, sans escale ni ravitaillement en vol. Pour ce faire, leur "Voyager" emportera 5 fois son poids en carburant !



Jamais pareil mouvement avec un éclairage si doux n'aurait pu être fixé par les pellicules photo existantes, avec un tel rendu des couleurs et des ombres, et avec un grain si peu apparent. Mais c'était avant l'apparition de l'Ektachrome 800/1 600 ISO (utilisé ici à 3 200/36 ISO).

Trouvez le bonheur à deux... ... ou nous n'aurons pas d'excuse



Célibataires

Désormais ne rencontrez plus que des personnes dont le caractère, l'affectivité et même la sexualité sont complémentaires des vôtres. C'est la chance fantastique que vous offre ION.

Le monde change. Changez aussi votre façon de découvrir celle que vous cherchez pour la vie.

On parle beaucoup de ION : depuis 1950, 315 articles, plus de 100 émissions (radio et T.V.), 10 livres, 1 film ont traité de ce progrès scientifique, le plus extraordinaire de notre temps dans le domaine du mariage.
Lire notamment : "Vers une civilisation du couple" de L.M. Jentel, Préface de Louis Armand, de l'Académie française (toutes librairies).

Ion International

Institut de Psychologie fondé en 1950
PARIS - BRUXELLES - GENEVE

opp

Pour une première rencontre, toute proche, envoyez-moi gratuitement votre documentation complète, sous pli neutre et cacheté :

M., Mme, Mlle _____

Prénom _____

Age _____

Adresse _____

- **ION FRANCE** (SV 97) 94, rue Saint-Lazare, 75009 PARIS
Tél. 526.70.85 +.
- **ION MIDI-AQUITAINE** (SVM 97) 31, allée Demoiselles,
31400 TOULOUSE - Tél. 53.25.95.
- **ION BELGIQUE** (SVB 97) rue du Marché-aux-Herbes 105,
Boîte 21 - 1000 BRUXELLES - Tél. 511.74.30.
- **ION SUISSE** (SVS 97) 10, rue Petitot, C.P. 283 - 1211
GENEVE 11 - Tél. (022) 21.75.01.

"f. pas d'excuse"

SCIENCE & VIE

Publié 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 adjoint : Jean-Pierre Beauvalet
Directeur financier : Jacques Behar

Rédaction

Redacteur en chef : Philippe Cousin
Redacteur en chef adjoint : Gerald Messadie
Chef des informations, redacteur en chef adjoint :
Jean-René Germain
Redacteur en chef adjoint : Gérard Morice
Secrétaire général de rédaction : Elias Awad
Secrétaire de rédaction : Dominique Laurent

Redacteurs

Michel Eberhardt
Renaud de La Taille
Alexandre Dorozynski
Pierre Rossion
Jacques Marsault
Françoise Harrois-Monin
Sven Ortol
Jacqueline Denis-Lempereur
Marie-Laure Moinet
Samuel de Cardailiac
Anny de Laleu

Illustration

Anne Lévy
Photographe : Miltos Toscas

Documentation

Catherine Montaron

Maquette

Mise en page : Christine Van Daele
Assistant : Lionel Crooson

Correspondants

New York : Sheila Kraft
115 East 9 Street
New York - NY 10003 - USA
Londres : Louis Bloncourt - 16, Marlborough Crescent
London W4, 1 HF

Services commerciaux

Marketing et développement : Patrick Springora
Abonnements : Elizabeth Drouet
assistée de Patricia Rosso
Vente au numéro : Bernard Héraud
assisté de Marie Cribier

Exportunités

Ghislaine Dichy - poste 212

Relations extérieures

Michèle Hilling
Représentant au Benelux : Conrad Matrige
8-10 bd de la Sauvenière - B. 4000 Liège

Publicité

Excelsior Publicité - Interdeco
67 Champs-Élysées - 75008 Paris - Tél. 225 53 00
Directrice du développement : Michèle Brandenbourg
Chefs de publicité : Donat Bernard
et Christian de Dives

Adresse télégraphique : SIENVIE PARIS
Numéro de Commission paritaire : 57284

À nos lecteurs

✉ **Courrier et renseignements des lecteurs :**
Monique Vogt

✉ **Les reliures :** destinées chacune à classer et à conserver 6 numéros de SCIENCE & VIE, elles peuvent être commandées par 2 exemplaires au prix de 45 F. franco (étranger 50 F).

✉ **Les numéros déjà parus :** la liste des numéros disponibles vous sera envoyée sur simple demande.

Modalités de paiement

Règlement joint à la commande par C. Bancaire, C. Postal, ou Mandat-Lettre libellé à l'ordre de Science & Vie

À nos abonnés

Pour toute correspondance relative à votre abonnement, envoyez-nous l'étiquette collée sur votre dernier envoi.

Changements d'adresse : veuillez joindre à votre correspondance 1,50 F. en timbres-poste français ou règlement à votre convenance.

Les noms, prénoms et adresses de nos abonnés sont communiqués à nos services internes et aux organismes liés contractuellement avec SCIENCE & VIE sauf opposition motivée.

Dans ce cas, la communication sera limitée au service de l'abonnement.

Les informations pourront faire l'objet d'un droit d'accès ou de rectification dans le cadre légal.

Les manuscrits non insérés ne sont pas rendus.

Copyright 1984 Science & Vie

Ce numéro de Science & Vie a été tiré à 435 500 exemplaires.

Tous Temps - Tout Terrain - 125 F



Dimensions du boîtier : 40 x 35 mm

Le Chrono Quartz Alarme à Symboles Graphiques

Une montre robuste. Réellement destinée à une vie d'aventure. Etanche à 30 mètres. Bracelet acier, très solide. Verre minéral anti-rayures. Autonomie de marche prévue : 2 ans. Bref, une montre tous temps, tout terrain.

D'un design évolué, masculin et fonctionnel. Boîtier plat : finition sandblasted (sablé) résiste aux rayures. D'ailleurs c'est une vraie « multifonction » avec 47 fonctions comprenant calendrier, compte à rebours, deuxième fuseau horaire, alarme, chronomètre — le tout, protégé par un boîtier solide. Réellement, une montre tous temps, tout terrain. Une montre suisse. Une montre « costaud » avec 47 fonctions pour seulement 395 F — à ce prix vous bénéficiez de l'importation et de la vente sans intermédiaires.

Le calendrier

Triple affichage, sur « grand écran », ultra brillant, ultra lisible, des heures (12 h ou 24 h), minutes, secondes, date, mois et jour de la semaine. Jour en français, anglais ou allemand, programmable à votre gré. Mise à jour automatique de la date en fin de mois par calendrier perpétuel intégré.

Compte à rebours

Un « must » pour un astronaute, mais très pratique pour tous les jours — le parking, un discours, même un œuf à la coque. Programmez-le (décompte maximal 24 heures avec possibilité d'arrêt et redémarrage) le temps s'écoule et l'alarme se déclenche.

Deuxième fuseau horaire

Deux montres en une. Le fuseau horaire vous permet de connaître l'heure simultanément à deux endroits de la terre : Paris-New York, Paris-Tokyo, Paris-?

L'alarme : précise et réglable à la minute près

Un réveil au poignet — indispensable pour les globe-trotters. Programmable sur 24 h ; une alarme forte et mélodique — sonne pendant une minute — interrompue par simple pression sur un poussoir.

Le chronomètre avec dispositif « ADD/LAP »

Le temps « ADD » ou cumulé : arrêtez la marche du chrono, puis reprenez-la après l'interruption, à partir du temps précédent affiché. Le temps « LAP » ou « temps d'un tour » : arrêtez le défilement des 1/100^e de secondes sur l'affichage pour prendre le temps d'un tour de piste. Pendant que vous le lisez, le chrono continuera le comptage, vous permettant ensuite de mesurer les tours suivants. Le chronomètre : également très utile pour les enregistrements et les tournages.

Equippée de poussoirs encastrés, robustes et fiables — permet une programmation sûre. A chaque pression sur les touches de contrôle les symboles graphiques vous confirment la bonne programmation du système.

Une montre « High technology », « High performance », « High durability ». Réellement impressionnante.

Faites un essai « tous temps, tout terrain »... Votre montre vous sera expédiée dans son coffret avec son mode d'emploi et sa garantie d'un an.

Et si cette montre n'est pas la plus avancée et la plus solide que vous ayez jamais vue « par tous les temps et sur tous les terrains », et bien renvoyez-la, dans les 15 jours, et nous vous retournerons votre paiement.

Hitech

Vente sur place
tél. 273 33 70

9, rue Du Guesclin, 75737 Paris cedex 15

BON D'ESSAI

à retourner à Hitech Dépt. LT2 - 9, rue Du Guesclin, 75737 Paris cedex 15.

Veuillez me faire parvenir _____ Chrono(s) Quartz Alarme
☐ Au comptant : 395 F + 15 F de frais d'envoi, soit prix total 410 F.
☐ Crédit : 125 F + 15 F de frais d'envoi, soit 140 F à la commande, puis 2 mensualités de 135 F, soit prix total 410 F.

Je joins mon chèque/mandat-lettre, payable à Hitech, de _____ F ou débitez ma carte de crédit : ☐ American Express ☐ Diners Club ☐ Carte Bleue

N° de carte _____ Date d'expiration de ma carte : _____

Ma signature _____

Nom : _____ Prénom : _____

N° _____ Rue : _____

Ville : _____ Code Postal : _____

Swiss Made — 47 Fonctions — Etanche 30 mètres — Swiss Made — 47 Fonctions — Etanche 30 mètres

DEVENEZ REPORTER JOURNALISTE

Le plus beau, le plus exaltant des métiers du monde désormais à votre portée... Grâce à sa méthode moderne inédite, facile à assimiler, UNIVERSALIS (Institut international d'enseignement privé par correspondance) vous offre une occasion unique de transformer merveilleusement votre existence en vous préparant RAPIDEMENT et A PEU DE FRAIS à l'exercice de cette profession passionnante et de prestige.

Pendant vos loisirs, tout à votre aise, quels que soient votre âge, votre sexe, vos études, vos occupations, votre résidence, UNIVERSALIS vous initie à la technique de l'information, à la pratique du reportage, de l'enquête, de l'interview (presse écrite, radio, télévision) dans tous les domaines de l'actualité quotidienne: faits divers, affaires criminelles, politique, sports, mondanités, événements de province et de l'étranger, etc.

Demandez la documentation gratuite n° 17 à
UNIVERSALIS, 11, Faubourg Poissonnière, 75009 PARIS.
Pour la Belgique: 13, bd Frère Orban, 4000 Liège. Tél. 041/23.51.10

BON pour une documentation gratuite
sans engagement et sans frais.

à découper ou à recopier

NOM: _____

PRENOM: _____

ADRESSE: _____

Encore plus complète ÉDITION 84/85

Nombreuses maquettes avions, bateaux, accessoires, etc.



LA DOCUMENTATION DU MODÉLISTE SV 22

* Le catalogue 28 F
Expédition PTT en timbres-poste ou par chèque 10 F

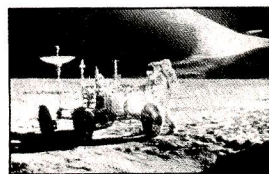
A LA SOURCE DES INVENTIONS

60, boulevard de Strasbourg 75010 PARIS Tél. 607 26 45

* Pour vos règlements: La Source SARL CCP 33139-91 La Source

OFFRE
ILLIMITÉE

les DIAPOSITIVES de la N.A.S.A.



10 SÉRIES DISPONIBLES AVEC COMMENTAIRES DES VUES.

POUR PROJECTEUR STANDARD.

D1/ APOLLO 11. Les premiers hommes sur la lune, juillet 1969, série de 22 diapositives couleur: 109 F (port inclus).

D2/ APOLLO 17*: Dernière mission lunaire, décembre 1972, utilisation de la jeep lunaire, série de 35 diapositives couleur: 139 F (port inclus).

* Comprenant la photo de la terre la plus claire, jamais prise.

D3/ JUPITER VOYAGER 1 ET 2. La planète titanique de notre système solaire, série de 31 diapositives couleur: 139 F (port inclus).

D4/ SATURNE VOYAGER 1. La planète la plus spectaculaire de notre système solaire, série de 18 diapositives couleur: 99 F (port inclus).

D5/ COLUMBIA. Le premier vol orbital du « camion de l'espace », série de 27 diapositives couleur: 119 F (port inclus).

D6/ VIKING 1 ET 2 SUR MARS. La mission américaine sur la planète rouge en 1976, série de 20 diapositives couleur: 99 F (port inclus).

D7/ LE SOLEIL. Les photos étonnantes de notre soleil prises par Skylab et les plus grands observatoires du monde, série de 20 diapositives couleur et noir et blanc: 99 F (port inclus).

D8/ LES GALAXIES. Un éventail coloré des différents types de galaxies peuplant notre univers, série de 20 diapositives couleur et noir et blanc: 99 F (port inclus).

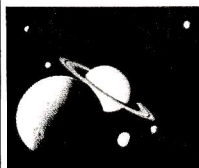
D9/ LES CONSTELLATIONS DU CIEL.

Comprenant les 12 constellations zodiacales, série de 20 diapositives: 99 F (port inclus).

D10/ LES COLONIES SPATIALES DU FUTUR.

Série fiction décrivant les grands projets de colonisation humaine de l'espace, série de 20 diapositives couleur: 99 F (port inclus).

LE LOT DE 10 SÉRIES : 1050 F seulement! (port inclus).



"Délai de livraison : 3 semaines"
et "envoi recommandé + 15,00 Frs"

BON DE COMMANDE

à retourner accompagné
de votre règlement à:

GALAXY CONTACT BP 26
62101 CALAIS Cedex FRANCE

Nom _____ Prénom _____

Adresse _____

Réf. de la commande _____

Je désire recevoir votre catalogue complet (cartes postales, diapositives, posters, choix de plus de 65 photos N.A.S.A. couleur), je joins 4 timbres à mon envoi.

ABONNEZ-VOUS A SCIENCE & VIE

1 AN
12 Numéros
144 F
2 ans : 280 F

1 AN / 12 Numéros
+ 4 Hors Série
202 F
2 ans : 388 F

ETRANGER

BENELUX 1 an simple **970 FB** - 1 an couplé **1370 FB**

EXCELSIOR PUBLICATIONS B.P. N° 20 IXLLES 6
1060 BRUXELLES

CANADA 1 an simple **35 \$ Can.** - 1 an couplé **50 \$ Can.**
PERIODICA Inc. C.P. 220 Ville Mont-Royal
P.O. CANADA H3P 3C4.

SUISSE 1 an simple **54 FS** - 1 an couplé **78 FS**
NAVILLE ET CIE, 5-7, rue Levrier
1211 GENEVE 1.

AUTRES PAYS 1 an simple **215 F** - 1 an couplé **290 F**

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

Veillez m'abonner pour :

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

Nom.....

Prénom.....

Adresse

Code postal.....

Ville.....

Ci-joint mon règlement deF
par chèque ou mandat-lettre

à l'ordre de SCIENCE & Vie

Etranger : mandat international ou
chèque compensable à Paris.

SV803



Découvrez la formidable joie de n'être plus timide

**Vous Réussirez tout
ce que vous n'osez même
pas envisager aujourd'hui.**

**Vous Réussirez mieux dans votre profession et dans
vos études.**

Vous éliminerez la peur d'être jugé. Vous vous sentirez progressivement plus sûr de vous. Votre confiance en vous augmentera ; votre autorité personnelle s'affermira. Les gens supérieurs ne vous impressionneront plus. Vous apprendrez à vous faire respecter. Vous obtiendrez plus facilement un emploi, de nouvelles responsabilités. Vous apprendrez à Agir. Vous apprendrez comment ne plus rougir.

Votre vie de relations sera riche d'Amitiés.

Vous évoluerez à l'aise dans l'existence ; vous chercherez les contacts au lieu de les fuir. Vous romprez votre solitude et apprendrez comment vous faire beaucoup d'amis.

Vous aurez enfin une vraie vie affective.

Vous ne redouterez plus l'autre sexe. Vous ferez l'apprentissage de comportements naturels et souples ; vos relations deviendront équilibrées et enrichissantes. Votre vie sentimentale s'épanouira. Vous serez heureux.

La timidité n'est pas une maladie mais un comportement acquis.

C'est une forme d'ANXIÉTÉ sociale : vous vous sentez anxieux à l'approche de certaines situations : prise de parole, réunions, entretiens ; ou en présence de certaines personnes : l'autre sexe, supérieurs, inconnus. La conséquence la plus visible est la fameuse "rougeur", la plus pénible, le trac.

Une Méthode anti-timidité sérieuse et efficace

est née au cours de plusieurs années de réflexion et d'expérimentation. C'est une méthode exclusivement consacrée aux solutions pratiques à apporter aux problèmes nés de la timidité. Elle est différente de TOUT ce qui a été proposé jusqu'ici.

C'est une rééducation de vos comportements.

Au cours des années, vous avez acquis de mauvais réflexes. Guidé pas à pas, de façon méthodique, vous ferez le tour de toutes vos difficultés. Des exercices programmés concrets vous entraîneront à l'aisance sociale. 36 grilles personnelles vous entraîneront et vous aideront à acquérir l'audace que vous souhaitez.

Renvoyez ce bon à MAURICE OGIER

Institut Français de la Communication Service 870
6 rue de la Plaine, 75020 Paris, France. M^{re} Nation

GRATUIT ET DISCRET

Je désire recevoir gratuitement le livre de Maurice Ogier "Comment sortir de la timidité et devenir pleinement vous-même", ainsi que toutes les informations concernant votre nouvelle Méthode et vos Conseils personnels, sans aucun engagement ni démarchage, par poste sous pli confidentiel. Voici mon adresse permanente :

☐ M ☐ Mme ☐ Mlle

Prénom

Adresse

Age Profession

Bon gratuit à renvoyer à Maurice Ogier.
Institut Français de la Communication, Service 870
6 rue de la Plaine, 75020 Paris, France.

Pour l'Afrique, joindre 2 coupons-réponse.

684T96E

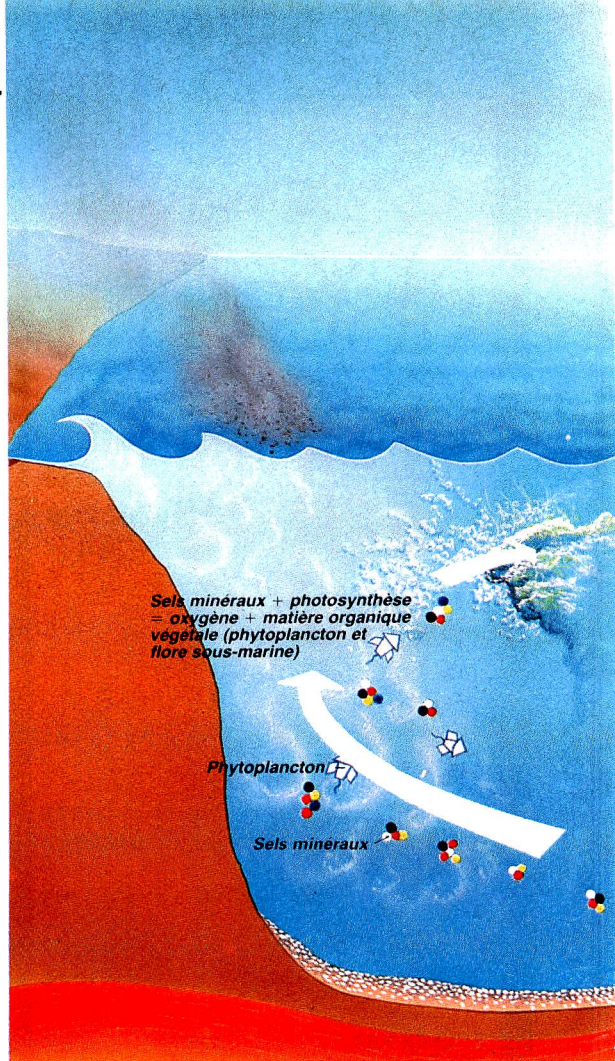
LES POISSONS FONT AUSSI LES OCÉANS

Le milieu marin est propice à la vie, mais c'est la vie marine qui l'entretient. S'il n'en était ainsi, le milieu marin aurait été depuis longtemps déséquilibré par les rivières.

● Rien ne paraît plus normal que la salinité de l'eau de mer. Ce phénomène, pourtant, reste un des grands mystères scientifiques, indissociable de celui de la naissance de la vie sur notre planète. Et quand on l'approfondit, on peut aller assez loin. Jusqu'au rôle des poissons sur la mer et du goût de l'animal pour le sel.

Comment l'eau de mer est-elle devenue salée, et pourquoi conserve-t-elle un équilibre qui, semble-t-il, a peu varié depuis quelque 2 milliards d'années ? Est-ce une coïncidence que l'eau de mer ait une composition assez voisine du liquide dit interstitiel ou extracellulaire dans lequel baignent les cellules de notre organisme ?

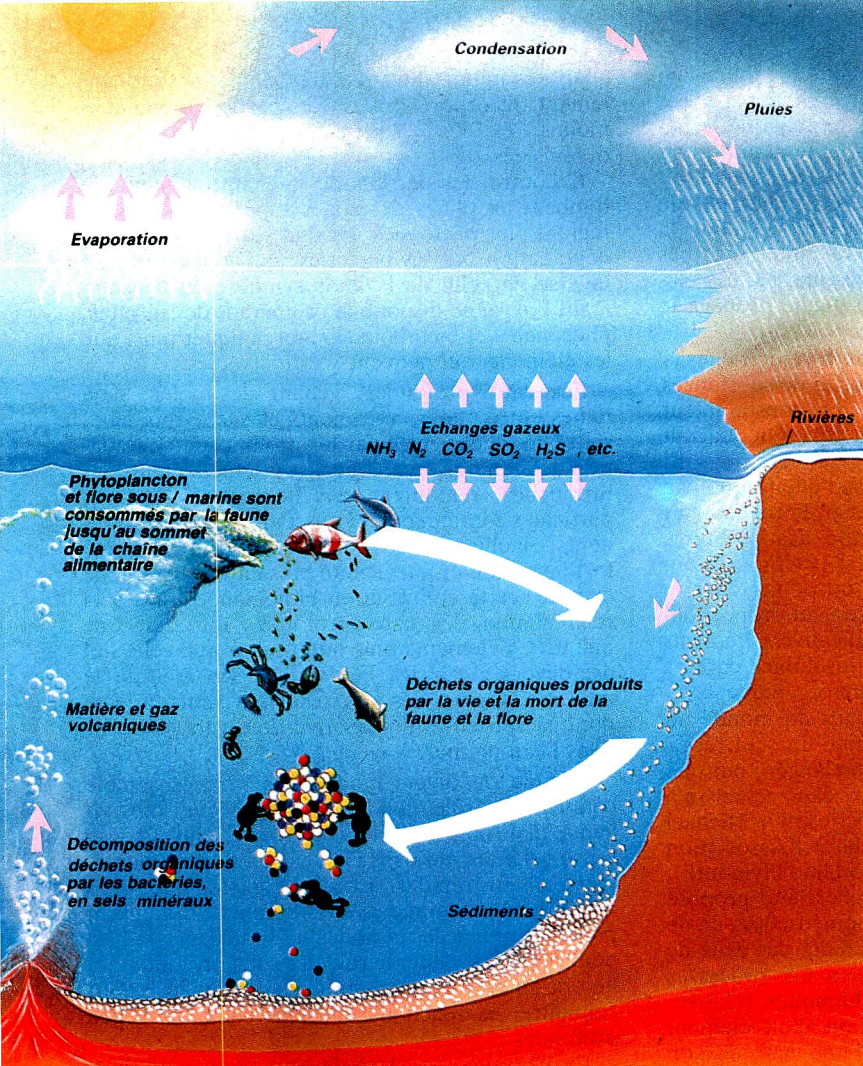
Notre planète, vue de loin, pourrait fort bien s'appeler la planète Mer, puisque celle-ci recouvre plus de 70 % de la surface du globe. Le volume total de l'eau des océans est de quelque 1 304 000 000 km³, et si la profondeur des eaux était constante, les mers recouvriraient la Terre d'une couche de près de 3 000 m de profondeur. Cette quantité d'eau peut a priori sembler énorme, mais elle est, en rapport avec notre planète, très faible, puisqu'elle représente à peine 0,022 pour cent de la masse du globe terrestre. Si l'on rédui-



sait la Terre à l'échelle d'un globe rocheux de quelques mètres de diamètre, il y aurait tout juste suffisamment d'eau pour le recouvrir d'un film de buée...

L'eau de mer, certes, contient les éléments essentiels à la vie. Mais de leur côté, les êtres vivants jouent un rôle important dans la détermination de la composition de l'eau de mer. La vie est bien née de la mer, mais il reste à savoir si cette dernière a simplement offert à la vie un milieu propice, ou bien si la vie aussi, s'y développant, a contribué à former la mer.

D'abord, d'où vient-elle ? L'atmosphère et l'eau qui recouvrent la Terre ont été formées à partir du magma rocheux qu'était la Terre il y a quelque 4,7 milliards d'années. Nul ne connaît avec certitude la séquence des événements physiques et chimiques qui ont mené à cette différenciation. Selon certains géophysiciens, un "grand bouleversement" se serait produit, il y a environ 4 milliards d'années, qui aurait déclenché la différenciation. Toujours est-il que le magma a donné lieu à un noyau central, à un manteau et à une croûte garnie d'océans et couronnée d'atmosphère. Cette différenciation se poursuivrait actuellement dans les régions d'acti-



UN MILIEU QUI SE DÉFEND CONTRE LA PLANÈTE

"La mer toujours recommencée", telle que la célébrait Paul Valéry, conserve une stabilité remarquable en dépit des actions de l'homme et de la nature sur elle. L'évaporation qui lui arrache de l'eau pure, les pluies qui la lui renvoient chargée d'éléments minéraux et chimiques, les poussières atmosphériques et les déchets volcaniques, les gaz et les éléments minéraux qu'y déversent les volcans sous-marins et les effluents industriels déversés via les cours d'eau, tout cela (flèches roses), pourrait-on penser, change considérablement la salinité de l'eau de mer. Il n'en est rien, pour la bonne raison qu'il faudrait que la masse de chacun de ces facteurs soit six fois plus importante que ce qu'elle est normalement pour avoir un effet quelconque. La flore et la faune sous-marines entretiennent (flèches blanches) un système autonome qui suffit à l'homéostasie du milieu marin ; c'est pourquoi l'eau de mer n'a pas varié de composition depuis qu'elle fut d'abord enrichie d'oxygène, il y a quelque 2 700 millions d'années.

tivité volcanique.

Il y a quelque 2,7 milliards d'années, l'eau de mer se serait graduellement oxygénée. Un état à peu près stable se serait établi quelques centaines de millions d'années plus tard : selon les données paléo-géologiques, la salinité de l'eau est restée à peu près la même depuis quelque 2 milliards d'années. Un litre d'eau de mer contient en moyenne 35 g de sels dissous, la variation entre divers endroits étant de l'ordre de plus ou moins 2 ou 3 g, à quelques exceptions près comme la mer Rouge, où une évaporation intense élève cette concentration à 44 g environ, ou comme la Baltique, froide et à faible évaporation, où l'on peut trouver une salinité tombée à 20 g par litre environ. (La mer Morte, elle, est plutôt un lac salé, clos et surchauffé, où la salinité avoisine 275 g/l).

Le principal de ces sels de mer est le chlorure de sodium (environ 27 g/l), suivi de : chlorure de magnésium (3,8 g), sulfate de magnésium (1,65 g), sulfate de calcium (1,2 g), sulfate de potassium (0,85 g), carbonate de calcium (0,12 g) et bromure de magnésium (0,076 g).

A ce jour on a identifié dans la mer plus de 70 éléments, et il est vraisemblable que tous y

existent, mais à des concentrations infinitésimales pour certains. L'eau de mer fournit tous les éléments nutritifs nécessaires au plancton, ces plantes microscopiques qui sont à la base de la chaîne alimentaire des océans. Certains éléments, tels l'azote et le phosphore, ont une concentration à peu près égale dans le plancton et dans l'eau.

Les 9 éléments principaux dont la concentration marine dépasse 1/10 000, chlore, sodium, magnésium, soufre, calcium, potassium, carbone, brome et bore sont tous essentiels à la vie. Il y aurait donc une adaptation étroite entre vie et milieu.

Les éléments dits mineurs, dont la concentration varie entre 1/10 000 et 1/10 000 000 (le strontium, le silicium, le fluor, l'azote, le lithium, l'aluminium, le rubidium, le phosphore, l'iode et le baryum), sont également essentiels à la vie, à l'exception apparente du lithium et du rubidium.

Enfin, même les éléments que l'on ne trouve que sous forme de trace (1/100 000 000, environ) comprennent des métaux qui, en infime quantité, jouent un rôle essentiel dans des réactions enzymatiques, alors que parmi les éléments dits "ultra-trace" (1 pour 1 milliard ou moins), il n'y en a que

deux, le cobalt et peut-être l'étain, qui jouent un rôle biologique. En revanche, on compte parmi ces éléments "ultra-trace" des métaux tels que le béryllium, le mercure, le cadmium et le plomb, dont une concentration un peu plus élevée deviendrait toxique. (D'où le danger de rejets industriels de tels éléments, le plomb par exemple, dont la concentration peut vite devenir toxique. Absorbés et concentrés par des organismes marins, ces éléments déclenchent une toxicité qui se propage le long de la chaîne alimentaire.)

Enigme : les fleuves ne cessent de rejeter dans la mer de l'eau contenant toutes sortes de substances en solution, substances qui devraient constamment s'ajouter à celles qui s'y trouvent déjà. On pourrait donc penser que la salinité devrait croître sans cesse. Ce n'est pas le cas, on le sait depuis qu'il y a un siècle, le géologue danois Johan Forchhammer mit en évidence que la quantité des différents éléments dans l'eau de mer n'est pas proportionnelle à la quantité d'éléments introduits dans la mer par des fleuves, mais inversement proportionnellement à la facilité avec laquelle divers éléments dans l'eau de mer sont rendus insolubles par des réactions chimiques ou de chimie organique.

« On peut considérer les océans du monde au cours de millions d'années comme un seul réservoir, où l'eau est parfaitement mélangée, puisque l'eau la plus profonde dans les océans actuels n'a pas plus de 2 000 ans d'âge », écrit le Dr Michael Whitfield, directeur de recherche à l'Association de biologie marine du Royaume-Uni (Plymouth), dans la revue *New Scientist*. Ce chercheur propose des modèles d'équilibre, ou homéostasie, et de contrôle par rétroaction de la salinité des eaux de mer par des processus géologiques. Ces processus sont régis par des règles géochimiques relativement simples. « La concentration d'un élément dans l'eau de mer dépendra d'une part de son abondance dans la croûte terrestre, et de l'autre de la facilité avec laquelle il peut être incorporé dans des matières de sédimentation, qui dépend évidemment de la nature chimique de cet élément, écrit-il. Le recyclage continu de ce système et la simplicité des mécanismes de contrôle ont probablement assuré une certaine stabilité de la concentration relative des éléments. Il s'ensuit que les formes de vie en évolution ont pu utiliser les éléments disponibles en abondance, à condition que ces éléments leur aient été utiles. »

Mais un modèle géochimique suffit-il à expliquer la salinité des eaux de mer ? Sans doute pas, car les organismes vivants ont, eux aussi, leur mot à dire sur ce que contiendra leur environnement aquatique. Ainsi, la photosynthèse génère la plupart des particules à la surface des mers, et l'on a découvert récemment des "oasis" de vie dans les grandes profondeurs, aux alentours de sources d'eau chaude dont la température peut atteindre 300 °C.

Selon le Dr Whitfield, la production primaire par le plancton est équivalente à 200 milliards de tonnes de carbone organique par an. Et, « pour chaque tonne de carbone organique sont formés 3,8 t de carbonate de calcium et 4,2 t de silice. Des

quantités importantes d'autres éléments sont également incorporés dans les parties organiques molles et les "squelettes" de ces micro-organismes ».

En outre, les détritiques de la chaîne alimentaire tombent en pluies des zones supérieures vers les régions plus profondes. Ils sont alors soumis à une dégradation par les bactéries, qui jouent un rôle inverse de celui de la photosynthèse en consommant l'oxygène disponible et libérant des nitrates, phosphates et bicarbonates inorganiques ainsi que les éléments qui peuvent y être associés.

Les eaux profondes, venant des pôles, déjà riches en oxygène, nutriments et gaz carbonique, sont encore enrichies par les produits de dégradation de matières organiques, et graduellement, par turbulence, remontent vers la surface. D'autres particules continuent leur descente vers les profondeurs, où elles subissent d'autres effets, tels qu'une forte pression et une acidité plus élevée. En fin de compte, cette contribution biologique, grâce à la recirculation des eaux profondes introduit une quantité d'éléments plus importante que celle qui est déversée par les fleuves. La vie modifie le milieu, l'apport des organismes vivants affecte donc la concentration relative de divers éléments dans l'eau de mer.

L'étude de divers modèles théoriques semble confirmer le rôle stabilisateur des organismes vivants, mais on n'en sait pas beaucoup plus. Que se passe-t-il vraiment dans l'eau ? Les mécanismes en jeu semblent rapides, à l'échelle géologique, mais d'une lenteur infinie pour l'homme. Il faudrait pouvoir étudier des périodes de 10 000 ans ou plus pour pouvoir évaluer le rôle des eaux profondes, et de dizaines ou de centaines d'années pour connaître les réactions dans les eaux assez peu profondes.

Et l'homme, a-t-il toujours vécu au bord de l'eau, ou bien a-t-il eu, lui aussi, une phase aquatique ? Si l'origine aquatique de la vie n'est guère plus contestée, on se demande si l'hominisation, il y a 8 à 4 millions d'années, n'aurait pas eu, comme le pensent certains chercheurs, une période semi-aquatique.

A cette époque, le nord-est de l'Afrique, berceau de l'homme, était massivement inondé. Le Pr Alister Hardy, en 1960, et d'autres depuis ont suggéré que des groupes de grands singes, isolés par des inondations, se seraient adaptés à cette nouvelle situation, auraient vécu en partie dans l'eau, en partie sur terre, et auraient alors acquis certains caractères que ne possèdent pas d'autres primates mais qui sont répandus parmi les mammifères aquatiques ; à savoir la perte du poil recouvrant le corps, l'acquisition d'une couche de graisse sous-cutanée, le mode de copulation face-à-face. Une autre adaptation aurait été la perte de la "faim du sel". C'est là un des plus forts arguments de ceux qui soutiennent cette théorie.

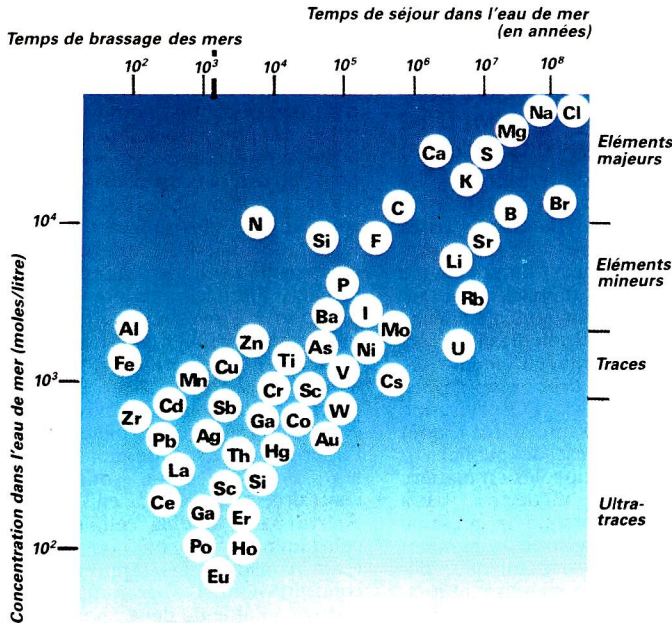
En effet, la plupart des mammifères terrestres ont un instinct particulier, l'appétit pour le sel, les conduisant à se nourrir de sel ou d'aliments salés lorsqu'une carence de sel les menace. C'est un

instinct puissant, que l'on a comparé à la faim, la soif, ou l'appétit sexuel. Un chercheur australien, le Pr Derek Denton, de l'université de Melbourne, a récemment étudié le comportement de moutons privés de sel : chez ces animaux, cet instinct du sel peut se manifester d'une façon puissante et même violente. Denton y a trouvé un parallèle avec des phénomènes d'orgasme : excitation croissante et activité fébrile jusqu'à la satisfaction du besoin, puis perte complète de cette motivation.

Le Dr Philippe Meyer, professeur à la faculté de médecine Necker-enfants malades, qui a de son côté étudié le rôle du sel dans l'hypertension chez l'homme, cite l'exemple de moutons aussi, chez

en consomme une dizaine de fois plus qu'il ne lui en faut, ce qui risque de favoriser l'hypertension et la maladie coronarienne. A l'autre extrême, on a rapporté dans certains pays du tiers-monde une forte mortalité par diarrhée, alors que le sel était disponible et pourrait sauver de nombreuses vies. Mais il n'y a pas d'instinct pour ce sel sauveur.

L'étape aquatique de l'homínisation expliquerait l'extinction de cet instinct, car dans l'eau de mer, il y a toujours suffisamment de sel. Il n'y a plus de raison pour que le mécanisme de sélection naturelle s'attache à conserver cet instinct, qui s'émousse puis disparaît. Même mécanisme pour la disparition du poil, qui ne se fait que par évolution



Les éléments solides en dissolution dans l'eau de mer représentent 3,5 % de son poids total. Mais ce pourcentage ne rend pas compte d'une dynamique extrêmement complexe, définie par le temps de rémanence de chacun de ces éléments en son sein ; du fer, qui y séjourne le moins longtemps (100 ans environ), au chlore, qui demeure plus de 100 millions d'années. Cette dynamique est elle-même intégrée au système biologique de renouvellement du milieu marin, par la faune et la flore, ces organismes marins fixant ces divers éléments de manières extrêmement variables.

lesquels on a provoqué une perte importante et spécifique de sel. L'appétit pour le sel apparaît alors d'une façon évidente : « On le reconnaît en conduisant les animaux d'expérience devant une série de plats contenant des aliments ayant strictement le même aspect, mais différents par leur teneur en sel. La nourriture non salée est délaissée, et seul le récipient contenant un repas salé est recherché. Fait extraordinaire, le plat salé est repéré sans hésitation, avant même d'avoir été goûté.

Phénomène aussi remarquable, la consommation spécifique de l'aliment salé s'arrête dès que le capital en sel de l'organisme est restauré. Signant la fin de la réaction instinctive, le mouton se dirige alors vers les récipients à nourriture peu ou non salée, cette fois dans le seul but de s'alimenter. » (*L'Homme et le sel*, par Philippe Meyer, Fayard).

Or, l'homme n'a pas cet instinct du sel. Privé de sel, il ne le recherche pas de façon instinctive. Il en a plutôt le goût acquis, qui le conduit à saler les aliments même lorsque son organisme ne manque pas de sel ; dans la plupart des pays occidentaux, il

dans un milieu aquatique ou souterrain. Il est certes difficile de mettre à l'épreuve la théorie de l'homínisation aquatique, car les fossiles manquent pour l'étayer ou pour l'invalider. Pourtant, les dernières découvertes fossiles ne la contredisent pas. Il s'agit de celle de l'*Australopithecus afarensis* (Lucy et ses congénères) qui, dans la savane, allait debout et avait adopté la station bipède, mais qui néanmoins avait des articulations de l'épaule permettant la brachiation. Mais pourquoi la brachiation, se demande l'anthropologue Elaine Morgan, auteur de l'ouvrage controversé, *The Aquatic Ape* (le grand singe aquatique) ? Pourquoi pas la... natation, qui requiert à peu près le même mouvement du bras, étendu au-dessus de la tête ?

Ainsi, Lucy et les autres *afarensis* seraient retournés sur la terre ferme mais boueuse, libérée des eaux, où ils auraient laissé l'empreinte de leurs pas. Pendant leur séjour en milieu aquatique ou semi-aquatique, ils auraient appris à nager, auraient perdu leurs poils, et perdu aussi ce puissant "instinct du sel" qui existe encore chez la plupart des mammifères terrestres.

Alexandre DOROZYNSKI ■

L'HYPERTENSION COMMENCE AU CŒUR

Beau triplé médical : on découvre que le cœur est une glande et que c'est lui qui régit la tension artérielle, et l'on isole pour la synthétiser l'hormone qui commande cette tension. D'où un espoir sérieux d'amélioration des hypertensions rebelles.

● Le cœur est aussi une glande. C'est ce qu'ont démontré trois équipes américaines et une équipe japonaise ⁽¹⁾ travaillant de manière indépendante et dont les résultats extrêmement convergents viennent d'être publiés dans la revue scientifique britannique *Nature* (Vol 309, 21 juin 1984).

Plus important, les chercheurs ont établi que la substance sécrétée, qui agit comme une hormone, entraîne l'élimination du sodium par les reins, et favorise la relaxation des muscles qui enveloppent la paroi des artères. Autrement dit, cette substance contrôle la tension artérielle et peut la faire baisser lorsqu'elle devient trop forte.

Et encore plus important : les auteurs ont déterminé la structure du gène codant pour cette substance. Ils espèrent donc pouvoir produire bientôt celle-ci à grande échelle, ce qui permettra de mieux comprendre son mode d'action dans l'organisme, mais surtout d'en faire un médicament pour traiter l'hypertension artérielle. On pense notamment à l'hypertension dite essentielle, qui est une forme d'hypertension d'origine génétique et héréditaire, concernant 70 % des 5 millions d'hypertendus que l'on compte en France, et pour laquelle les traitements en cours relèvent de l'empirisme sans qu'aucun soit vraiment adapté au mal qu'il est censé traiter. Pour les

autres formes d'hypertension, les 30 % restants des hypertendus, il existe déjà des traitements assez efficaces (régime sans sel, diurétiques, substances diminuant la contractilité des muscles entourant les vaisseaux), mais il n'empêche que le nouveau médicament les complètera avantageusement.

Mais qu'est-ce donc que l'hypertension ? Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), dont l'un des rôles est de publier les normes internationales en matière d'hygiène et de médecine, il y a hypertension lorsque la pression systolique, enregistrée au moment de la contraction cardiaque, dépasse 160 mm de mercure, et lorsque la pression diastolique, enregistrée lors du relâchement du cœur, dépasse 95 mm de mercure.

Cette augmentation de la pression sanguine dans les vaisseaux est normalement enregistrée au niveau du cœur par des récepteurs, appelés volorécepteurs parce que sensibles aux variations du volume sanguin, et qui agissent sur la diurèse et la natriurèse rénale (ou élimination du sodium par le rein), contribuant ainsi à ramener autant que faire se peut la pression sanguine dans des limites acceptables.

Au contraire, chez les sujets normaux, et cela est vrai chez toutes les espèces vivantes, la pression sanguine reste stable. Comment ? Grâce au maintien d'une concentration fixe de sel dans les liquides interstitiels, c'est-à-dire le sang dans lequel baignent les globules rouges et blancs, le liquide céphalo-rachidien qui baigne les cellules du système nerveux, l'humeur vitrée des cellules de l'œil. C'est ce que l'on appelle l'homéostasie.

Pour maintenir constant ce taux de sel, l'organisme fait appel à des mécanismes régulateurs extrêmement précis. Ainsi lorsque le taux de sel de l'organisme est insuffisant, le rein, sous l'action en cascade de deux hormones, l'angiotensine et l'aldostérone, retient le sel, l'empêchant de passer dans les urines. Inversement, lorsque ce taux de sel augmente, le rein par l'intermédiaire de l'hormone antidiurétique empêche l'eau de s'échapper dans les urines, ce qui a pour effet de maintenir la concentration saline dans les liquides interstitiels.

Mais, toujours chez un sujet normal, si l'on regarde les choses d'un peu plus près, au niveau des cellules et plus particulièrement les cellules musculaires qui enveloppent les artères, on constate que les ions sodium (le sel) et calcium sont toujours plus concentrés dans le liquide interstitiel que dans le cytoplasme ou liquide interne des cellules. Pour les ions potassium, on observe l'inverse. Pourtant les membranes cellulaires sont perméables et cette perméabilité est à la fois passive et active. Passive parce que les ions sodium et calcium ont tendance à pénétrer à l'intérieur de la cellule, tandis que les ions potassium ont, au contraire, tendance à en sortir. Active parce que la cellule doit constamment "écoper" pour maintenir constant le rapport des concentrations. L'opération est effectuée à l'aide de deux "pompes" logées dans la membrane cellulaire et fonctionnant à l'aide d'un carburant biologique, l'ATP ou adénosine triphosphate ; l'une rejette l'excès de sodium de la cellule et y fait entrer du potassium, l'autre rejette le calcium excédentaire. Du fait de cet équilibre ionique, notamment celui du calcium, les filaments contractiles des cellules musculaires sont assez relâchés pour ne pas étrangler la lumière de la paroi. Le sang circule donc sous pression normale.

Cet équilibre est, hélas, perturbé par la maladie ou l'hérédité. La maladie peut être due à une déficience des reins ou à une altération des sécrétions hormonales. Elle se traduit par un dérèglement du filtre rénal ou du contrôle hormonal, avec pour conséquence une trop grande rétention de sel et d'eau dans l'organisme, laquelle à son tour se traduit par une augmentation du volume des liquides interstitiels, notamment du volume sanguin, c'est-à-dire par

(1) Equipe de SA Atlas, université Cornell, New York ; équipe de M. Yamana, Centre de biotechnologie de Californie ; équipe de M. Maki, université de médecine de Nashville, Tennessee ; équipe de S. Oikawa, institut Suntory, Osaka, Japon.

une dilation du contenu. Alors, apparaît une forme d'hypertension dont on a vu qu'elle concernait 30 % des 5 millions d'hypertendus français.

L'autre forme, l'essentielle, a pour cause, au contraire, un rétrécissement du contenant, c'est-à-dire des artères, ce rétrécissement étant provoqué par la contraction des muscles qui enveloppent la paroi des artères. De ce fait, les artères sont étranglées et le sang y circule sous une pression anormale.

Pour expliquer cette forme d'hypertension, le Pr Hugh E. de Wardener, attaché à l'hôpital Charing Cross de Londres, propose une hypothèse. A la naissance, certains sujets présenteraient une anomalie rénale héréditaire qui entraverait l'élimination du sodium par le rein. Des études épidémiologiques appuient d'ailleurs cette hypothèse. Ainsi, par exemple, 40 % des Japonais vivant au nord du pays, où l'on consomme beaucoup de sel, sont hypertendus. Et cette constatation en appelle une autre : les Japonais du nord n'étant pas tous hypertendus, cela implique que les uns sont plus prédisposés que les autres.

Chez les sujets naturellement prédisposés, deux cas de figure peuvent se présenter. Ou bien l'alimentation de ces sujets est pauvre en sodium et rien n'apparaît, ou bien elle est élevée et alors l'hypertension se manifeste, selon le processus décrit par le Pr de Wardener. La surcharge sodée entraîne une augmentation transitoire du volume des liquides interstitiels, notamment du volume sanguin. Transitoire parce que cette augmentation de volume stimule la sécrétion de deux hormones, l'une par l'hypothalamus, l'autre par le cœur endocrine, qui tendent toutes deux à faire diminuer ce volume. En effet, ces deux hormones favorisent l'élimination rénale du sodium que le rein anormal ne peut assurer et cette perte de sodium est suivie par une perte d'eau appropriée, afin de maintenir l'homéostasie.

Cette excrétion de sodium par les reins constitue donc un système de régulation visant à empêcher l'apparition de l'hypertension. Mais alors, pourquoi l'hypertension apparaît-elle malgré tout ? Parce que ces deux hormones agissent aussi au niveau des cellules musculaires des artères mais de

façon contraire. Ainsi l'hormone de l'hypothalamus bloque les pompes actives favorisant ainsi la pénétration de sodium et l'excrétion de potassium, mais aussi l'entrée de calcium qui est "l'essence" des cellules musculaires. Il s'ensuit donc une contraction des muscles et un rétrécissement des artères, avec pour conséquence une poussée du sang sur les parois : c'est l'hypertension essentielle. Cette forme d'hypertension pourrait être traitée par un produit qui présenterait le même avantage que l'hormone de l'hypothalamus, c'est-à-dire de faire éliminer par les reins l'excès de sodium, sans en avoir l'inconvénient qui est d'augmenter la contractilité des muscles des vaisseaux, par pénétration de calcium dans les cellules musculaires.

Cette substance n'a encore jamais été synthétisée. Et pourtant, elle existe, la nature la produit : c'est celle que l'on vient d'isoler dans le cœur. En effet, cette protéine, qui apparaît dans les oreillettes sous forme de granules à sur le rein, la même action que l'hormone hypothalamique, c'est-à-dire qu'elle favorise l'excrétion du sel. Pour l'établir, on a injecté par voie intraveineuse à des rats, des extraits d'oreillettes et on a constaté que les animaux excrétaient davantage de sel dans leurs urines, alors que la même expérience, réalisée avec des extraits de ventricules, n'avait aucun effet. Donc, la clef est bien dans les oreillettes. En revanche, au niveau des muscles lisses des artères, la substance semble ne pas avoir d'effet sur les pompes, les concentrations ioniques restant les mêmes et les muscles restant relâchés. Il n'y a donc pas entrée de calcium dans les cellules.

Comme l'hormone hypothalamique et la substance du cœur agissent de manières opposées au niveau des muscles des artères, leurs effets devraient normalement s'annuler et par conséquent l'hypertension ne devrait pas apparaître. L'explication de ce paradoxe serait que l'hormone hypothalamique serait plus active sur les muscles des vaisseaux que la substance du cœur. C'est lorsque la première prend le pas sur la seconde que l'hypertension apparaîtrait.

Pour inhiber l'action de l'hormone hypothalamique, il suffirait donc d'injecter aux patients de l'hormone sécrétée par le cœur. Les chercheurs y songent. Déjà ils

se sont attachés à isoler cette substance chez le rat et chez l'homme. Il s'agit d'une petite protéine constituée de 24 acides aminés à peu près identique chez le rat et chez l'homme, ce qui implique que l'évolution ne s'est pas trop risquée à modifier cette protéine-clé de la vie.

Comme toutes les protéines, cette substance est fabriquée par un gène actif uniquement dans certaines cellules endocrines des oreillettes. Ce gène, qui est un fragment d'acide désoxyribonucléique (ou ADN), porte le message codé nécessaire à la synthèse de la protéine. Puis ce message est transcrit sur un acide ribonucléique messager (ARN messager) qui est ensuite traduit par la machinerie cellulaire. Le déchiffrement se fait au mot à mot, chaque mot correspondant à un acide aminé. Puis au fur et à mesure que la lecture se fait, les acides aminés s'accrochent à la queue l'un l'autre, pour finalement constituer la protéine finale.

Le gène a été cloné, c'est-à-dire reproduit en plusieurs exemplaires afin de pouvoir être mieux étudié. Par la suite, on espère utiliser cette technique pour fabriquer en grandes quantités la précieuse substance. L'opération consiste à prélever le gène dans une cellule sécrétrice du cœur d'une part, et à utiliser une bactérie, la fameuse *Escherichia coli*, de l'autre. Cette bactérie possède un chromosome unique constitué d'ADN et de petits anneaux appelés plasmides, constitués, eux aussi, d'ADN. On prélève un de ces plasmides et on le sectionne en un point avec un enzyme de restriction faisant office de ciseaux, puis dans l'ouverture ainsi ménagée, on introduit le gène que l'on colle à ses deux extrémités avec de la ligase qui est un adhésif biologique. Enfin le plasmide ainsi manipulé est réintroduit dans la bactérie d'origine qui est mise en culture. La bactérie s'y multiplie très rapidement, transmettant à chaque génération le gène greffé. Mais, et c'est là l'intérêt de l'opération, les bactéries ayant hérité du gène se mettent à produire la protéine du cœur.

Les chercheurs font valoir que la substance pourra être produite à grande échelle dans un très proche avenir, pour traiter l'hypertension, mais aussi pour permettre de mieux comprendre son mode d'action dans l'organisme.

Pierre ROSSION ■

ETUDES — METIERS — AVENIR

APPRENDRE RAPIDEMENT - EFFICACEMENT - A SON RYTHME

Liste des brochures et enseignements de l'Ecole Universelle

Enseignement du 1^{er} degré

Classes de 11^e - 10^e - 9^e - 8^e - 7^e

Enseignement secondaire

Classes de 6^e - 5^e - 4^e - 3^e -
Secondes - Premières - Terminales
A.B.C.D. - Baccalauréat. BTn F1 -
F3 - F8 - G1 - G2 - G3

Capacité en droit - D.E.U.G.

Adm. en fac des non bacheliers -
Institut d'études politiques.

Etudes sup. de lettres

Adm. des non bacheliers - D.E.U.G.

Etudes sup. de sciences

Adm. des non bacheliers - D.E.U.G.
Maths Sup. - P.C.E.M..

Ecoles vétérinaires

Ecoles normales

Langues étrangères

Anglais - Allemand - Espagnol sur
Cassettes - Italien - Arabe - Russe -
Examens chambres commerce
étrangères.

Perfectionnement culturel

Culture générale - conversation -
lecture rapide.

Secrétariat

Dactylo - Stenodactylo - Secrétaire
- Secrétaire juridique, comptable,
commerciale, réceptionniste, de
médecin, de direction - CAP Sté-
nodactylo - BEP - BTn G1 - BTS
Direction et Trilingue -

Couture

Coupe - Cours complet couture -
CAP Couture.

Documentation - Conseils - Orientation

APPELEZ le 771.91.19

Comptabilité

CAP Employé de comptabilité - BEP
- BP - BTn G2 - BTS - DECS -
Comptable - Cours de comptabilité
commerciale - Techniques comptables -
Pratique du nouveau plan
comptable.

Possibilité de bénéficier des dispositions sur la formation continue

Commerce - Banque -

Représentant - Directeur
Commercial - Gérant Succursale -
Hôtesse - Gestion des entreprises
Marketing - CAP Employé de
Bureau, Banque, Assurances - BP
Banque - BTn G3.

Fonctionnaire

Agent d'exploitation PTT -
Contrôleur - Inspecteur PTT -
Secrétaire Comptable à la Banque
de France - Inspecteur Police
nationale - Contrôleur des Impôts -
Commis services extérieurs -
Secrét. Adm. Scolaire Universitaire
Rédaction Administrative -
Emplois réservés.

Etudes musicales

Solfège - Ecriture musicale - Etude
instrumentale.

Orthographe - rédaction

Orthographe cassettes - Calcul -
Maths modernes - Rédaction -
du journal - Synthèse - Résumé
de texte.

Formation continue

Etude gratuite pour les
bénéficiaires de la loi du 16.7.71
après accord de l'employeur.

Sociales et paramédicales

Examens d'entrée écoles: Aide
soignante - Auxiliaire de puéricul-
ture - Infirmier(e) - Infirmier(e) de
secteur psychiatrique - Sage-
femme - Masseur kinésithé-
rapeute - Ergothérapeute - Manipu-
lateur d'électroradiologie - Pédi-
cure - Educateur de jeunes
enfants - Assistante sociale -
BTnF8: Classe terminale -
Dactylo médicale - Sténodactylo
médicale - Secrétaire de méde-
cin - Assistante dentaire.

Esthéticienne

Préparation au CAP avec stages
pratiques gratuits à Paris - Coiffure
CAP mixte.

Hôtellerie

Maître d'hôtel - Directeur gérant
d'hôtel - Secrétaire Réceptionniste

Informatique

Initiation - Basic y compris micro
ordinateur individuel -
Programmeur de Gestion - Cobol -

Industrie

Dessinateur industriel en
Mécanique (CAP, BP) - Mécanique -
Auto (CAP) - BTn F1, F3.

Une assistance pédagogique permanente

Radio-télévision

Monteur dépanneur radio, télé, hifi.

Photographie

Cours de photographie - CAP
photo.

Dessin - Peinture

Cours élémentaire, universel,
supérieur - Antiquaire - Décorateur
d'intérieurs et d'ameublement.

Bon pour une documentation gratuite

Nom, prénom _____

Adresse _____

Tél _____

Niveau d'études _____ Age _____ Diplômes _____

Brochure
demandée

228

Profession
envisagée

ECOLE UNIVERSELLE - IFOR
28 rue Pasteur 92551 Saint-Cloud Cedex.
Tél. 771.91.19

ECOLE UNIVERSELLE

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

La guérison de la timidité

PEUT-ON radicalement guérir la timidité ?.. W.R. Borg l'a non seulement affirmé mais mille fois démontré.

La timidité n'étant, d'après lui, pas une maladie morale, mais une maladie physique. « Prenez, disait-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 deux, 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. Je ne peux pas, dans ce court article, vous exposer en détail la Méthode Borg, mais j'ai décidé son éditeur à la diffuser auprès de nos lecteurs. Priez-le de vous envoyer l'intéressant ouvrage documentaire de Borg sur « Les Lois Eternelles du Succès ». Il vous l'adressera gratuitement. Voici son adresse: Méthode W.R. Borg, chez Aubanel, dpt 491 - 6, place St-Pierre, 84028 Avignon Cedex.

BON GRATUIT

A remplir en lettres majuscules, en donnant votre adresse permanente, et à retourner à: Méthode W.R. Borg, chez Aubanel, dpt 491 - 6, place Saint-Pierre, 84028 Avignon Cedex, pour recevoir, sans engagement de votre part et sous pli fermé, « Les Lois Eternelles du Succès ».

NOM _____ PRENOM _____

N° _____ RUE _____

CODE POSTAL _____ VILLE _____

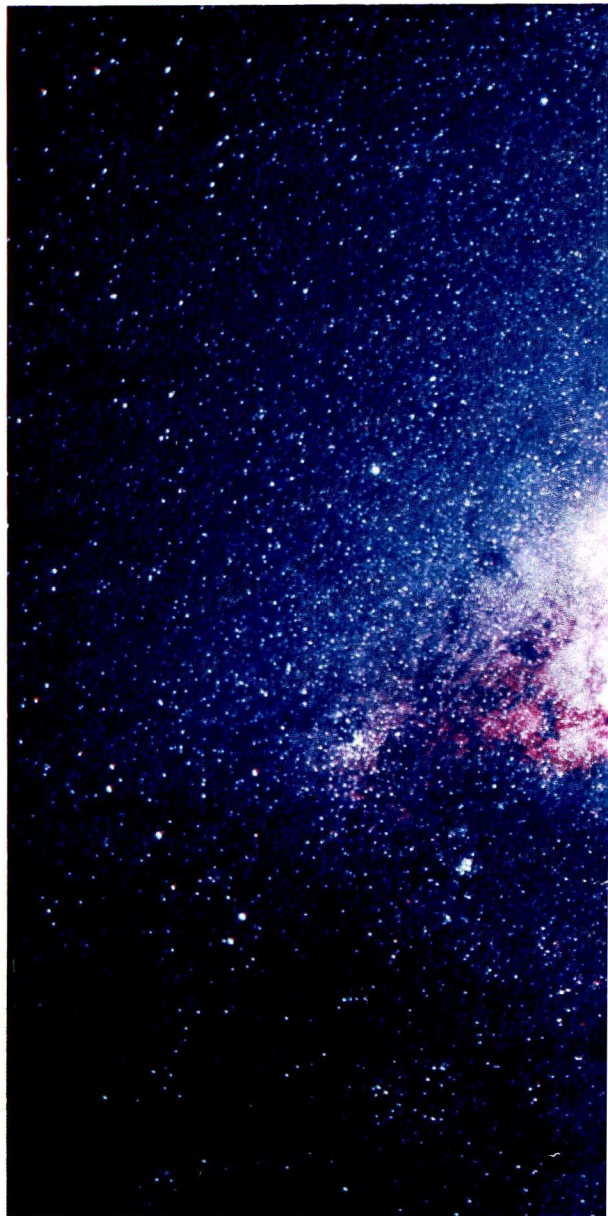
AGE _____ PROFESSION _____

Aucun démarcheur ne vous rendra visite.

LA GALAXIE N'EST PLUS CE QU'ELLE ÉTAIT

Au cours du dernier demi-siècle, les astronomes ont patiemment réussi à tracer le portrait robot et les caractéristiques de la Galaxie qui nous héberge. Mais tout cela vient de changer. Il apparaît en effet que la Galaxie étudiée jusque-là n'est que la partie centrale d'un ensemble beaucoup plus vaste, sorte de cocon qui pourrait dépasser 300 000 années-lumière de diamètre et dont la masse totale atteindrait le chiffre proprement fantastique de 2 000 milliards de soleils ! Que s'est-il donc passé ?

● En tournant son regard vers le ciel par une belle nuit sans lune, on y voit, outre des myriades d'étoiles, une grande traînée blanche et lumineuse. Dans l'antiquité, les Grecs la considéraient comme une trace indélébile des exploits extra-conjugaux de Zeus. Héraclès, un des nombreux bâtards du dieu des dieux, aurait en effet mordu goulûment le sein de la divine Héra à l'heure de sa tétée. Piquée au vif de son orgueil — c'est le moins que l'on puisse dire — la reine des déesses s'énerva et repoussa d'un geste violent le fils illégitime de son époux coureur de jupons éternels. Il faut dire qu'elle avait peut-être de bonnes raisons de s'indigner. Non seulement Zeus



continuait à lui être infidèle, mais en plus il manquait de discernement, concevant d'abord cet horrible bambin avec Alcimène, une vulgaire mortelle, et désirant ensuite qu'elle, Héra, la reine des cieux, lui serve de nourrice. Bref. Eberlué — et peut-être un peu étourdi — par cette claque vengeresse, Héraclès lâcha la mamelle divine. Il s'ensuivit que le lait de la "joviale" Héra s'échappa de la blessure et se répandit dans les cieux, traçant ainsi une "Voie lactée".

Il faudra attendre plusieurs siècles pour vérifier que les choses ne s'étaient pas tout à fait passées ainsi : ce sont les progrès des instruments astronomiques qui ont lentement démythifié les cieux.



*Le centre de la Galaxie,
qui se trouve dans la direction
de la constellation du Sagittaire,
nous est à jamais caché
en raison des formidables
nuages de poussière (photo)
qui entourent le noyau.
Pour expliquer les violents
phénomènes énergétiques
dont ce noyau est le siège,
certains astrophysiciens
pensent que les nuages
cachent un trou noir,*

Grâce à sa lunette primitive, Galilée a en effet montré en 1610 que la Voie lactée n'avait pas la consistance d'un lait mais qu'elle était composée d'étoiles (voir notre article p. 122).

Un siècle plus tard, dans son *Original Theory or New Hypotheses of Universe* ("Théorie originale ou nouvelles hypothèses sur l'Univers"), l'Anglais Thomas Wright suggéra le premier que ces étoiles étaient rassemblées en un disque plat, dont la traînée blanche et lumineuse n'était que la trace dans le ciel. Et son compatriote astronome et musicien, William Hershel, étudia et comptabilisa les astres un à un. Toute empirique que fût sa méthode, elle lui permit tout de même de réaliser

que les étoiles formaient un système aplati, dont la Voie lactée proprement dite formait le plan de symétrie. A cette occasion, il découvrit aussi la présence d'objets célestes plutôt douteux, qui donnaient l'impression d'être flous. Logiquement il les baptisa "nébuleuses".

En ce même XVIII^e siècle, mais en Allemagne cette fois, le philosophe Emmanuel Kant poussa le bouchon un peu plus loin. Il avança l'idée que nous habitions un "univers-île", et que les nébulosités entrevues par Hershel n'étaient rien d'autre que des "univers-îles" semblables au nôtre. Si sa formulation peut nous sembler aujourd'hui saugrenue, cette hypothèse n'en était pas moins judi-

cieuse. En 1923 en effet, grâce à la mise en service d'un des tout premiers grands télescopes au mont Wilson (USA), les astronomes purent confirmer que certaines nébuleuses sont en effet des galaxies qui, pareilles à des "îles", forment un archipel d'une étendue indéfinie. Quant à notre bonne Terre, elle se trouve perdue sur une de ces "îles", flottant dans l'espace infini. Aujourd'hui on désigne indifféremment cette "île" du doux nom de Voie lactée, en souvenir de la mythologie grecque, ou de Galaxie, avec un grand G. Toutefois l'ignorance seule nous fait voir une différence. Car le mot "galaxie" vient du grec *galaxias kyklos*, qui signifie... Voie lactée !

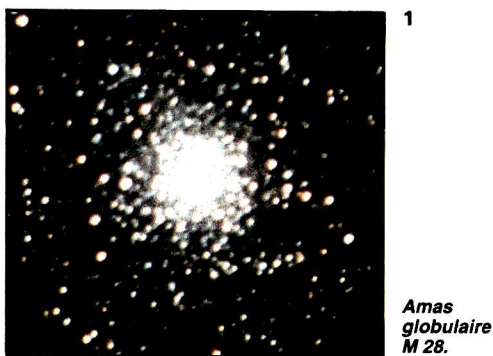
Dès que les astronomes comprirent qu'ils étaient échoués quelque part dans le cosmos sur un "univers-île", ils entreprirent de l'explorer, tel Robinson Cruséo perdu au milieu de l'océan. La chose ne fut pas simple, car ils ne disposaient

nous parviennent de l'espace. Percer à jour les secrets de la Voie lactée, on le voit, n'est pas une mince affaire. Mais à force de persévérance, les astronomes ont fini par pouvoir se repérer dans ce fatras nébuleux, au point d'être en mesure d'établir des cartes. A croire que les difficultés sont mères de l'ingéniosité...

Réflexe compréhensible, les astronomes ont d'abord essayé de repérer notre position exacte dans la Voie lactée. Celle-ci est un disque plat d'environ 100 000 années-lumière de diamètre (soit 970 millions de milliards de kilomètres), qui présente un renflement prononcé en son centre, une espèce de rondeur appelée "bulbe". Vue de profil, notre Galaxie ressemblerait plutôt à une gigantesque soucoupe volante aux bords très effilés (voir dessin 1). Mais ce disque boursoufflé correspond seulement au "corps" de la Voie lactée ; il n'en constitue pas la totalité. Car il est entouré d'un halo sphéroïdal de même diamètre, très peu dense, mais contenant un petit nombre de vieilles étoiles solitaires ainsi que des groupements d'astres également séniles, les "amas globulaires" (photo 1).

Ces derniers pourraient être comparés à des hospices pour étoiles à la retraite (la moyenne d'âge y est très élevée : pas moins de 15 milliards d'années). Chacun de ces "foyers" abrite quelques milliers, voire plusieurs millions, de pensionnaires confinés dans un espace très réduit : une sphère de quelques dizaines de parsecs de diamètre à peine (1). Du fait de cette promiscuité, les conditions de vie sont très dures, car les heurts entre étoiles sont relativement fréquents. Mais personne ne peut s'échapper car les membres de cette "société" sont gravitationnellement soudés les uns aux autres et sont condamnés à trépigner sur place. Ces étoiles, vieilles comme le monde (2), semblent donc avoir été reléguées aux confins de la Galaxie pour l'éternité.

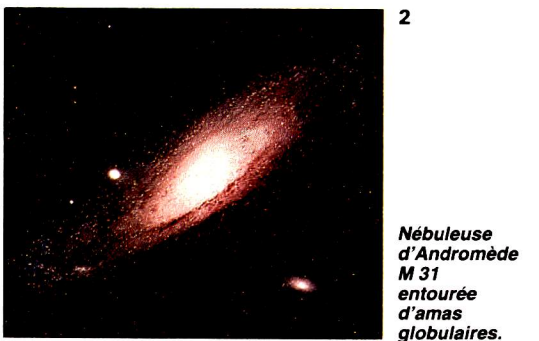
Mais rassurons-nous, ces mini-camps de concentration pour vieux astres ne sont pas une aberration propre à notre système. Toutes les galaxies possèdent dans leur halo des amas globulaires (photo 2). Et on ne peut les ignorer puisqu'ils sont



Amas
globulaire
M 28.

d'aucune liberté de mouvement. L'homme est en effet prisonnier de la Terre, elle-même gravitationnellement attachée au Soleil, une des cent milliards d'étoiles de notre Galaxie. Certes, depuis plus de vingt ans il envoie des sondes superbes dans l'espace. Et le 21 juillet 1969 à 3 h 56 du matin (heure française), il a bien fait quelques pas chancelants sur la Lune, ce dont il est très fier. Mais à l'échelle de la Galaxie, cela ne compte pas. Autant dire que l'homme n'a pas bougé : la Lune n'est qu'à une seconde-lumière de la Terre, alors qu'il faudrait parcourir environ 15 000 années-lumière pour toucher le bord le plus proche de la Voie Lactée. Et aucune sonde, pas même Pioneer 10 aujourd'hui, n'a jamais réussi à s'abstraire du champ gravitationnel du Soleil. Pas plus qu'à franchir les frontières, somme toute assez étroites, du système solaire. Les voyages dans la Galaxie ne sont décidément pas pour demain !

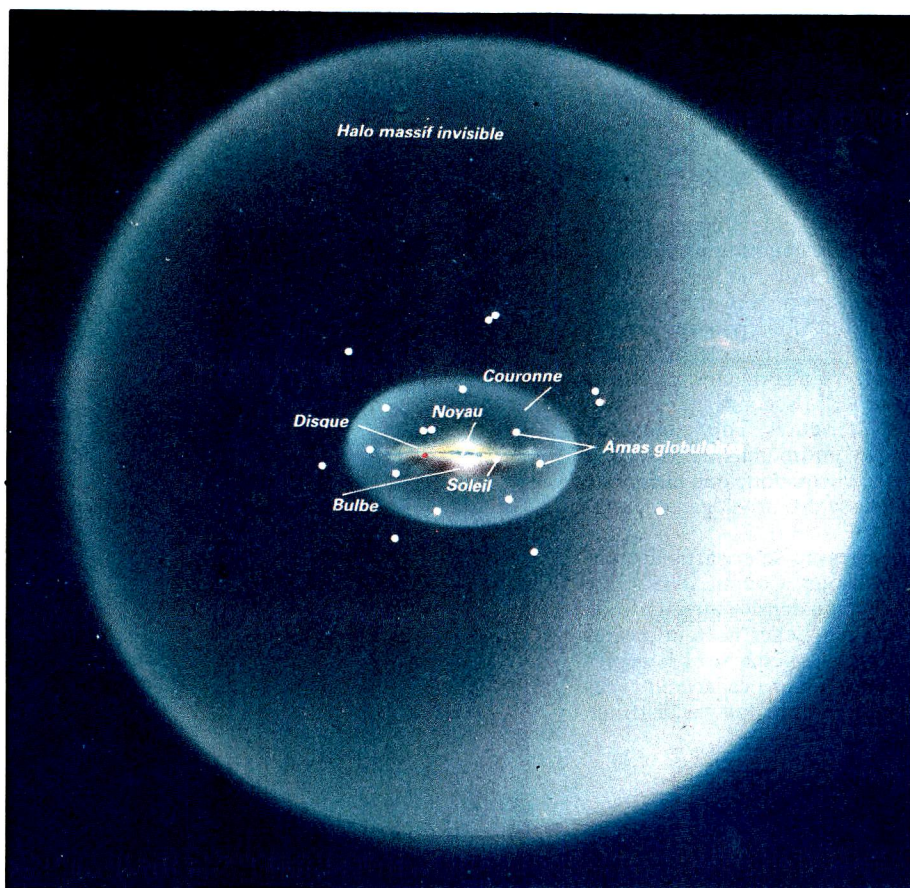
Nous sommes donc condamnés à une immobilité presque complète — provisoirement du moins — et il faut en prendre son parti. Les astronomes le font d'ailleurs avec grâce et trouvent sans cesse de nouvelles astuces pour explorer le ciel lointain sans quitter leur bonne vieille Terre natale. Et pourtant ils ne sont guère gâtés par la nature. Des bancs de poussière épais voilent le paysage des régions éloignées de la Galaxie. Et l'atmosphère terrestre, elle, absorbe toute une partie du spectre électromagnétique, "censurant" ainsi les informations qui



Nébuleuse
d'Andromède
M 31
entourée
d'amas
globulaires.

(1) Un parsec = $30,84 \cdot 10^{12}$ km = 3,26 années-lumière.

(2) Selon la cosmologie contemporaine, le Big Bang serait cette immense explosion qui se serait produite il y a 15 milliards d'années et marquerait le début de l'Univers.



A

Loin d'être le nombril du monde, notre Soleil est relégué pratiquement à la périphérie du disque de la Galaxie.

visibles de très loin, du fait d'une luminosité qui peut atteindre un million de fois celle du Soleil dans certains cas. En général, ces amas se répartissent régulièrement dans une sphère dont le centre coïncide avec celui du disque galactique. Comme il n'y a aucune raison a priori pour que ceux de la Voie lactée aient une répartition spatiale différente, la disposition de nos amas globulaires sur la voûte céleste indique donc la direction du centre galactique et notre position par rapport à lui (voir dessin A). Cela nous apprend ainsi que le Soleil et son prestigieux cortège planétaire, loin d'être le nombril du monde, est relégué dans un petit coin de la périphérie du disque. Et que ce centre galactique se trouve dans la direction de la constellation du Sagittaire, à quelque 28 000 années-lumière de nous.

C'est l'Américain Harlow Shapley qui fit cette découverte en 1917. Cependant l'idée ne fut acceptée que plusieurs années plus tard, le géocentrisme inhérent aux humains faisant encore obstacle à la reconnaissance de la vérité. Mais d'avoir remis le système solaire à sa juste place ne suffisait pas. Il fallait maintenant savoir de quoi était fait le "corps" de la Galaxie, autrement dit le disque galactique lui-même. Contrairement au halo diaphane, ce disque est plutôt charnu, constitué qu'il est d'étoiles de toutes sortes : astres à peine moins âgés que ceux qui peuplent le halo, étoiles dans la force de l'âge (le Soleil par exemple),

étoiles jeunes, et même bébés-étoiles qui viennent juste de voir le jour (photo 3). Dans ce cocktail astral prédominent toutefois les étoiles d'un âge avancé, enrichies en éléments lourds par les générations antérieures. Et en cela, elles se distinguent bien des astres du halo. Car, chimiquement parlant, pour le cœur de la Galaxie, la révolution permanente n'est plus un secret depuis longtemps.

En effet, les étoiles naissent de la matière interstellaire qui, à l'origine, était constitué d'hydrogène, d'hélium et de traces d'éléments légers comme le deutérium ou le lithium (voir *Science & Vie* n° 802, page 34). Mais au fil du temps, cette matière s'enrichit d'éléments lourds produits par réactions thermonucléaires dans les "chaudières"

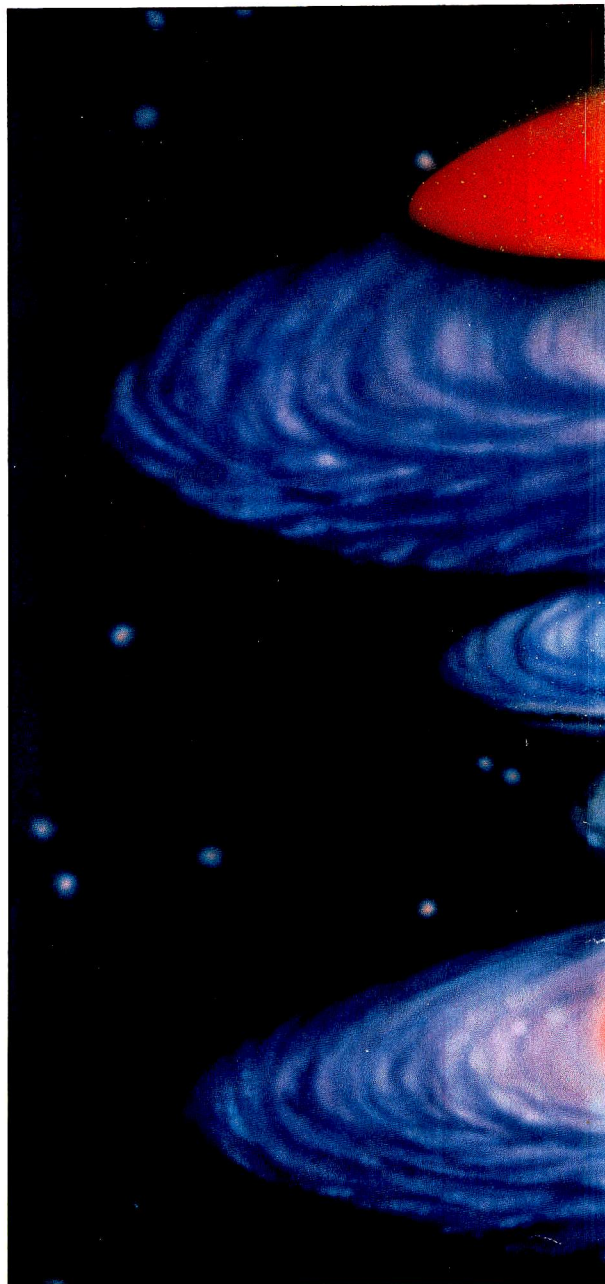


3

C'est dans des nuages de matière interstellaire, ici la nébuleuse d'Orion, que l'on trouve des bébés-étoiles.

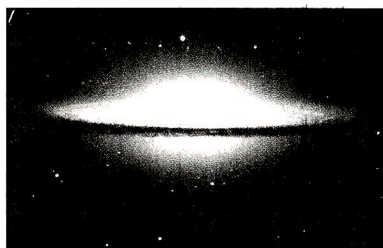
stellaires, autrement dit dans le ventre des étoiles (citons notamment le carbone, l'azote, l'oxygène, le néon et le fer). Ces éléments sont ensuite rejetés dans le milieu interstellaire sous forme de vents stellaires ou lorsque les étoiles explosent en supernovae au terme de leur vie. Se mêlant alors au gaz d'origine, chaque nouvelle génération d'étoiles formée dans ce gaz se voit doter à la naissance d'une quantité de plus en plus importante de produits synthétisés par les générations qui l'ont précédée. Or les étoiles du halo, nous l'avons vu, sont de la première génération. N'ayant bénéficié d'aucun héritage, elles sont donc pauvres en éléments lourds et appartiennent à une classe défavorisée, dite "population II". En revanche, les étoiles du disque, en majorité de la seconde génération, voire de générations ultérieures, contiennent un pourcentage plus élevé en métaux. Pour cette raison, elles mènent une vie quelque peu différente et appartiennent à la classe des privilégiées, autrement dit la "population I".

Mais en fait, ces étoiles ne se répartissent pas uniformément dans le disque. Comme dans toute galaxie qui se respecte, leur densité augmente du bord vers le centre. De plus, elles ne sont pas les seuls "habitants" du disque, même si elles représentent 89,3 % de sa masse. Car l'espace entre les astres n'est pas vide, mais rempli d'un gaz distribué

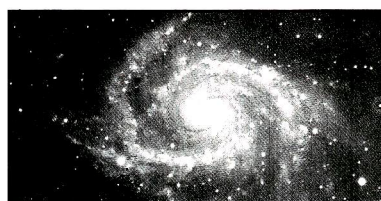


4

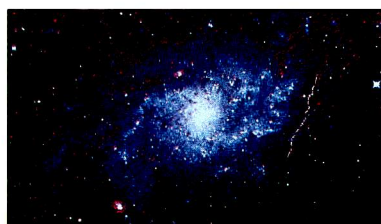
L'effet des poussières interstellaires sur la lumière nous donne ce nuage sombre connu sous le nom de nébuleuse de la "Tête de Cheval". Ci-dessous, nuage de poussière dans le plan galactique.



très irrégulièrement et mélangé à de très petits grains de poussière (**photo 4**). Ce gaz (10 % de la masse de la Galaxie) et les poussières qui l'accompagnent (7 % de la masse du gaz), forment un disque encore plus plat que les étoiles, qui apparaît comme une bande absorbante coupant en deux la Voie lactée (voir **dessins A et B**). Cette poussière devrait donc nous empêcher de voir les objets situés au loin dans le plan galactique. Mais par bonheur, ses effets indésirables n'affectent que la lumière visible et ultra-violet, et très peu le reste du spectre électromagnétique. Cela permet d'observer la Galaxie à d'autres longueurs d'ondes (ondes radio, infrarouges, rayons X et gamma) et,

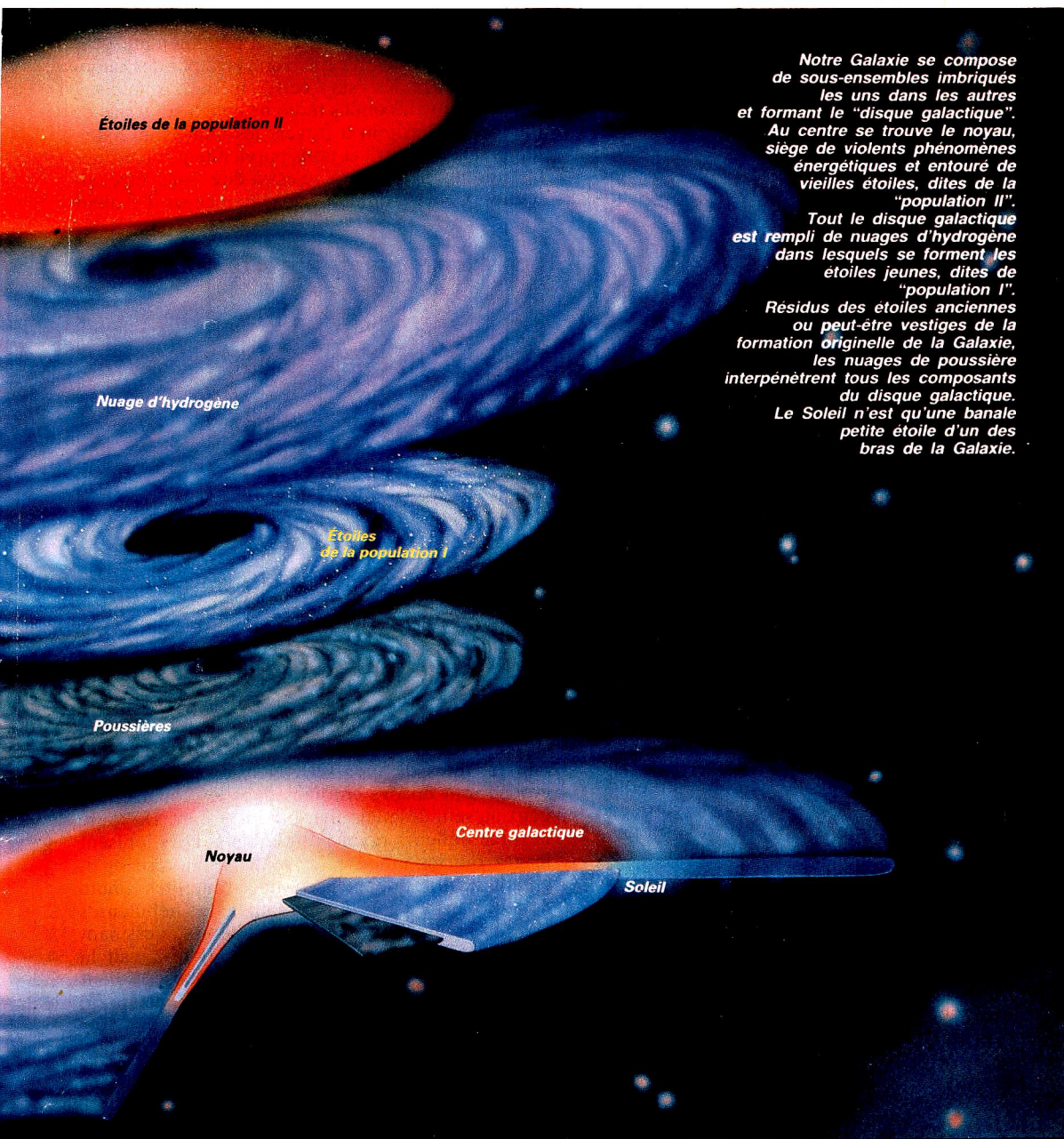


5



6

Bras spiraux de NGC 2997 et M 33.



Notre Galaxie se compose de sous-ensembles imbriqués les uns dans les autres et formant le "disque galactique". Au centre se trouve le noyau, siège de violents phénomènes énergétiques et entouré de vieilles étoiles, dites de la "population II".

Tout le disque galactique est rempli de nuages d'hydrogène dans lesquels se forment les étoiles jeunes, dites de "population I".

Résidus des étoiles anciennes ou peut-être vestiges de la formation originelle de la Galaxie, les nuages de poussière interpénètrent tous les composants du disque galactique.

Le Soleil n'est qu'une banale petite étoile d'un des bras de la Galaxie.



6

Amas ouverts dans la région d'eta Carinae.

en comparant les différentes observations en déduire les détails de sa structure (voir carte C page suivante).

Plus de la moitié des galaxies qui peuplent l'Univers présentent une structure-spirale. Souvent leur allure générale est très différente, mais dans toutes on peut suivre, des régions centrales vers le bord, le dessin d'une, deux ou plusieurs spirales plus ou moins régulières, qu'on appelle les "bras galactiques" (photos 5 et 6). Si l'on supposait qu'elle était une galaxie de ce genre, la Voie lactée devait donc être elle aussi dotée de membres vigoureux plantés à l'intérieur de son disque. Mais avec de la poussière plein la ligne de visée, les

astronomes étaient mal placés pour le vérifier. Toutefois, grâce à leur sens aigu de l'observation, ils ont peu à peu dévoilé le mystère du "corps" de notre Galaxie.

Là encore, c'est en partant d'autres galaxies, que les astronomes ont pu tirer des conclusions sur la nôtre. Ils ont tout d'abord remarqué que les bras des galaxies spirales lointaines sont dotés de quantités fabuleuses de matière diffuse ou obscure,

centimètre cube), il émet un rayonnement radio à 21 cm de longueur d'onde. Ce rayonnement peut donc être facilement capté sur Terre par des radio-télescopes réglés sur cette même fréquence. D'autant que les ondes radio ne connaissant pas de faiblesse, transitent à travers les nuages interstellaires sans "mollir" et nous parviennent intacts des confins de la Galaxie, c'est-à-dire sans être atténués. Cela permet donc aux chercheurs d'évaluer



7

**Amas
jumeaux
de h et chi
Persei.**



8

**La nébuleuse
super-brillante
du Lagon,
dans le
Sagittaire.**

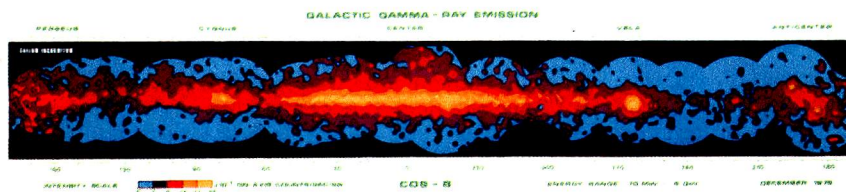
ainsi que d'étoiles d'une jeunesse éclatante. Ces dernières se retrouvent aussi parfois dans des groupes d'astres baptisés "amas ouverts", par opposition aux amas globulaires très compacts qui, comme nous l'avons vu, ne contiennent que de très vieilles étoiles. Les plus célèbres de ces "congrégations" de jeunes astres sont les Pleiades et les amas jumeaux de la constellation de Persée (photo 7).

Les propriétés qui caractérisent donc le mieux les bras galactiques sont la densité élevée en poussière et en gaz, ainsi que l'abondance d'hydrogène neutre ou électriquement chargé et d'étoiles jeunes (solitaires ou en groupes). Partant de cette constatation, les astronomes ont mis au point deux stratégies d'approche des éventuels bras de notre Galaxie.

● La première consiste à traquer les nuages d'hydrogène neutre. Cet élément est parfaitement invisible. Cependant, lorsqu'il est à basse densité (ce qui est toujours le cas dans l'espace inter stellaire où au mieux on recense quelques atomes par

de manière relativement précise la répartition de l'hydrogène neutre dans le disque galactique. Ainsi, dès 1955, des cartes ont pu être établies par Jan Oort aux Pays-Bas, révélant pour la première fois que la Voie lactée possédait une structure spirale irrégulière.

● Une autre manière de procéder consiste à suivre la disposition des jeunes étoiles très lumineuses, dites de type OB. Nées récemment, ces étoiles sont encore enfouies dans les cocons nuageux au sein desquels elles ont vu le jour. De toute la force de leurs rayons ultraviolets, elles ionisent le gaz qui les entoure, le rendant fluorescent et créant ainsi des nébuleuses super-brillantes (photo 8). Or, dans les galaxies lointaines, ces nébuleuses s'agglutinent le long des bras spiraux, dessinant ainsi parfaitement leurs contours. Il n'y avait là encore aucune raison pour que les choses soient différentes en ce qui concerne notre Galaxie. Il suffisait donc de suivre ces nébuleuses pour voir comment se déroulaient les bras de notre Galaxie.



C

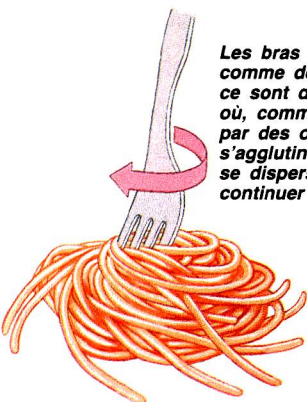


**Notre galaxie vue
en rayonnement gamma
et dans la raie H
de l'hydrogène
à un aspect
fort différent.**

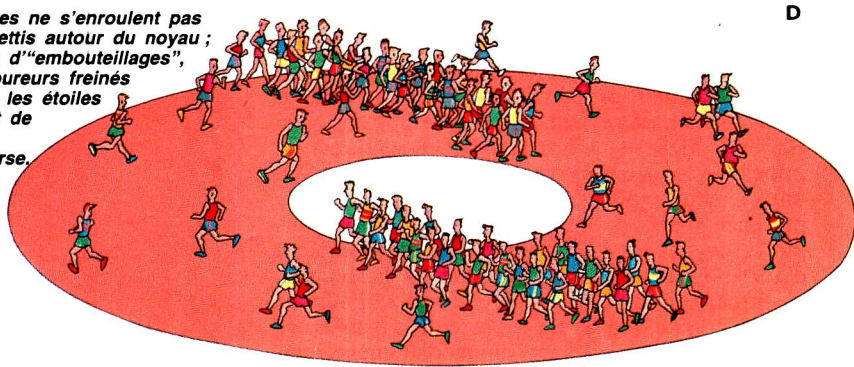
C'est ce que firent Y.M. et Y.P. Georgelin, de l'Observatoire de Marseille, qui établirent en 1976 une carte de la structure spirale de la Voie lactée, qui est encore aujourd'hui considérée comme la meilleure (voir dessin E). Il en ressort qu'en s'éloignant du centre galactique, on rencontre au moins quatre bras spiraux : le Soleil se trouve perché sur le troisième, le bras d'Orion, qui se prolonge

centre. Ces dernières sont très agitées et très denses, le centre étant très embouteillé, les interactions entre étoiles y étant fréquentes et les mouvements chaotiques. Le reste de la Galaxie, lui, est beaucoup plus calme, les étoiles tournant sagement dans le plan du disque (voir dessin F, page suivante).

L'extérieur de la Galaxie tourne donc beaucoup plus lentement que les régions centrales. Par



Les bras galactiques ne s'enroulent pas comme des spaghettis autour du noyau ; ce sont des zones d'"embouteillages", où, comme des coureurs freinés par des obstacles, les étoiles s'agglutinent avant de se disperser pour continuer leur course.



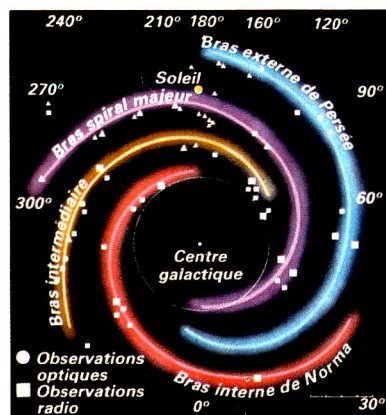
D

ensuite vers le Cygne ; plus à l'intérieur se trouve le bras du Sagittaire, et plus à l'extérieur, celui de Persée. Les autres sont moins bien définis. Mais les techniques de plus en plus sophistiquées dont disposent les astronomes pour poursuivre leurs recherches permettent de penser que leurs secrets ne tarderont pas à être percés.

Un troisième point qui intrigua les chercheurs est que notre galaxie n'est pas fixe. Elle flotte en effet dans l'espace à une vitesse de l'ordre de 500 km/seconde environ, tout en tournant lentement sur elle-même. Mouvement indispensable d'ailleurs. Car si l'ensemble galactique n'était pas en rotation autour de son axe, les étoiles tomberaient une à une vers le centre, comme les planètes s'écraseraient sur le Soleil si elles n'étaient pas entraînées dans un mouvement autour de lui. Et tout comme une planète éloignée de l'astre central effectue plus lentement son orbite qu'une autre située à proximité, de même les étoiles de la périphérie de la Galaxie mettent plus longtemps à réaliser un tour complet que celles au voisinage du

exemple, le Soleil met 250 millions d'années environ à faire son petit tour tranquille de la Galaxie, alors qu'un astre moitié moins loin du centre galactique le fait en moitié moins de temps. Bref, la Voie lactée, comme d'ailleurs la plupart de ses semblables, ne tourne pas comme un solide. Elle se tord et se déforme continuellement, victime innocente de ce qu'on appelle une "rotation différentielle". Et cette rotation différentielle complique tout pour les astronomes, créant des problèmes au niveau des bras galactiques. Car, si ces derniers étaient là dès l'origine et participaient à la rotation différentielle de la Galaxie, ils devraient être, en raison de son âge avancé (15 milliards d'années environ), enroulés aujourd'hui sur plusieurs dizaines, voire quelques centaines, de tours, comme des spaghettis autour d'une fourchette (voir dessin D). Or, de toute évidence, ce n'est pas le cas. D'ailleurs les galaxies extérieures, bien que victimes elles aussi de la rotation différentielle, ne présentent pas non plus ce genre de stigmates : leurs bras, plus ou moins ouverts, sont enroulés sur un demi à deux tours tout au plus. De quoi laisser les astronomes dans un abîme de perplexité.

Pendant des dizaines d'années les chercheurs se sont heurtés à ce qu'on a appelé le "dilemme de l'enroulement". Ils n'arrivaient pas à comprendre en effet par quel miracle les bras galactiques ne s'enroulaient pas sur eux-mêmes. Et ce n'est qu'à la fin des années soixante que deux Américains, répondant aux noms typiquement anglo-saxons de Chia-Chia-Lin et Frank Shu, proposèrent une solution à ce problème. Ils suggérèrent que ce que nous voyons comme des structures spirales n'étaient rien d'autres que des phénomènes ondulatoires, autrement dit des ondes de densité. D'après eux, jamais les mêmes étoiles ne se trouveraient constituer les bras spiraux. Mais elles y entreraient successivement, s'y bousculeraient et en ressortiraient aussitôt pour continuer leur petit tour galac-



E

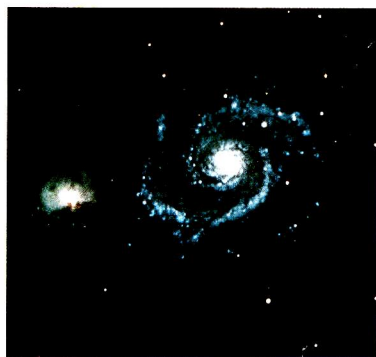
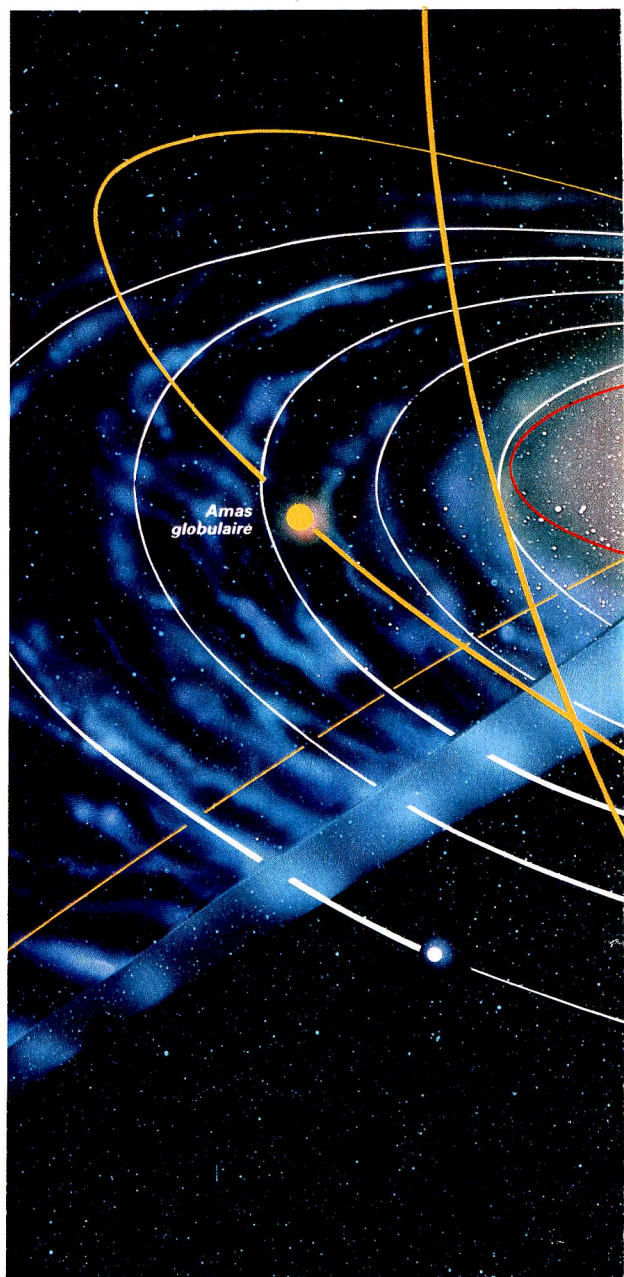
La carte la plus récente des bras de notre galaxie.

tique, comme si de rien n'était. En ce sens, la spirale serait bien une onde immatérielle, semblable à une vague à la surface de la mer, sans cesse formée de nouvelles molécules d'eau...

Pour mieux comprendre cette idée d'ondes de densité, prenons l'exemple d'un poids lourd qui, en roulant très lentement, perturbe le flux de la circulation. Le flot des voitures situées derrière lui est ralenti, le camion constituant un goulet d'étranglement. Mais dès que les automobiles l'ont dépassé, elles reprennent alors leur vitesse normale. Il s'ensuit donc un accroissement de la densité des voitures au niveau du poids lourd, mais ce ne sont pourtant jamais les mêmes véhicules qui sont ralentis. Si l'on en revient maintenant à notre onde (le poids lourd) et à nos étoiles (les voitures), le principe est à peu près comparable. Car Lin et Shu ont en effet expliqué les bras galactiques par la présence d'une onde spirale tournant deux fois moins vite que les étoiles. Ainsi, les étoiles seraient d'abord freinées à l'entrée du bras galactique, séjourneraient ensuite quelque temps à l'intérieur (ce qui correspondrait au dépassement dans notre exemple du camion), puis, immédiatement remplacées par d'autres, reprendraient leur course folle autour du centre de la Galaxie. Le même phénomène peut également être comparé à des coureurs freinés par endroits sur la piste (voir dessin D). Cela est possible parce que, lorsque les étoiles s'accumulent à un endroit, elles créent à cet endroit un excès de masse, un "puits" de potentiel, qui attire gravitationnellement d'autres étoiles et ainsi de suite... Et parce que les ondes de densité sont immatérielles, elles ne sont pas soumises à la dure loi de la rotation différentielle. L'onde tout entière se déplace donc à une vitesse angulaire constante et, de ce fait, les bras galactiques n'ont aucune tendance à s'enrouler sur eux-mêmes. Ouf... Le dilemme de l'enroulement était résolu.

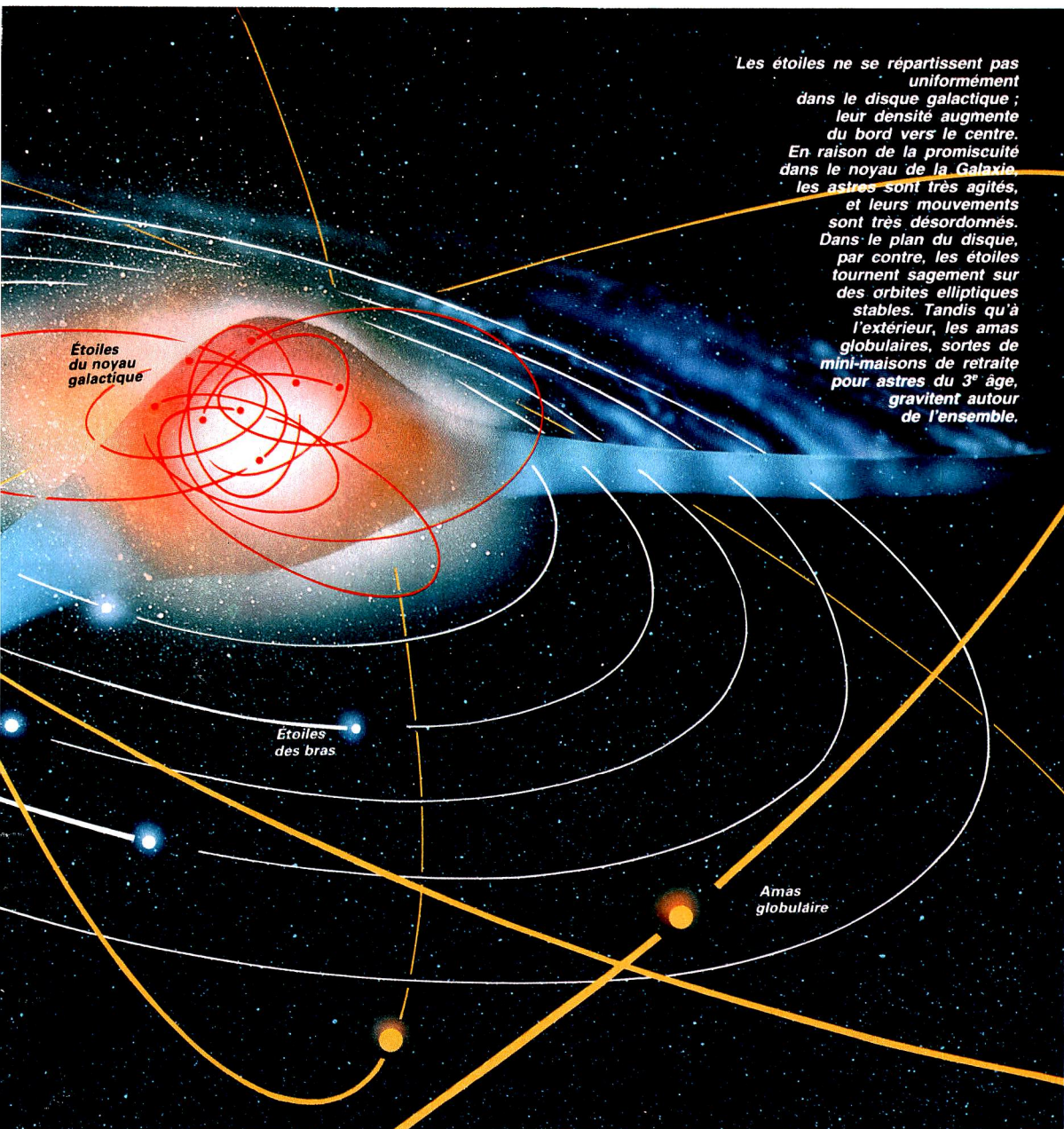
Restait à comprendre maintenant pourquoi et comment les bras galactiques étaient aussi lumineux. En fait, nous l'avons vu, ces bras bénéficiaient d'une importante concentration d'étoiles jeunes, massives, très chaudes et donc très brillantes, alors que le reste du disque galactique ne contient que des étoiles plus vieilles, moins massives, moins chaudes, et donc plus ternes. Cela suffit à expliquer le contraste de luminosité. Par contre, ce qui est plus flou, c'est pourquoi les jeunes étoiles viennent justement se blottir en masse dans les bras des galaxies et s'obstinent à boudier le reste du disque.

En fait, la raison en est très simple : c'est là qu'elles sont nées. Car la matière interstellaire est très sensible aux ondes de densité qui l'attirent inexorablement. Elle s'accumule donc dans les bras galactiques, occasionnant ainsi une concentration de nuages interstellaires à ces endroits précis de la Galaxie. Or l'affluence favorise les heurts, les bousculades et même les fusions entre nuages, ce qui provoque bien sûr des naissances d'étoiles en pagaille. Les bras galactiques deviennent donc de véritables pouponnières. Et parmi les astres nouveau-nés, il s'en trouve toujours quelques su-



9

Galaxie
M 51
des Chiens
de chasse.



Les étoiles ne se répartissent pas uniformément dans le disque galactique ; leur densité augmente du bord vers le centre. En raison de la promiscuité dans le noyau de la Galaxie, les astres sont très agités, et leurs mouvements sont très désordonnés. Dans le plan du disque, par contre, les étoiles tournent sagement sur des orbites elliptiques stables. Tandis qu'à l'extérieur, les amas globulaires, sortes de mini-maisons de retraite pour astres du 3^e âge, gravitent autour de l'ensemble.

perbrillants, donc très massifs et promus d'avance à une courte vie. Car plus une étoile est massive, plus elle rayonne intensément, mais plus vite aussi elle brûle sa vie (voir *Science & Vie* n° 802, page 34). Par exemple une étoile 10 fois plus massive que le Soleil brille environ 5 000 fois plus fort que lui, mais ses jours sont comptés. Elle vivra quelques millions d'années à peine, ce qui à l'échelle cosmique est le temps de fumer une cigarette, alors que le Soleil, plus économe, devrait couler des jours heureux pendant 10 milliards d'années au total.

Résultat : les étoiles très massives qui naissent dans les bras galactiques ne connaîtront jamais le

reste de la Galaxie. Leur vie est trop éphémère, et avant même qu'elles aient eu le temps d'atteindre la sortie de la spirale, elles ont déjà explosé en supernovae. Seules les étoiles moins massives vivant plus longtemps se retrouvent donc à l'extérieur des bras galactiques à faire des tours et des tours de Galaxie. Le Soleil pourra en accomplir 40 au cours de sa longue vie. Et il ne traversera pas moins de 160 fois un des quatre bras de la Voie lactée.

Ces naissances en série dans les bras galactiques posent toutefois un sérieux problème. Elles nécessitent en effet de grandes quantités d'énergie qu'elles prennent où elles les trouvent, c'est-à-dire

sur place dans les ondes de densité. Privées peu à peu d'énergie, celles-ci devraient donc finir par disparaître complètement, et ce dans un laps de temps relativement court. Adieu les bras galactiques. Les calculs de A. Toomr, du Massachusetts Institute of Technology, montraient qu'ils devaient en effet s'évanouir après une ou deux révolutions de la Galaxie à peine ! Or depuis sa naissance, il y a quinze milliards d'années environ, le Voie lactée a eu le temps d'effectuer une centaine de tours sur elle-même et possède toujours ses bras spiraux.

Quelque chose ne tournait pas rond ! Il y avait donc un mécanisme susceptible de "recharger" en permanence les ondes de densité et de muscler ainsi les bras galactiques pour les empêcher de s'effacer. Plusieurs hypothèses furent faites.

● La première avait pour origine les rapports exacerbés entre galaxies. Car quand deux galaxies se rencontrent de suffisamment près, elles se

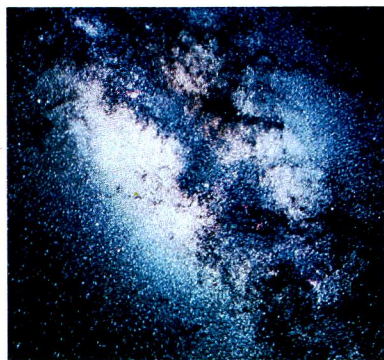
disparaissent en moins de deux tours galactiques. Aussi, bien que nous soyons très entourés par les nuages de Magellan, Andromède et quelques galaxies naines (**voir dessin H**), les rencontres avec elles ne suffisent pas à expliquer la permanence des bras de notre Galaxie.

● Les chercheurs se sont donc rabattus sur une autre hypothèse, plus subtile. Dans une galaxie qui, comme la nôtre, contient une centaine de milliards d'étoiles, la somme de toutes les interactions gravitationnelles à grande distance entre toutes les étoiles devrait avoir une importance capitale. C'est, en effet, la résultante de cette multitude de forces "infimes" qui détermine le mouvement de chacune d'entre elles en particulier. Les astronomes firent donc des simulations sur ordinateur pour connaître avec plus de précision quelles devraient être les orbites des astres à l'intérieur d'une galaxie. Limités par la puissance



10

Galaxie spirale barrée dans la constellation d'Eridan.



11

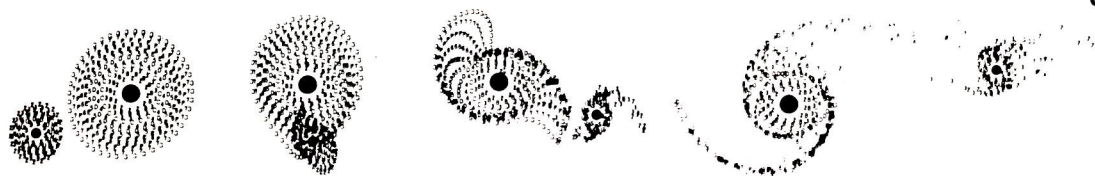
Nuage dense dans la constellation du Sagittaire, en direction du centre galactique.

voient déformer de manière tout à fait spectaculaire. A tel point que leur structure peut en être totalement modifiée. Et elles n'ont pas besoin pour cela de se toucher. Les forces de marées qu'elles exercent l'une sur l'autre, de loin, ont sur elles des conséquences inattendues et les bouleversent complètement. Or les simulations sur ordinateur de rencontres de ce type ont montré que l'effet premier de ces marées est d'engendrer deux bras spiraux étirés et symétriques (**voir dessin G**). Un des exemples les plus connus de ces rencontres défigurantes est le groupe de galaxies du Chien de chasse, Messier 51 et son compagnon NGC 5185. Ce dernier se trouve encore sur les "lieux du crime" : il est situé au bout de la déformation spirale qu'il vient de provoquer sur M51 en passant à ses côtés (**photo 9**). Avec une telle explication, un inconvénient demeure toutefois. Ces bras spiraux dus aux forces de marée, sont également transitoires. D'après les calculs les plus optimistes, ils

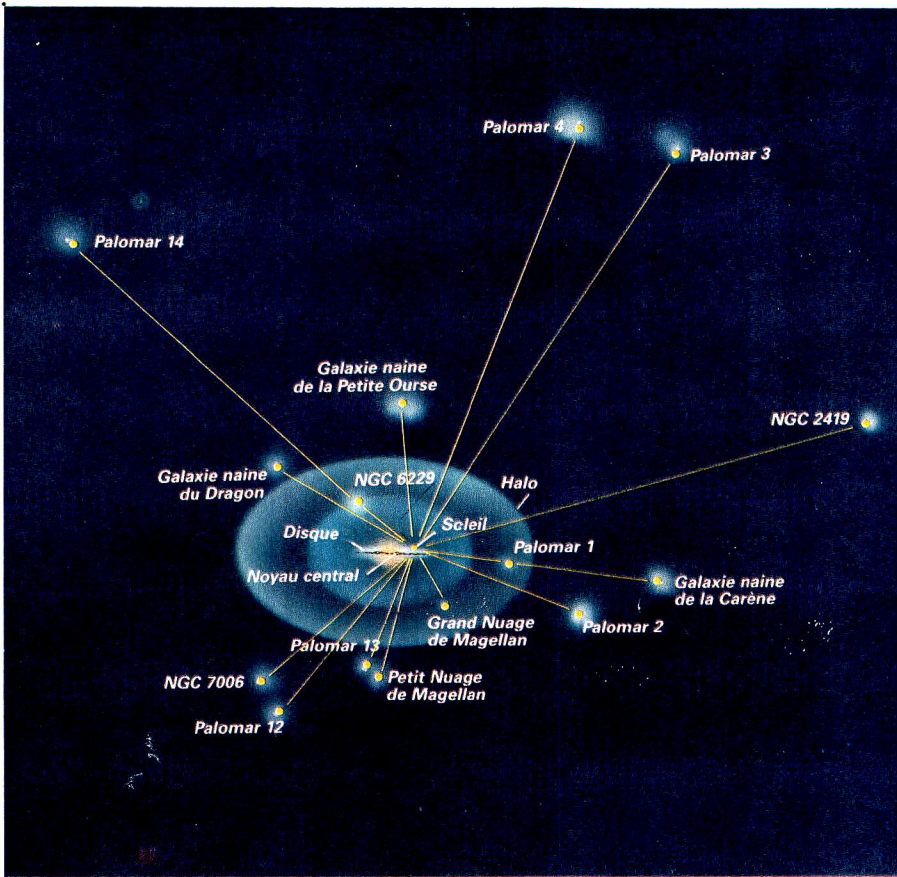
des ordinateurs, le nombre des étoiles mises en jeu dans la simulation fut d'un million seulement. C'est bien peu en comparaison du nombre réel d'astres dans une galaxie, mais suffisant pour décrire les phénomènes. Or ils constatèrent qu'une structure spirale se développait tout naturellement avec deux bras bien dessinés. Mais là encore cette structure était éphémère et disparaissait rapidement pour laisser place à une barre d'étoiles au centre du système.

Les chercheurs proposèrent donc des mécanismes pour retarder l'apparition de la barre d'étoiles. En particulier ils démontrèrent que la présence d'une sphère de matière massive dont le centre coïnciderait avec le centre galactique arrangerait bien les choses. Elle stabiliserait le système, pour peu qu'elle ne participe pas à la rotation galactique et soit suffisamment ramassée au centre. L'attraction gravitationnelle fixe et stable de cette sphère empêcherait en effet les étoiles

G



En simulation sur ordinateur, deux galaxies interagissent et se déforment pour ressembler à M 51.



Les voisins
de notre
Galaxie.

d'être complètement livrées à elles-mêmes, abandonnées à leur propre gravitation les entraînant irrémédiablement vers le centre et les forçant à se regrouper en "barre".

L'idée de cette sphère massive n'est d'ailleurs pas complètement fortuite. Nous avons bien un halo sphéroïdale composé de vieilles étoiles et d'amas globulaires. Bien sûr, sa masse est largement insuffisante pour stabiliser les bras de la Galaxie. Cependant les astronomes, en étudiant les mouvements du gaz interstellaire, ont acquis la quasi-certitude que de la masse invisible devait se cacher dans ce halo, comme d'ailleurs dans celui de toutes les galaxies extérieures. Car on ne saurait expliquer le mouvement de ces dernières dans leurs amas sans invoquer la présence de tels halos massifs. Leur masse invisible pourrait être d'ailleurs dix fois plus grande que celle qui est contenue dans leur disque sous forme d'étoiles. Mais la nature de cette matière fantôme reste pour l'instant inconnue. Est-elle constituée d'étoiles avortées, de neutrinos massifs ou de trous noirs ? Toutes les hypothèses sont pour l'instant permises.

Ces halos massifs pourraient, s'ils étaient suffisamment denses en leur centre, retarder l'apparition de la barre d'étoiles d'un temps comparable à l'âge de l'Univers aujourd'hui. Autrement dit, si cette théorie était vraie, les galaxies seraient observées actuellement dans leur phase spirale transitoire. Et c'est seulement dans plusieurs milliards

d'années que les bras disparaîtraient pour laisser place à une gigantesque barre. Le même sort est réservé à toutes les galaxies, et la Voie lactée ne serait pas épargnée : telle la Vénus de Milo, elle perdrait aussi ses bras.

D'après cette même théorie, entre les deux phases extrêmes, les galaxies traverseraient une période pendant laquelle elles possèderaient à la fois des bras et une barre, c'est-à-dire qu'elles seraient ce qu'on appelle communément des galaxies spirales barrées. Dans l'Univers actuel, il existe déjà des galaxies dans cet état (**photo 10**). Les observations indiquent même que les deux tiers des galaxies spirales ont une barre plongée dans leur cœur, y compris la nôtre qui appartient d'ailleurs à cette classe de mutants.

Toutefois on n'a que très peu d'informations sur ce qui se passe exactement dans le cœur transpercé de notre Galaxie. Le noyau central reste camouflé dans le bulbe, noyé dans de la poussière mélangée à du gaz interstellaire très dense. On sait depuis Harlow Shapley, nous l'avons vu, que ce noyau galactique se trouve dans la direction du Sagittaire, là où les nuées d'étoiles sont également les plus denses et les plus étendues (**photo 11**). Seulement impossible de voir exactement où, à cause de la poussière.

En 1959-1960 toutefois, le Français James Lequeux, maintenant directeur de l'observatoire de

(suite du texte page 157)

DIX ÉVÉNEMENTS ÉBRANLENT LA PHYSIQUE DES PARTICULES

La découverte du sixième et dernier quark complète le tableau des particules élémentaires constitutives de la matière ordinaire. Mais les expériences menées avec le collisionneur protons-antiprotons du CERN, à Genève, réservent encore quelques surprises. Une dizaine d'événements étranges y ont été recensés. Dix nouvelles portes dans l'édifice des sciences physiques. On saura bientôt ce qu'il y a derrière, mais pourra-t-on les ouvrir sans ébranler la maison patiemment construite depuis vingt ans ?

« Les explorateurs se croyaient parvenus aux confins d'un vaste désert. Or à peine eurent-ils avancé de quelques pas dans cette contrée aride que sous leurs yeux le désert a fleuri. » L'image vient d'être évoquée par Carlo Rubbia, l'un des deux responsables des expériences qui permirent aux physiciens du CERN ⁽¹⁾ de découvrir l'année dernière les fameux bosons intermédiaires et, tout récemment, le sixième quark ⁽²⁾. Après ces succès tant attendus, la poursuite de l'analyse mathématique de ces mêmes expériences révèle en effet la présence d'événements au contraire tout à fait inattendus, mystérieux et inexplicables.

Alors que l'existence des bosons venait une fois de plus confirmer la théorie, la dizaine de fleurs exotiques découvertes au printemps 1984 plongent les scientifiques dans la perplexité. Sur les milliards de chocs entre protons et antiprotons provoqués au cours des deux expériences UA1 et UA2 de l'année dernière, une petite dizaine ne correspond à rien de prévisible et paraît sortir du "modèle standard" qui définit le cadre théorique actuel de la physique des particules. Autant la découverte des bosons intermédiaires était à même de rassurer les physiciens, validant à la fois leurs calculs et leurs intuitions, autant l'apparition de cette flore insoupçonnée en plein désert théorique laisse prévoir un nouveau réaménagement de notre conception des constituants élémentaires de la matière.

Les chercheurs du CERN en sont réduits à ronger leur frein, en attendant le dépouillement de nouvelles expériences semblables à UA1 et UA2,

qui démarreront en septembre prochain. Ces expériences devraient permettre de reproduire de tels événements et d'affiner leurs caractéristiques. Leur principale originalité est pour l'instant de révéler la présence de masses correspondant à une énergie de 110 à 200 GeV ⁽³⁾, plage d'énergie dont la théorie prévoyait qu'elle resterait rigoureusement désertique. S'agit-il de nouvelles particules ? C'est l'hypothèse la plus probable, et déjà certains physiciens espèrent être sur la trace d'objets nommés "photinos", "gluinos" ou "gravitinos" et prévus par une théorie à la mode, la "supersymétrie". D'autres suggèrent plus simplement que ces événements témoignent de nouveaux types de réaction entre des particules connues.

Quoi qu'il en soit, l'excitation est à son comble. Car ce qui est en jeu, c'est l'élaboration d'une théorie unique permettant de rendre compte dans un seul modèle des quatre forces qui gouvernent l'Univers : la gravitation, la force électromagnétique, la force faible et la force forte.

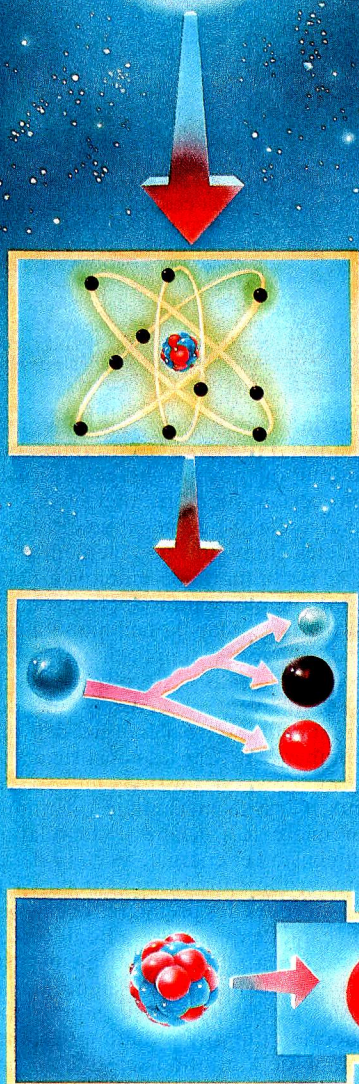
L'idée d'élaborer une théorie unifiée permettant de ranger sous sa houlette la totalité des phénomènes physiques guide la recherche depuis la nuit des temps. Les hommes ont toujours tenté de les classer, de déterminer les relations qui les unissent. Cette quête d'une unité fondamentale de la nature exprime une croyance, celle que l'infinie complexité apparente dissimule une grande simplicité. Avant même la naissance de la science, les philosophes de l'Antiquité avaient imaginé toute une série de systèmes du monde réduisant la nature à quelques éléments simples. Or les décou-

(suite du texte page 30)

(1) Centre européen de recherches nucléaires, près de Genève.

(2) *Science & Vie*, janvier, mars et août 83.

(3) 1 GeV (gigaelectronvolt) = 1 milliard d'électronvolts.



Les quatre forces de l'univers sont très différentes quant à leurs rôles, leurs intensités, leurs portées. Cependant les physiciens cherchent les liens invisibles et profonds qui permettraient de les unifier : trois, deux, voire une force unique régirait alors toute la matière. Cette unification est déjà amorcée : une même théorie décrit aujourd'hui la force électromagnétique et la force faible comme deux manifestations d'une même force dite "électrofaible".

Cette unité n'est cependant vérifiable que dans l'infiniment petit (dimensions inférieures à 10^{-16} cm). A une échelle supérieure, les quatre forces reprennent droit de cité :

La gravitation gouverne l'univers à l'échelle des galaxies et des étoiles et agit à notre échelle en attirant les objets vers la Terre. Mais elle ne joue aucun rôle dans le monde des particules.

La force électromagnétique est elle aussi sensible à notre échelle, elle joue même un rôle capital : c'est la lumière, l'électricité, le magnétisme, la chimie... C'est elle qui régit les relations entre les électrons et le noyau de chaque atome.

La force faible n'est pas perceptible à notre échelle : elle s'exerce dans le monde des particules, et se manifeste notamment par la radioactivité bêta.

La force forte domine le monde des particules et du noyau dont elle assure la cohésion, mais ne joue un rôle à notre échelle que depuis l'exploitation industrielle et militaire de l'énergie nucléaire.

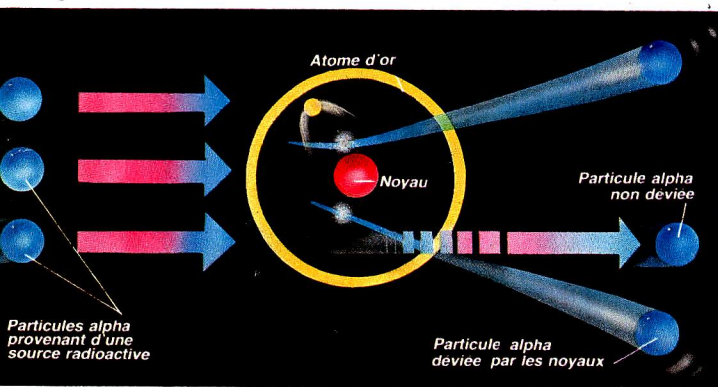
vertes de la physique contemporaine ne démentent pas le bien-fondé de cette attitude. La totalité de la matière, depuis les étoiles à neutrons jusqu'aux fleurs des champs, en passant par l'homme et ses rêves, semble n'être composée que de deux petites familles de particules, qui interagissent sous les auspices de quatre forces élémentaires. Mais c'est encore trop aux yeux des physiciens, qui considèrent comme possible l'avènement d'une théorie ne comprenant qu'une famille de particules, et une seule force rendant compte de toutes leurs interactions...

Malheureusement la nature a plus d'un tour dans son sac. Chaque fois que l'on croit s'approcher du but, que l'on retient son souffle pour crier victoire, voilà que de nouveaux "événements", de nouveaux faits incontestables viennent faire trébucher les amoureux de la simplicité.

Peut-on d'ailleurs réellement parler de simplicité ? Dans sa course vers le fondamental, la

ils étaient (et restent) classés en fonction de leur masse, laquelle détermine leurs propriétés chimiques. Mais déjà l'on découvrait l'électron et la radioactivité. L'atome ne méritait plus son nom. Il se révélait soudain divisible, composé d'éléments plus petits. Un nouveau monde s'ouvrait.

Pour comprendre ce qui se passe aujourd'hui au CERN, il faut se reporter à l'expérience que réalisa en 1911 le grand physicien anglais Rutherford. En soumettant une mince feuille d'or aux radiations d'une source radioactive, il constata que la plupart des particules alpha émises par cette source traversaient la feuille d'or sans que leur trajectoire fût modifiée, tandis que d'autres, plus rares, étaient déviées à de très grands angles. Il en déduisit que chaque atome d'or était, pour l'essentiel, constitué de vide, mais aussi d'un noyau très petit où se concentrait sa masse et une charge électrique positive capable de repousser les particules alpha. Peu après, Paul Langevin et Jean



La célèbre expérience de Rutherford qui a conduit à la découverte du noyau de l'atome, est l'ancêtre de toutes les expériences de physique nucléaire et de physique des particules. Rutherford a placé une feuille d'or devant une substance radioactive émettant des particules alpha. Il remarqua que la plupart des particules alpha traversaient la feuille d'or, sans modifier leur trajectoire ; seules quelques rares particules étaient déviées fortement. Il en déduisit que l'atome est fait essentiellement... de vide, mais comprend un noyau très petit et porteur d'une charge électrique positive capable de repousser les particules alpha passant à proximité.

physique s'éloigne toujours davantage de notre intuition. A supposer que la dizaine d'événements étranges découverts grâce au synchrotron géant du CERN viennent finalement renforcer la théorie standard, au lieu de l'ébranler, et témoignent comme certains l'espèrent, d'une étape supplémentaire vers l'unification, le public non spécialisé n'y verra jamais qu'un pas de plus vers une invraisemblable abstraction. Car si les éléments fondamentaux sont simples, ils ne peuvent plus être décrits qu'à l'aide de structures mathématiques complexes. Les comportements de ces éléments simples n'ont rigoureusement rien à voir avec l'intuition fournie par l'expérience concrète.

Il fallut attendre la fin du dix-huitième siècle, pour que semble se réaliser la prédiction du philosophe grec Démocrite, cinq siècles avant notre ère : « Rien n'existe, hormis les atomes et le vide. » Le mot « atome », en grec « ce qui ne peut être coupé », désignant le plus petit composant de la matière, prit en effet une réalité avec la formulation des lois de la chimie classique, celle de Lavoisier, Dalton, Gay-Lussac, Avogadro. Au début du dix-neuvième siècle, il était entendu que les différents éléments constitutifs de la matière sont tous faits d'atomes indestructibles, pouvant s'assembler en molécules. A la fin du siècle le physicien russe Mendeleïev pouvait faire rentrer tous les atomes possibles dans une table unique où

Perrin comprirent que l'atome, globalement neutre, possède une structure quasi planétaire : autour du noyau, chargé positivement, gravitent un certain nombre d'électrons, porteurs d'une charge électrique négative et responsable des propriétés chimiques de l'élément.

C'est la méthode employée par Rutherford qui continue d'être utilisée pour sonder la structure de la matière. Mais la technique a évolué : la source radioactive est remplacée par des accélérateurs de particules, sans cesse plus puissants. Plus le corps que l'on veut observer est de petite taille, plus grande doit être l'énergie des projectiles qui le bombardent. Car les constituants les plus petits de la matière sont aussi les plus solidement liés entre eux. C'est la mécanique quantique qui a pour la première fois éclairé cette relation inverse entre dimension et énergie, au cœur des problèmes posés aujourd'hui aux physiciens du CERN.

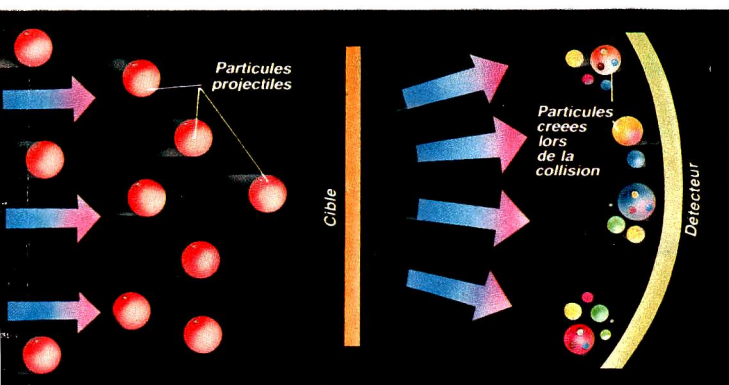
Au cours des premières décennies de ce siècle, la mécanique quantique a bouleversé les concepts de base de la physique, au même titre que la relativité, qui obligea les scientifiques à revoir leurs idées sur l'espace et le temps. Ce sont ces deux théories qui firent définitivement quitter le domaine de l'intuition sensible au profit de modèles mathématiques de plus en plus abstraits. Entre autres choses surprenantes, la mécanique quantique affirme que la lumière et toutes les ondes

électromagnétiques sont composées de petits grains de matière, les photons. Inversement, elle affirme que toutes les particules de matière sont également des ondes ou en tout cas se comportent comme des ondes. Tout objet élémentaire est à la fois onde et particule. Dans la théorie et dans la pratique de l'expérimentation, ce double visage de la matière est une donnée de base. Dans les esprits, c'est une autre affaire. Entre admettre et exploiter ce dualisme et le comprendre vraiment, il y a une marge que les physiciens ne franchissent pas tous de la même façon.

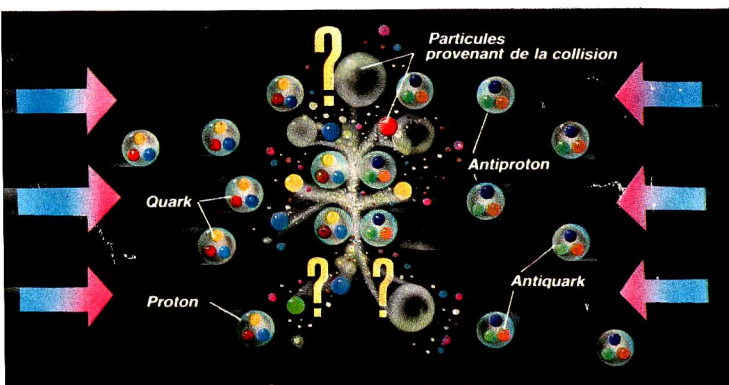
Plusieurs conceptions continuent de s'affronter sur le sens à donner à la dualité onde-corpuscule. Il ne faudrait pas croire que les physiciens soient plus capables que le commun des mortels d'appréhender la nature profonde de la matière, tant elle paraît éloignée de l'expérience commune. Mais la mécanique quantique a fourni la preuve de son efficacité. Si elle n'a pas à intervenir à l'échelle des

(10^{-11} cm) dont il irradiait la feuille d'or était inférieure à la taille des atomes d'or (10^{-8} cm), mais supérieure à la taille du noyau (10^{-12} cm), si bien que les alpha pouvaient traverser l'atome sans encombre mais étaient déviées par son noyau.

Il apparut bientôt que le noyau lui-même était divisible. Après l'identification du proton, en 1930, vint celle du neutron, en 1932. La méthode employée était toujours la même : pour pénétrer à l'intérieur du noyau, il fallait le bombarder avec des particules plus rapides, donc plus énergétiques, associées à une longueur d'onde plus courte. Il était dès lors possible de se faire une idée assez simple de l'atome : un noyau composé d'un agrégat de protons et de neutrons, de masse sensiblement égale, les premiers étant chargés positivement, les seconds étant neutres électriquement. Le nombre des électrons gravitant autour du noyau est égal au nombre des protons, afin que la charge électrique globale de l'atome reste neutre.



Pour sonder la matière, les accélérateurs remplacent aujourd'hui la source radioactive utilisée par Rutherford. Lorsque des particules de très grande vitesse issues d'un accélérateur viennent frapper une cible immobile, de nombreuses espèces de particules sont éjectées, qui ont été créées à partir de l'énergie issue du choc. En fait seule une petite fraction de l'énergie des particules-projectiles est libérée dans ce choc pour la fabrication de nouvelles particules ; la plus grande partie de l'énergie de départ est "perdue" — elle ne sert qu'à faire reculer la cible.



C'est pourquoi il est beaucoup plus efficace de provoquer la collision frontale de deux particules puissamment accélérées en sens inverse. Toute leur énergie est alors libérée dans le choc. Ce sont des collisions de ce type — en l'occurrence entre des protons et des antiprotons — qui permettent de produire l'énergie nécessaire à la création des bosons W^+ , W^- et Z observés au CERN l'an dernier.

phénomènes sensibles, elle gouverne le monde de l'infiniment petit. Elle établit en particulier, de manière rigoureuse, que plus une particule a d'énergie, plus la longueur d'onde qui lui est associée est courte. Ce qui explique la nécessité d'utiliser des particules dotées d'une très forte énergie si l'on veut sonder profondément la matière. En langage ondulatoire, on dira que plus l'objet à étudier est de petite dimension plus la longueur d'onde utilisée doit être courte.

C'est ainsi qu'on put établir avec précision la raison du succès de l'expérience de Rutherford. La longueur d'onde associée aux particules alpha

Mais une fois de plus, l'apparente simplicité céda la place à un nouveau terrain de complexité. En cette même année 1932 apparut un nouveau genre de matière, avec la découverte de l'antiélectron, ou positon, qui ne se différencie de l'électron que par sa charge électrique opposée, c'est-à-dire positive. Comme ce fut le cas l'année dernière pour les bosons intermédiaires, le positon avait été prévu par la théorie avant d'être mis en évidence expérimentalement. On peut en dire autant du neutrino, dont les physiciens prédirent l'existence en 1931, soit vingt-cinq ans avant sa découverte, en 1956. Le neutrino est un animal étrange : neutre.

presque ou complètement dépourvu de masse, il interagit très peu avec la matière qu'il rencontre. Fugace, il peut traverser la Terre sans s'arrêter. Il intervient dans la désintégration bêta (transformation d'un neutron en un proton et un électron).

Vers le milieu des années 1930, l'édifice atomique, légèrement ébranlé par ces deux nouvelles particules, subit un véritable coup de boutoir. Le physicien japonais Yukawa montra en effet, en développant la théorie de la mécanique quantique, qu'à chaque champ de forces, à chaque type de force doit correspondre une particule associée. C'est une conséquence logique de la dualité onde-particule. Ainsi, de même que le photon, connu depuis le début du siècle, sert à transmettre la lumière (et d'une façon générale la force électromagnétique), il doit exister une particule associée à la force nucléaire, celle qui unit les protons et les

d'un dix-milliardième de seconde.

L'aspect rassurant de cette floraison inattendue était qu'elle confirmait une fois de plus la célèbre formule d'Einstein $E = mc^2$. Elle signifie en particulier qu'une masse (m) peut se convertir en énergie (E) et inversement. Pour les physiciens, il existe une équivalence entre masse et énergie. C'est cette conversion de matière en énergie qui est utilisée dans les centrales nucléaires, avec la fission des atomes d'uranium. Dans un accélérateur à particules, la réaction est inversée : en entrant en collision avec les particules-cibles, les particules accélérées créent de nouvelles particules. C'est véritablement l'énergie conférée aux particules accélérées qui se convertit en particules d'un nouveau type. Plus les projectiles sont rapides, donc énergétiques, plus les particules créées sont lourdes. Les projectiles ne servent donc plus seulement à sonder la matière-cible, comme dans l'expérience de Rutherford, mais à créer de nouvelles formes de matière. C'est ainsi que les physiciens du CERN sont une nouvelle fois amenés à penser que la dizaine d'événements étranges repérés au début de cette année sont susceptibles d'ouvrir la porte à ce qu'ils appellent une "nouvelle physique".

Une vive lumière fut projetée en 1963 sur le zoo des particules, quand on établit que la plupart d'entre elles étaient en fait des assemblages de trois particules élémentaires, et de trois seulement : les quarks. Le mot est tiré du dernier roman de James Joyce, *La Veillée de Finnegan*. L'hypothèse des quarks fut confirmée quelques années plus tard en envoyant des électrons fortement accélérés frapper l'intérieur des protons. Comme dans l'expérience de Rutherford, la plupart traversèrent la cible sans être sensiblement déviés ; d'autres, plus rares, étaient déviés d'un assez grand angle. Il fallait bien en conclure que le proton est lui-même un animal composite. On savait qu'il avait une dimension (10^{-13} cm). On apprenait qu'il comprenait des objets très petits et chargés électriquement, dans lesquels on a reconnu les quarks prévus par la théorie.

Le paysage s'éclairait à nouveau. A la fin des années 60, trois sortes de quarks (et leurs antiquarks, de charge inverse) permettaient de rendre compte de l'une des deux grandes familles de particules, celle des hadrons. C'est à cette grande famille qu'appartiennent le proton et le neutron, les mésons, les hypérons. Toutes les combinaisons de trois quarks et de paires quark-antiquark correspondent à un hadron connu. On attribue au quark u (= *up*, haut) une charge électrique de $+2/3$, au quark d (= *down*, bas) et au quark s (= *strange*, étrange) une charge de $-1/3$. La charge d'un hadron est donnée par la somme des charges des quarks qui le composent.

Les quarks ont malgré tout une propriété troublante. En l'état actuel de notre savoir-faire, il n'est pas possible de les observer isolément. On sait séparer, stocker et accélérer un atome, un noyau, un proton, un électron. Les quarks, eux, n'ont jamais pu être détectés hors des hadrons. On a établi leur existence en bombardant des protons

PARTICULES DE MATIÈRE...

	LEPTONS		QUARK	
	Particule	Charge électrique	Particule	Charge électrique
1 ^{re} génération	Électron <i>e</i>	− 1	<i>d</i> (bas)	− 1/3
	Neutrino <i>e</i>	0	<i>u</i> (haut)	+ 2/3
2 ^e génération	Muon	− 1	<i>s</i> (étrange)	− 1/3
	Neutrino muonique	0	<i>c</i> (charme)	+ 2/3
3 ^e génération	Tau <i>Z</i>	− 1	<i>b</i> (beauté ou "bottom")	− 1/3
	Neutrino tauonique	0	<i>t</i> vérité ou "top")	+ 2/3

Voici rassemblées toutes les particules élémentaires de la matière dans l'état actuel des connaissances. Chacune d'elles possède une antiparticule. Le dernier quark "t" vient très probablement d'être observé expérimentalement, mais il était prévu théoriquement et très attendu : il vient de combler la dernière case d'un tableau offrant une symétrie assez frappante, non seulement entre les 3 couples de quarks, de charge $\pm 1/3$ et $\pm 2/3$, mais aussi entre la famille des quarks et celles des leptons.

Seule la première génération de leptons et de quarks (électron, neutrino, quarks u et d et leurs antiparticules) suffirait à reconstituer la matière ordinaire de l'Univers. L'existence de deux autres générations de particules apparemment "inutiles" constitue une énigme pour les physiciens

neutrons à l'intérieur du noyau.

Or en se lançant à la recherche de cette particule-vecteur de force, les expérimentateurs trouvèrent, un peu comme ce qui vient de se produire au CERN, des particules que personne n'attendait, notamment le muon μ , une sorte de superélectron très lourd. Entre la fin de la Seconde Guerre mondiale et le milieu des années 60, plus de cent particules furent identifiées. Toute une panoplie de superprotons, de superélectrons, de "mésons", etc. A la simplicité de la structure atomique du début des années 30 se substituait un univers d'une effrayante complexité, d'autant plus troublant que la plupart de ces nouvelles particules n'existent pas dans la matière ordinaire. Elles sont créées expérimentalement, sous le choc des collisions, et se désintègrent, pour la plupart, en moins

avec des électrons, un peu comme si l'on tirait au revolver sur un sac fait d'un matériau très résistant, capable de retenir les billes qu'il contient malgré le choc des balles qui le traversent. On voit bien que certaines billes ressortent du sac avec une trajectoire déviée, mais personne n'arrive à faire sortir la bille responsable de cette déviation. Si le sac (un proton ou un autre hadron) explose sous le choc, les billes (les quarks) s'arrangent pour fabriquer immédiatement d'autres billes et constituer de nouveaux hadrons. Cette impossibilité de séparer les quarks s'appelle le confinement.

A cette propriété troublante est venu s'ajouter un autre sujet de perplexité. La liste des quarks a elle aussi commencé à s'allonger... Un quatrième quark fut rendu nécessaire pour expliquer la découverte de nouveaux hadrons, produits par un grand accélérateur américain. On le baptisa c (=

...ET MESSAGÈRES DES FORCES

FORCE DE GRAVITATION

Gravitation (?),
(non observé)

FORCE	FORCE ÉLECTRO-MAGNETIQUE	Photon
ÉLECTROFAIBLE	FORCE FAIBLE	3 bosons : W^+ , W^- , Z^0
FORCE FORTE		8 gluons

Les particules messagères des quatre forces — ou plutôt des trois au stade actuel de leur unification — sont regroupées dans ce tableau. On les considère comme des "représentantes", des "médiatrices" de forces, mais non comme des constituants de la matière.

charm, charme). On établit ensuite, en 1977, l'existence d'un cinquième quark, appelé b (= *bottom* k , c'est-à-dire "bas" k pour les réalistes, mais *beauty*, c'est-à-dire "beauté" pour les physiciens-poètes). La théorie prévoyait également l'existence du sixième quark, qui vient d'être confirmée par l'équipe de Carlo Rubbia au CERN. Il a été baptisé t (= *top*, c'est-à-dire "haut" pour les réalistes, mais bien sûr *truth*, c'est-à-dire "vérité" pour les poètes).

En fait, quand ce sixième quark aura été découvert, les physiciens pensent qu'ils auront terminé leur tâche de classement des particules élémentaires constitutives des hadrons. Les mauvaises langues prétendent que les quarks pourraient être à leur tour composés de particules encore plus petites... Mais pour l'heure, beaucoup affectent de ne pas prendre au sérieux cette hypothèse consternante.

On souligne au contraire l'immense intérêt de la classification actuelle, qui met en relief d'extraordinaires propriétés de symétrie dans les constituants élémentaires de la matière. Car les six quarks (et leurs six antiquarks) sont eux-mêmes répartis en trois groupes de deux, classés par ordre de masse croissante. Or à côté de ces six quarks, constitutifs de la grande famille des hadrons, on

recense également six particules élémentaires, constitutives de l'autre grande famille, celle des leptons. Et ces six autres particules, doublées de leurs anti-particules, sont elles-mêmes réparties en trois groupes de deux, dont le premier élément est classé par ordre de masse croissante. Ces autres particules élémentaires, c'est bien sûr avant tout l'électron (et l'antiélectron, c'est-à-dire le positon), accompagné de son neutrino électronique de masse quasi nulle, ensuite le muon avec son neutrino muonique, enfin le tau avec son neutrino taonique.

On se trouve donc en présence de deux familles de particules élémentaires, les quarks et les leptons, en nombre identique et susceptibles d'être classés en fonction de leur masse. Autre symétrie frappante : c'est le premier couple de chaque famille, ce qu'on appelle la première "génération", qui constitue la matière ordinaire : les deux quarks les moins lourds (u et d) et le lepton le moins lourd (l'électron) suffisent pour fabriquer tous les atomes connus. Les deux autres générations, qui correspondent à des masses plus lourdes, n'existent pas dans la matière ordinaire. Ils sont créés au cours des expériences de collisions de particules. Leur existence pose l'une des énigmes majeures de la physique contemporaine.

Où peuvent se situer la dizaine d'événements étranges recensés ce printemps au CERN par rapport à ce tableau à douze entrées ? Pour tenter de comprendre le problème posé aux physiciens, il faut maintenant faire intervenir la théorie des forces. Car les douze particules élémentaires ne seraient rien sans les forces qui les font interagir, et dont elles ne sont peut-être que l'expression. Chacune de ces particules élémentaires est en effet, en dernière analyse, caractérisée par une certaine charge électrique, une certaine masse (c'est-à-dire une certaine énergie), une certaine manière de tourner sur elle-même. Autrement dit, chaque particule peut être considérée comme associée à la résultante d'un certain nombre de forces. A fortiori, chaque hadron, chaque particule composite, chaque atome, chaque molécule etc., correspond à la résultante de diverses forces qui interagissent.

Il est, en réalité, possible de penser la totalité de la matière, de l'infiniment petit à l'infiniment grand en termes de forces. Il est donc logique qu'à l'effort tendant à repérer et classer les particules élémentaires corresponde un effort tendant à repérer et classer les forces élémentaires. L'objectif final de l'œuvre entreprise est, bien entendu, de parvenir un jour à réunir forces et particules en un seul modèle cohérent, rendant compte des deux visages d'une même réalité.

Le tableau des forces fondamentales ne cesse d'évoluer. Les savants du début du dix-neuvième siècle avaient répertorié quatre forces : la gravitation, la force électrique, la force magnétique et la force moléculaire. De ces quatre forces il ne reste qu'une aujourd'hui : la gravitation. Au milieu du dix-neuvième siècle, le physicien écossais Maxwell a en effet montré que la force électrique et la force

magnétique ne faisaient qu'un. En énonçant les lois de l'électromagnétisme, il réunissait en quelques équations les phénomènes électriques, magnétiques et lumineux. Plus tard, avec la découverte de la structure atomique et de l'électron, ce qu'on appelait la force moléculaire vint sagement se ranger dans la force électromagnétique, entraînant toute la chimie dans son sillage. Du coup, il n'y avait plus que deux forces dans l'univers : la gravitation, qui fait tomber la pomme et tourner les planètes, et la force électromagnétique. Mais très vite, la découverte du proton et du neutron, la compréhension de la structure de l'atome, conduisirent les physiciens à admettre l'existence d'une troisième force : la force nucléaire, ou force forte, qui unit les particules constitutives du noyau. Après quoi il fallut introduire une quatrième force fondamentale, capable de rendre compte de la

Pour comprendre le chemin parcouru, et évaluer le chemin à parcourir, il faut revenir sur les caractéristiques des quatre forces fondamentales telles qu'on les définissait jusqu'à l'année dernière.

- La gravitation reste un monstre à part. Elle agit sur la totalité de la matière mais son action n'est significative que pour les masses importantes. On dit que son intensité est faible. A l'échelle des particules, elle n'entre pas en jeu. En revanche, sa portée est infinie. Lorsque d'énormes quantités de particules sont rassemblées, comme dans les planètes et plus encore les étoiles, elle exerce son pouvoir sur des distances astronomiques.

- La force faible (ou interaction faible) a une intensité plus forte que la gravitation, puisqu'elle agit au niveau particulaire. Mais sa portée est insignifiante : 10^{-16} cm environ. C'est dire qu'elle n'exerce son pouvoir que sur une distance égale au millième du diamètre du proton (10^{-13} cm). Le neutrino n'est sensible qu'à cette interaction faible, ce qui explique son caractère fantomatique, presque insaisissable. Pourtant, le rôle de la force faible est considérable : responsable de la transformation d'un neutron en un proton et un électron (radioactivité bêta), elle est à l'origine des rayons du Soleil — et des étoiles — sans lesquels la vie serait bien sûr impossible.

- La force électromagnétique nous est plus familière. Elle est sensiblement plus intense. Elle n'agit que sur des particules électriquement chargées (protons, électrons) et sa portée est infinie. Contrairement à la gravitation, elle ne joue cependant aucun rôle apparent à l'échelle astronomique, car sur des longues distances les charges positives et négatives se compensent, la matière est neutre. Elle commande le métabolisme du corps (échanges d'électrons) ainsi que les réactions chimiques et rend possible la majeure partie de ce qu'on appelle le progrès technique : télévision, moteurs, etc.

- La force nucléaire, ou interaction forte, n'affecte que les hadrons, autrement dit les quarks. Son intensité est considérable, mais sa portée ne dépasse pas la taille du proton. Elle est cent fois plus puissante que la force électromagnétique, cent mille fois plus puissante que l'interaction faible et... 10^{40} fois plus puissante que la gravitation (1, suivi de quarante zéros !). L'interaction forte s'exerce à deux niveaux au moins. A l'échelle la plus grande, c'est elle qui "tient" le noyau de l'atome, c'est-à-dire maintient solidement unis les protons et les neutrons qui le composent. Mais c'est aussi elle qui lie les quarks entre eux à l'intérieur des protons, des neutrons et d'une façon générale des hadrons.

Ce tableau des quatre forces fondamentales pourrait sembler relativement simple. Il se complique dès qu'on tente de concevoir clairement ses relations avec les deux grandes familles de particules élémentaires, les leptons et les quarks. La démonstration de Yukawa reste valable : à chaque champ de forces doit correspondre une particule associée. C'est la vieille question de l'action à distance, délibérément écartée par Newton car il

UN MODÈLE DÉPASSÉ

« Après moi le désert » prédisait le modèle standard. Le désert, pour les physiciens, c'est une plage d'énergie vide de nouveaux phénomènes, et supposée s'étendre entre la région déjà explorée du modèle standard — région de l'unification "électromagnétisme-force faible" prouvée par la découverte de bosons — et le domaine inconnu de la grande unification.

Les théories de grande unification en cours d'élaboration dépassent et prolongent le modèle standard en tentant d'unir forces forte et électrofaible. Elles prédisent l'existence de nouvelles particules, comme la théorie électrofaible avait prévu les bosons. Mais ces particules atteindraient des masses colossales : 10^{14} GeV, mille milliards de fois la masse des bosons ! (Ce qui exclut de les créer dans un accélérateur).

L'extrapolation du modèle standard sous forme de grande unification suppose donc l'absence de structures nouvelles entre 100 GeV, masse des bosons et 10^{14} GeV, masse des particules de grande unification, (ce n'était déjà guère satisfaisant pour beaucoup de physiciens).

Et voici qu'une dizaine d'événements mettant en jeu des énergies de 100 à 200 GeV — domaine prétendument désertique — pourraient soutenir un autre type de théories beaucoup plus ambitieuses, dites de supersymétrie, qui unifieraient toutes les forces — y compris la gravitation.

radioactivité bêta : la force faible. On revenait à un système à quatre forces !

L'espoir des physiciens contemporains est, en un sens, de renouveler l'exploit de Maxwell et de réduire à nouveau ces quatre forces à trois, puis deux, puis une. Les expériences UA1 et UA2 menées au CERN l'année dernière représentent de ce point de vue une victoire éclatante. Elles permirent en effet de confirmer ce que les théoriciens prévoyaient depuis quelque temps, à savoir l'unité de la force électromagnétique et de la force faible : on parle maintenant de la force électrofaible. Les quatre forces ne sont donc plus, à nouveau, que trois... comme du temps de Maxwell !! Parviendrait-on à poursuivre cette œuvre de réduction ? C'est bien ce dont rêvent les physiciens, et c'est la raison pour laquelle la dizaine d'événements étranges découverte ce printemps provoque leur excitation.

ne savait pas par quel moyen la résoudre : comment la pomme "sent"-elle l'attraction terrestre, comment "sait"-elle qu'elle doit tomber ? Comment l'électron qui tourne autour du noyau "ressent-il" la présence de cette charge électrique positive ? La physique moderne donne une réponse à cette question longtemps considérée comme oiseuse : chaque force fondamentale se transmet obligatoirement par l'intermédiaire d'une ou plusieurs particules, qui n'appartiennent à aucune des deux grandes familles des leptons et des quarks.

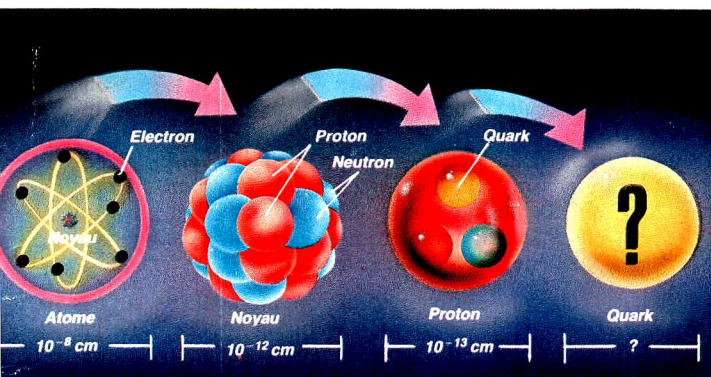
C'est en cherchant à préciser la nature de certaines de ces particules-vecteurs que les physiciens du CERN ont mis en évidence la dizaine d'événements étranges sur lesquels ils s'interrogent aujourd'hui. Les expériences UA1 et UA2 avaient en effet pour objet de détecter les médiateurs de la

eux-mêmes composés de deux particules distinctes...

On ne connaît pas et l'on ne semble pas près de rencontrer l'hypothétique "graviton", vecteur de la force gravitationnelle. C'est l'affaire des astrophysiciens. La gravitation étant une force d'une intensité extraordinairement faible, la découverte de sa particule médiatrice reste problématique. Elle s'inscrit dans le cadre de la théorie de l'espace-temps élaborée par Einstein. La gravitation est indissociable de la courbure de l'espace décrite par la relativité, de la courbure de la matière elle-même. Inutile de chercher à se représenter intuitivement le graviton : il ne sera qu'une entité mathématiquement résolument abstraite.

Si l'effort de recherche a spécialement porté, en 1983 et 1984, sur les médiateurs de l'interaction faible, c'est qu'il devenait enfin possible de les détecter expérimentalement. Dès la fin des années 60, trois physiciens, Glashow, Weinberg et Salam, suivant les travaux de Higgs, avaient mis au point un modèle qui unit l'interaction faible et l'interaction électromagnétique. Ils prédisaient ainsi l'existence de trois "bosons intermédiaires", particules médiatrices de l'interaction faible et permettant, à une échelle très petite (10^{-16} cm), de faire le lien avec le photon, donc avec la force électromagnétique.

LES DIFFÉRENTS NIVEAUX DE LA MATIÈRE



force faible, responsable de la désintégration bêta.

On connaît depuis longtemps la particule médiatrice de la force électromagnétique : c'est le photon, le fameux "grain de lumière", électriquement neutre et de masse nulle. C'est lui qui permet par exemple à l'électron de "ressentir" la charge positive du noyau. La mécanique quantique, devenue l'électrodynamique quantique (EDQ), établit que le photon "transporte" le champ électromagnétique. Inversement, on peut dire que ce champ est une manifestation du photon.

On connaît depuis quelques années seulement huit particules médiatrices de l'interaction forte : ce sont les gluons. Comme leur nom l'indique, ils "collent" les quarks ensemble à l'intérieur des hadrons (protons, neutrons etc.), et les hadrons entre eux à l'intérieur du noyau. Chaque quark étant affecté d'une "couleur" (comparable à la "charge" de l'électron), la théorie qui décrit leurs relations est appelée "chromodynamique quantique" (CDQ). La différence principale entre le photon et les gluons est que ces derniers modifient la "couleur" des quarks sur lesquels ils agissent, alors que le photon, neutre, ne modifie pas la charge des particules sur lesquelles s'exerce le champ électromagnétique. Les physiciens se demandent aujourd'hui si les gluons ne sont pas

Les trois bosons ont été baptisés W^+ , W^- et Z^0 . Contrairement aux photons, qui n'ont pas de masse, ils sont dotés d'une masse relativement élevée. D'autre part, W^+ et W^- sont des particules chargées (alors que le photon est neutre) et sont capables de créer une charge positive et une charge négative. C'est ainsi que dans la désintégration bêta, le neutron (neutre) se transforme en un électron de charge négative et en un proton de charge positive. Quant à Z^0 , un peu plus lourd que les deux autres, il est neutre comme le photon.

Une fois que la théorie les eut définis, c'est une véritable course aux bosons qui s'est engagée de part et d'autre de l'Atlantique. La difficulté était de dégager une énergie suffisante pour observer la création de ces particules très lourdes à durée de vie très courte (10^{-25} seconde). C'est alors que les physiciens du CERN eurent l'idée d'aménager le plus puissant synchrotron dont ils disposaient, le SPS (supersynchrotron à protons), chargé jusqu'alors d'accélérer des protons. Ils le transformèrent en collisionneur protons-antiprotons, ce qui permettait d'accéder à des énergies très supérieures. En effet, lorsqu'une particule-projectile, comme dans l'expérience de Rutherford, heurte une particule-cible fixe, la majeure partie de son énergie cinétique sert à faire reculer la cible et non à la faire exploser. Tandis que lorsque deux particules animées de la même vitesse se heurtent de front, la totalité de leur énergie peut être utilisée pour la fabrication de nouvelles particules. Les techniciens du CERN procédèrent donc à une

première innovation, qui consistait à fabriquer, stocker et accélérer des antiprotons. Après quoi protons et antiprotons ont été injectés dans l'anneau de 3 km de diamètre du SPS où ils furent accélérés simultanément en sens inverse, pour atteindre une énergie de 270 GeV, libérant au moment de la collision une énergie de 540 GeV.

Pour comprendre ce qui va suivre, il faut savoir que, conformément à la célèbre équation d'Einstein, la masse d'une particule peut être exprimée en unité d'énergie. Un gigaélectronvolt (GeV) égale un milliard d'électronvolts. Une bonne référence est le proton, dont la masse est voisine de 1 GeV (exactement 0,938 GeV). L'électron, lui, ne pèse que 0,0005 GeV, soit environ 2 000 fois moins. La masse des bosons intermédiaires est de 81 GeV pour les deux W et 93 GeV pour le Z⁰.

On peut se demander pourquoi une énergie de 540 GeV est nécessaire pour faire apparaître des bosons dont la masse est inférieure à 100 GeV. C'est que les collisions protons-antiprotons font intervenir 6 quarks (trois pour chaque proton et chaque antiproton). Elles donnent donc lieu à des phénomènes fort complexes. Seule une fraction de l'énergie totale peut être consacrée à la fabrication de bosons. En fait, un tel événement ne se produit qu'une fois sur cent millions de collisions.

Dans l'anneau de collision, le faisceau de protons et le faisceau d'antiprotons se croisent en six points. Sur deux de ces points sont placés les détecteurs les plus énormes et les plus complexes existant au monde : UA1 et UA2. La présence de deux détecteurs pour analyser le même phénomène offre une garantie supplémentaire contre d'éventuelles erreurs. Les événements observés ne sont pas non plus absolument identiques (puisque'ils proviennent de deux lieux de collision différents), ce qui permet d'obtenir des informations supplémentaires.

L'expérience UA1 est la plus lourde : 130 physiciens européens et américains sont attelés à une machine de 2 000 tonnes. L'expérience UA2, qui se révéla aussi riche d'enseignements, comprend seulement 60 chercheurs européens.

Le rôle des détecteurs consiste à donner avec un maximum de précision un maximum de caractéristiques pour un maximum de particules issues de la collision. Ils combinent toutes les techniques de détection connues. Grâce aux chambres à fil et à ionisation, il est possible de reconstituer la trajectoire des particules. Divers calorimètres permettent de mesurer leur énergie. Obtenues sous forme d'impulsions électriques, les données sont traduites en nombres et enregistrées au fur et à mesure sur des bandes magnétiques, qui sont ensuite dépouillées par ordinateur.

Les détecteurs ont fort à faire. Un proton et un antiproton se rencontrent toutes les 8 microsecondes, mais une collision authentique n'a lieu que toutes les 100 microsecondes (1 microseconde = 1

millième de seconde). Le détecteur doit donc analyser les caractéristiques des multiples particules qui le traversent en quelques milliardièmes de seconde avant l'événement suivant. Il est évidemment hors de question que le détecteur puisse analyser en détail une moyenne de 10 000 événements par seconde, compte tenu du fait que chaque événement contient des milliers de données. Les physiciens imposent donc au détecteur des critères de sélection, correspondant à la catégorie d'événements qu'ils recherchent.

En l'occurrence, un milliard de collisions protons-antiprotons produit en moyenne 30 bosons W⁺, 30 bosons W⁻ et 10 bosons Z⁰. Comme les bosons se désintègrent en 10⁻²⁵ seconde, le détecteur ne peut les piéger directement. On ne peut les identifier qu'après leur mort, grâce aux produits de leur désintégration. En disparaissant, les bosons créent soit des paires quark-antiquark, qui se transforment aussitôt en hadrons, soit des leptons, pour l'essentiel des électrons, des positons, des muons et des neutrinos. Dans le premier cas, lorsque la désintégration d'un boson donne une gerbe de hadrons, il est impossible de l'identifier à coup sûr car les hadrons se mêlent aux hadrons créés par d'autres types de réaction. Fort heureusement, la désintégration d'un boson W peut donner un électron et un neutrino, aisément repérables du fait de leur énergie très élevée, tandis que la désintégration d'un boson Z⁰ produit un électron et un positon, également bien caractérisés par l'énergie qu'ils transportent.

Ce que l'on mesure directement n'est pas l'énergie du boson mais ce qu'on appelle l'énergie transverse des leptons produits par leur désintégration. C'est l'énergie repérée dans le plan du détecteur, perpendiculairement à l'axe des faisceaux de collision protons-antiprotons. Ainsi, les électrons et les positons issus de bosons signalent leur présence par le repérage d'une énergie transverse de 30 à 40 GeV. Le neutrino signale sa présence par une "énergie manquante" également calculable.

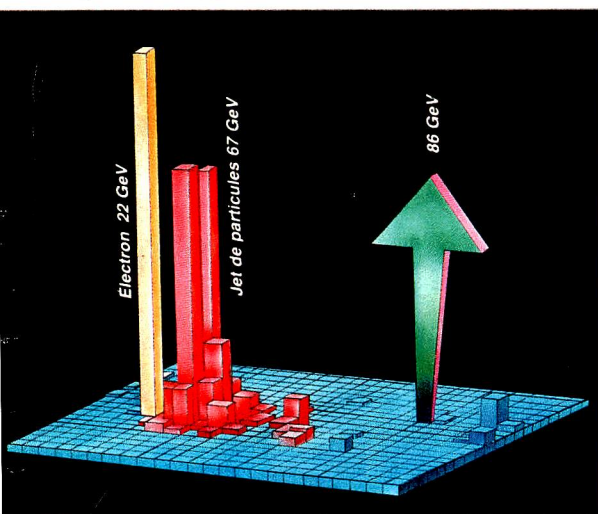
Les physiciens du CERN ont programmé leurs détecteurs pour qu'ils ne se livrent à une analyse détaillée que si la collision engendre un lepton d'énergie transverse supérieure à 15 GeV. Au cours de l'expérience faite sur UA1, 30 000 événements obéissant à ce critère ont été analysés. Après plusieurs séries d'éliminations successives, 50 événements furent identifiés comme "signant" la présence de bosons. L'équipe UA2 a également trouvé plusieurs dizaines de bosons, dont huit Z⁰ (ce sont les plus rares).

La confirmation de l'existence de ces trois bosons médiateurs de la force faible, l'année dernière, a représenté une importante étape sur la voie de l'unification des forces. Elle confirme en effet qu'en dépit de différences apparemment insurmontables, la force électromagnétique et la force faible se confondent dans l'infiniment petit. Au-delà de 10⁻¹⁶ cm, les bosons W et Z se comportent comme des photons. La différence entre des

deux forces n'apparaît qu'au-dessus de cette distance critique. La force faible apparaît alors beaucoup plus faible et les bosons prennent du poids, alors que les photons restent sans masse.

Ce changement de comportement d'une échelle à l'autre est appelée "brisure de symétrie". Il s'agit d'un phénomène fondamental, observable à tous les niveaux de la physique. Les éléments de symétrie qui caractérisent un objet, donc rendent compte des relations mathématiques, n'est pas la même suivant l'échelle à laquelle l'objet est appréhendé. La symétrie d'un cristal n'est observable qu'à une certaine distance. Si l'on grossit beaucoup l'observation au microscope, on ne peut plus voir qu'un inextricable réseau d'atomes, tandis qu'une nouvelle symétrie apparaîtrait si un microscope nous permettait de voir les électrons tourner au-

UN DES "ÉVÉNEMENTS" MYSTÉRIEUX QUI DÉFIE LE MODÈLE STANDARD



Pour représenter cette collision proton-antiproton analysée par le détecteur UA2 au CERN, on a reporté l'énergie "transverse" (voir l'article) des particules issues de la collision en fonction de la direction dans laquelle elles sont émises (définie par 2 angles). Le grand pic à gauche représente un électron et non loin de lui un groupe de pics signale un "jet" de particules émises dans des directions voisines. Deux caractéristiques ont frappé les physiciens. Les énergies très élevées de l'électron et du "jet" et l'absence de particules observables dans une direction opposée. Car selon la loi fondamentale, les différentes particules issues de la collision devraient être émises dans des directions telles que leurs énergies "s'équilibrent". La flèche indique l'emplacement de "l'énergie manquante" nécessaire pour contrebalancer celles du jet et de l'électron. Généralement l'énergie manquante est celle d'un neutrino indétectable par les détecteurs. Or, aucune réaction connue ne met en jeu un neutrino de telle énergie...

forces fondamentales s'appelle aussi théorie de la "supersymétrie".

L'euphorie qui a suivi la découverte des trois bosons et le baptême de la force "électrofaible", qui permet de réduire de nouveau à trois le nombre des forces fondamentales de l'univers, est malheureusement troublée par la dizaine d'événements étranges, inclassables, qui ont été mis en évidence ce printemps 1984 en poursuivant le dépouillement des expériences UA1 et UA2. Comme on l'a vu, la preuve de l'existence d'un boson se fait en calculant la masse de la particule qui a produit l'énergie transverse des leptons fabriqués par la désintégration. Si la somme de l'énergie transverse de l'électron et de l'énergie manquante du neutrino permet, par exemple, de reconstituer une masse de 81 GeV pour la particule-mère, on sait que celle-ci était un boson W. Si l'on arrive à 93, on sait que la particule-mère était un boson Z°. Les événements étranges découverts au début de l'année montrent que dans certains cas, les produits de la désintégration correspondent à une masse d'origine sensiblement plus élevée, de l'ordre de 110 à 200 GeV. Or aucune particule n'est prévue par la théorie dans cette plage d'énergie. Que viendrait faire une particule de masse plus d'une fois et demie plus élevée que celle des bosons ? On se perd en conjectures.

Ces événements étranges ne sont pas identiques. L'un des plus intéressants, produit par UA1, montre un "jet" de hadrons d'énergie transverse de 50 GeV et une énergie manquante de 63 GeV. Ce phénomène, qui implique l'existence d'une masse supérieure à celle des bosons W, est incompréhensible. Un autre événement, produit par UA2, montre à la fois un électron d'énergie transverse de 22 GeV, un jet de hadrons totalisant 67 GeV et une énergie manquante de 86 GeV. Cela fait vraiment beaucoup. Devant la multiplication de ces événements étranges, le physicien John Ellis a rappelé le conseil de Sherlock Holmes au docteur Watson : « Si plus d'un événement insolite arrive, il devrait y avoir un lien ». Quel est ce lien ? L'opinion commune est qu'un "nouveau domaine de la physique" est en train de s'ouvrir.

Les expériences UA1 et UA2 vont reprendre en septembre. On s'attend à une nouvelle moisson d'événements étranges, qu'il faudra des mois pour dépouiller. Peut-être est-on enfin sur la trace de ces mystérieux photinos, gravitinos, gluinos, prévus par la théorie de la supersymétrie, qui seraient les cousins des particules correspondant aux trois grandes forces de la nature. Peut-être est-on aussi sur la trace d'une quatrième catégorie de bosons, les bosons de Higgs, également prévus par la supersymétrie. Le boson de Higgs serait chargé de faire le lien entre la force électromagnétique et l'interaction faible, en conférant sa masse aux bosons W et Z°. Mais la théorie prévoit pour le boson de Higgs une masse de l'ordre de 1 000 GeV. La plage de 110 à 200 GeV où se sont manifestés les événements étranges correspondent bien à un désert théorique.

Hélène GUILLEMOT ■

tour du noyau. On peut faire le même genre de constatation en observant les étoiles, ou encore en s'éloignant ou en se rapprochant d'un tapis géométrique. Cette notion de symétrie joue un rôle de plus en plus important en physique mathématique. La théorie de la "grande unification" des quatre

UN GÈNE ANORMAL POUR COMPRENDRE LE VIEILLISSEMENT

Des biologistes voulaient vérifier qu'une maladie rare du système nerveux, la chorée de Huntington, est bien héréditaire. Ils en ont presque trouvé le gène. Puis ils débouchent sur un vaste domaine : l'explication du vieillissement du système nerveux, un phénomène qui ressemble à certains égards à cette affection.

● La chorée de Huntington doit son nom au médecin américain qui l'a décrite pour la première fois en 1878. Elle se manifeste d'abord par des contractions musculaires involontaires ou choréiques (parce qu'ils évoquent la danse), tantôt lentes, tantôt brusques, comme des tics, des maladroitness, qui peuvent passer inaperçus. Plus tard, les gestes et la démarche, deviennent grotesques, apparaissent alors des troubles mentaux : modification du comportement social, perte des inhibitions sexuelles, déclin intellectuel. Peu à peu, les mouvements choréiques s'aggravent — torsions du tronc, déformation du visage — et, lorsque la mort survient, à la suite de troubles profonds de toutes les fonctions, le malade est grabataire ou invalide.

La maladie progresse si lentement que, souvent, elle n'est pas diagnostiquée à son début. Ainsi, le chanteur populaire américain Woody Guthrie, qui en est mort, a d'abord été traité pour alcoolisme et schizophrénie présumée, qui n'étaient pour rien dans les symptômes qu'il développait. L'étude de familles dont certains membres étaient victimes de la chorée de Huntington a permis d'identifier le mode de transmission héréditaire de cette maladie : il n'est pas récessif, mais dominant, c'est-à-dire que la transmission d'un seul gène défectueux, par un des parents, suffit pour la déclencher (le mode de transmission récessif implique, lui, la transmission d'un gène défectueux par chacun des parents, l'enfant recevant ainsi une paire de gènes anormaux).

Un programme de recherche du gène responsable par la technique des manipulations génétiques a été mis sur pied en 1979, sous l'impulsion de la Hereditary Disease Foundation, fondation américaine de recherche sur les maladies héréditaires. C'était une gageure : on ne savait pas si c'était un gène ou plusieurs qui étaient en cause, ni sur lequel des 46 chromosomes humains se trouverait ce gène, ni même par quel mécanisme il déclenchait la maladie, plusieurs dizaines d'années après la naissance.

Un résultat : on a trouvé le bout d'ADN responsable de la maladie

Ces travaux viennent d'aboutir. Les 14 chercheurs américains et vénézuéliens qui les ont menés, dirigés par le Dr James F. Guesella, généticien au Massachusetts General Hospital (Boston), ont publié dans la revue *Nature* le résultat d'une enquête qui leur a permis d'identifier le marqueur génétique de la chorée de Huntington : un segment d'ADN, matériau de l'hérédité, dont la présence dans une cellule humaine signifie que l'individu est porteur du gène de la maladie.

Pour mener à bien leurs recherches, il leur a d'abord fallu collecter des cellules d'un grand nombre de ces malades. Aussi, le Dr Nancy Wexler, directrice de la Hereditary Disease Foundation, a fait appel au Dr Michael Conneally, de l'université de l'Indiana. Celui-ci avait établi une liste des familles américaines touchées par la maladie,

c'est-à-dire ayant, au moins, un de leurs membres atteint. On a donc prélevé sur chacun d'eux — qu'il soit déjà atteint ou non — des échantillons de sang et de peau à partir desquels on allait tenter d'isoler l'ADN.

Mais ce n'était pas suffisant. Peu de temps après, les chercheurs américains se sont associés avec des médecins vénézuéliens qui avaient eux-mêmes à traiter, dans la région du lac Maracaibo, 100 cas de chorée de Huntington, tous descendants d'une femme qui vécut dans la région au début du siècle dernier et dont le père, un marin d'origine allemande, souffrait sans doute de la maladie. Cette femme, particulièrement féconde, a eu une descendance très importante : environ 3 000 personnes à ce jour, car chaque nouvelle famille donnait le jour à 16 ou 17 enfants. Aussi, actuellement, outre les 100 malades, il y a 1 100 enfants et jeunes gens dont la moitié pourrait avoir hérité du gène et serait donc parmi les futures victimes.

Le Dr Wexler a alors mis sur pied une équipe pluridisciplinaire pour enquêter sur place : prélèvements d'échantillons de sang et de peau, examens neurologiques, interrogatoires familiaux. Près de 600 échantillons ont été expédiés au laboratoire du Dr Gusella à Boston. Là, les généticiens ont appliqué une méthode récente qui permet de rechercher un gène dont on ne connaît ni le code, ni la fonction précise, ni la position.

En gros, on part de l'idée que le gène responsable de la maladie est transmis avec un petit groupe d'autres gènes et donc on recherche, dans les échantillons d'ADN, les séquences que l'on ne retrouve pas chez les individus sains. Pour ce faire, on utilise les "ciseaux" du génie génétique que sont les fameuses enzymes de restriction, qui permettent de fragmenter l'ADN en des endroits précis et d'isoler ainsi des séquences de bases connues. C'est ainsi que les chercheurs ont repéré assez rapidement, un segment d'ADN commun aux malades uniquement. Du même coup, ils avaient trouvé pour la chorée, l'enzyme de restriction capable de reconnaître la séquence concernée.

Cela se passait à l'été 83. Le segment d'ADN a été localisé sur le chromosome 4 et d'après les statistiques établies à partir des données américaines, les porteurs de ce groupement courent 80 risques contre 1 d'être atteints de la maladie. L'examen des échantillons vénézué-

liens ne fit que renforcer les conclusions du Dr Gusella. Là, en effet, la probabilité pour que le marqueur soit effectivement celui de la maladie, passait à 100 millions de risques contre un.

La zone d'ADN comprenant le fameux gène comporte quelques millions de bases (ou lettres) de l'alphabet génétique, ce qui est un nombre suffisant pour coder une centaine de gènes. Parmi eux, celui de la Chorée de Huntington n'a pas encore été identifié mais, dès maintenant il est possible, grâce au test de l'enzyme de restriction, d'identifier dans les familles atteintes les personnes qui en ont hérité.

Il pourrait sembler que la possibilité de sélection du gène responsable soit une découverte heureuse. Elle pose pourtant des problèmes éthiques délicats. En effet, une enquête préliminaire a montré que la moitié environ des individus "à risque" susceptibles d'avoir hérité du gène, ne veulent pas savoir s'ils l'ont ou pas. Ayant vu des membres de leur famille atteints de la maladie et en mourir, ils pensent que la certitude d'être eux-mêmes atteints, tôt ou tard, serait difficilement supportable. D'autres en revanche veulent en avoir le cœur net et prendre en considération leur maladie s'ils sont atteints, ou être libérés de toute anxiété, pour eux-mêmes et leur descendance, s'ils ne le sont pas.

Autre problème : si un homme susceptible d'avoir hérité du gène se marie et que sa femme est enceinte, celle-ci peut souhaiter savoir si son fœtus est atteint. L'examen de tissu fœtal ou du liquide amniotique permettra d'identifier la présence du marqueur et elle pourra choisir l'avortement. Mais, du même coup, son mari saura qu'il est condamné à plus ou moins brève échéance, sans avoir été lui-même soumis à un examen.

« Que faire ? » se demande le Dr Conneally. Il n'est pas question de réaliser des examens systématiques dans toutes les familles, comme on vérifie par exemple la comptabilité des rhésus sanguins entre deux futurs parents. A l'université de l'Indiana, un comité éthique a été formé pour étudier chaque cas individuellement. Jusqu'à présent les chercheurs ont pris toutes les précautions pour ne pas publier des résultats susceptibles de permettre l'identification des sujets porteurs du gène. Mais, selon les auteurs de l'article de *Nature*, les données sont disponibles sur demande si leur confidentialité peut être assurée.

Malgré ces problèmes, la décou-

verte du marqueur apporte l'espoir que cette maladie, rare certes (5 à 10 individus pour 100 000), mais cruelle, pourra être éliminée. En tout cas, deux approches sont possibles :

- La première consisterait dans le dépistage précoce du marqueur chez le fœtus, et l'avortement. La transmission serait interrompue, sans pour autant que le couple, dont un des membres est porteur, soit condamné à ne pas avoir d'enfants ; un tel couple a, en effet, chaque fois, une chance sur deux d'avoir un enfant normal. De sorte que le dépistage systématique, dans les familles atteintes permettrait la disparition du gène, d'autant que la probabilité d'une mutation spontanée, donnant lieu au gène déficient, est très faible, les cas connus de chorée de Huntington ayant toujours été observés dans des familles déjà touchées.

Un espoir : identifier le gène lui-même et le modifier.

- La seconde approche est l'identification du gène et du mécanisme par lequel il provoque cette maladie dégénérative du système nerveux. C'est maintenant l'objectif des chercheurs américains et vénézuéliens.

Cette tâche n'est certes pas aisée, mais on sait comment s'y attaquer. On peut rechercher d'autres enzymes de restriction qui feraient une coupure, non seulement d'un côté du gène, comme c'est le cas actuellement, mais des deux côtés. Cela permettrait d'isoler une brique d'ADN plus petite, avec moins de gènes, dont il sera plus facile d'étudier le code et la fonction.

Une fois le gène isolé, on pourrait déterminer la protéine dont il commande la synthèse et peut-être identifier le mécanisme par lequel le système nerveux est atteint. Si l'on y parvient, la prévention de la maladie, chez un porteur du gène, pourra être envisagée, comme c'est la cas pour la phénylcétonurie. Cette maladie héréditaire grave, à transmission récessive, est caractérisée par un déficit enzymatique empêchant la dégradation d'un acide aminé, la phénylalanine. Alors que l'équipe du Dr Gusella publiait ses travaux sur le marqueur génétique de la chorée de Huntington, une autre équipe, celle du Dr Savio L.C. Woo, du Howard Hughes Medical Institute, au Baylor College of Medicine à Houston, Texas, et du Dr Flemming Güttler, de l'Institut John F. Kennedy à Glostrup, Da-

nemark, identifiait le gène humain de l'hydroxylase de phénylalanine, l'enzyme hépatique qui permet la conversion de la phénylalanine en tyrosine, et qui fait défaut chez les patients atteints de phénylcétonurie. Grâce à cette découverte, un test prénatal de diagnostic de la maladie va être mis au point, et la prévention qui consiste surtout en un régime pauvre en phénylalanine pourra être précoce, et commencer par une modification du régime alimentaire de la mère.

Pour l'instant, le test de la chorée de Huntington qui n'a été appliqué que sur les deux groupes familiaux américains et vénézuéliens, doit être mis à l'épreuve chez d'autres familles. Les chercheurs doivent également s'assurer qu'il n'y a pas ailleurs, dans le génome humain, un autre gène qui contribue à déclencher la maladie, bien que, à leur avis, ce soit peu probable. Ils estiment, en effet, que dans l'hypothèse où la maladie serait transmise par plusieurs gènes, il y a une forte présomption pour qu'il s'agisse d'un groupement situé sur la même brique d'ADN et sur le même chromosome.

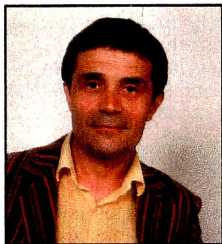
L'identification du gène de la chorée de Huntington présente un intérêt qui dépasse la maladie elle-même : elle devrait permettre de répondre à des questions fondamentales concernant le développement de la dégénérescence du système nerveux dans le vieillissement. Non que l'on suppose qu'un gène particulier soit responsable du vieillissement ; mais l'action destructrice du gène de la chorée pourra expliquer pourquoi le système nerveux vieillit. C'est une illustration de plus du vieux principe : expliquer le normal par le pathologique.

Enfin, c'est la première fois que l'on réussit, par cette méthode, à identifier un marqueur génétique dont on ne savait ni la fonction précise, ni la position. On peut espérer que d'autres maladies ou prédispositions pathologiques pourront être dépistées de cette manière : hémophilie, myopathie, diabète, hypertension, obésité.

Une maladie très répandue, la maladie d'Alzheimer, pourrait également être identifiée par cette méthode. Il s'agit d'une démence sénile due à une atrophie de l'écorce cérébrale. Outre un agent infectieux connu, le prion, elle pourrait être la conséquence d'une prédisposition génétique favorisant la dégradation des cellules nerveuses.

Jean FERRARA ■

LA FOLIE LYSENKISTE AVAIT AUSSI DES RACINES EN FRANCE



Denis
Buican

Le vent de non-sens qui troubla quelques biologistes en 1948 ne soufflait pas seulement de la bouche du Soviétique Lyssenko. Il puisait une partie de sa force dans l'illusion lamarckienne de l'hérédité des caractères acquis dont furent victimes quelques biologistes français.

● Août 1948 : à la fin d'une session dont les débats ressemblaient davantage à un procès politique qu'à une discussion entre scientifiques, l'Académie des sciences de l'URSS porte une condamnation qu'elle croit sans appel contre la théorie moderne de l'hérédité, illustrée par les découvertes de Mendel, de Weismann et de Morgan (!).

Les généticiens soviétiques ressuscitent le mythe lamarckien des caractères acquis, selon lequel le corps des êtres vivants, ou *soma*, peut transmettre ses modifications, dues au milieu, à son patrimoine héréditaire, le *germen*. Or, la génétique moléculaire tient que la transmission héréditaire ne se fait que de l'ADN vers les protéines, par l'entremise de l'ARN. Parfois, il y a une transmission de l'ARN vers l'ADN, mais jamais des protéines vers l'un des deux. Un bûcheron ne transmet pas ses gros bras à ses enfants. Cette folle baliverne est pourtant le triomphe de l'agronome Trofime Lyssenko, ennemi acharné de la génétique et apôtre du "mitchourinisme".

Les généticiens russes sont réduits au silence. Le plus connu, Vavilov, qui devait présider en 1939 le congrès international de génétique d'Edimbourg, mourra obscurément en captivité quatre ans plus tard, cependant que Lyssenko accumulera les honneurs jusqu'à sa disgrâce en 1965.

Promue article de foi à Moscou, la "nouvelle biologie" fut embrassée avec enthousiasme par tous ceux qui, à travers le monde, professaient un attachement incondi-

tionnel à son pays d'origine. En France, Louis Aragon prit la tête d'une campagne retentissante. Cet étrange épisode de l'histoire des sciences vient d'être retracé par un ancien professeur à l'université de Bucarest, maintenant professeur à Nanterre, Denis Buican (?). Dans la communauté scientifique, quelques chercheurs se laissèrent prendre au fantasme du lyssenkisme, se lançant dans des expériences dont les résultats, présentés d'abord comme une confirmation des thèses de Lyssenko, ne devaient pas résister longtemps à l'épreuve de l'observation et d'une critique sérieuse.

Horticulteur habile, Mitchourine avait sélectionné des lignées d'arbres fruitiers résistant aux rudes conditions de l'hiver russe. De la "main verte" il était passé à la théorie, s'imaginant qu'il était possible de créer des variétés nouvelles non par hybridation des cellules germinales comme on savait le faire depuis longtemps, mais par des greffes ou en plaçant le végétal dans des conditions inhabituelles qui "ébranlent" ou "affolent" ses traits héréditaires.

Succédant à Mitchourine, Lyssenko appliqua ce principe à la vernalisation, méthode qui consiste à traiter des semences pour hâter leur développement : des blés de variétés ordinairement semés en automne et condamnés à subir en terre les aléas de la mauvaise saison, peuvent n'être semés qu'au printemps si les grains, mouillés dès la moisson qui les a produits, sont ensuite séchés et conservés. Grâce à ce traitement

préalable, les semences peuvent attendre le printemps et la moisson se fera avant l'hiver.

Cette technique, dont Lyssenko n'était nullement l'inventeur, ne se pratique guère (en raison du travail et du matériel nécessaires) que sur des quantités limitées. Mais Lyssenko soutint que les propriétés des blés vernalisés pouvaient être héritées par leurs descendants, lesquels n'auraient plus besoin de traitement préalable pour semer de vastes étendues en Russie. Cette perspective d'un miracle agricole ne pouvait qu'être bien accueillie dans un pays qui, en ce domaine, souffrait de graves difficultés. La réalité ne répondit pas aux espérances.

Exprimée dans le langage des généticiens, l'idée de base du mitchourin-lyssenkisme était que des modifications apportées artificiellement au phénotype, c'est-à-dire aux caractères apparents d'un organisme vivant, peuvent s'inscrire dans son génotype, c'est-à-dire dans les caractères qu'il transmettra à ses descendants. Parmi les expériences tentées hors d'URSS, celle dont on parla le plus fut l'œuvre d'une équipe dirigée par Jacques Benoit, professeur au Collège de France. Elle consista à injecter à de jeunes canards de la race Pékin, dès leur éclosion, de l'ADN provenant de canards de la race Khaki Campbell. L'utilisation de l'ADN, qui est effectivement le support des caractères héréditaires, ne doit pas faire illusion sur la nature de l'expérience : l'ADN n'était pas introduit dans les cellules germinales — futurs ovules ou spermatozoïdes — mais dans le circuit sanguin du récepteur. A ce stade l'opération ne diffère guère des changements apportés au développement d'un organisme jeune par des molécules actives telles que des hormones ou même simplement l'alcool, grâce auquel des éleveurs d'animaux domestiques de luxe obtiennent des individus nains, ce caractère n'étant aucunement transmis à leur descendance. Une première communication à l'Académie des sciences fit état de diverses modifications observées au cours de la croissance des canetons Pékin traités à l'ADN Khaki : dans leur bec, la forme de leur tête et de leur corps, et même leur démarche et leur maintien. Un peu plus tard, une autre note signalait que les canards ainsi modifiés, devenus adultes, avaient donné naissance à des poussins « dont une proportion importante différait du type

originel Pékin par la coloration du bec et des pattes ».

Bien que très fortement en retrait par rapport à la précédente, cette observation incitait le professeur Jacques Benoît à déclarer un peu hâtivement que les résultats ne paraissaient pas explicables par les données de la génétique classique et devaient conduire à chercher « des explications nouvelles ». Ce qui était une avance discrète en direction du lysenkisme. Hélas ! aux générations suivantes il fallut bien renoncer à trouver chez les canards prétendument modifiés la moindre différence avec le type ordinaire de leurs ancêtres Pékin. Un silence pudique tomba sur l'affaire. Que s'était-il réellement passé ?

Sans doute le phénotype des premiers canetons Pékin avait-il été altéré par l'injection d'ADN Khaki. Peut-être un peu de cet ADN était-il resté dans les tissus de leurs descendants à la première génération. A moins qu'il y ait eu autosuggestion chez les chercheurs voulant se persuader qu'ils avaient mené à bien une expérience sensationnelle. Toujours est-il que des caractères acquis par le phénotype ne s'étaient nullement incorporés au génotype, cela en conformité avec la génétique classique et en contradiction avec le lysenkisme. Diverses expériences analogues, notamment l'injection de sang de pintade à des poules blanches, essayée à la même époque par un maître de recherche au CNRS, Pierre Leroy, et par un assistant à la Faculté de médecine de Genève, le docteur Jean Stroun, n'ont finalement pas laissé de trace plus durable.

Dans le chapitre qu'il consacre au courant lysenkiste en France, Denis Buican en cherche la cause principale dans l'idéologie dont étaient pénétrés les admirateurs de tout ce qui venait d'Union soviétique. Un tel facteur a sûrement eu son importance. Ceux qui ont connu cette époque se rappellent la ferveur des cercles d'"amis de Mitchourine", dont les militants semaient dans leur jardin du blé ramifié prétendument obtenu par l'agronomie russe, alors que cette variété était déjà connue dans l'Egypte antique. Mais il faut remonter plus loin. Les lysenkistes français ne se réclamaient d'ailleurs pas unanimement de l'idéologie en question. Mais l'illusion lysenkiste a trouvé dans les milieux scientifiques français un terrain historiquement préparé, ainsi que l'expliquent fort bien

les chapitres précédents de l'ouvrage de Buican.

Bien avant Trofime Lysenko, il y a eu Jean-Baptiste de Lamarck. Certes, nul parallèle n'est possible entre les deux hommes. L'un fut un arriviste et, dans une large mesure, un imposteur, qui dut sa temporaire réussite à la faveur d'un autocrate. L'autre vécut dans la pauvreté, sacrifiant ses maigres ressources à la poursuite de ses recherches. Lamarck fut le premier à affirmer clairement, face à Cuvier et aux fixistes, que les espèces vivantes ont dérivé les unes des autres, et à élaborer une théorie cohérente de l'évolution. Il pensait que l'être vivant s'adapte autant que possible aux besoins créés par le milieu où il vit. Il acquiert ainsi des caractères qu'il transmet à ses descendants. L'exemple bien connu est celui de la girafe qui, pour atteindre les feuilles des arbres, aurait étiré son cou en hauteur, léguant cet allongement à son girafon, lequel à son tour l'accentua et ainsi de suite de génération en génération, jusqu'à l'espèce actuelle.

Quand à la fin du XIX^e siècle l'Allemand August Weismann reprend les thèses de Darwin qui font de la sélection naturelle le moteur de l'évolution, le lamarckisme est éliminé : l'hérédité est transmise sans subir l'influence des individus qui la portent. La redécouverte des lois de Mendel donne le départ à la génétique contemporaine. Les célèbres expériences de l'Américain Thomas Hunt Morgan sur la mouche du vinaigre concrétisent les idées de Weismann en attribuant aux chromosomes le rôle de supports de l'hérédité.

Pourtant, en France, la plupart des scientifiques commencèrent par minimiser la portée des lois de Mendel et des travaux de Morgan. Un professeur de zoologie de Nancy, Lucien Cuénot, se fit plutôt mal voir pour avoir retrouvé dans le règne animal les lois de Mendel et mené des expériences infirmant la prétendue transmission héréditaire d'un caractère acquis : la cataracte induite chez le lapin par ingestion de naphthaline. Si l'on trouve des cataractes chez les petits de lapines gestantes ayant reçu de la naphthaline, c'est tout simplement qu'ils ont été eux-mêmes intoxiqués par la naphthaline passant dans le placenta. Cuénot finit par abandonner ses recherches de génétique, peut-être, selon Buican, à cause de sa solitude expérimentale qui était la sienne alors que « régnait à la Sorbonne une biologie géné-

rale fortement imprégnée par le combat stérilisant entre néo-lamarckistes et néo-darwinistes ». L'adversaire le plus acharné du mendélisme et de la théorie chromosomique de l'hérédité était Etienne Rabaud, professeur (depuis 1923) de biologie expérimentale en Sorbonne ; il rejetait en bloc la génétique avec une violence préfigurant les fureurs lysenkistes. Il ne manquait pas en France de biologistes — tels Maurice Caullery et Jean Rostand — mieux ouverts aux progrès de la science de l'hérédité. Mais la position dominante des néo-lamarckiens exerçait une influence néfaste sur l'ensemble de la recherche. Lors de la IV^e conférence internationale de génétique de 1911 — qui se tenait à Paris ! — la participation française fut remarquablement terne. Proposé en 1924 pour une place de correspondant de l'Académie des sciences, Morgan ne recueillit pas un seul suffrage. Il fut admis en 1931, trois ans avant de recevoir le prix Nobel. Il fallut attendre 1945 pour qu'une chaire de génétique fût créée en France, 1965 pour que le jury Nobel récompense trois chercheurs français pour des découvertes ayant une grande importance en génétique.

Cherchant les racines du mouvement lysenkiste en France, Buican les trouve dans l'idéologie à laquelle adhéraient la plupart de ses protagonistes. Il est vrai que pour certains, tout ce qui venait d'URSS était alors tenu pour infaillible.

Buican lui-même, dans la plus grande partie de son ouvrage, ne montre-t-il pas que la virulence du lysenkisme a tenu à ce qu'il était, pour une bonne part, un chirurgien du tronc néo-lamarckien ? En 1894, un professeur de Rennes publiait déjà une note sur la modification de génotypes végétaux par des greffes. Ce qui était du lysenkisme avant la lettre... La morale de cette affaire — comme de bien d'autres — c'est sans doute que la science ne fait bon ménage ni avec l'intrusion d'un Etat totalitaire, ni avec les préjugés chauvins, ni avec le fanatisme de quelque horizon qu'il vienne.

Michel ROUZÉ ■

(1) Voir *Science & Vie* n° 800, p. 54 et suivantes : « Il y a cent ans mourait le moine aux petits pois ».

(2) *Histoire de la génétique et de l'évolutionnisme en France*, par Denis Buican, Presses Universitaires de France, 422 pages, Paris 1984.

DIDEROT BIOLOGISTE AVANT LA BIOLOGIE

Il y a exactement deux cents ans, le 30 juillet 1784, Denis Diderot mourait à Paris. Pour beaucoup, ce nom évoque seulement le formidable mouvement littéraire et philosophique du siècle des Lumières. Mais en fait, pour avoir dirigé l'élaboration de l'"Encyclopédie" durant 26 ans, Diderot s'était intéressé à toutes les formes de connaissance. Et notamment aux mathématiques, à la médecine et à la biologie, où il fait souvent figure d'avant-gardiste, annonçant les grandes découvertes du XIX^e siècle.

● L'*Encyclopédie*, œuvre magistrale du siècle des Lumières, fut une contribution essentielle à l'évolution et même à la révolution des mentalités en France, et dans une Europe imprégnée de langue et de culture française. Si le siècle de l'*Encyclopédie* peut être appréhendé comme celui d'une « adolescence de la science moderne », selon l'éclatante formule de Louis de Broglie, il apparaît d'évidence que Diderot, l'esprit directeur de ce monumental travail, fit œuvre d'éclaireur, se situant à l'avant-garde de la science et de la pensée de l'époque.

L'histoire de l'*Encyclopédie* commence en 1746, quand un libraire, Le Breton, s'adresse à Diderot pour adapter la *Cyclopædia* que Chambers avait déjà donnée à l'Angleterre⁽¹⁾. S'attelant à la tâche à 33 ans, Diderot avait 59 ans, en 1772, à la parution du dernier volume : pendant plus de 25 ans il a donc effectué un immense travail, sans commune mesure avec la force d'un seul homme. Il est vrai que les premiers treize ans il fut co-directeur avec d'Alembert. Mais ce dernier se retirant en 1759, il reste seul maître à bord de cette arche de Noé de l'esprit pour les treize années qui restent encore jusqu'à l'accomplissement de l'œuvre. Les rapports avec les quatre libraires associés — Le Breton, Briasson, David et Durant — ne restèrent pas toujours au beau fixe. Ainsi, quand un jour de l'automne 1764, Diderot constata que l'éditeur a défiguré partiellement son œuvre par des coupes franches aux ciseaux, il adresse à Le Breton une lettre fulgurante : « Vous m'avez

mis dans le cœur un poignard que votre vue ne peut qu'enfoncer davantage », et il se déclare « blessé pour jusqu'au tombeau ».

Certains peuvent reprocher à Diderot de n'avoir pas suivi au jour le jour le contrôle de la fabrication de l'*Encyclopédie*. Mais la critique est pâle au regard de l'immensité de la tâche, poursuivie dans une quasi clandestinité à certains moments de son élaboration et même de sa publication. Car le 8 mars 1759, le Conseil du Roi infirme le privilège donné à l'*Encyclopédie* 13 ans plus tôt et interdit la vente et la distribution des tomes déjà parus. Le 21 juillet de la même année, le Conseil d'Etat va jusqu'à ordonner aux libraires-éditeurs de restituer les sommes déjà perçues aux souscripteurs. Et le 3 septembre 1759, c'est le pape Clément VII qui jette ses foudres et sa damnation contre le grand ouvrage en des termes sans équivoque : « *Damnation et prohibitio operis in plures tomos distributi, cujus est intitulus Encyclopedie.* »⁽²⁾. Mais Diderot maintint le cap contre vents et marées et, avec un courage tempéré par le doigté, parvint à ses fins : à partir de 1776, les derniers volumes de l'*Encyclopédie* arrivèrent aux souscripteurs. Ceux-ci eurent d'ailleurs une attitude exemplaire, car aucun d'eux ne se présenta pour toucher son dû lorsqu'en 1759 le Conseil d'Etat prit la décision que nous savons.

Une encyclopédie pose toujours le problème de la synthèse de travaux individuels et collectifs, qui doivent en principe s'imbriquer d'une manière harmonieuse. Diderot lui-même, dans l'article intitulé "Encyclopédie" (paru dans le tome 6 en

(1) En fait Diderot n'accepta guère d'être un imitateur de Chambers. Il fit donc œuvre originale et l'*Encyclopédie* fut un nouveau dictionnaire universel de fabrication française.

(2) "La condamnation et l'interdiction d'un ouvrage distribué en plusieurs tomes, qui porte le nom d'Encyclopédie."

1755), explique qu'une telle entreprise ne peut être menée à bien ni par un gouvernement, ni par une académie, ni par une personne seule, car elle requiert une « société de gens de lettres et d'artistes épars, occupés chacun de sa partie et liés seulement par l'intérêt du genre humain et par un sentiment de bienveillance réciproque ». Diderot précise encore : « Je dis une société de gens de

dans une lettre datée du 24 avril 1751, Buffon écrit à propos du dernier volume de l'*Encyclopédie* : « Je l'ai parcouru ; c'est un très bon ouvrage. » Et quelques années plus tard, le 20 juin, il dit par lettre à d'Alembert, à propos de son *Discours préliminaire* : « C'est la quintessence des connaissances humaines, mais ce suc n'est pas fait pour tous les estomacs, et je crois que vous n'aurez



Denis Diderot jeune, tel que le voyait son contemporain, le peintre Jean Honoré Fragonnard.

lettres et d'artistes afin de rassembler tous les talents. » Et l'*Encyclopédie* peut en effet se flatter de la collaboration, au moins théorique, d'une poignée de célébrités comme, par exemple, Buffon, Voltaire, Montesquieu, Rousseau... Mais dans la réalité la majeure partie de la tâche était supportée par Diderot.

A propos de ces différents collaborateurs, précisons que les rapports du grand naturaliste Buffon avec les Encyclopédistes ont été diversement interprétés. Ainsi, Louis Dimier — un historien d'art disciple de Maurras — considère que Buffon, devenu un aristocrate conservateur, aurait été a priori un adversaire des Encyclopédistes. Toutefois cette image ne semble guère être la vraie car,

d'abord que l'admiration des gens de beaucoup d'esprit et qu'il vous faudra vous passer pour quelques temps du suffrage des autres. Les pédants surtout feront la grimace, et les sots, même les demi-sots, parleront beaucoup et ne vous entendront pas. Avec tout cela, ce morceau ne peut manquer d'avoir le plus grand succès. »

Donc, les rapports du célèbre naturaliste avec les Encyclopédistes semblent excellents, du moins au commencement, et en 1752 Diderot annonce même dans le deuxième volume de l'*Encyclopédie* qu'un article de Buffon intitulé "Nature" paraîtra dans ce grand dictionnaire. Cet article ne devait jamais être publié. Mais, semble-t-il, seulement à cause de la prudence de Buffon, dont Condorcet

LA LETTRE SUR LES AVEUGLES...

LETTRE

S U R

LES AVEUGLES.

A L'USAGE

DE CEUX QUI VOYENT.

Poffant, nec posse videntur.
Sic inquit Diderot.



A L O N D R E S.

M D C C X L I X.

Les textes de la *Lettre sur les aveugles* (1749) et du *Rêve de d'Alembert* (1769) sont riches en réflexions éclairantes sur l'idée que Diderot avait de la Nature. Y faisant plusieurs fois référence dans notre article, nous avons jugé bon de reproduire ici les passages les plus représentatifs de ses conceptions "biologiques".

« Si un homme qui n'a vu que pendant un jour ou deux, se trouvait confondu chez un peuple d'aveugles, il faudrait qu'il prit le parti

de sa tare, ou celui de passer pour un fou. Il leur annoncerait tous les jours quelque nouveau mystère qui n'en serait un que pour eux, et que les esprits forts se sauraient bon gré de ne pas croire. Les Défenseurs de la Religion ne pourraient-ils pas tirer un grand parti d'une incrédulité si opiniâtre, si juste même à certains égards, et cependant si peu fondée ? Si vous vous prêtez pour un instant à cette supposition, elle vous rappellera sous des traits empruntés l'histoire et les persécutions de ceux qui ont le malheur de rencontrer la vérité dans des siècles de ténèbres, et l'imprudence de la déceler à leurs aveugles contemporains, entre lesquels ils n'ont point eu d'ennemis plus cruels que ceux qui, par leur état et leur éducation, semblaient devoir être les moins éloignés de leur sentiments.

« Si jamais un philosophe aveugle et sourd de naissance fait un homme à l'imitation de celui de Descartes, j'ose vous assurer, Madame, qu'il placera l'âme au bout des doigts ; car c'est de là que viennent ses principales sensations et toutes ses connaissances. Et qui l'avertirait que sa tête est le siège de ses pensées ?

« Nous ne sommes donc presque rien : cependant combien d'écrits dont les auteurs ont tous prétendu savoir quelque chose ! »

... ET LE RÊVE DE D'ALEMBERT

« ... mais puisque vous le voulez, je vous dirai que, grâce à notre pusillanimité, à nos répugnances, à nos lois, à nos préjugés, il y a très peu d'expériences faites ; qu'on ignore quelles seraient les copulations tout à fait infructueuses ; les cas où l'utile se réunirait à l'agréable ; quelles sortes d'espèces on se pourrait promettre de tentatives variées et suivies, si les Faunes sont réels ou fabuleux ; si l'on ne multiplierait pas en cent façons diverses les races de mulets, et si celles que nous connaissons sont vraiment stériles. Mais un fait singulier, qu'une infinité de gens instruits nous attesteront comme vrai, et qui est faux, c'est qu'ils ont vu dans la basse-cour de l'archiduc un infâme lapin qui servait de coq à une vingtaine de poules infâmes qui s'en accommodaient ; ils ajouteront qu'on leur a montré des poulets couverts de poils et provenus de cette bestialité. Croyez qu'on s'est moqué d'eux.

« Avez-vous vu au Jardin du Roi, sous une cage de verre, un orang-outang qui a l'air d'un saint Jean qui prêche au désert ? ... Le cardinal de Polignac lui disait un jour : "Parle et je te baptise". »

Passages extraits de *Diderot, Œuvres*. Texte établi et annoté par André Billy, Bibliothèque de la Pléiade, Gallimard, 1951.

avait écrit : « Il avait besoin et de repos et du concours général des suffrages ; or, quiconque attaque des erreurs... doit s'attendre à voir ses jours troublés, et chacun de ses pas embarrassés par des obstacles. »

Les idées nouvelles de Buffon et son transformisme limité — refoulé semble-t-il pour ne pas scandaliser l'Eglise — devaient, malgré tout, lui attirer la condamnation de plusieurs de ses propositions par les théologiens de la Sorbonne d'alors en 1751. Notamment, en considérant la sédimentation des fossiles, Buffon ruinait les préjugés de l'Eglise en attribuant à la Terre un âge d'environ 74 000 ans... au lieu des 6 000 admis... Mais il s'inclina devant la Faculté de Théologie de la Sorbonne en se rétractant sur ce problème de la formation de la Terre, non sans déclarer toutefois à un interlocuteur : « Quand la Sorbonne me fait des chicanes, je n'ai fait aucune difficulté de lui donner toutes les satisfactions qu'elle a pu désirer : ce n'est qu'un persiflage, mais les hommes sont assez sots pour s'en contenter. » Que Buffon ne fut guère prêt au sacrifice pour défendre ses idées, résultait entre autres d'une lettre adressée en 1760 à son ami le président de Brosses, un collaborateur de l'*Encyclopédie*. Se rapportant à un discours consacré à une réception à l'Académie française, il n'hésite pas à mettre noir sur blanc : « Je sens que je serais obligé de supprimer le peu de bonnes choses qu'il y aurait à dire : mais enfin, comme disait quelqu'un, il vaut encore mieux être plat que pendu. »

Indépendamment de cette prudence (réelle), des escarmouches avec les philosophes écartent plus tard Buffon de l'*Encyclopédie* : Voltaire le moque sans raison à propos des coquilles fossiles, que Buffon considérait comme des restes d'espèces perdues ; tandis que d'Alembert raille un Buffon qui prêtait le flan à la critique par une sorte de vanité autoritaire. Enfin, dans la dernière époque de sa vie, Buffon semble davantage encore séparé des Encyclopédistes pour des raisons politiques masquées par une attitude religieuse : ainsi, il prit pour principe de respecter une religion nécessaire au peuple pour l'empêcher de tomber dans les excès. Ce froid jeté entre Buffon et les Encyclopédistes est fort regrettable pour les progrès de la science. Mais comme l'histoire ne peut être refaite, il faut revenir à Diderot si l'on veut étudier la biologie de l'*Encyclopédie*.

Dans cette immense mosaïque que représente l'*Encyclopédie*, voyons donc les parties consacrées à la biologie, somme synthétique du XVIII^e siècle qui prépare la révolution scientifique, et notamment évolutionniste, du siècle suivant. Sans jamais avoir été un expérimentateur, Diderot avait des connaissances profondes des sciences naturelles et de la médecine, puisées dans les livres ou au contact direct des médecins célèbres de l'époque. En outre, il fit même des recherches mathématiques, ce que peu de gens savent. Il est vrai qu'une anecdote célèbre, plutôt apocryphe, raillant son ignorance mathématique et son athéisme n'était pas pour servir la réputation de Diderot. Répandue surtout par un livre du mathématicien anglais

Augustus de Morgan publié à Londres en 1872, cette anecdote raconte qu'invité à la cour de Russie par Catherine II, il devint indésirable à cause de conversations dans lesquelles il faisait preuve d'athéisme, malgré la protection de l'impératrice. Alors on imagina un petit complot à la cour : le mathématicien Euler approcha Diderot eu public et lui lança avec assurance : « Monsieur, $\frac{a + b^n}{n} = x$, donc Dieu existe ; répondez ! » Diderot resta semble-t-il un instant interloqué sous les éclats de rire de la cour. Puis, se rendant compte de la malveillance que rencontrait son discours à la cour de Russie, il reprit son bâton de pèlerin et revint à Paris.

Même s'il est probable que cette anecdote soit fausse, elle nous révèle les difficultés d'un esprit aussi libre que celui de Diderot dans l'ambiance conformiste qui régnait dans certains milieux "huppés" de l'époque, en Russie comme en France d'ailleurs. Quoiqu'il en soit, si Diderot n'est pas de fait un mathématicien, il se distingue par contre dans la conception qu'il a des phénomènes biologiques dans l'*Encyclopédie*. Attiré dans sa jeunesse par la carrière médicale, il s'y refusa finalement car, comme il disait non sans humour, il ne voulait tuer personne. Mais cela ne l'empêche pas de conserver tout au long de sa vie un intérêt certain pour cette discipline : « Pas de livres que je lise plus volontiers que les livres de médecine, pas d'hommes dont la conversation soit plus intéressante pour moi que celle des médecins. » D'ailleurs en 1746, à l'âge de 33 ans, il collabore à la traduction d'un gros dictionnaire anglais de médecine, de chirurgie, de chimie et de botanique.

L'œuvre de naturaliste que fit Diderot commencer avec sa célèbre *Lettre sur les aveugles* à l'usage de ceux qui voient (1749), pour continuer avec les *Pensées sur l'interprétation de la nature* (1754), le *Rêve de D'Alembert* et l'*Entretien entre D'Alembert et Diderot* (publiés seulement en 1830 mais écrits en 1769), et enfin dans ses *Éléments de physiologie* (publiés en 1875 et élaborés entre 1764 et 1780). La *Lettre sur les aveugles* marque dans la pensée de Diderot un glissement résolu vers l'athéisme et, en même temps, dévoile sa conception particulière de la nature (voir encadré page de gauche). On ne peut guère la considérer comme une œuvre sur le

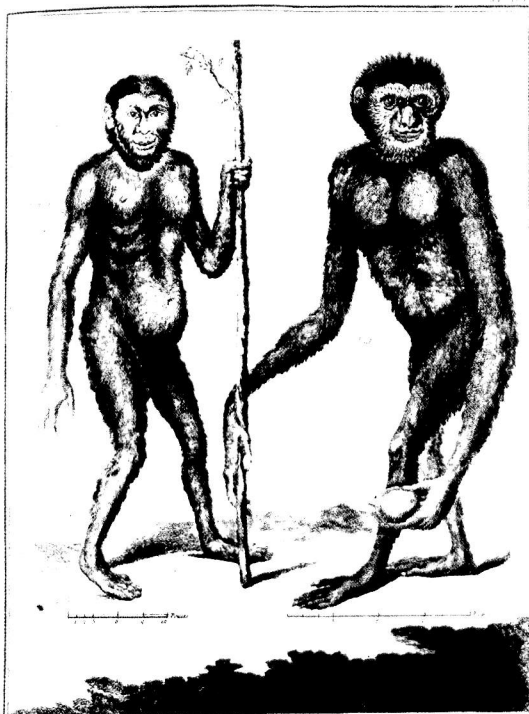
transformisme biologique, car cette doctrine s'y trouve pratiquement absente. Mais la réponse qu'il donne à la question de l'apparition de la vie par génération spontanée donne en tous cas à réfléchir sur la diversité des êtres vivants et sa cause. Car, selon lui, les organismes naissent spontanément par des combinaisons fortuites de molécules. Y compris les êtres vivants "supérieurs" comme les quadrupèdes, l'homme... à la différence près que ceux-ci seraient sortis tels quels de la matière, sans qu'il y ait une évolution à partir de l'inférieur vers le supérieur. En cela, Diderot se situe dans la droite ligne de l'antique Lucrèce.

Compte tenu de ces remarques, certains ont cru découvrir chez Diderot des éléments de ce que Darwin devait appeler plus tard la sélection naturelle, notamment quand il affirma que les monstres avaient disparu car ils ne représentaient que

des « combinaisons vicieuses de la matière ». Il est à noter que, pour lui, ces monstres disparaissent, non par une concurrence des êtres vivants mieux réussis (ce qui recouvrirait alors la conception que Darwin avait de la sélection naturelle), mais à cause d'une sélection intrinsèque par l'échec vital d'un organisme donné. Dans ce schéma de l'origine et de la variabilité du monde vivant tel que le conçoit Diderot, on ne peut donc trouver aucun processus d'évolution proprement dite, car les combinaisons fortuitement viables n'ont plus qu'à subsister et se reproduire ; tandis que les combinaisons négatives disparaissent sans descendance, puisque incompatibles avec leur propre vie et survie.

Quand il pensait encore que la connaissance de Dieu pouvait s'acquérir par la raison, Diderot

avait affirmé dans ses *Pensées philosophiques* que les germes préexistants à toute vie démontreraient la "présence" de l'ordre divin dans la nature. Mais plus tard il reviendra sur cette explication et écrira : « Si la nature nous offre un nœud difficile à délier, laissons-le pour ce qu'il est, et n'employons pas à le couper la main d'un Être qui devient ensuite pour nous un nouveau nœud plus indissoluble que le premier. » Donc, tout comme Maupertuis (*) et Buffon, Diderot s'insurge contre la théorie des germes préexistants, qui semblent plus proches du miracle que d'une explication naturelle. Et il est franchement agnostique (†) quand il reconnaît que recourir à Dieu c'est aller dans la voie de l'Indien



Cette planche extraite de l'*Encyclopédie*, avec ses singes à l'allure anthropomorphe, illustre le rapport étroit que Diderot posait entre cette espèce et l'espèce humaine, prémisse de la pensée évolutionniste du XIX^e siècle.



**Pierre Louis
Moreau
de Maupertuis
(1698-1759)**

**Georges Louis
Leclerc,
comte de Buffon
(1707-1788)**

qui fait porter le monde par un éléphant, celui-ci par une tortue... « Et la tortue, qui la soutiendra ? » s'interroge-t-il.

A cette époque, Diderot n'avait pas une connaissance directe — ou du moins approfondie — de l'œuvre de Buffon. Seulement pendant son emprisonnement à Vincennes — suite justement à sa courageuse *Lettre sur les aveugles* — il lira avec attention (témoignée par ses annotations) les trois volumes de son *Histoire naturelle*, où Buffon signale d'ailleurs dans le troisième tome la *Lettre sur les aveugles* par une note élogieuse. Que le prudent Buffon ait eu le courage de faire l'éloge d'un ouvrage qui devait valoir à son auteur d'être emprisonné, mérite d'être souligné. Ceci dit, il est probable que cette lecture ait eu une influence sur l'évolution du déisme à l'athéisme que subit Diderot dans l'espace de trois années (1746-1749). Notamment quand Diderot écrit : « Pourquoi la longue série d'animaux ne serait-elle pas des développements différents d'un seul ? », il est probable qu'il fasse indirectement allusion à une hypothèse écartée par Buffon, celle de la transformation des êtres vivants à partir d'un "prototype" originel, et reprise par Maupertuis (sous le pseudonyme de Baumann).

Tout en se rapprochant de l'évolutionnisme,

(3) Maupertuis (1698-1759) formule un transformisme généralisé, réuni à une hypothèse corpusculaire de l'hérédité qui ne devait s'épanouir qu'aux XIX^e et XX^e siècles. Il combat, comme d'ailleurs Buffon, la théorie des germes préexistants et l'"emboîtement" des germes — comme des poupées gigognes — dans la semence des parents et des aïeux. Maupertuis, plus moderne encore que Lamarck, considérait que des espèces nouvelles sont apparues par des variations héréditaires individuelles et fortuites.

(4) L'agnosticisme est une doctrine qui considère que l'absolu est inaccessible à notre connaissance et que les spéculations métaphysiques sont vaines et futiles.

cette idée d'un "prototype" vivant, soutenue par Maupertuis et Diderot, ne donne pas naissance à une thèse transformiste explicite. Car elle n'affirme pas clairement que la nature ait évolué de formes simples vers des formes plus complexes d'une manière progressive. De plus, nous l'avons déjà vu, chez Diderot la génération spontanée des êtres vivants très évolués était envisagée. Malgré cette thèse, Diderot insiste en maints endroits de son œuvre sur la continuité des formes vitales, et même sur une dynamique des espèces biologiques : « De même que, dans les règnes animal et végétal, un individu commence, pour ainsi dire, s'accroît, dure, dépérit et passe, n'en serait-il pas de même des espèces entières ? »

Une autre interrogation que Diderot semble avoir saisie (avant Lamarck) est l'importance du facteur temps dans les modifications des êtres vivants : « Qui sait à quel instant de la succession de ces générations animales nous en sommes ? Qui sait si ce bipède déformé, qui n'a que 4 pieds de hauteur, qu'on appelle encore dans les voisinages du pôle un homme, et qui ne tarderait pas à perdre son nom en se déformant un peu davantage, n'est pas à l'image d'une espèce qui passe ? Qui sait s'il n'en est pas ainsi de toutes les espèces d'animaux ?... Peut-être faut-il pour renouveler les espèces dix fois plus de temps qu'il n'en est accordé à leur durée ? » De surcroît, Diderot



**Jean Le Rond
d'Alembert
(1717-1783)**

conçoit l'idée d'une dynamique évolutive des grands règnes de la nature : « Le règne végétal pourrait bien être et avoir été la source première du règne animal, et avoir pris la sienne dans le règne minéral, et celui-ci émane de la matière universelle hétérogène. »

Pour ce qui est de l'homme dans la nature, Diderot ouvre la barrière qu'un



**Claude Adrien
Helvétius
(1715-1771)**

Buffon fermait entre l'homme et l'animal qui, à la différence du premier, ne penserait pas. Car, affirme-t-il « cette facilité de penser, d'agir, de sentir, réside dans quelques hommes dans un degré éminent, dans un degré moins éminent en d'autres hommes, va en s'affaiblissant à mesure qu'on suit la chaîne des êtres en descendant, et s'éteint apparemment dans quelque point de la chaîne très éloigné : placé entre le règne animal et le règne végétal ». Chez Diderot, comme le remarque à juste titre Jacques Roger (5), « toute la matière progresse par nuances insensibles, du minéral plus ou moins mort à l'animal plus ou moins pensant, de l'animal à l'homme et de l'homme ordinaire à l'homme de génie ».

Une autre idée fort originale de Diderot conduit à des rapports de quasi-identité entre le normal et le monstrueux, plaçant ainsi pour l'instabilité des espèces biologiques : « Pourquoi l'homme, pourquoi tous les animaux, ne seraient-ils pas des espèces de monstres, un peu plus durables ? Le monstre naît et passe. La nature extermine l'individu en moins de cent ans. Pourquoi les espèces animales ne seraient-elles pas, elles aussi, exterminées par la nature dans une plus longue succession de temps ? » En partant sur sa lancée, Diderot va jusqu'à dire, non sans une grande finesse de paradoxe : « L'univers ne me semble quelquefois qu'un assemblage d'êtres monstrueux. L'espèce humaine n'est... qu'un amas d'individus plus ou moins contrefaits, plus ou moins malades. » Le philosophe-naturaliste incline même à subodorer dans la dichotomie des sexes — suivant en cela une vieille tradition de l'antiquité grecque — une anomalie permanente de l'espèce humaine en se demandant si « l'homme n'est pas le monstre de la femme, ou la femme le monstre de l'homme ».

Avec une telle conception, il va sans dire que Diderot répudie l'optimisme biologique des adeptes des causes finales, prêts à clamer que l'on vit dans le meilleur des mondes possibles. Tout comme Bacon, le philosophe des Lumières considère

que la cause finale n'est qu'une vierge stérile et que la véritable science n'est pas compatible avec la recherche de la finalité. Ainsi, par exemple, il n'approuve guère le finalisme d'un physicien qui se contente de dire que le lait est un aliment que la nature destine aux nouveaux-nés et se demande : « Que cette définition m'apprendra-t-elle sur la formation du lait ? » En effet, rien d'essentiel.

L'action du milieu sur l'organisme et sa descendance et ce que l'on appelle l'"hérédité de l'acquis", argument cher à Lamarck dans son combat contre le fixisme des espèces biologiques, se trouvent donc préfigurés chez Diderot : « Supposez une longue suite de générations manchotes, supposez des efforts continus, et vous verrez les deux côtés de cette pincette s'étendre, s'étendre de plus en plus, se croiser sur le dos, revenir par devant, peut-être se digiter à leurs extrémités et se refaire des bras et des mains. La conformation originelle s'altère et se perfectionne par la nécessité et les fonctions habituelles. » Ce n'est d'ailleurs pas la première fois que l'on trouve sous la plume de Diderot cette idée de l'hérédité de l'acquis qui imprègnera aussi fort le lamarckisme : « L'organisation détermine les fonctions et les besoins, et quelquefois les besoins refluent sur l'organisation ; et cette organisation peut aller quelquefois jusqu'à produire des organes, toujours jusqu'à les transformer. ».

Matérialiste convaincu, Diderot veut expliquer tous les phénomènes qui caractérisent la vie de la nature, et même de l'homme, par le simple jeu de forces matérielles, ce qui rend inutile l'hypothèse d'une "âme" : « Le corps produit tout ce qu'il produit sans âme ; cela n'est pas infiniment difficile à démontrer. L'action supposée d'une âme l'est davantage. » Il considère donc que la sensibilité et la pensée viennent de la manière de rassembler et d'assembler les molécules matérielles : « Depuis la molécule jusqu'à l'homme, il y a une chaîne d'êtres qui passe de l'état de stupidité vivante jusqu'à l'état d'extrême intelligence. »

Suivant Diderot, la psychologie doit s'appuyer sur la physiologie, branche des sciences de la vie qui s'inscrivent dans les sciences de la matière. Car, selon lui, il n'y a pas de différence essentielle entre les molécules qui construisent les corps vivants et celles qui se trouvent dans les corps



Frontispice de l'Encyclopédie dessinée par Cochin.

(5) Jacques Roger, professeur à la Sorbonne (Paris I) et directeur du Centre international de synthèse, a consacré un livre monumental à l'histoire des sciences naturelles dans le siècle des Lumières : *Les Sciences de la vie dans la pensée française du XVIII^e siècle* (Ed. Armand Colin, 1971 — 848 pages).

bruts. Donc, dans tout l'univers, on retrouve la même et unique substance dont les degrés différents d'organisation donnent la multiplicité des formes et des sensibilités. A tel point que certaines assertions de Diderot le font passer pour un matérialiste assez proche d'un hylozoïsme — théorie qui vient de l'ancienne Grèce et selon laquelle la matière serait douée de sensibilité et de spontanéité. Ainsi il écrit : « Pas un point dans la nature entière qui ne souffre ou qui ne jouisse. »

Le philosophe-naturaliste Diderot s'occupe également de l'appréhension de la nature par les savants. Parmi les scientifiques, il distingue — dans une dichotomie un peu trop tranchante — les chercheurs « qui ont beaucoup d'idées et n'ont point d'instruments » de ceux qui ont « beaucoup d'instruments et peu d'idées ». Ainsi Diderot semble partager le mépris de Buffon pour des insectologues comme Réaumur par exemple. Ainsi raille-t-il ce « manœuvrier d'expériences » qui ne fera qu'employer « toute sa vie à observer des insectes et ne verra rien de nouveau ». Car le choix de l'objet d'expérience semble impliquer le génie du chercheur : « Les hommes extraordinaires par leurs talents se doivent de respecter eux-mêmes et la postérité dans l'emploi de leur temps. Que penserait-elle de nous, si nous n'avions à lui transmettre qu'une insectologie complète, qu'une histoire immense d'animaux microscopiques ? Aux grands génies les grands objets, les petits objets aux petits génies. Il vaut autant que ceux-ci s'en occupent que de ne rien faire. »

Toujours en accord avec les idées de Buffon sur ce point, Diderot fait montre d'une conception que l'on peut qualifier d'humanisme scientifique : « Une considération surtout qu'il ne faut point perdre de vue, c'est que si l'on bannit l'homme ou l'être pensant et contemplateur de dessus la surface de la terre, ce spectacle pathétique et sublime de la nature n'est plus qu'une scène triste et muette. L'univers se tait ; le silence et la nuit s'en emparent. Tout se change en une vaste solitude où les phénomènes inobservés se passent d'une manière obscure et sourde. C'est la présence de l'homme qui rend l'existence des êtres intéressante, et que peut-on se proposer de mieux dans l'histoire de ces êtres que de se soumettre à cette considération ? » Ces paroles, d'une remarquable beauté littéraire et qui se trouvent dans l'*Encyclopédie*, recèlent non seulement l'humanisme scientifique de Diderot, mais aussi la profonde charge émotionnelle d'un anthropocentrisme cosmique caractéristique du siècle des Lumières.

Une autre querelle fut ouverte encore au siècle de Lumières, du fait des conceptions différentes de Diderot et Helvétius : celle, hélas trop actuelle, de l'inné et l'acquis humain. La joute se jouait entre les “héréditaristes”, qui accordent un rôle prépondérant à l'inné, et les “environnementalistes”, qui considèrent d'habitude le milieu comme un “moule” où tombe la cire molle du patrimoine génétique. Dans son traité *De l'esprit* (1758) et de son essai-ouvrage *De l'homme, de ses facultés intellectuelles et de son éducation* (publié après sa mort en

1773), le philosophe Helvétius soutient que le génie, les dons, la vertu et l'esprit ne sont qu'un effet de l'éducation (une telle opinion était aussi celle de Locke, philosophe anglais qui rejeta en son temps les “idées innées”). Diderot, lui, s'inscrit en faux contre Helvétius. Il réfute l'assertion que la diversité psychique des humains ne tiendrait qu'à l'éducation, fut-ce celle de la première enfance. Certes il accorde à l'éducation la part qui lui revient dans la formation de l'individu. Mais il n'entend pas nier le rôle de l'organisation individuelle de chaque être humain, donc le rôle des facteurs innés.

Car Diderot ne peut pas comprendre comment on peut nier les différences de natures, innées, qui existent entre les hommes comme chez d'autres êtres vivants, par exemple les chiens : « On ne donne pas du nez à un lévrier, on ne donne pas la vitesse du lévrier à un chien couchant ; vous aurez beau faire, celui-ci gardera son nez, et celui-là gardera ses jambes. » Or « l'homme est aussi une espèce animale... et dans la carrière des sciences et des arts, il y a autant d'instincts divers que de chiens dans un équipage de chasse ». Il remarque également que la différence entre l'homme et les autres animaux est due à leur agencement spécifique. Si l'on reconnaît par exemple que chaque race de chiens est diversement apte au dressage et à l'apprentissage de certaines tâches, Diderot ne comprend guère pourquoi il en serait autrement « lorsqu'il s'agit des variétés d'intelligence, de sagacité d'esprit d'un homme à un autre homme ».

Notre philosophe naturaliste considère que l'enfant manifeste des penchants naturels, précoces et irrésistibles, des aptitudes et des inaptitudes contre lesquels l'éducation peut rester impuissante : en effet, la “nature” résiste à la “leçon”. Ainsi, Diderot peut être considéré comme un ancêtre de la ligne “héréditariste” qui considère le rôle primordial de l'inné dans la formation de l'intelligence, tandis que le philosophe Helvétius soutient le contraire, c'est-à-dire que l'esprit, le génie et les talents sont le résultat de l'éducation. Sans doute dans l'optique abusive de certains idéologues qui se partagent l’“intelligentzia” française, Diderot serait classé à droite à cause de ses idées héréditaristes... Mais il faut se méfier de la politisation de la science — dans un sens comme dans l'autre — car notre siècle a subi la terreur du marxisme-léninisme de Staline dans l'affaire Lysenko — ce soviétique qui créa “une fausse science” pour complaire à l'idéologie communiste — et celle du nazisme d'Hitler qui détourna la génétique pour soutenir son racisme. Devant ces aberrations pathologiques dérivées abusivement de la science, il faut trouver secours dans les paroles fort sages de Claude Bernard : « Il vaut mieux ne rien savoir que d'avoir dans l'esprit des idées fixes appuyées sur des théories dont on cherche toujours la confirmation en négligeant tout ce qui ne s'y rapporte pas. »

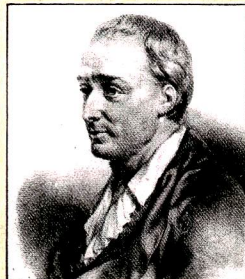
Mais revenons à Diderot qui montre, bon gré mal gré, que les machines humaines sont différentes les unes des autres : « Si différentes que, si chaque individu pouvait se créer une langue analo-

logue à ce qu'il est, il y aurait autant de langues que d'individus ; un homme ne dirait ni bonjour ni adieu comme un autre. » Car « tous les hommes sont des originaux ». Quant à l'intelligence, ils « sont classés entre la plus grande pénétration possible et la stupidité la plus complète... ». En bref, Diderot apprécie que le génie, comme d'ailleurs l'imbécile à l'autre bout de l'échelle, ne soient chacun à leur manière que des monstres...

Diderot oublie qu'on ne saurait comparer équitablement deux individus nés dans des classes ou dans des castes différentes. En effet, ajouterions-nous, seulement si l'on assure l'égalité des chances aux individus comparés on peut tirer la conclusion que les différences enregistrées entre eux sont de nature génétique.

Il est toutefois à noter que Diderot utilise, pour les besoins de sa démonstration théorique, le cas

REPÈRES BIOGRAPHIQUES



Fils d'un maître coutelier, Denis Diderot est né à Langres, en 1713. Peut-être aurait-il suivi le métier de son père si dans sa ville ne se trouvait un collège de Jésuites où l'enseignement secondaire était gratuit, ce qui lui permit l'accès à la culture de son temps. Brillant élève (les Jésuites décidèrent d'en faire un chanoine), Diderot opta cependant pour le métier de son père — du moins dans un premier temps. La chaleur de la forge le dissuada de continuer et il retourna à ses chères études. Tonsuré à douze ans, il aurait pu hériter du Canonat d'un oncle, mais le Chapitre fit opposition aux dernières volontés de celui-ci. Ainsi son père dut l'inscrire au collège d'Arcourt, à Paris, où comme François Villon jadis, il obtint le titre de Maître ès-arts.

Fâché avec son père — mais aidé discrètement par sa mère — Diderot connut alors une vie matérielle difficile. De plus, en 1743, sur la demande de son père mécontent d'un projet de mariage, Diderot fut emprisonné dans un couvent. Mais il en sortit... par la fenêtre, ce qui lui permit enfin de se marier avec sa maîtresse. L'élaboration de l'Encyclopédie l'absorba de 1746 à 1772 (voir article). Pendant ce temps il écrivit toutefois beaucoup d'autres choses mais publia assez peu. Sa célèbre Lettre sur les aveugles, publiée le 9 juin 1749, lui valu d'être emprisonné dans le donjon du château de Vincennes pour un peu plus de trois mois (voir article).

Diderot mena une vie intellectuelle dans les milieux philosophiques du siècle des Lumières où il fréquenta notamment le salon d'Olbach. Il fit même un voyage à l'autre bout de l'Europe, à Saint-Petersbourg, où il séjourna quelques mois en 1773-74 à la cour de Catherine II, et fut élu membre d'honneur de

l'Académie des sciences. En France, par contre, deux ans avant sa mort — en 1782 — il reçut les remontrances du roi, via le garde des Sceaux de l'époque, pour avoir publié l'Essai sur les signes de Claude et de Néron.

L'année 1784 commença aussi sous de mauvais auspices : le 19 février, Diderot eut une crise d'apoplexie et le 22 mourait sa bien-aimée, Sophie Volland. Il ne résistera pas à ce double choc et mourra à son tour le 30 juillet 1784, dans la nouvelle résidence que lui avait offerte Catherine de Russie. Dès lors commence la vie — sans fin prévisible — de l'œuvre de Diderot, dont une grande partie ne sera publiée qu'au siècle suivant.

Gœthe devait exhumer Le neveu de Rameau Schiller Jacques le fataliste. Au XIX^e siècle on retrouvera des manuscrits égarés comme par exemple Le rêve de d'Alembert, les Lettres à Sophie Volland, etc. Dans les années 1875-1877, l'œuvre de Diderot fut publiée en 20 volumes, dans l'édition J. Asserat et M. Tourneux. Enfin dans ces dernières cinquante années, l'œuvre entière de Diderot acquit un véritable droit de cité dans la culture française et universelle. Après toutefois un dernier sursaut de la pudibonderie des Tartuffes : le film La Religieuse, inspiré de l'ouvrage de Diderot est interdit en l'année de grâce... 1966, par le ministre de tutelle d'alors... un certain Yvon Bourges.

Le directeur de l'Encyclopédie qu'il fut, le philosophe, l'écrivain, l'amateur éclairé des sciences, l'homme de liberté, nous apparaît comme l'un des esprits les plus universels et les plus fascinants du siècle des Lumières. Les théâtres, les revues, les colloques internationaux, les thèses universitaires s'emparent de son œuvre, ce qui prouve que Diderot, loin d'être une plante desséchée entre les feuilles de ses livres, est toujours vivant. Il jouit de cette éternité relative, seule possible selon Anatole France : « l'immortalité des âmes dans la mémoire des hommes. »

Ce qui est une façon pertinente de répondre à l'objection que les pères fort intelligents engendrent souvent des enfants sots : peut-être dans ce cas l'hérédité a-t-elle fait un saut similaire à celui enregistré parfois pour les caractères physiques qui remontent jusqu'aux aïeux. Ainsi Diderot s'inscrit dans la ligne « héréditariste » de l'étude de l'intelligence humaine, bien qu'il accorde à Helvétius que l'éducation y fait beaucoup. Malgré cette concession, Jean Rostand écrit à propos de la conviction intime de Diderot : « Il pense que les hommes sont "diversement nés" et qu'Helvétius est bien naïf de tenir pour un égal — même en puissance — son "stupide portier". » De cette manière, Jean Rostand souligne, à juste titre, que

des jumeaux ; or, justement, dans les recherches modernes sur l'inné et l'acquis humain, les jumeaux constituent des "cobayes" essentiels. Dans ce domaine fortement controversé — même de nos jours — nous laisserons là encore le soin de relever le mérite historique de Diderot à Jean Rostand, qui écrivit naguère : « Diderot a eu l'intuition de la diversité génétique des individus humains ; la comparaison qu'il en fait avec les différentes races de chiens est des plus pertinente puisque les différences individuelles, tout comme les différences raciales, relèvent de différences génétiques. »

Pour toutes ces questions, il est fort difficile de peser et soupeser l'empreinte que Diderot et la biologie de l'Encyclopédie laissèrent durablement

(suite du texte page 146)

LE TOUR DU MONDE EN AVION SANS ESCALE

Un couple d'Américains vient de faire voler le prototype de l'avion qui leur permettra de faire le tour du monde, soit 40 000 kilomètres, sans ravitaillement, ni au sol ni en vol, en une douzaine de jours.

● Effectuer le tour du monde en avion n'a rien d'original. Des milliers d'agences de voyage à travers les cinq continents sont en mesure de le proposer. Tout au plus peut-on objecter qu'il n'y a guère que le prix du billet qui soit de nature à faire réfléchir les candidats au voyage. Envisager d'effectuer ce même périple sans escale est déjà beaucoup moins commun. En effet, aucun avion de ligne commerciale ne possède l'autonomie nécessaire pour une telle performance, et n'y en aurait-il qu'un seul, il resterait à savoir quel intérêt il y aurait à revenir au point de départ.

La perspective d'un tour du monde sans escale est donc quasi-inutile, sinon pour les militaires. Ceux-ci, en effet, et pour des raisons évidentes, tiennent l'autonomie en vol et la permanence en alerte aéroportée, comme des facteurs-clés de l'efficacité opérationnelle. Actuellement la distance franchissable par les avions militaires modernes est de l'ordre de 15 000 km. On est loin des 40 000 km nécessaires pour boucler le tour de la Terre. Quelques appareils sont susceptibles d'accomplir cet exploit et l'ont du reste déjà réalisé. Encore faut-il préciser qu'un tel exploit, pour le moment du moins, relève plus de la performance sportive que militaire. En effet, le tour du monde sans escale n'est possible que grâce au ravitaillement en vol, opération extrêmement délicate.

L'auteur de ces lignes, pour avoir participé à deux missions, l'une à bord d'un avion ravitailleur, l'autre dans le cockpit même d'un appareil ravitaillé, peut en témoigner.

Deux facteurs doivent être simultanément présents pour réussir l'opération : bénéficier de conditions météorologiques favorables (bonne visibilité et turbulences pas trop sévères) et disposer d'équipages extrêmement agiles pour "accrocher" la perche de ravitaillement à travers laquelle transite le carburant. C'est la raison pour laquelle, à tout prendre, les aviateurs préférèrent encore disposer, pour certaines missions spécifiques, d'appareils à très long rayon d'action plutôt que d'avions ravitailleurs en vol.

Restait donc à imaginer, puis à réaliser, un dernier exploit jusqu'ici jamais encore accompli : le tour du monde sans escale... et sans ravitaillement en vol. Pari insensé que deux "merveilleux fous volant sur une drôle de machine" envisagent de mener à bien prochainement. Les "deux merveilleux fous volants" tout d'abord : une femme, Yeana Yeager, dotée de solides connaissances techniques, en géophysique et en aéronautique surtout, est, bien sûr, pilote expérimentée. Elle ne possède pas moins de 4 records du monde de vitesse. Parmi ses passe-temps favoris, le pilotage d'ULM (ultra légers motorisés).

Le second personnage de l'aventure est un ancien lieutenant-colonel de l'US Air Force, Richard G. Rutan. Trente années consacrées au pilotage de plusieurs types d'appareils, 6 900 heures de vol dont plus de 2 000 sur avions de chasse à réaction et 4 400 sur monomoteurs et bimoteurs légers. Dick Rutan peut se prévaloir par ailleurs d'une solide expérience des vols de longue durée sur grandes distances : 1 900

heures accomplies comme pilote et navigateur à bord des appareils de transport de l'USAF, la plupart effectuées à l'occasion de traversées océaniques. Il a décollé, survolé et atterri dans la plupart des pays d'Europe, d'Afrique du Nord, du Proche et du Moyen-Orient, ainsi que dans un grand nombre de régions du Sud-Est asiatique.

Enfin, le "Cursus honorum" de Rutan serait incomplet sans l'expérience acquise au combat : au cours des années 1967-1968, il participa à 325 missions au Vietnam, dont 105 au-dessus du Nord-Vietnam, aux commandes d'un F100 Super Sabre. Abattu au cours de l'un de ses raids par l'artillerie anti-aérienne d'Hanoi, Dick Rutan eut la chance de ne pas être fait prisonnier, car immédiatement récupéré par les unités de l'armée américaine spécialement chargées du sauvetage des pilotes tombés en territoire ennemi.

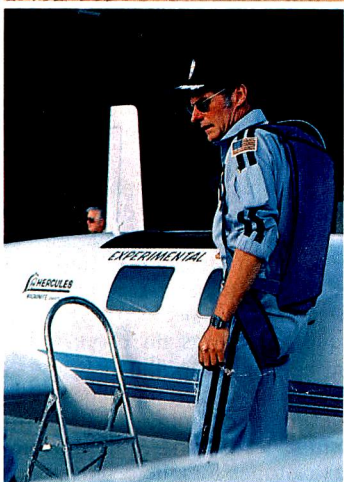
À aventure hors du commun, machine hors du commun. Celle de Yeager et Rutan l'est à plus d'un titre : *Voyager* — c'est le nom de l'avion — a été conçu pour emporter environ cinq fois son propre poids en carburant. Pour mieux prendre la mesure de cet



aspect déjà insolite de l'appareil, il faut savoir que dans le meilleur des cas, un avion classique possède une capacité d'emport en carburant n'excédant pas la moitié de sa masse structurale. Autrement dit, sur le seul plan de cette capacité d'emport, le rapport est déjà de 1 à 10 en faveur de *Voyager* sur tous les autres appareils conçus à ce jour.

Il est vrai que le raid envisagé redonne à l'expression "tour du monde" un sens perdu. On peut effectuer le tour de la Terre à hauteur du 50° parallèle et au niveau de l'équateur, dans les deux cas le tour du monde a bien été bouclé ; seulement voilà, les distances parcourues sont loin d'être identiques sur les deux trajets.

Pour les émules américains de ces grands défricheurs de lignes



Richard Rutan a fait faire le premier vol d'essai au "Voyager" (5 tonnes au décollage dont 4,5 t d'essence !), à bord duquel son frère Dick et Yeana Yeager tenteront d'effectuer, en 1985, le premier tour du monde aérien sans escale.

que furent Mermoz ou Wiley Post, il n'y aura pas "tricherie" sur la distance. Ils ont tous deux annoncé que l'itinéraire choisi leur ferait parcourir 25 000 "statute miles" soit 40 000 km sans escale.

L'endroit d'où décollera Voyager et la date à laquelle cette tentative aura lieu ne sont toujours pas précisés à l'heure où nous mettons sous presse. L'itinéraire prévu est, lui, en revanche, déjà connu. Il part du sud des Etats-Unis, passe par le sud de Cuba, longe la pointe nord-est du Brésil et traverse l'Atlantique sud pour rejoindre les côtes sud-africaines. De là il rejoint les îles Hawaï en survolant l'océan Indien, l'Australie, et une grande partie de l'océan Pacifique. D'Hawaï un "dernier coup d'aile" le ramènera au point de départ.

L'avion, présenté pour la première fois au public le 2 juin dernier à l'aéroport Mojave en Californie, a été construit en deux ans. Il a été conçu par un ingénieur en aéronautique de 40 ans, Burt Rutan, frère aîné du pilote. Toutes les possibilités offertes par les technologies modernes ont été envisagées et exploitées. Il a, par exemple, été largement fait usage des matériaux composites (graphite, kevlar, fibre de verre) extrêmement résistants à la fatigue et nettement plus légers que les classiques alliages à base d'aluminium et magnésium.

L'appareil peut être comparé à un réservoir autour duquel aurait été dessinée et construite une structure d'avion. Voyager ne comporte en effet pas moins de 16 réservoirs de carburant structu-

raux intégrés dans les ailes, le fuselage et les "surfaces canard" placées à l'avant.

L'autre ennemi des performances c'est bien sûr la traînée, autrement dit la résistance aérodynamique à l'avancement dans l'air. Celle-ci croît en fonction du carré de la vitesse. L'aérodynamique de Voyager la réduit au maximum. Pour ce qui est de la propulsion, l'avion sera équipé de deux moteurs à pistons "push-pull", c'est-à-dire montés en tandem. Au premier coup d'œil, Voyager ressemble à un planeur, l'aile principale (36,6 m d'envergure) est très grande, puisque de dimensions sensiblement équivalentes à celles d'un Boeing 727, mais la masse de l'avion (423 kg) est, elle, inférieure à celle d'une petite voiture. Equipée pour le vol (mais sans le carburant), la masse double pratiquement. Elle passe à 5 tonnes lorsque l'avion a emmagasiné le fuel nécessaire à son tour du monde. Ce vol, que les promoteurs espèrent effectuer en une douzaine de jours à la vitesse de croisière de 126 km/h, aura lieu d'ici un an. Il sera précédé de vols de longue distance. Une machine assez étonnante, extraordinaire même, pour une aventure qui ne l'est pas moins.

Serge BROSSELINE ■

LES CONTREBANDIERS DE BOMBES-A

Ni le "Traité de non-prolifération nucléaire", ni le sens, très théorique, des responsabilités politiques des grands pays industriels, ni les surveillances des services secrets n'y font rien : on fabrique de plus en plus de bombes-A clandestines. Même les trafiquants d'armes semblent entrer dans la danse !

● L'atome se banalise. Voilà qu'on trouve des bombes-A à vendre sur le catalogue de trafiquants d'armes italiens, avec des chars d'assaut et des hélicoptères. Voilà que des pays extrémistes, comme l'Iran et la Libye, cherchent à se l'approprier. Et voici que l'Argentine, le Brésil et le Pakistan proposent de revendre la technologie nucléaire à d'autres nations du tiers-monde. La prolifération nucléaire prend un virage où les dérapages ne sont pas exclus et où le contrôle par les nations industrialisées, responsables de cette prolifération, devient de plus en plus délicat.

Il y a plus de dix ans que *Science & Vie* explique que l'atome "pacifique" est un mythe (voir nos numéros 682, 694, 700, 718, 737 et 741) ; un mythe entretenu à plaisir par un certain nombre de pays technologiquement avancés pour mieux vendre leur savoir-faire nucléaire. Tout comme des frères siamois sont inséparables, le nucléaire civil traîne partout derrière lui son indésirable frère militaire. Mais les pays vendeurs de technologie nucléaire n'ont jamais voulu le reconnaître. Aujourd'hui néanmoins, la nouvelle phase de la prolifération rend cette évidence impossible à nier.

Qu'est-ce qu'une bombe atomique ? C'est un engin relativement simple où des explosifs classiques déclenchent la fission en chaîne de noyaux fissiles d'uranium ou de plutonium. Ces derniers se cassent en deux noyaux plus légers en libérant de l'énergie et des neutrons qui, à leur tour, vont briser d'autres noyaux fissiles. Très vite, la réaction diverge ; la quantité d'énergie libérée est alors considérable. Les deux matériaux fissiles indispensables à la réalisation d'un engin atomique n'existent pas dans la nature. L'uranium naturel que l'on trouve dans les mines contient 93 % de l'isotope 238 et seulement 0,7 % de l'isotope 235, alors qu'une arme atomique nécessite de l'uranium où la proportion de 235 avoisine les 90 %. Dans ce cas, il faut environ 17 à 20 kg d'uranium 235 par

arme nucléaire. Si l'enrichissement n'était que de 40 %, il en faudrait 75 kg. Le plutonium, lui, est un pur produit de l'homme. Inexistant dans la nature, il est créé dans les réacteurs nucléaires lorsque le combustible à base d'uranium 238 absorbe un neutron. Il n'en faut que 5 à 6 kg pour fabriquer une bombe atomique.

Pour réaliser une arme à l'uranium, il est d'abord nécessaire de se procurer de l'uranium naturel. Puis de l'enrichir fortement en isotope 235. La première étape est simple : de très nombreux pays possèdent des mines d'uranium (voir *Science & Vie* n° 802, de juillet 84) ; le client potentiel n'aura que l'embarras du choix.

L'enrichissement est beaucoup plus délicat ; les usines sont coûteuses et les technologies complexes. La plus couramment employée est la diffusion gazeuse qui utilise les propriétés de diffusion différentes de deux isotopes lorsque ceux-ci circulent à travers une paroi poreuse. Si, à partir de l'uranium naturel, l'on veut obtenir une concentration de 95 % en isotope 235, il faut au moins 4 000 passages à travers des parois poreuses. La diffusion gazeuse est exploitée dans les usines américaines, soviétiques, britanniques, françaises et probablement chinoises.

Une autre technique, l'ultracentrifugation, se sert de l'action différente de la force centrifuge sur les deux isotopes de masses différentes. C'est cette voie qu'ont choisie l'Allemagne, les Pays-Bas, et la Grande-Bretagne regroupés au sein du consortium Urenco, et le Japon.

Un troisième procédé a été imaginé par l'Allemagne. Il s'agit de la détente en tuyère : un violent jet d'hexafluorure d'uranium est détendu à basse pression le long d'une paroi courbe et séparé en deux à la sortie. La fraction contenant l'isotope le plus lourd se retrouve vers l'extérieur de la courbe.

Des trois techniques, la première est la plus

coûteuse, la plus encombrante ; elle n'est à la portée que des grandes nations industrialisées, c'est donc elle la moins proliférante.

Si l'on opte pour une bombe au plutonium, il faut d'abord posséder un réacteur plutonigène et être ensuite capable de récupérer ce matériau fissile au fur et à mesure de sa formation. Une usine de retraitement du combustible irradié est alors indispensable. Enrichissement et retraitement, les deux extrémités du cycle du combustible nucléaire, apparaissent donc comme les technologies les plus sensibles, celles qui mènent tout droit à la bombe. Pour limiter au mieux la prolifération, les grandes nations exportatrices d'usines nucléaires, qui appartiennent à ce qu'on appelle aujourd'hui le Club de Londres (France, Pays-Bas, Suède, RFA, Etats-Unis, Grande-Bretagne, URSS, Canada, Japon, etc.), auraient dû, de tous temps, s'interdire la moindre vente de matériel lié à l'enrichissement ou au retraitement. Elles ne l'ont pas fait. Et leur dernière réunion qui vient de se tenir à Londres, si elle marque un durcissement des pays exportateurs de technologie nucléaire, n'empêchera pas le mouvement amorcé voici plusieurs décennies.

L'Allemagne a aidé secrètement l'Afrique du Sud à mettre au point une unité d'enrichissement de l'uranium par tuyère. Malgré les efforts répétés de Moscou et de Washington pour empêcher la coopération germano-sud-africaine, malgré les dénégations du gouvernement sud-africain, il est fort probable que ce pays soit aujourd'hui possesseur de l'arme atomique. En effet, le 22 septembre

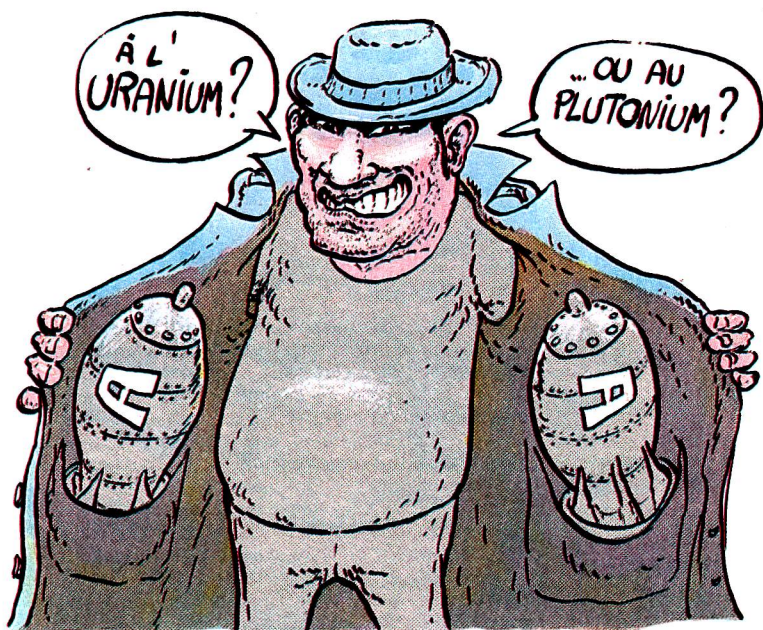
1979, le satellite de surveillance américain *Vela* détectait dans l'océan Indien un "double flash" typique d'une explosion nucléaire. Autre exemple : dès 1960, la France a fourni à Israël un petit réacteur à uranium naturel et à eau lourde de 25 MWth (1) capable de produire de 4 à 5 kg de plutonium par an. Elle lui a également livré par l'intermédiaire de la SGN (Saint-Gobain-Nucléaire, qui s'appelle aujourd'hui Société générale nucléaire) un atelier de retraitement qui démarra en 1965. Dès cette époque, Israël était donc en possession de tous les éléments de la chaîne qui devait inévitablement le conduire à fabriquer sa propre arme nucléaire. Bien qu'aucune explosion atomique n'ait été enregistrée sur le sol israélien, les experts s'accordent à penser que cet Etat possède son premier engin atomique depuis 1966 et qu'à l'heure actuelle, il est à la tête d'un arsenal d'une trentaine de bombes.

C'est encore la France qui a fourni au Japon la technologie du retraitement. Une petite usine à Tokai-Mura entra en service en 1976. Le Japon possédait alors, et depuis longtemps, des réacteurs de recherche et son premier réacteur civil fut relié au réseau en 1966 ; il détient donc tous les maillons de la chaîne nucléaire.

Les Canadiens et les Américains sont responsables de l'accession de l'Inde au Club atomique. Les premiers, parce qu'ils lui ont vendu un réacteur de recherche à eau lourde et à uranium naturel, excellent producteur de plutonium (440 g de plutonium par MW et par an contre 248 g pour les réacteurs à uranium enrichi de type PWR, soit à eau pressurisée), les seconds, parce qu'ils lui ont fourni un atelier de retraitement. Ainsi, le 18 mai 1974, l'Inde fit exploser son premier engin et devenait officiellement la sixième nation nucléaire après les Etats-Unis, la Grande-Bretagne, l'URSS, la France et la Chine.

Outre ces ventes qui se sont déroulées sans trop d'embûches, de nombreuses tentatives ont heureusement échoué du fait des Américains. Ainsi la RFA tenta d'équiper le Brésil d'une usine d'enrichissement et d'une usine de retraitement. Les négociations furent suspendues à la suite des pressions américaines. En 1975, la France chercha à vendre au Pakistan, frère ennemi de l'Inde, un petit atelier de retraitement capable de fournir plusieurs centaines de kilos de plutonium par an. La transaction fut rompue officiellement en 1978 à la demande des Etats-Unis. Le Pakis-

(1) 1 MWth = 1 mégawatt thermique = environ 3 MWe (mégawatt électrique). Lorsque de la chaleur est transformée en électricité, un tiers seulement se retrouve effectivement sous forme électrique, le reste est dissipé en pertes de chaleur.



tan était déjà équipé, toutefois, d'un réacteur à eau lourde de 400 MWth fourni par le Canada. Toujours en 1975, des discussions furent entamées pour la fourniture par notre pays d'une usine de retraitement à la Corée du Sud.

Une fois encore les Américains s'y opposèrent et les négociations avortèrent. De même, au début des années 70, Taïwan passa commande à la SGN française d'un atelier de retraitement qui, en principe, fut démantelé sur l'ordre des Américains en 1976-1977. Mais les ingénieurs de Taïwan eurent tout de même le temps de produire 500 g de plutonium. Taïwan possédait déjà 4 réacteurs de recherche ; deux d'entre eux, l'un fourni par le Canada et l'autre par les États-Unis ; étaient suffisamment puissants pour fournir du plutonium en quantités non négligeables.

La France, la RFA, le Canada et les États-Unis sont donc les premiers responsables de la prolifération nucléaire. Mais même lorsque les négociations ont échoué, les connaissances qui ont été transmises lors des discussions, ou lors des premières années de fonctionnement (cas de Taïwan) sont parfois suffisantes pour que le pays vole ensuite de ses propres ailes. Et ce qui est vrai pour les usines de retraitement et les usines d'enrichissement l'est également pour les réacteurs nucléaires de recherche et les réacteurs civils.

Il y a aujourd'hui dans le monde 310 réacteurs de recherche distribués dans 52 pays. Ils servent à des expériences de physique de la matière, de physique nucléaire fondamentale. Sur ce total, 124 ont des puissances supérieures à 1 MWth, c'est-à-dire qu'ils sont capables de produire du plutonium dans des délais de plusieurs années, mais néanmoins raisonnables. Il y a également 323 réacteurs civils installés dans 25 pays, qui tous produisent du plutonium. Certains d'entre eux (les réacteurs de type CANDU à eau lourde, par exemple) fabriquent même du plutonium 239 quasiment pur (c'est-à-dire non souillé par d'autres isotopes), tel qu'on l'emploie dans les armes atomiques.

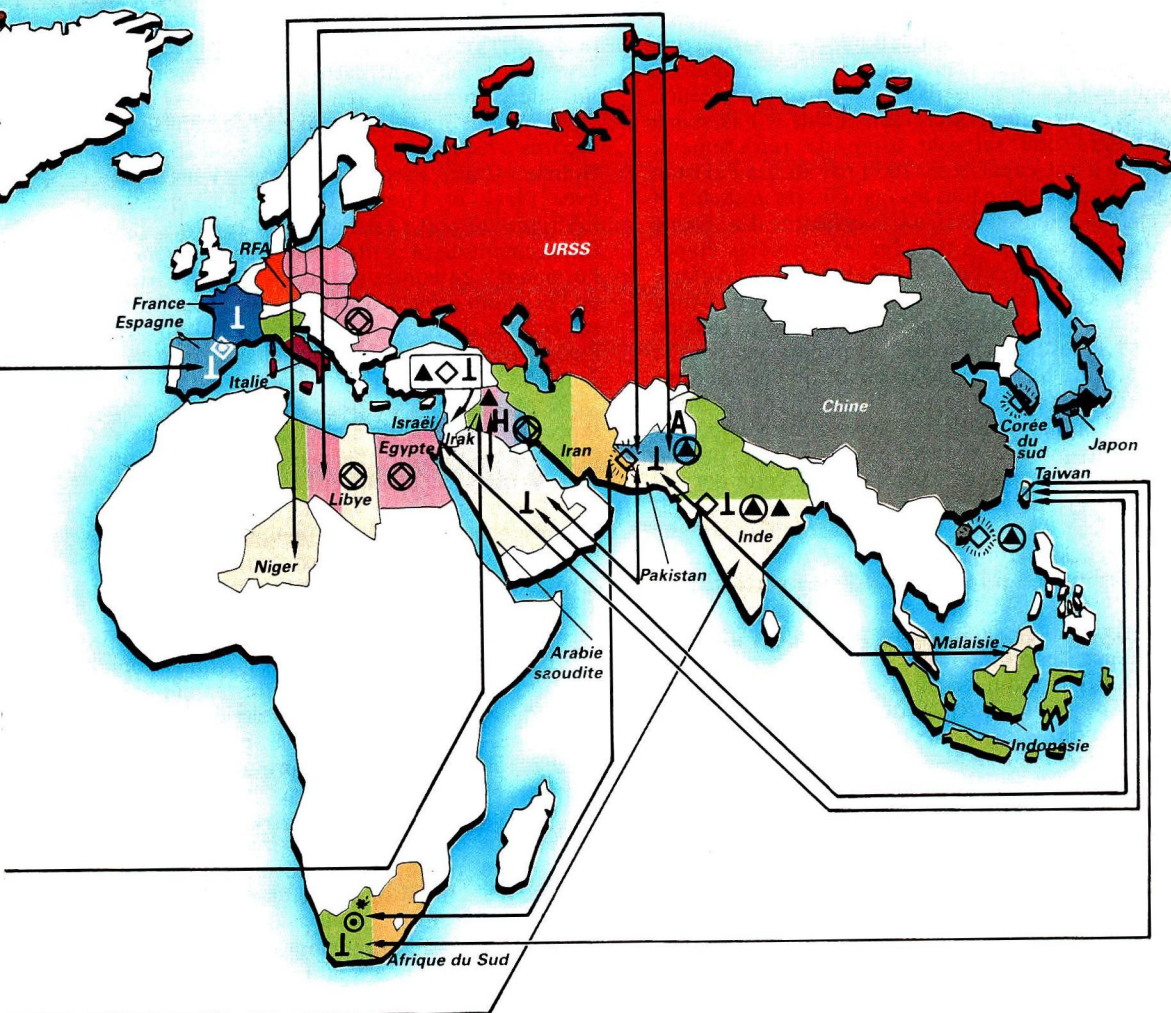
En quoi cela peut-il favoriser la prolifération ? Les réacteurs de recherche assez puissants, comme les réacteurs civils, produisent, dans le pays même, la matière première de la bombe. La première étape est donc franchie. Ne l'oublions pas, Israël et l'Inde ont tout deux extrait leur plutonium de réacteurs de recherche soi-disant pacifiques. Ensuite, le développement de tout programme nucléaire, qu'il soit civil ou de recherche, nécessite la création d'équipes ultra-spécialisées qui sont en général formées par les pays vendeurs. Les États-Unis, la France, la RFA ont ainsi formé des centaines de techniciens et d'ingénieurs qui, bien vite, ont pu se passer de leurs maîtres. Le Pakistan, par exemple, que la France a aidé au départ, possède probablement une usine d'enrichissement de l'uranium par ultra-centrifugation qu'il a construite seul, à Kahuta, en s'aidant de plans dérobés aux Pays-Bas par un ingénieur pakistanais M. Abdul Qadir Khan. Ce dernier a d'ailleurs déclaré au mois de février dernier : « Le Pakistan a maintenant rejoint les pays qui ont acquis la capacité d'enrichir l'uranium et brisé ainsi le monopole

LES CHEMINS DE LA PROLIFÉRATION



Sept pays portent, avec des responsabilités différentes, le poids de la prolifération nucléaire. Ils sont figurés en couleurs sombres ci-dessus. Ce sont eux, les premiers, qui ont vendu des installations particulièrement sensibles (ateliers de retraitement de combustibles irradiés, usines d'enrichissement de l'uranium, réacteurs très plutonigènes) à des nations — en couleurs claires correspondantes — qui ne possédaient pas l'arme atomique. Exemple : les États-Unis (vert foncé) et la RFA (orange foncé) fournissent tous les deux l'Iran (respectivement en vert clair et orange clair).

La France, suivie par la RFA, le Canada et les États-



Unis, a équipé des pays du tiers-monde qui, pour la plupart, n'avaient pas signé le TNP. D'autres négociations ont échoué avec l'intervention des Etats-Unis. Ne figurent pas sur cette carte les ventes de petits réacteurs de recherche et de centrales civiles effectuées surtout par les USA, l'URSS (au bloc communiste), la France, le Canada, la Grande-Bretagne et la RFA ; ces ventes prolifèrent aussi car elles permettent un transfert de savoir-faire. A l'heure actuelle cette course prend un nouveau virage car les nations équipées par les membres du "Club atomique" aident à leur tour des pays amis. Les flèches figurent ces accords de coopération de second niveau.

- ▲ Réacteur de recherche
- ⊙ Réacteur de recherche très plutonigène
- ◇ Réacteur graphite-gaz très plutonigène
- ⊖ Réacteur civil
- ⊖ Réacteur civil très plutonigène
- ◇ Atelier de retraitement
- ◆ Usine de retraitement
- H Laboratoire de retraitement (hot cell)
- ⊙ Usine d'enrichissement
- * Financé par l'Iran
- A Aide directe au programme nucléaire
- └ N'adhère pas au Traité de non-prolifération
- ☼ Projets avortés

occidental dans ce domaine. » Or, le seul réacteur pakistanaï civil de type CANDU fonctionne avec de l'uranium naturel. Pourquoi dans ces conditions ce pays a-t-il besoin d'une usine d'enrichissement ? Une seule réponse : pour produire un engin nucléaire. Son atelier de retraitement, le Pakistan a réussi à le construire seul, en dépit de la défection française. Il peut actuellement retraiter 30 t de combustibles irradiés par an. On dit, d'ailleurs, que la France aurait secrètement aidé le Pakistan à construire une seconde usine de retraitement, celle-là d'une capacité de 100 t par an. Le Pakistan aussi possède donc tous les maillons de la chaîne et rejoindra bientôt le Club nucléaire. La Chine l'aurait même aidé à franchir les dernières étapes de la fabrication et l'usinage de la bombe. L'affaire est d'ailleurs à l'ordre du jour : lors de son voyage en Chine, en avril dernier, le président Reagan avait jeté les bases d'accords commerciaux dans le domaine du nucléaire. Mais en raison des relations supposées entre ce pays et le Pakistan, de nombreux hommes politiques américains s'opposent vivement à toute coopération avec la Chine dans le domaine nucléaire, d'autant plus que cette dernière n'a pas signé le Traité de non-prolifération. En principe le Congrès américain doit statuer sur l'avenir des relations USA-Chine durant l'été.

L'Argentine, qui s'était fait livrer par la RFA, entre 1968 et 1974, 3 réacteurs civils à eau lourde, s'est débrouillée seule, elle aussi, pour construire un atelier de retraitement des combustibles irradiés. Le Brésil, qui en juin 1975 avait commandé 8 réacteurs civils à la RFA (deux seulement sont en construction), une usine de retraitement et une d'enrichissement qui n'ont pas vu le jour (voir plus haut), et qui possédait un réacteur de recherche américain de 5 mégawatts, est parvenu à mettre au point, seul aussi, un atelier de retraitement. Et le 4 février 1983, les Brésiliens ont réussi à produire leurs premiers grammes de plutonium.

Or, les pays qui volent de leurs propres ailes, deviennent à leur tour des fournisseurs ou des conseillers en matière de technologie nucléaire. Et c'est pour cela que la prolifération nucléaire risque de s'accélérer. Des exemples : le Pakistan a proposé d'ouvrir ses installations nucléaires à plusieurs pays arabes pour y former leur personnel. Des accords de coopération existent déjà avec la Turquie et l'Iran. De plus, le Pakistan a fait financer son programme atomique par la Lybie et l'Arabie saoudite. On ne connaît pas les termes exacts des accords entre ces trois pays. Mais il est certain que ni la Lybie, ni l'Arabie n'investissent à fonds perdus. Les intentions du colonel Kadhafi en la matière ont toujours été nettes. Il déclarait, il y a quelques années à la chaîne de télévision américaine CBS : « Les armes atomiques seront comme les armes traditionnelles, chaque pays en disposera en fonction de ses capacités. Et nous aurons notre part. » Quant à l'Arabie saoudite, elle a proposé de financer la reconstruction du réacteur de recherche irakien de 70 MWth vendu par la France et en partie détruit le 7 juin 1981 par l'aviation israélienne. Elle s'est également proposée de financer le programme nucléaire de Taïwan. Avec

sans doute une petite idée derrière la tête, celle de profiter du savoir-faire de ces nations.

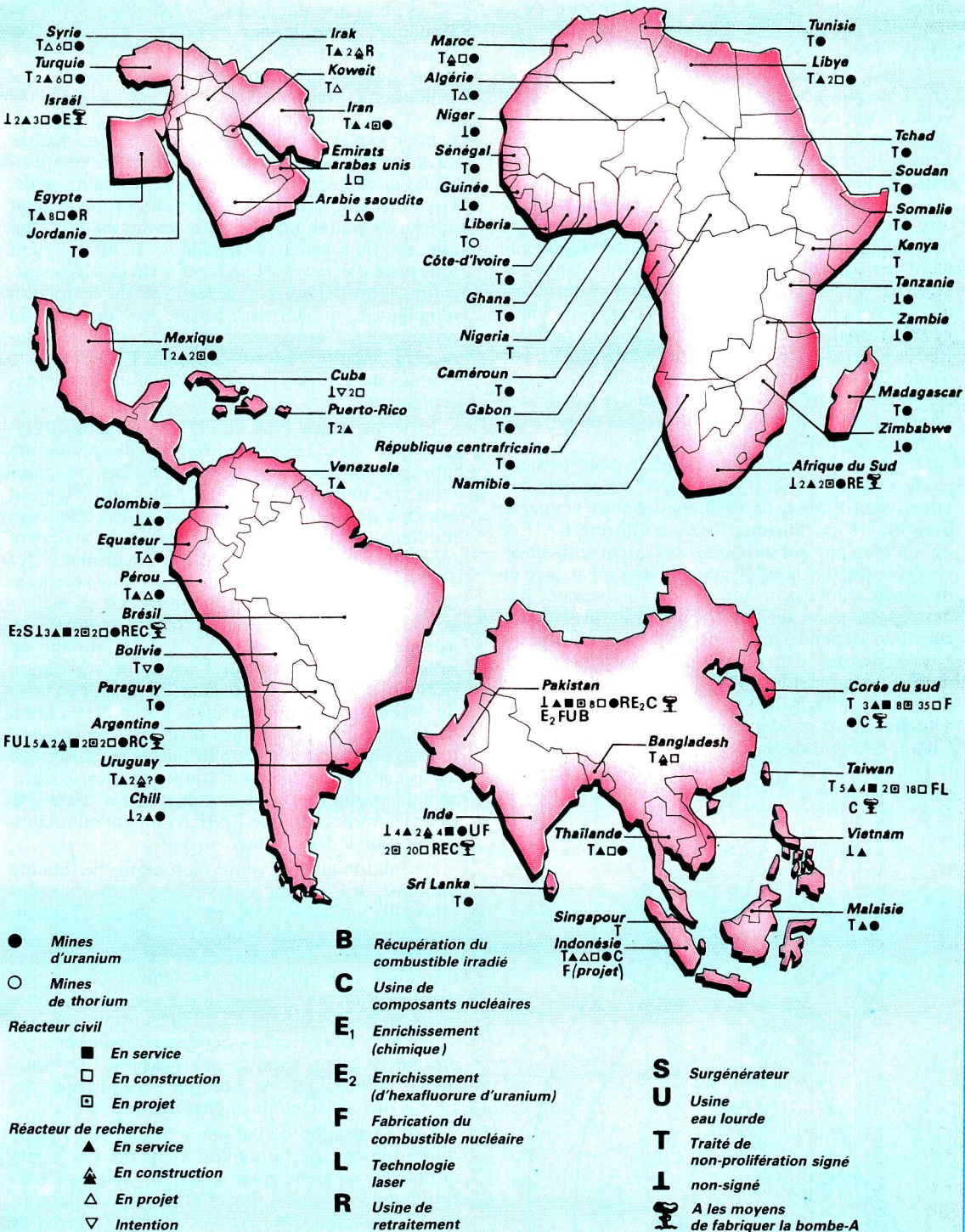
L'Argentine a passé à son tour des accords de coopération avec neuf pays sud-américains (le Pérou, le Chili, le Paraguay, la Colombie, l'Equateur, l'Uruguay, le Vénézuëla, la Bolivie et le Brésil), ainsi qu'avec l'Inde et la Libye que l'on retrouve décidément partout. L'Argentine a promis de vendre un réacteur de recherche de 10 MWe au Pérou. Le Brésil a également signé des accords avec cinq pays voisins du sud (Argentine, Bolivie, Chili, Pérou, Paraguay, Vénézuëla) et avec l'Irak et l'Italie. Il y a plusieurs années l'Afrique du Sud s'est fait aider de l'Inde pour le financement de sa petite usine d'enrichissement de l'uranium ; en contre-partie l'Iran devait recevoir de l'uranium enrichi. L'Inde a ouvert les portes de ses centres de recherche civils pour y former des ingénieurs de pays amis. Israël de son côté aide Taïwan.

De plus en plus de pays ont accès aux connaissances et à la technique nucléaire. La diffusion de ce savoir a totalement échappé aux cinq nations qui à l'origine constituaient le Club atomique. Et qu'en sera-t-il quand l'Iran aura sa bombe ? La très respectable revue britannique *Jane's Defence Weekly* laissait entendre, dans son numéro du 28 avril 1984, qu'il ne faudrait pas plus de deux ans à l'Iran pour développer un engin atomique. Propos prématurés ont prétendu certains officiers iraniens. « Il n'est pas sûr que nous ayons la bombe aussi rapidement que cela », a même précisé Hashemi-Rafsanjani, porte-parole du parlement, ce qui laissait entendre que l'Iran avait effectivement la volonté de lancer un programme nucléaire militaire. Si tel n'était pas le cas, pourquoi ce pays, qui regorge de pétrole, a-t-il demandé à l'Allemagne de l'Ouest de reprendre les travaux sur l'un des trois énormes réacteurs nucléaires de 1 300 MWe qui avaient été commandés par le Shah en 1976, mais dont la construction avait été arrêtée en 1979 à l'avènement de l'ayatollah Khomeyni ? En effet, une quarantaine d'ingénieurs se trouvent actuellement à Bousahar, pour évaluer l'état de l'un des trois réacteurs dont la construction était aux deux tiers achevée. La firme allemande Kraftwerke, qui a fourni la chaudière nucléaire, confirme que les travaux sont sur le point de reprendre. L'Iran possède déjà un petit réacteur de recherche de 5 MWth fonctionnant à l'uranium enrichi qui lui avait été livré par les États-Unis en 1967. Jusqu'en 1979, le pays participait à la mise au point d'Eurodif, l'usine d'enrichissement européenne et à la réalisation d'un atelier d'enrichissement en Afrique du Sud. Les ingénieurs iraniens ont donc eu les moyens de se frotter aux techniques nucléaires.

La Libye est en train d'acquiescer un certain savoir-faire grâce à son réacteur de recherche de 10 MWth et grâce à un réacteur civil de 440 MWe, tous deux fournis par l'URSS. Le pays gouverné par M. Kadhafi, rappelons-le, a également des liens étroits avec le Pakistan et l'Argentine. Bien que le réacteur civil ne fonctionne pas encore (il entrera en service en 1988), la Libye a acheté au

(suite du texte page 58)

LE TIERS-MONDE ET LA BOMBE



Cette carte des différentes parties du tiers-monde a été réalisée grâce aux informations compilées par WISE-International (World Information Service on Energy) et publié dans l'ouvrage "The Nuclear Fix" (les embrouilles nucléaires). Elle indique l'état de "nucléarisation" des

différents pays du tiers-monde. Pour chacun d'entre eux, nous avons fait figurer le type d'installations dont il dispose ou va disposer, sa possession ou non de mines d'uranium, son adhésion ou non au TNP, et enfin s'il a les moyens de fabriquer la bombe.

Niger plus de 2 300 t d'uranium en 4 ans. Pour quelle raison ? Elle va signer un accord de coopération avec la Belgique pour la fourniture de 2 centrales nucléaires de 440 MWe alors que tout comme l'Iran, elle ne manque guère de pétrole.

Malgré les accords internationaux, malgré le Traité de non-prolifération (TNP) qui est entré en vigueur en mars 1970, malgré les menaces de rétorsion économique brandies par les uns et les autres, la rediffusion du savoir nucléaire semble donc inéluctable.

Le TNP, signé par 121 pays, paraissait pourtant être un bon garde-fou ; il stipulait que les membres signataires devaient se soumettre régulièrement aux contrôles de leurs installations nucléaires effectués par les ingénieurs de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), située à Vienne en Autriche. Ces inspections devaient permettre de détecter toute disparition de matériaux fissiles. Mais les inspecteurs ne peuvent visiter que ce qui est déclaré ; si un pays signataire a construit en secret, en un lieu éloigné, un atelier de retraitement, comment le deviner ?

De plus, une nation peut refuser à tout moment la visite de tel ou tel inspecteur. C'est ce qui s'est effectivement passé en 1980, au début de la guerre irano-irakienne, lorsque l'Irak a informé l'AIEA qu'il n'était pas question pour ses inspecteurs de se rendre à Bagdad. Les visites, prévues à l'avance et de courte durée, sont toujours accompagnées par des représentants de l'État. En fait, l'efficacité des contrôles dépend largement de la coopération du pays concerné. De plus, tout État peut à tout moment dénoncer le TNP ; il lui suffit pour cela de donner un préavis de 3 mois à l'Agence. À l'heure actuelle, 38 pays dont la France, l'Espagne, la Chine, l'Argentine, le Brésil, Cuba, l'Inde, Israël, le Pakistan, les Émirats arabes, l'Arabie saoudite, n'ont pas signé le TNP et officiellement ne recon-

naissent pas les contrôles de l'AIEA.

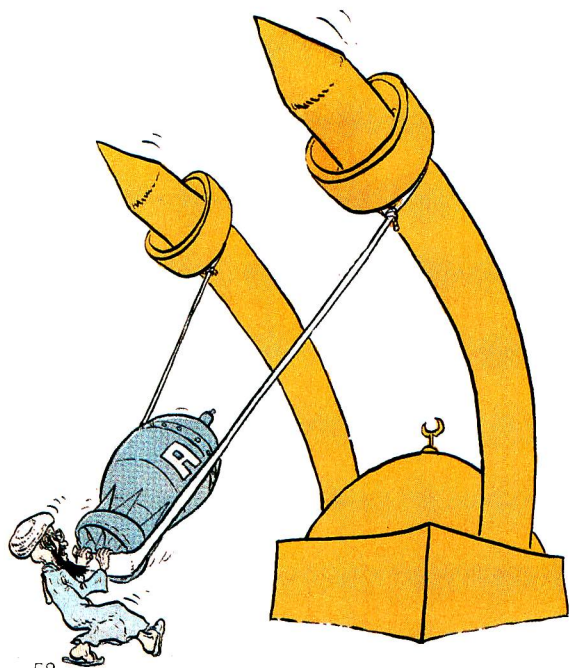
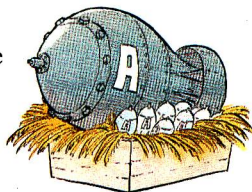
Les nations du Club atomique, pour donner l'exemple, ont toujours clamé que les programmes militaires et civils ne devaient pas se mélanger. L'uranium enrichi ou le plutonium destinés aux armes nucléaires devaient être produits dans des installations spécifiques et en aucun cas provenir de réacteurs civils. Or, voici que les États-Unis vont probablement utiliser du plutonium issu de réacteurs civils et, qui plus est, de réacteurs britanniques. L'affaire vient tout juste d'être révélée à la suite de la "déclassification" (on entend par là la levée du secret) du témoignage qu'Herman Roser, responsable du programme d'armement nucléaire du Département à l'énergie, effectuait en mars 1983 devant le Comité sur l'armement de la Chambre des représentants.

En effet, entre 1968 et 1971, la Grande-Bretagne livra aux USA environ 4 t de plutonium fabriqué par ses réacteurs de type Magnox (réacteurs refroidis au gaz) ; le plutonium était en principe destiné à des programmes de recherches purement civils. De qualité militaire médiocre (concentration en isotope 240 avoisinant les 12 %), il sera, selon M. Roser, soit mélangé avec du plutonium 239 très pur, pour obtenir un mélange de qualité militaire (concentration en isotope 240 proche des 6 %), soit enrichi en isotope 239 dans les futures usines de séparation isotopique au laser que les États-Unis sont en train de développer, et qui devraient être prêtes à la fin de la décennie. Ces usines d'ailleurs, moins coûteuses, plus maniables et plus faciles à réaliser que les usines d'enrichissement traditionnelles, faciliteront la prolifération et seront un vrai casse-tête pour les inspecteurs de l'AIEA, lorsqu'elles commenceront à fonctionner.

Le plutonium, devenu plutonium de qualité militaire, ira rejoindre les têtes nucléaires des nouveaux missiles MX et les fusées Trident. L'affaire fait grand bruit outre-Atlantique, car l'année passée, le Congrès américain adopta une résolution qui interdisait absolument l'utilisation de plutonium américain civil dans les programmes nucléaires. Et voici que l'administration Reagan s'apprête à employer des matériaux fissiles et civils européens pour équiper ses missiles ! De quoi miner la politique de non-prolifération que les États-Unis essaient de mener depuis 1977.

La banalisation de l'atome a atteint le point où du plutonium, de l'uranium, et même des armes atomiques seraient apparus sur les catalogues de trafiquants d'armes ! En effet, le 6 juin dernier, des communiqués de l'Agence France-Presse et de l'Agence italienne ANSA révélaient qu'un juge de Trente, en Italie, M. Palermo, avait mis la main sur un énorme trafic d'armes où 3 bombes atomiques, 1 000 kg d'uranium et 34 kg de plutonium avaient été offerts à des pays arabes !

Le dossier du juge Palermo comporte comme l'a



révéla le quotidien *Le Matin*, une série de télex entre un scientifique italien, Glauco Partel, spécialisé dans la fabrication de missiles et, semble-t-il, bien connu dans les services de renseignements, et un trafiquant d'armes australien, Eugène Bartholomeus. Les télex mentionnent des transactions avec deux pays arabes aux termes desquelles il est question de vendre 3 bombes atomiques (baptisées les "trois jouets" !!!) à la Syrie, 33,9 kg de plutonium, 1 000 kg d'uranium 238, et 10 kg d'uranium 239 (!) à l'Irak. Rien de moins. L'affaire fut divulguée par un intermédiaire, Vincenzo Giovannelli qui, pris de remords, alla prévenir le consulat d'Israël à Milan. Un dernier télex précise que les négociations ont échoué avec les Syriens mais que les "trois jouets" furent vendus à un pays d'Extrême-Orient. On nage en plein roman policier. Mais l'affaire abonde en invraisemblances.

● Première anomalie : tous les articles de presse font état de 10 kg d'uranium 239 ; or, ce produit n'existe qu'à l'état transitoire, il se désintègre en 23 minutes en neptunium 239 en émettant un électron ; le neptunium à son tour se transforme en 2 ou 3 jours en plutonium 239. En admettant qu'il s'agisse d'une erreur, elle aurait été reprise par tous les journaux. En admettant qu'il s'agisse d'uranium 235, la matière première de la bombe, les 10 kg proposés ne sont pas suffisants pour faire une seule bombe atomique.

● Seconde anomalie : la vente de 1 000 kg d'uranium 238, c'est-à-dire d'uranium naturel. La vente du minerai d'uranium est libre ; il est facile de s'en procurer sur le marché international ; la Libye en achète bien au Niger. Pourquoi alors passer par un trafiquant d'armes pour en obtenir ? De plus, l'uranium naturel comporte 0,7 % de 235 ; il y a donc 7 kg de matière fissile pour 1 000 kg d'uranium ; avec les pertes dues au procédé d'enrichissement, on n'en tirera que 3 à 4 kg de 235. Là encore, ce n'est pas suffisant pour faire une arme atomique puisqu'il faut au minimum 15 kg d'uranium enrichi à 100 % en 235.

● Troisième invraisemblance : la vente de bombes atomiques complètes. D'abord toutes celles qui existent dans les arsenaux militaires sont jalousement surveillées ; ensuite, on voit mal la CIA, puisque ce serait elle l'instigatrice de l'affaire, aller dérober des armes atomiques pour en équiper d'autres pays du monde arabe. Une vaste opération de vol d'armes nucléaires pourrait à la rigueur se concevoir, mais pourquoi donc l'Agence américaine irait-elle brader les armes nucléaires de son pays ?

Le seul élément plausible de cette affaire concerne la vente de 33,9 kg de plutonium 239 à l'Irak.

Ce pays n'a jamais caché son désir de voir le monde arabe se doter d'armes atomiques. Avec 33,9 kg de plutonium 239, il est possible de fabriquer 5 à 6 armes nucléaires.

Tant que l'ensemble du dossier que détient le juge Palermo n'aura pas été rendu public, il sera difficile de connaître la vérité ; mais avec les éléments dont nous disposons actuellement, cette affaire ressemble plutôt à une vaste escroquerie comme celle qui fut révélée par le *Canard Enchaîné*, le 29 décembre 1982. À cette époque, un ingénieur-conseil français, Alain Becker, tenta de vendre les moyens de fabriquer une bombe atomique au Maroc. Il s'agissait en fait d'un bluff, mais dans un premier temps l'État marocain s'est bel et bien laissé prendre. Autre possibilité : l'affaire italienne n'est qu'une opération d'intimidation. Mais elle comporte des erreurs tellement grossières qu'on se demande qui pouvait réellement être intimidé ?

Vraie ou fausse, cette histoire ne flatte guère l'image de "l'atome pacifique" ; elle banalise les matières fissiles, fait peser des soupçons sur la façon dont les engins nucléaires sont protégés, laisse supposer qu'il est possible de les vendre sous le manteau comme des armes traditionnelles. Drôle d'aventure vraiment qui met le plutonium et la bombe atomique sur le même pied qu'un fusil-mitrailleur ou qu'un char d'assaut, et lui ôte son caractère d'arme exceptionnellement redoutable.

Le scandale, car scandale il y a, est que les mentors supposés de la moralité atomique, les grands pays industriels, continuent cyniquement à vendre leur savoir-faire atomique. Et d'autant plus, qu'ils ne parviennent plus à écouler sur leur propre territoire les produits de leur industrie nucléaire. En effet, les pays développés regorgent d'énergie, la pénurie du pétrole n'est plus qu'un mauvais souvenir, la consommation d'énergie est bien en-dessous des prévisions. Résultat : la majorité des nations réduisent considérablement leur programme électro-nucléaire, les États-Unis et la France en tête. Mais l'infrastructure industrielle existe, et si les entreprises veulent survivre, elles doivent absolument trouver des débouchés à l'étranger. D'autant plus que, sur ce marché, les pays du tiers monde et le Japon ont fait leur apparition. Les nations du Club atomique tentent à tous prix de placer leurs installations nucléaires. Un exemple : la France va probablement vendre un réacteur de recherche au Gabon avant de lui fournir le réacteur de 300 MWe que lui réclame le président Bongo. Ce contrat rapportera dans un premier temps 200 millions à notre pays. Pourtant, une étude faite par le ministère des Relations extérieures en décembre dernier concluait que les besoins énergétiques de ce pays n'étaient pas suffisamment importants pour justifier l'installation d'une telle centrale. Apparemment, le commerce nucléaire a ses raisons que la raison ne connaît pas. Des raisons financières et politiques sans doute, mais qui favorisent à long terme la multiplication des armes nucléaires sur la planète.

Françoise HARROIS-MONIN ■



LE TRAIN JOUE LES JUNIORS!



AVEC LA CARTE JEUNE

POUR 125F⁽¹⁾, PARTEZ ET PARTOUT EN FRANCE, À MOITIÉ PRIX, DE GAUCHE À DROITE, DE HAUT EN BAS, ET AUX QUATRE COINS DE L'HEXAGONE. PARTEZ EN TRAIN AVEC LA CARTE JEUNE. SI VOUS AVEZ DE 12 À MOINS DE 26 ANS, SAUTEZ DANS L'AVENTURE, GRIMPEZ DANS L'ÉVASION, VOYAGEZ DANS L'ESPACE ET DANS LES GRANDES LARGEURS. PARTOUT EN FRANCE, ET MÊME POUR NEWHAVEN, ÇA FAIT PARTIE DU CONTRAT COMME LA COUCHETTE GRATUITE ! AVEC LA CARTE JEUNE PASSEZ PARTOUT EN PÉRIODE BLEUE, DE JUIN À SEPTEMBRE, N'IMPORTE OÙ, LÀ OÙ ÇA VOUS CHANTE.

(1) AU 1/6/84

SNCF

LA VIE VOYAGE EN TRAIN

RECHERCHE

GÉNÉTIQUE

INTELLIGENCE, CARACTÈRE ET HÉRÉDITÉ : DES PETITS FAITS TROUBLANTS

● Prenez des enfants adoptés et calculez les taux de délits qu'ils ont commis. Comparez-les aux taux de délits commis par leurs pères. Que concluez-vous s'il existe un rapport entre les deux taux ? Et si les enfants adoptés ont des frères également adoptés qui témoignent des mêmes tendances délictuelles ? Qu'il existe évidemment des traits de caractère héréditaires.

Or, c'est ce que les Danois ont fait. Ils ont analysé les taux de délits commis par 14 427 enfants adoptés entre 1927 et 1947, au Danemark. Ils ont d'abord trouvé que, lorsque ces enfants étaient élevés séparément ou ensemble avec d'autres, les taux de délinquants étaient de 8,5 % sur l'ensemble des 14 427. Lorsque c'étaient des demi-frères élevés séparément, le taux montait à 12,9 %, ce qui est singulier. Encore plus singulier, si c'étaient des frères, même élevés séparément, les taux de délinquants se montaient à 20 %.

La première des conclusions et qu'il y a des frères délinquants qui se comportent en délinquants même quand le mauvais exemple ne leur est pas donné par un frère. Pourquoi y aurait-il donc davantage de frères délinquants que d'enfants isolés délinquants ?

Plus bizarre encore, quand ni le père réel, ni le père adoptif n'étaient délinquants, les taux de garçons délinquants étaient de 13,5 %. Quand le père adoptif était délinquant, mais non le vrai père, le taux montait à 14,7 %.

Quand le vrai père était délinquant, mais non le père adoptif, le taux grimpeait encore, à 20 %. Et quand les deux pères étaient délinquants,

le taux atteignait 24 %. Un chiffre attire l'attention : pourquoi donc est-ce que des garçons adoptés dont les vrais pères sont délinquants seraient plus nombreux que ceux dont les pères n'étaient pas délinquants ?

Les Suédois ont fait de leur côté des études similaires. Ils sont parvenus à des résultats similaires. Il y a bien "quelque chose" dans les statistiques obtenues. C'est que la criminalité est héréditaire.

Certes, elle ne l'est que partiellement, puisque ces statistiques ne semblent intéresser que 20 % des enfants adoptés et encore, ceux dont les pères ont des casiers judiciaires. Mais enfin, revoilà posée la question gênante de l'hérédité du caractère, que certains s'efforcent de noyer élégamment ou avec indignation et que d'autres, les sociobiologistes pour ne pas les nommer, s'efforcent d'amplifier moins élégamment.

Y a-t-il un "artefact" statistique, une de ces coïncidences qui naissent spontanément à force de faire des statistiques ? Non : la concordance entre les 20 % des frères délinquants élevés séparément et les 20 % d'enfants délinquants nés de pères délinquants est là, trop dure, trop nette pour faire illusion.

De plus, quand on a fouillé un peu les statistiques, on s'est également avisé que lorsque les vrais pères avaient commis trois délits et plus, ils couraient beaucoup plus de risques d'avoir des enfants délinquants. Autrement dit, les enfants délinquants adoptés qui n'avaient pas connu leurs pères délinquants étaient nés en grande partie de pères qui étaient de véritables délin-

quants, récidivistes.

Bizarrerie : ces chiffres ne valent que pour les délits non violents : 5 % seulement de enfants adoptés délinquants avaient de vrais pères qui avaient commis des crimes violents. Or les mêmes études indiquent que 4,1 % des enfants adoptés qui n'avaient pas de vrais pères ayant commis des crimes violents avaient quand même commis des crimes violents. Autrement dit, dès qu'on entre dans le domaine des crimes violents, tels que le meurtre ou l'attaque à main armée, l'hérédité caractérielle ne joue que faiblement et n'augmente les risques que de 0,95 %.

Mais finalement, quel est le support matériel, c'est-à-dire génétique, de la délinquance héréditaire ? On ne l'a pas trouvé. Ce ne peut, en tous cas, être le fameux "chromosome du crime", qui défraya la chronique il y a deux décennies. Parce qu'il était trop rare pour produire des taux aussi élevés que 20 % sur une population aussi restreinte que les enfants adoptés.

D'autres travaux à la fois danois, suédois et anglais, ont abouti, dans le domaine de l'intelligence, à des résultats tout aussi troublants. Fondés sur les données des services de recrutement de l'armée danoise, ils indiquent par des calculs statistiques complexes, et portant sur des jumeaux adoptés et non adoptés (c'est-à-dire élevés par leurs vrais parents), qu'il existe des traits d'intelligence indépendant de l'éducation et du milieu socio-culturel.

Là encore reste à déterminer quel est le support matériel éventuel de l'intelligence.

FAST-FOOD DANS LA ROME DE LA DÉCADENCE

● Pendant des siècles, ceux de sa grandeur et de sa puissance combinées, l'Empire romain vécut sur des structures socio-économiques dont on connaît assez bien le schéma. Les campagnes servaient de fermes et de greniers, les villes étaient les centres du commerce et du pouvoir. Les bovins tenaient une place importante dans l'élevage, suivis par les ovins et caprins, les porcins venant loin derrière.

Des fouilles effectuées dans une villa romaine datant du V^e au VII^e siècle, à Anguillara, dans le Latium, par l'archéologue Alistair Small, révèlent qu'à partir du V^e siècle, cette structure pourrait avoir été fondamentalement modifiée. Dans les strates correspondant à la première moitié du V^e siècle, 40 % des ossements des animaux trouvés appartenaient à des porcs, et dans la deuxième moitié, 65 %. Le porc dominait donc la consommation et, par voie de conséquence la production au moins dans cette région-là. On sait, par les chroniqueurs de l'époque, que les Romains de la décadence développèrent un goût prononcé pour les côtelettes de porc. D'autres fouilles corroborent ces découvertes, dont celles de David Whitehouse au pied du Mont Palatin, à Rome, qui indiquent un pourcentage de 40 % d'ossements de porcs. Et ces découvertes à leur tour corroborent les descriptions du Codex théodosien, qui date de la première moitié du V^e siècle, et qui mentionnent les guildes de marchands de porcs qui viennent de tous les coins de l'Empire pour vendre leur cheptel dans la capitale.

En agriculture moderne, le porc est un animal que l'on abat en moyenne à 100 kg et 120 jours, et il y a peu de raisons de supposer que, ni le porc, ni les éleveurs romains de l'époque étaient très différents. Il y a donc eu, vers le V^e siècle, une transition vers l'élevage de bovins, qui demandent des pâturages, qui mettent plus longtemps à atteindre leur maturité et qui, si on les nourrit au fourrage, sont nettement plus chers que le porc. Il faut, en effet, 6 kg d'aliments pour faire un kilo de bœuf, mais trois seulement pour en faire un de porc.

Quelles étaient les raisons de ce changement d'orientation ? Le fait que Rome et les autres villes de l'Empire attiraient de plus en plus de monde et notamment de paysans qui rêvaient d'y faire fortune et qui, tout comme à l'époque industrielle,

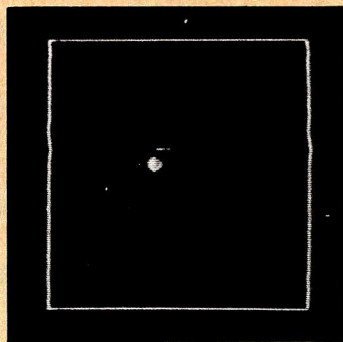
étaient attirés par "les lumières de la ville", c'est-à-dire par les jeux et le reste des distractions imaginables. Ce monde s'entassait donc dans les faubourgs, dans des conditions d'hygiène que Néron lui-même, a-t-on écrit, trouvait épouvantables (on a même suggéré qu'au fond il a laissé le feu se propager à Rome pour se débarrasser des taudis, autrement quasiment impossibles à évacuer). Et il fallait le nourrir, vite et facilement. Le porc apparut donc vite comme l'animal de choix pour les nouvelles conditions socio-économiques de la fin de l'Empire.

Le phénomène s'accroît du fait que c'étaient justement les paysans qui quittaient les exploitations agricoles, transformant celles-ci en *agri deserti*, comme l'écrit Richard Hodges dans *Nature*, à propos de ces découvertes. Donc, on élevait de moins en moins de bœuf et de plus en plus de porc. Comme les paysans vivaient près des villes, et comme ils avaient déjà l'expérience de l'élevage, on peut imaginer qu'ils trouvèrent commode et rentable d'installer des porcheries aux alentours de Rome, ce qui ne devait guère en améliorer l'hygiène.

Hodges utilise, à propos de cette vogue du porc dans la Rome du Bas-Empire l'expression de *fast-food*, qu'il faut évidemment prendre au figuré et *cum grano salis*. Mais la trouvaille est heureuse, car elle reflète assez bien la désagrégation du système romain. On n'avait plus le temps, ni l'envie, de faire de la "viande lente". Il fallait d'abord manger et trouver rapidement de la nourriture. Les quartiers pauvres empestaient le porc rôti. Les Byzantins et les Lombards n'auraient guère eu beaucoup de peine à triompher d'un peuple qui s'était concentré dans les villes, qui ne savait ni ne voulait plus se défendre, préfigurant le dicton qui veut que, "quand le saucisson va, tout va". Tant qu'il y avait du porc et des jeux, à quoi bon, n'est-ce pas, risquer sa vie.

●● *Eh bien non, les mules ne sont pas stériles ! Deuxième choc asséné à la théorie sur la stérilité des hybrides, après la naissance d'un ligron né d'une tigrone, voici qu'une mule a donné naissance à un cabri, au James Baker Institute for Animal Health, dans l'État de New York. Une de ces congénères est grosse d'un ânon.*

MORT D'UN ICBM



● L'US-ARMY a, nous l'avons annoncé le mois dernier, réussi à intercepter un missile balistique intercontinental avec un autre missile. Voici les photos de cette interception, parvenues après la mise sous presse de notre numéro précédent.

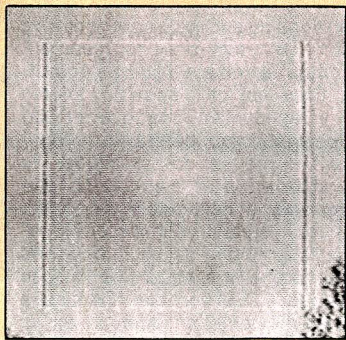
Le missile intercepteur (Minuteman équipé d'un véhicule de poursuite infrarouge) est mis à feu à la base de Kwajalein (îles Marshall). Quel-

AGRICULTURE

PRENEZ LE VENT

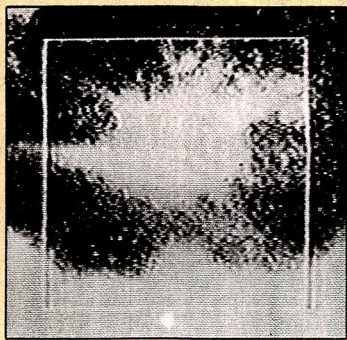
● Si le passage de l'agriculture parcellaire à la culture sur grandes surfaces a permis d'améliorer considérablement les rendements, il a en revanche accru considérablement le risque de dommages dus aux parasites. L'exemple le plus fameux est celui de l'épidémie de rouille qui a dévasté les champs de maïs en 1970-1971 aux États-Unis.

Ces risques peuvent être désormais prévenus grâce à la météorologie. On sait en effet depuis longtemps que le vent peut transporter des germes infectieux — ceux des rouilles du blé notamment — sur de grandes distances. Pour éliminer les premiers foyers et empêcher ainsi la maladie de s'installer et de s'étendre, l'Organisation météorologique mondiale à Genève dispose d'un bureau d'assistance qui renseigne l'agriculteur sur l'activité des ennemis de ses cultures. Ainsi prévenu, l'agriculteur peut efficacement mener la lutte contre ceux-ci. Avec un nombre minimal de traitements chimiques effectués au moment le plus opportun, il assure ainsi une protection maximale de ses cultures tout en réalisant des économies et en réduisant au minimum la pollution. Ce bureau d'assistance renseigne aussi sur les parasites de maladies d'animaux.



ques minutes plus tard, un télescope de 24 pouces a enregistré la séquence de collision que l'on peut suivre sur les photos ci-dessus.

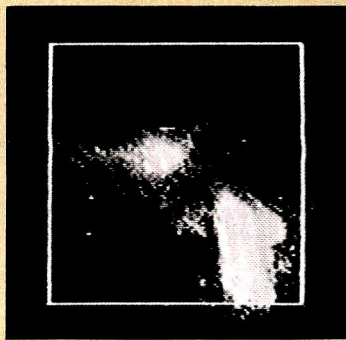
1. On voit ici (tache circulaire blanche) la trace du réacteur du véhicule de poursuite, une fraction de seconde avant l'impact. La barre horizontale au-dessus de cette trace, correspond à un marqueur (sur écran vidéo le marqueur se place sur



l'objet à poursuivre). Les cinq points blancs sont des étoiles et le rectangle définit le périmètre dans lequel le télescope traque automatiquement les objets.

2. Un dixième de seconde après l'impact, les débris des deux missiles remplissent l'écran.

3. Le nuage blanc sur la gauche correspond à ce qui reste des débris du missile intercepté (qui filait de



droite à gauche). Le nuage au centre est constitué des débris de l'intercepteur (plus d'un million de morceaux ont été créés dans la collision).

4. Quelques secondes après l'impact, les débris se sont répandus sur une aire de 40 kilomètres. Au centre de la photo, les deux nuages correspondent à deux morceaux de l'intercepteur.

PHYSIQUE

UNE NOUVELLE FORME DE SUPRACONDUCTIVITÉ

● UBE_{13} est un mélange d'uranium et de béryllium qui devient supraconducteur à $0.85^\circ K$; en d'autres termes, sa résistivité devient nulle à $-272,15^\circ C$ et le courant s'y écoule sans pertes. Rien d'exceptionnel jusque là et UBE_{13} aurait rejoint la cohorte des matériaux supraconducteurs "classiques", si deux physiciens n'avaient remarqué une étrangeté dans son comportement : dans les supraconducteurs habituels, les électrons de conduction se regroupent par paires, et deux électrons d'une même paire ont des spins (propriété associée à la rotation de l'électron sur lui-même) opposés.

Schématiquement, ils s'attirent mutuellement par le biais des atomes (chargés positivement) qui constituent le matériau. Cette théorie marche très bien pour tous les supraconducteurs sauf justement UBE_{13} . C'est ce que Hans Ott (Laboratoire ETH à Zurich) et James L. Smith (Los Alamos, USA) ont en effet annoncé au congrès de l'association américaine de physique à Detroit. Avec ce matériau, l'interaction responsable de l'attraction dans une paire d'électrons, n'est plus due aux mouvements des noyaux atomiques ; il s'agit d'une interaction ma-

gnétique et les spins des électrons d'une même paire sont orientés dans le même sens. Pour l'instant les physiciens cherchent toujours les mécanismes exacts du comportement de UBE_{13} qui possède certaines analogies avec la superfluidité de l'hélium 3.

● **Super-truite à gènes de souris et de grenouilles** à l'étude : les études d'amélioration génétique en cours à l'université de Southampton permettraient à la nouvelle truite arc-en-ciel de résister à l'empoisonnement par les métaux lourds par l'inclusion de gènes de souris et de mieux supporter une eau chaude, appauvrie en oxygène, par l'inclusion du gène de la globine de grenouille. Pêcheurs et chats vont apprécier la nouvelle.

● **L'ADN aurait des encoches**, qui permettraient aux protéines de "reconnaître" certaines séquences. Hypothèses de Ponzy Lu, de l'université de Pennsylvanie. Reste à observer ces encoches, qui permettraient de comprendre une foule de mécanismes biologiques encore mystérieux.

PHARMACIE

PREMIER VACCIN ANTI-VARICELLE

● Il n'existait pas : il sera commercialisé dans quelques mois. Signé Merck, Sharp & Dohme, la grande firme pharmaceutique américaine.

En avait-on besoin ? La varicelle n'est pas une maladie grave, et elle confère l'immunité... Oui, mais dans quelques cas, 1 à 1,5 sur 30 000 cas, elle se complique d'encéphalite, et elle est très dangereuse pour les enfants qui souffrent de leucémie ou sont soumis à un traitement aux corticoïdes. Le vaccin Merck est préparé à partir de virus atténués.

Et c'est là ce qui suscite quelques réserves : confère-t-il comme le croient certains, une immunité à vie ? Il y aurait des experts à l'Organisation Mondiale de la Santé, qui n'en sont pas absolument certains. Reste aussi à savoir quels seraient ses effets sur les risques de zona, maladie qui est causée par le virus de la varicelle. Assez mystérieusement, en effet, ce virus, dont l'infection confère l'immunité après varicelle, peut toutefois déclencher une nouvelle forme d'infection siégeant cette fois sur certains nerfs, et qui est le zona. Le vaccin Merck, Sharp & Dohme protège-t-il aussi contre le zona ?

LES JAPONAIS SONT-ILS DES POLYNÉSIENS ?

● L'île de Paques ne pose pas l'énigme que l'on croit. Ces fameuses statues ont livré leur secret : sculptées à même les carrières, elles furent roulées sur des rondins d'arbres tant qu'il y avait des arbres. Quand il n'y en eut plus, on cessa de les sculpter, puisqu'on ne pouvait plus les transporter. Non, l'énigme est ailleurs ? Que font, si loin de la Polynésie, des Polynésiens ? Car l'île de Pâques est peuplée de Polynésiens.

Un anthropologue canadien, membre de l'expédition Tahiti - Nui d'Eric de Bisschoff, M. Michel Brun, de Montréal, nous communique une série d'observations incluses parmi bien d'autres dans une volumineuse

sous un régime constant de vent d'Est. Si les Marquisiens qui découvrirent l'île de Pâques avaient fui, par exemple, après une bataille perdue, leurs îles d'origine, ils n'auraient pas fui contre le vent, mais avec, pour aller plus loin. Non que les Marquisiens n'aient jamais migré ; mais, à ce sujet, l'ethnolinguistique vient au secours de la réfutation de M. Brun : en marquisien, "migration" se dit *heke* et *heke* signifie aussi naviguer par vent arrière.

En plus, l'île de Pâques, qui représente la pointe orientale extrême de la région du Pacifique de peuplement polynésien domine l'aire des vents de la Polynésie : celle-ci se

traditions disent qu'ils sont venus de *Hiva*. Or, *Hiva* désigne jusqu'aujourd'hui le continent sud-américain. M. Brun est philologue ; il affirme avoir retrouvé en Amérique du Sud la population qui partit vers la Polynésie. À preuve, des similitudes de vocables entre les langages de cette population et celle des Polynésiens. De plus, parlant couramment le japonais ainsi que plusieurs dialectes polynésiens, il a établi une liste de quelque 6 000 vocables identiques en Polynésien et en japonais, qui lui fait dire que la migration partie d'Amérique du Sud atteignit les Philippines, Taiwan, Okinawa, le Japon et la Corée. Là, ils fondèrent un empire qui aurait duré 400 ans, jusque vers le IV^e siècle de notre ère, puis se serait poursuivi vers l'Insulinde, Madagascar et l'Afrique, où, dit-il, on perd sa trace. M. Brun nous communique, comme preuve de l'influence polynésienne, un poème polynésien et sa transcription en japonais archaïque (la traduction est donnée en dessous), où l'on note, des similitudes frappantes.

Reste à établir où et quand exactement les Polynésiens fondèrent leurs nouvelles cultures en Corée et au Japon. En ce qui concerne la Corée, on ne voit guère de place entre les périodes Kaya et Karhae des 7 premiers siècles de notre ère. Mais, en somme, la théorie de M. Brun est cohérente du point de vue du régime des vents et de la linguistique. Il s'ensuivrait que ces Asiatiques d'origine que furent les Amérindiens d'Amérique du Sud bouclèrent la boucle en revenant vers l'Asie par la mer. Partis d'Asie, ayant occupé les Amériques en passant le détroit de Behring à pied sec, ils revinrent à leur terre natale quelque 70 000 ans plus tard.

M. Brun nous a adressé ses observations et hypothèses à la suite d'un article sur le peuplement du Pacifique paru dans notre numéro de juillet 1981. Nous y soulignons l'impossibilité actuelle d'établir des schémas de peuplement. Reste, si la thèse de M. Brun est admise, à établir l'énigme du peuplement mélanésien. D'où vinrent donc ces Africoides, et quand vinrent-ils ? Le peuplement le plus ancien, celui de la Nouvelle-Guinée, remonte à 40 000 ans. Des Africains quittèrent-ils l'Afrique il y a 40 000 ans ? Et comment n'essaimèrent-ils pas ? Comment n'en trouve-t-on pas en Inde, en Insulinde ?...

Vaste chapitre, encore blanc ou en pointillé, de l'histoire de l'humanité.

Polynésien

ATA PO AKE KORO
AMATERAI OHO KAMI
AMA MO PUKE PAHI MOTE
AMAI MOHARA IHORI
VARU MATO KUNI NO MANAVAI NO
UCHE MI TUKU

RI TUMO ARO TOKI
HONO MAURI IKA NI HE
KARIGA O AGE MAHI

O PIRU KORO
O HINATA NO
KAHA PAPI NOTI
HEIAU HE HAIRI
TUMA HINE TO NEHI

Japonais archaïque

ASA YO AKE KORO
AMATERASI OHO KAMI
AMA NO UKE PAHI NI NOTE
AMA NO HARA YORI
YA MATO KUNI NO MANAWI NO
UCHI MI NI TUKU

ITUMO ANO TOKI
HONO MAURI IKE NIE NI
KARIGAMO AGE MASI

O HIRU KORO
O HINATA NO
KAHA ABI NOTI
HEIA HE HAIRA
TUMA HIME TO NESI

CHANSON DE GESTE

*À l'aube de ce matin
le grand Dieu Amaterai
à bord de son grand vaisseau
venant de par-delà l'océan
dans la Mer Sacrée du Pays des Huit Montagnes
dans cette mer intérieure, arriva.*

*Comme toujours en ces occasions
il éleva une prière et pour sacrifice,
il offrit aux Dieux un canard sauvage.*

*Vers le milieu du jour,
dans l'éclat du Soleil,
il se baigna à la rivière puis,
se rendant dans sa chambre,
avec la femme qui était son épouse, il dormit.*

étude. M. Brun part d'une théorie, assez répandue, selon laquelle l'île de Pâques fut peuplée par des Marquisiens, pour une raison ou une autre, fuite ou instinct d'exploration. Il la rejette pour deux raisons importantes, la première est qu'il est hautement improbable que des Marquisiens soient partis en pirogue pour un point aussi minuscule que l'île de Pâques et qu'ils n'aient pas, ensuite, abordé l'Amérique du Sud. La seconde est fondée sur le régime des vents : les Marquises sont placées

trouve sous son vent, et non l'inverse. Dernière observation de M. Brun, si les Marquisiens étaient partis à la découverte de l'Amérique du Sud et qu'un petit nombre d'entre eux avait, comme on l'a supposé, fait escale à l'île de Pâques, on eût retrouvé en Amérique du Sud des Polynésiens qui y auraient fait souche. Or, il n'y a pas de Polynésiens en Amérique du Sud, du moins que l'on sache.

Pour M. Brun, les Pascuans sont venus d'Amérique du Sud. Leurs

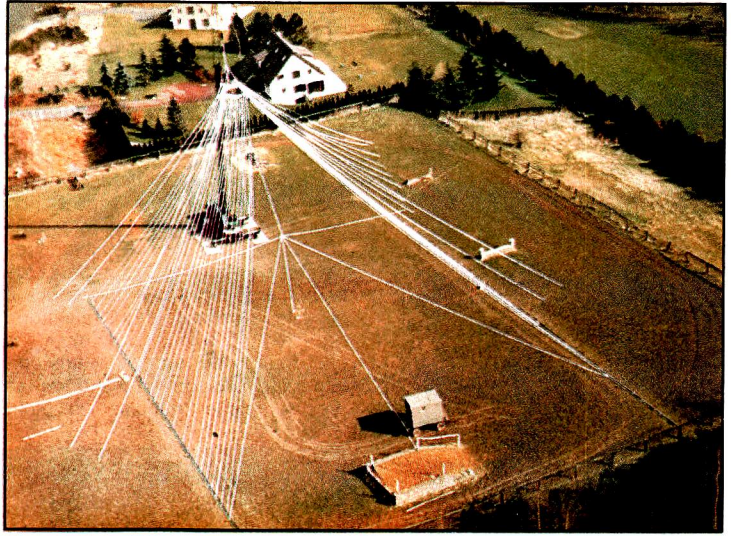
SIMULATEUR DE FLASH NUCLÉAIRE

● Une explosion nucléaire de 10 mégatonnes, quelque part au-dessus de l'Atlantique, à une centaine de kilomètres d'altitude et à 300 km des côtes françaises : voilà l'un des scénarios dont l'issue nous renverrait, sinon au Moyen-Age, du moins quelques dizaines d'années en arrière, avant les "puces" électroniques en tout cas.

Le responsable de ce voyage dans le temps, est un phénomène baptisé IEM pour Impulsion Electro-Magnétique (voir *Science & Vie* n° 788). Son origine tient à ce que les rayons X et gamma engendrés par l'exposition d'une bombe thermonucléaire exo-atmosphérique, viennent frapper l'atmosphère sur une très vaste région. En heurtant les atomes d'oxygène ou d'azote de l'air, les rayons X arrachent des électrons (chargés négativement) qui, plus légers que les atomes (chargés négativement) qui, plus légers que les atomes (chargés positivement) dont ils proviennent, se déplacent plus rapidement.

Une différence de potentiel, et par conséquent un champ électrique, sont créés. Ces électrons à leur tour vont éjecter d'autres électrons des atomes de l'air, et tous vont, sous l'effet du champ magnétique terrestre, se mettre à spiraler le long des lignes de champ. Comme toute charge électrique accélérée, ils vont émettre un rayonnement électromagnétique, dans ce cas compris entre quelques kHz et quelques centaines de MHz : c'est l'IEM.

Le résultat est, dans une certaine mesure, similaire à celui que provo-



querait la foudre, mais à une toute autre échelle ; banques de données, systèmes de communications, raffineries, centrales, etc. seraient frappées aux endroits les plus sensibles (l'électronique) par un champ électrique de l'ordre de 50 000 volts par mètre.

Face à une telle menace, la seule solution est de durcir au moins nos systèmes stratégiques, et un certain nombre d'installations civiles et militaires permettant un "service" minimum. Depuis peu seulement, car même si en France il y a plus de dix ans que les organismes tant industriels que gouvernementaux s'en préoccupent, les crédits nécessai-

res à la protection ne se débloquent que très lentement.

Pour protéger, il faut d'abord savoir comment réagit à l'IEM un système donné ; pour cela des sociétés comme Thomson-CSF et Aérospatiale, ont construit des simulateurs comme celui photographié ici : il permet de tester n'importe où (puisque le système est mobile), des radars, avions de combat, etc. sous des champs électriques variant entre 1 et 5 kV/m. De plus il peut aussi être utilisé pour tester n'importe quel environnement électromagnétique, par exemple l'influence d'un émetteur puissant sur l'allumage électronique d'une voiture, etc.

PALÉONTOLOGIE

LES DEUX MOLAIRES DE L'ANCÊTRE DE LUCY... À TABARIN

● Deux molaires fichées dans un fragment de mâchoire viennent encore bouleverser les notions que l'on se faisait sur les origines de l'homme.

On les a trouvées il y a quelques mois, dans un site au nom improbable de Tabarin, sur le lac Baringo, à quelque 320 km au nord de Nairobi, au Kenya.

Ce sont des molaires d'hominidé, comme la très célèbre Lucy, que l'on supposait jusqu'ici être l'une des grands mères de l'humanité actuelle. Mais elles sont encore plus vieilles que Lucy, qui n'était pourtant pas très jeune, avec ses trois millions trois quarts d'années : ces dents ont quatre millions, voire cinq millions d'années. Les trouveurs sont les

chercheurs d'une expédition organisée conjointement par l'université Harvard et les musées nationaux du Kenya.

Patastras ! Le schéma péniblement mis sur pied pour expliquer les filiations de la lignée humaine est remis en question.

Jusqu'ici, en effet, on supposait qu'il y avait eu deux lignes d'Australopithecus, toutes deux dérivées de l'*Australopithecus afarensis* : l'une, vouée à l'extinction, *A. africanus*, dit *A. robustus* et comprenant la variante *A. boisei* ou Paranthrope, et l'autre qui devait aboutir à l'homme, *A. gracilis* ; la nouvelle découverte indique qu'il y avait sans doute une variante d'*A. afarensis* à laquelle appartenait Lucy.

Vaste remue-ménage, donc, autour de ces molaires. On cherche quelques autres débris, un bout d'humérus ou de bassin, qui permettrait d'en avoir le cœur net.

● « Il n'y a pas 5 % des Américains qui soient équipés pour raisonner scientifiquement. » Affirmation du prix Nobel S.E. Luria, qui critique très durement les failles du système éducatif américain.

● Bons résultats généraux de l'Aciclovir, premier médicament anti-herpétique. Il ne supprime pas complètement les poussées d'herpès génital, mais les réduit beaucoup.

LE RECYCLAGE FAIT DES PROGRÈS

● Considéré au départ, comme une économie de bouts de chandelle, le recyclage est en train de s'imposer. Des expressions imagées peuvent faire réfléchir : chaque fois que l'on jette une boîte d'aluminium ayant contenu une boisson, on gaspille la moitié du volume de cette boîte en essence, du moins l'équivalent énergétique ! De même si on recyclait 50 % du papier, on épargnerait chaque année huit millions d'hectares de forêt ! Comme les ressources en aluminium, en énergie et en bois sont loin d'être inépuisables, on conçoit que le recyclage soit de plus en plus une nécessité. En 1980, 25 % du papier utilisé mondialement a été recyclé, contre 21 % en 1970, progression lente mais certaine. La France avec un taux de récupération de 30 % est au-dessus de la moyenne mais moins que le Japon : 47 % ou les Pays-Bas : 44 %. En ce qui concerne l'aluminium, le taux mondial est d'environ 28 %, en 1981. Pour la France, il est de 27 %. Encore une fois les Pays-Bas sont en tête, avec 42 %.

PALÉONTOLOGIE

L'HIPPARION ALLAIT-IL L'AMBLE ?

● Trois séries de traces de pattes d'hipparions ont été aussi retrouvées dans les cendres volcaniques solidifiées du site désormais fameux de Laetoli, en Tanzanie, là où l'on a trouvé les vestiges de Lucy et quelques autres hominidés. Elles présentent de l'intérêt parce qu'elles indiquent que les ancêtres de nos chevaux trottaient et que le trot n'est donc pas une allure enseignée par l'homme au cheval, mais bien une allure ancestrale. Les traces de pattes, qui ont appartenu à trois individus assez jeunes, indiquent que ce trot s'effectuait selon la séquence patte arrière droite, patte avant droite et patte arrière gauche, patte avant gauche, en alternance, le corps de l'animal disposant toujours d'une assise au sol fournie par une patte et dont la pression s'exerçait sur le troisième orteil, les individus jeunes trotant plus long que les moins jeunes.

Reste à savoir si l'hipparion savait aussi aller l'amble, et s'il prit jamais la fantaisie à l'un des contemporains de Lucy de sauter sur son dos...

LES ANIMAUX ONT-ILS DES TRADITIONS ?

● Les éthologistes sont de plus en plus intéressés par la possibilité de traditions dans les sociétés animales. Certains vont même jusqu'à parler de culture ! En dehors de l'apprentissage individuel et de la transmission d'informations génétiques, il faut donc faire une place importante à ces phénomènes pour comprendre certains aspects du comportement animal. C'est sans doute l'observation de différences notables entre groupes séparés de la même espèce qui a commencé à aiguïser la curiosité des chercheurs. Par exemple, si tous les chimpanzés sont friands de termites, seuls certains groupes ont imaginé de se procurer cette friandise en plon-

oiseau, comme son nom l'indique, est un grand amateur de coquillages et se nourrit en particulier de moules. L'observation montre qu'il existe deux techniques pour ouvrir une moule vivante. La première consiste à la poser sur du sable dur et à briser la coquille d'un coup de bec appliqué au bon endroit. La seconde à insérer le bec dans la moule ouverte sous l'eau et à couper le muscle adducteur, interdisant ainsi la fermeture.

Mais, dans une population d'huîtrier-pie vivant sur le même rivage, on constate qu'il existe deux catégories, caractérisées par leur technique d'ouverture des moules, les briseurs et les coupeurs. Chaque



geant dans une termitière une brindille enduite de salive gluante. Autre exemple : il existe des différences sensibles dans le système de communication aboutissant, à partir d'un fond commun, à l'existence de véritables dialectes. Ces faits sont maintenant connus chez des espèces très diverses allant du rossignol à l'éléphant de mer. C'est sans doute pour cette raison également que l'attitude de diverses populations de la même espèce animale vis-à-vis de l'homme, peut être très différente d'une région à une autre. C'est ce que certains reprochent aux chasseurs qui créent une méfiance, justifiée et transmise, vis-à-vis de l'homme.

Dans certains cas, la transmission de ces informations a été assez bien étudiée pour qu'il n'y ait plus de doute.

Un ornithologue anglais, Norton-Griffiths, s'est ainsi intéressé à un oiseau de rivage, l'huîtrier-pie. Cet

individu semble ne connaître qu'une technique et chose plus curieuse, choisit pour partenaire un oiseau utilisant la même technique que lui. On a donc ainsi des couples de briseurs et des couples de coupeurs dont la progéniture adopte sans exception les habitudes.

On pourrait supposer l'existence de deux sous-espèces ne différant que par leur comportement et une transmission génétique. Mais si on transporte des œufs d'un nid de briseur dans un nid de coupeur et vice-versa, on observe que les poussins adoptent progressivement les habitudes de leurs parents adoptifs et qu'il s'agit bien d'une tradition familiale.

Dans d'autres cas, on a même poussé encore plus loin l'analyse puisqu'on a pu montrer qu'il existait une découverte et ensuite propagation de celle-ci, d'abord dans le groupe, puis de générations en générations. C'est ainsi que le maca-

ENCORE DE L'URANIUM DISPARU

● 770 kg d'uranium enrichi, de la catégorie qui sert à fabriquer des bombes, ont disparu de la plus grande installation américaine de fabrication de bombes, à Oak Ridge Tennessee. Le congrès américain a convoqué les directeurs de l'usine et leur a demandé pourquoi les 27 inventaires informatiques des réserves d'uranium ont été effacés ou altérés.

Alarmante nouvelle : depuis 1950, quelque 4 500 kg d'uranium enrichi de qualité militaire, soit de quoi fabriquer 225 bombes-A du type de celle de Hiroshima, ont disparu des États-Unis. Les scénarios se ressemblent presque, et il ne fait pas bon s'y intéresser de trop près. Quand Karen Silkwood, une employée de la firme Kerr-McGee de retraitement de l'uranium, voulut savoir ce qu'il était advenu de l'uranium enrichi dans sa firme, elle trouva vraiment un mort trop opportune pour certains.

L'un des directeurs de l'installation d'Oak Ridge observe que plus de 600 t d'uranium enrichi sont passées par son usine et que 770 kg, cela fait à peine un peu plus de 1 pour 1 000. Curieuse manière de calculer, soit dit en passant. Si la Banque de France admettait que 1 pour 1 000 des billets qu'elle imprime disparaissaient...

MATHS

UNE OBSESSION À 16 MILLIONS DE DÉCIMALES...

● On peut toujours essayer de calculer le rapport de la circonférence d'un cercle à son diamètre, le nombre obtenu ne sera jamais exact ; il y aura toujours une autre décimale se cachant derrière la dernière trouvée. Bref, le nombre pi est irrationnel ; depuis Archimède, les mathématiciens le calculent avec de plus en plus de précision ; de 3,14 à 3,14159 puis 3,1415926535, etc, en espérant y découvrir un motif quelconque, une périodicité. Jusqu'à présent leur espoir est resté vain malgré des calculs par ordinateur qui avaient d'abord permis à un Français de calculer un million de décimales ; record battu il y a quelques semaines à l'université de Tokyo avec 16 millions de décimales. 20 000 pages de *Science & Vie* seraient nécessaires pour imprimer un tel nombre. ■

que femelle Ino est devenu célèbre après que des chercheurs japonais aient observé comment elle a résolu le problème de la séparation du riz et du sable qu'on offrait à son groupe, en mélange. Ino se saisissait de cette ressource alimentaire, inutilisable, et la jetait par poignées dans l'eau du bassin, rendant facile la séparation du riz qui flottait et du sable qui coulait. Elle fut vite imitée par les membres de son groupe, mais d'autres colonies de macaques n'ont jamais réussi à imaginer ce procédé efficace et élégant et cherchent encore à trier, un à un, les grains de riz.

La réalité de ces transmissions n'est donc plus à démontrer mais se pose

jeune poisson apprend l'itinéraire du groupe et pour vérifier cette hypothèse trois catégories de poissons furent utilisées :

● Des résidents déjà habitués ; on observe qu'individuellement ils conservaient leur connaissance de l'itinéraire suivi par le groupe, même après une semaine d'isolement.

● Des transplantés d'un lieu éloigné à qui on donne la possibilité de se mêler pendant un trajet à un groupe et qui ensuite, après un seul voyage, se montrent parfaitement capables de retrouver le chemin, même si leur trajet est moins rectiligne que celui des résidents.

● Des transplantés que l'on dépose isolément après qu'on ait éliminé



encore la question de savoir si elles sont l'apanage des vertébrés supérieurs, oiseaux et mammifères, ou si elles peuvent exister plus bas dans l'échelle zoologique. Une équipe de chercheurs de l'université de Georgie aux USA semble avoir mis très récemment en évidence un cas de comportement transmis par tradition chez une espèce de poisson.

L'étude a été effectuée dans les Iles Vierges, aux Antilles, sur un poisson curieusement nommé le "grogneur français".

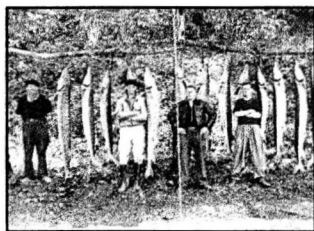
Au crépuscule ces poissons quittent les coraux qu'ils habitent pour gagner par des routes immuables les champs d'algues où ils se nourrissent. A l'aube, ils reviennent à leur point de départ. Ils vivent ainsi en bancs pendant les deux premières années de leur vie et on a vérifié que chaque individu connaissait très bien la route à suivre si par hasard il devait le faire isolément.

On fit alors l'hypothèse que chaque

les résidents. Dans ce cas, le poisson se déplace souvent au hasard en suivant une orientation parallèle à celle qu'il suivait dans son lieu d'origine.

On peut donc conclure de cette expérience, effectuée sur des poissons marqués suivis par des plongeurs, que les jeunes apprennent de leurs aînés leur route de déplacement entre leur abri diurne et leur lieu de fourrage nocturne. Ces comportements de transmission existent d'ailleurs certainement dans beaucoup d'autres groupes animaux. On peut interpréter dans ce sens bien des faits observés chez des insectes. Le choix des fleurs butinées par les abeilles ressort aussi en partie de traditions propres à une ruche. C'est donc un chapitre nouveau de l'éthologie qui s'ouvre, l'idée même d'instinct doit, parfois, s'effacer devant la mise en évidence du rôle d'autres systèmes de transmission d'une génération à l'autre.

Le "Plan Caviar" français



En 1947, la Gironde produisait 5 tonnes d'œufs d'esturgeon.

Vu son prix, quelque 4 500 F le kilo, le caviar mérite bien son nom d'"or gris". Rien d'étonnant à ce que le gouvernement et les autorités régionales essaient de mettre sur pied un plan français de production. Avec, cette fois, quelques chances de réussite.

■ Légende brièvement évoquée dans les dernières décennies, le caviar français fait sourire les connaisseurs. D'abord, parce qu'il n'y en a pas. Ensuite parce que les œufs d'esturgeons français ainsi appelés dans le passé n'avaient pas du tout le goût fameux des autres, le russe et l'iranien. Mais il y en aura peut-être, sans doute, probablement dans quelques années.

La Gironde, en effet, dont l'estuaire est fréquenté, par les esturgeons, s'y intéresse depuis 1981, et l'État depuis cette année. Il y a désormais un "Plan caviar", connu sous le nom plus discret de "Programme esturgeon", qui a été mis sur pied par la Délégation régionale à l'architecture et à l'environnement (DRAE) d'Aquitaine ; il est inclus dans le contrat de plan Etat-région Aquitaine signé le 13 avril 1984.

Signe tout à fait probant, ce programme est doté d'un financement de 4,3 millions de francs (1) pour les prochaines années du IX^e Plan (1984-88). Le CEMAGREF (2) y ajoute 2,5 millions de F pour les cinq prochaines années. Le coût total du programme étant cependant estimé à 11 MF, il reste donc 4,2 MF à trouver. Peut-être les trouvera-t-on... en taxant les importations de... caviar !

En dépit de son coût apparemment élevé, le programme esturgeon n'est pas un fardeau pour l'économie, au contraire, puisqu'il mettra sur pied la filière agro-alimentaire française du caviar, sans oublier l'esturgeon, qui est un poisson de goût : en 1947, on en produisait encore 120 tonnes de chair

(et 5 tonnes de "caviar"). En 1980, on n'en pêcha plus que 0,4 t, ce qui correspond à 25 kg de caviar. Le désastre !

Qui dit caviar dit esturgeon et, avant d'allécher le lecteur avec les perspectives d'un réveillon de l'an 2 000 au caviar français, il faut quand même préciser que l'affaire n'est pas tout à fait dans le sac.

En effet, tous les œufs d'esturgeon ne peuvent servir à faire du caviar. Ce noble animal a ses races. Vieille de quelque 500 millions d'années, sa famille est depuis longtemps installée dans l'hémisphère nord ; elle a pu s'y différencier, sans trop de peine. Pour peu qu'on ne le chasse pas trop activement, l'esturgeon peut atteindre une centaine d'années de vie. Il atteint encore plus aisément 2 m de long et 100 kg. Sa mine est aimable : sous le museau, plus ou moins long selon l'espèce, une barbichette incite à la taquinerie : mais c'est là que se trouve la bouche, petite et ronde et qui s'allonge comme un tube pour aspirer poissons et petits invertébrés dénichés au fond de l'eau.

Malgré des caractères très primitifs, tels ceux du requin, squelette peu ossifié, absence d'écaillés, nageoire caudale dissymétrique, ce témoin du passé représente pourtant un groupe très évolué, presque une "fin de race".

La famille, les Acipensérédés, comporte une vingtaine d'espèces, dont les plus connus (voir notre tableau page 72), sont le bélouga, (*Huso huso*), l'osciètre (*Acipenser güldenstädti*) et le sévruga (*Acipenser stellatus*), les trois espèces qui peuplent la mer Caspienne et auxquelles on doit le caviar.

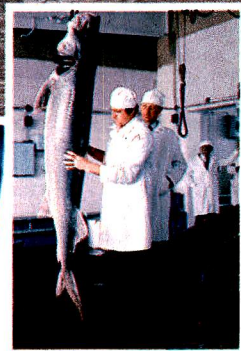
En France, le seul esturgeon que l'on ait quelque chance d'apercevoir, appartient à l'espèce *Acipenser sturio*. Traduisez : l'esturgeon commun.

(1) L'Etat participe pour 3,225 millions de francs répartis en 825 000 F du ministère de l'Agriculture, 2 millions de F du ministère de l'Environnement et 400 000 F du ministère de la Mer. La Région, elle, accorde, 1,065 MF.

(2) Centre national du machinisme agricole, du génie rural, des eaux et forêts.



Sur la Volga, les femelles sont amenées vivantes dans des barges-piscines jusqu'au bateau-laboratoire où l'on prépare le caviar. Le poids des œufs fait environ 10 % du poids de l'esturgeon, soit une bonne vingtaine de kilos pour ces œufs prélevés sur une femelle "belouga".



Malheureusement, il ne porte plus très bien son nom, car l'espèce est plutôt en voie de disparition. Alors qu'elle était autrefois abondante dans toutes les mers de l'Europe occidentale et dans les fleuves qui s'y jettent, elle n'était plus pêchée en 1950 que dans la Gironde et le Guadalquivir. Son aire actuelle de répartition est limitée à l'estuaire de la Gironde, à peu près 100 km de rivière sur la Dordogne et autant sur la Garonne. Car l'esturgeon commun, ou créac, est, comme beaucoup de ses cousins, un poisson migrateur.

Au moment du frai, vers la fin du printemps, les adultes quittent la mer et remontent plus ou moins haut dans les fleuves pour s'y reproduire. La fécondation des ovules par le sperme a lieu dans l'eau, hors de la femelle. Les petits esturgeons, nés en eau douce, descendent petit à petit vers la mer et ne retourneront dans les fleuves qu'une fois devenus aptes à la reproduction, c'est-à-dire pas

avant 14-15 ans pour les mâles, 20-22 ans pour les femelles ! Aussi n'est-ce qu'un nombre réduit de survivants qui ira frayer dans les rivières. Autrefois dans l'estuaire, un bon coup de filet à crevettes pouvait rafler 4 000 petits esturgeons : une fortune perdue pour quelques kilos de "friture" illicite. Et si les esturgeons chassent les petites anguilles (civelles), les anguilles, elles, se vengent sur leurs œufs et leurs petits. Cette prédation est heureusement compensée par l'extrême fécondité des femelles esturgeons : quelle que soit l'espèce, l'ovaire fait environ 15 % du poids de l'animal et renferme plus de 100 000 ovules fécondables par kilogramme.

Ce sont ces ovules non fécondés que tout un chacun nomme abusivement les "œufs" d'esturgeon et qu'un nombre plus restreint consomme sous l'appellation magique de caviar. En ce qui concerne notre esturgeon commun, la saveur de

L'ESTURGEON COMMUN, UNE ESPÈCE EN VOIE DE DISPARITION

Depuis deux décennies, la Gironde est la seule réserve en Europe de l'esturgeon commun, "*Acipenser sturio*". Sur ses rives, on préparait autrefois le caviar, mais devant la baisse des stocks, la capture et la vente des esturgeons et de leurs "œufs" ont été interdites. On espère ainsi aider cette espèce millénaire à se perpétuer malgré les obstacles (figurés en rouge sur la carte) qui s'y opposent.

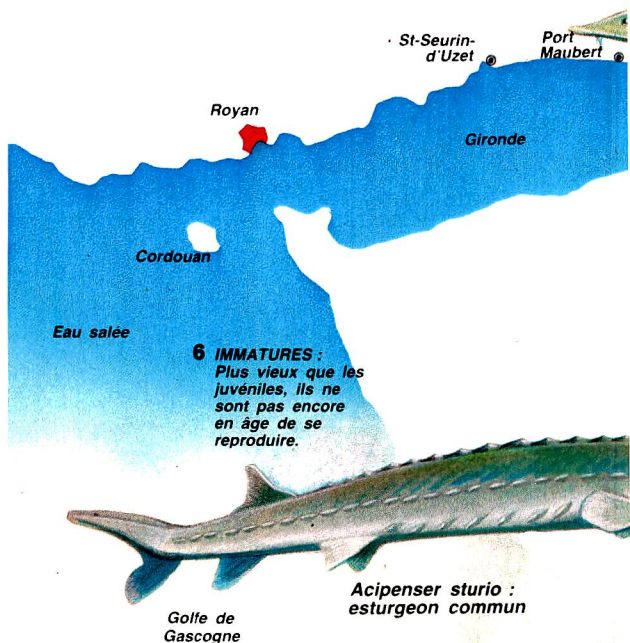
L'esturgeon est un poisson migrateur. La majeure partie de sa croissance se déroule en mer. Il ne remonte en eau douce que pour se reproduire, à l'âge adulte, c'est-à-dire après 15 ans pour le mâle, 20 ans pour la femelle. C'est alors un animal imposant (1). Sa queue est dissymétrique comme celle des requins (queue hétérocerque) et il possède un long éperon cartilagineux qui pointe comme un museau (rostre). Il n'a pas d'écaillés, mais sa peau très dure, abrasive et ses rangées d'écussons osseux doivent éloigner les prédateurs.

Après avoir passé l'automne et l'hiver en mer, les géniteurs rejoignent l'estuaire dès le mois de mars. A la deuxième lune de mai, racontent les pêcheurs, ils pénètrent dans les fleuves, Dordogne et Garonne mais sont arrêtés dans leur migration par les barrages de Bergerac et d'Agen. Chemin faisant ils ne s'alimentent plus.

En mai-juin ils se reproduisent (2). Autrefois les frayères étaient signalées par les ébats des poissons : les mâles vifs, alertes sautent hors de l'eau et les femelles roulent leur dos à la surface à la manière des marsouins, puis elles rasant le fond, alourdies par leurs ovules (10 % de leur poids), qu'elles pondent en plusieurs fois dans un emplacement profond (de 5 à 10 m) et graveleux. Les mâles fécondent les ovules et défendent les œufs contre les prédateurs, barbeaux et anguilles. Malheureusement, les extractions intensives de graviers ont détruit la majorité des frayères. Après une petite semaine ou une quinzaine de jours selon la température de l'eau, les œufs éclosent. Les alevins transparents mesurent alors une dizaine de millimètres (3).

Tandis que les géniteurs affaiblis redescendent vers la mer au début de l'été, les petits esturgeons au dos

gris et au ventre blanc migrent progressivement vers l'estuaire (4). Quand ils ne sont pas pêchés illégalement, ou décimés par les pollutions urbaine, agricole et industrielle de l'eau, ils grossissent dans l'estuaire. On n'a pas de données sur eux entre 0 et 2 ans et bien peu entre 2 et 4 ans, âge probable de la transition en mer (5). De 4 ans à l'âge d'acquisition de la maturité, les esturgeons immatures restent en mer, à plus de 5 mètres de profondeur, sur les fonds sableux (6). Ils ont cependant eux aussi leur petite migration, la "mouvée de la Saint-Jean". Elle a lieu l'été : les immatures remontent



son caviar n'est pas aussi universellement appréciée que celle du caviar russe qu'importèrent pour la première fois, vers les années 20, les frères Petrossian.

Le *sturio*, lui, ne faisait pas rêver les amateurs de caviar. En 1900, ses œufs étaient même vendus sous le nom de "rogue" pour servir d'appât aux anguilles. C'était sa chair qui était prisée. Son caviar n'a fait qu'une brève percée, accueillie avec un certain dédain, sur un marché surtout local, quelques années avant et après la Seconde Guerre mondiale. Alors comment l'Etat peut-il miser sur un poisson devenu très rare et dont le caviar n'a pas imposé son nom jusqu'ici ?

La rareté d'abord : pour fabriquer du caviar français, il faudrait que les femelles matures d'*Acipenser sturio* reviennent frayer dans nos rivières. Or pour cela, il faudrait modifier à la fois l'environnement et la législation.

● **Environnement** : l'exploitation intensive, c'est-à-dire les pollutions diverses, les dragages qui, pour extraire sables et graviers, curent la rivière et détruisent les frayères, les barrages qui empêchent

les géniteurs de remonter les fleuves, surtout les femelles alourdies par leurs œufs, les centrales nucléaires... autant de facteurs à supprimer ou réduire.

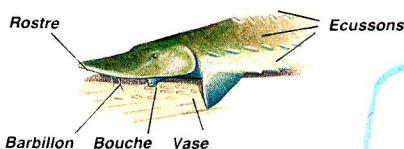
● **Législation** : elle a tout simplement abouti à un massacre légal des jeunes immatures, que ce soit en mer, dans l'estuaire ou dans les rivières. La succession des décrets sur la pêche laisse rêveur sur la compétence et l'élasticité des motivations de ceux qui les publient.

Pour la pêche en mer et dans l'estuaire de la Gironde, le premier décret, en 1890, concernant les espèces migratrices, permet de capturer les poissons de plus de 14 cm, donc tous les esturgeons, puisqu'à cette taille les bébés esturgeons sont encore en eau douce, en amont de l'estuaire.

En 1923, la taille est portée d'un seul coup à 1,50 m et aussitôt ramenée l'année suivante, devant les protestations des pêcheurs, à 1 mètre. Ce n'est qu'en 1950 qu'on passe à 1,30 m et que la pêche est interdite du 1^{er} juillet au 31 décembre, sans doute parce que c'est là la période de retour en mer des poissons reproducteurs. En 1952, dans un sursaut

dans l'estuaire jusqu'aux Callonges environ. Les mâles matures retournent frayer chaque année, sauf après l'âge de 25 ans où ils semblent rester définitivement en mer. Les femelles, elles, frayent jusqu'à l'âge de 40 ans mais ne retournent dans les fleuves qu'une fois tous les 2 à 5 ans. Et comme il faut attendre 20 ans la maturité d'un bébé esturgeon, on comprend que le caviar de la Gironde soit si rare !

5 JUVENILES
de 2 à 4 ans (60 cm) :
migration progressive vers la mer.



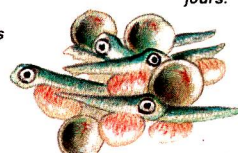
Barrage de Bergerac

4 JUVENILES
de 0 à 2 ans
(10 à 15 cm) :
migration vers l'estuaire.



Libourne

3 ALEVINS (9 mm) :
les œufs
éclosent
au bout de quelques
jours.



Barrage d'Agen

1 ADULTES :
mâles de plus
de 1,45 m ;
femelles de plus
de 1,85 m.

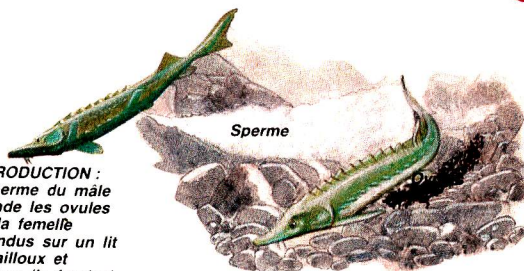


Raffinerie
de pétrole



© Ancien poste de préparation de caviar

2 REPRODUCTION :
le sperme du mâle
féconde les ovules
que la femelle
a pondus sur un lit
de cailloux et
graviers (la frayère).



Plagne
Bourg-sur-Gironde
Bec d'Ambès
Eau douce
Garonne
Pollutions
Bordeaux

Cambes



Langon

de sévérité, on reporte la taille minimale à 1,45 m. Lorsqu'on sait que pour les mâles, la taille à l'acquisition de la maturité sexuelle est de 1,45 m, et pour les femelles de 1,85 m, on comprend que cette réglementation a favorisé la pêche des immatures, jusqu'en 1952 pour les mâles, et jusqu'en 1981 pour les femelles ; c'est en 1981, en effet, que fut totalement interdite la pêche à l'esturgeon dans l'estuaire marin. L'homme s'inscrit ainsi en premier prédateur des jeunes, d'où la régression spectaculaire des stocks.

La législation dans les fleuves n'est pas meilleure : de 1939 à 1950, la pêche est interdite pour les esturgeons de moins de 1,50 m, et ce du 1^{er} juin au 31 juillet, ce qui protège les géniteurs alors en fin de frai. Mais, après 1950, l'interdiction, désormais du 1^{er} juillet au 31 décembre, ne couvre même plus la période de reproduction ! La capture des géniteurs fait donc baisser encore un peu plus les stocks pour l'avenir, mais par contre le caviar de la Gironde est abondant (5 tonnes en 1947) et peut faire concurrence au caviar de la mer Caspienne.

Ce n'est qu'en 1980 qu'un arrêté met fin à cette anarchie fatale pour l'esturgeon en interdisant,

pour une durée de 5 ans, la pêche de l'esturgeon dans la Garonne, la Dordogne et leurs affluents.

Mais le mal était fait, puisque cette année-là on n'en pêchait que les catastrophiques 400 kg cités plus haut. Aussi décida-t-on, enfin, de protéger l'espèce. Depuis le 25 janvier 1982, la destruction, l'enlèvement ou la naturalisation des esturgeons provenant du territoire national, ainsi que leur transport, leur utilisation ou leur mise en vente sont interdits, sauf à des fins scientifiques.

Seul le CEMAGREF a de nos jours le privilège d'acheter en toute légalité des esturgeons pêchés accidentellement. Ce qui se produit lors de la pêche au bar ou au maigre en mer, à l'aloise en rivière. Quant aux prises illégales des 500 chalutiers qui pêchent dans le golfe de Gascogne, elles aboutissent, ni vu ni connu — sauf vanité du pêcheur — dans la cuisine de quelque restaurant où la fine chair d'esturgeon relève le menu. Il est ainsi connu qu'il s'en pêche un bon nombre les mois d'hiver du côté de l'île d'Oléron.

Bref, c'est de cette situation à peu près complètement négative, voire désespérée, que l'on part.

LES ESTURGEONS LES PLUS RECHERCHÉS

La famille des esturgeons, vieille de plusieurs centaines de millions d'années, compte 24 espèces, pour la plupart migratrices. Cinq espèces sont particulièrement prisées, soit pour leur chair (fumée, elle donne l'excellent balik), soit pour les ovules translucides (environ 10 % du poids de la femelle mature), qui donnent le caviar. Ce sont :

- "*Huso huso*", le grand beluga. Les mâles sont matures vers 14 ans et les femelles vers 18 ans. C'est le plus grand des poissons de la mer Caspienne et aussi le plus rare. L'adulte mesure autour de 2,30 m mais peut atteindre 8 m ! Trappu, il pèse autour de 300 kg. Sa chair blanche est ferme mais les ovules de la femelle donnent le plus onctueux des caviars.

- "*Acipenser sturio*", l'esturgeon commun. On en trouve encore en mer Noire (bassin de la Rioni) et dans le bassin de la Gironde. Les mâles sont matures vers 15 ans, les femelles vers 20 ans. La taille des adultes tourne autour de 2 m et leur poids autour de 50 kg. Sa chair est très bonne et son caviar plus ou moins réputé.

- "*Acipenser güldenstädti*", l'esturgeon russe osciètre. Il vit dans les bassins de la mer Noire et de la mer Caspienne. Les mâles sont matures vers 11 ans et les femelles vers 13 ans. Un peu moins grand (autour d'1,60 m), les adultes pèsent environ 40 kg. Sa chair est un peu grasse et son caviar, parfumé, est très apprécié.

- "*Acipenser stellatus*", l'esturgeon stellifié sevruga. Il vit aussi dans les bassins de la mer Noire et de la mer Caspienne. Les mâles sont matures vers 7 ans et les femelles vers 9 ans. Encore plus petits (1,40 m environ), les adultes pèsent autour de 25 kg. La chair, un peu terne, est très bonne et le caviar a un goût franc.

- "*Acipenser ruthenus*", le sterlet. C'est l'un des plus petits esturgeons (autour de 0,70 m à l'âge adulte). Sédentaire, il vit dans les eaux douces des bassins de la



Huso huso : belouga



Acipenser sturio : esturgeon commun



Acipenser güldenstädti : osciètre



Acipenser stellatus : sevruga



Acipenser ruthenus : sterlet

mer Noire et de la mer Caspienne, et en Sibérie. Les mâles sont matures vers 7 ans et les femelles vers 8 ans. Sa chair est très fine (autrefois, les premiers sterlets pêchés étaient envoyés au tsar) mais il ne donne pas du bon caviar. Les Russes ont entrepris des croisements entre les belugas femelles et les sterlets mâles. Le résultat donne le "bester" dont la chair, très prisée, est déjà produite à grande échelle en Union soviétique.

Et que fait-on pour s'en sortir ? On procède comme on peut, pragmatiquement sur plusieurs fronts.

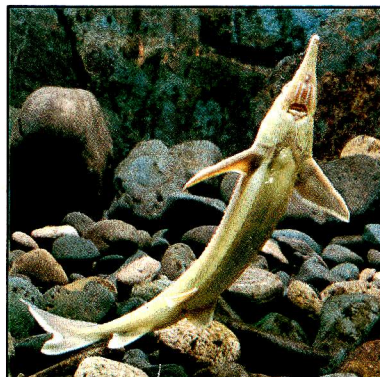
Une association régionale, l'AGEDRA ⁽³⁾, facilite la concertation entre les pêcheurs, les scientifiques et tous les volontaires désireux de sauvegarder l'espèce. Une indemnisation assez forte incite d'ailleurs les pêcheurs à "donner" leurs prises au CEMAGREF ⁽⁴⁾. Client peu banal, le CEMAGREF a en effet engagé 4 personnes (trois chercheurs et un technicien) sur le programme esturgeon qu'il a lancé en 1981. Celui-ci a deux volets, le contrôle de la population des jeunes et la reproduction artificielle pour le repeuplement.

- Le contrôle de la population des jeunes esturgeons immatures se fait lors de sorties organisées avec les (trop rares) pêcheurs sensibilisés. Les poissons capturés sont marqués puis rejetés à

(3) Association girondine pour l'expérimentation et le développement des ressources aquatiques.

(4) Un barème a été établi en fonction du poids et du sexe, les femelles étant payées plus cher (5 000 F pour la dernière femelle pêchée, de 43 kg et 2 m de long). L'indemnité compense entre autres l'endommagement du filet, les solides filets à esturgeons d'autrefois, (les créaqueyres) n'étant plus fabriqués.

l'eau. Depuis la première campagne, en 1981, 350 juvéniles environ ont été marqués dans le bas estuaire de la Gironde, par le CEMAGREF et par Yvon Robert, pêcheur qui collabore activement à cette opération. Parmi les poissons marqués, seuls neuf esturgeons ont été retrouvés morts. L'âge des esturgeons est difficile à connaître car on a peu de données sur leur croissance et il peut y avoir une grosse différence de taille entre individus présumés



Le "sterlet", utilisé en France pour les expériences de reproduction artificielle.

du même âge. Cependant, les chercheurs ont déterminé la présence d'esturgeons de deux ans, ce qui signifie que la reproduction a encore eu lieu ces dernières années.

Autre point encourageant : les pêcheurs affirment que les juvéniles sont plus dodus avec une peau bien brillante ; en bref, beaucoup plus beaux qu'il y a 4 ou 5 ans. Ainsi, contre toute attente, la qualité des fonds du bas estuaire se serait améliorée !

● Lors d'une pêche de marquage en juin 1983, les chercheurs eurent la satisfaction de reconnaître une femelle pêchée en 1981 et sur laquelle ils avaient pratiqué une césarienne pour récolter les ovules et les féconder artificiellement. Cette expérience s'inscrivait dans le cadre du second volet du "programme esturgeon" : la reproduction artificielle pour repeupler les rivières. Car aujourd'hui les Français aimeraient faire ce que les Russes réussissent depuis 30 ans : la production de millions d'alevins de quelques semaines. Des belugas, des sevrugas et des osciètres sont en effet amenés dans les bassins de pisciculture soviétique. Les femelles, après injection d'hormones, donnent des milliers d'ovules, prélevés pour la reproduction artificielle. Une vingtaine de piscicultures, entre la mer d'Azov et la mer Caspienne, relâchent ainsi 80 millions d'alevins par an dans les fleuves qui se jettent dans la mer Caspienne. Au nord de cette mer, l'eau peu profonde sert de véritable nursery naturelle pour les poissons. Et la loi est stricte : pas de pêche en mer et deux saisons de pêche limitées (avril-juin et septembre) dans les estuaires. Les Russes ont ainsi remonté leurs effectifs en esturgeons : selon P. Williot, l'un des chercheurs du CEMAGREF, la production est remontée à 25 000 t (soit environ 1 000 t de caviar) après être descendue, de 40 000 t au début du siècle à moins de 10 000 t après guerre.

Il faut dire qu'à Astrakhan, sur la Volga, environ 300 personnes travaillent dans un institut de recherche spécialisé sur les esturgeons, le Ts. Niorkh ; des dizaines de milliers d'esturgeons sont marqués et deux véritables ascenseurs de part et d'autre du barrage de la Volga permettent aux géniteurs de remonter frayer dans le fleuve.

En France, le tableau est plus modeste. Seule la pisciculture d'expérimentation du CEMAGREF, à Donzacq, se prête aux recherches. En collaboration avec l'INRA (*) et l'université de Bordeaux, on y étudie cependant activement les techniques de reproduction, de croissance et de nutrition des esturgeons. Le matériel d'étude appartient à deux espèces sédentaires d'eau douce : *Acipenser baeri* et *Acipenser ruthenus* (le sterlet). Importés à l'état d'alevins de Sibérie en 1975, et de Hongrie plus récemment, les *baeri* se sont déjà reproduits à Donzacq alors que leur maturité sexuelle ne s'acquiert, dans leur milieu naturel, que vers 15 ans. En effet, la première reproduction a eu lieu fin janvier 1982. L'ovulation et la spermiation ont été obtenues par injection d'hormones (hypophyse de carpe). Les femelles ont donné des ovules par

LA REPRODUCTION ARTIFICIELLE



Une injection d'hormones hypophysaires stimule l'ovulation et la spermiation.

Le sperme dilué et les ovules sont brassés (5 minutes) pour obtenir la fécondation.



Après traitement anti-agglomérant les œufs incubent une dizaine de jours avant d'éclore.



simple pression abdominale, alors qu'en 1981 il avait fallu pratiquer des césariennes pour récolter les ovules (3 femelles sur 4 opérées sont toujours vivantes). Les ovules et le sperme sont mélangés ; la fécondation a lieu ; les œufs sont brassés dans une suspension d'argile pour ne pas coaguler, puis incubés pendant quelques jours avant d'éclore. Le taux de survie des esturgeons n'est pas encore très brillant, puisqu'après un an, seuls 50% d'entre eux survivent ! Mais les chercheurs n'ont pas dit leur dernier mot. Lorsqu'ils auront obtenu mieux, ils envisagent même, pourquoi pas, d'élever l'esturgeon pour sa chair, en étang, de façon extensive, comme on élève les carpes, les brochets, les écrevisses.

Ces manipulations peuvent-elles servir à la sauvegarde de notre esturgeon commun ? Oui, parce qu'elles permettent de se familiariser avec les techniques de reproduction et d'alevinage. Pour le moment, les *A. sturio* sont trop rares pour qu'on risque d'en perdre par les expériences, et travailler en direct n'est pas une mince affaire.

● Il faut avoir sous la main, et en même temps, des géniteurs des deux sexes. Cette aubaine n'est possible que sur une courte durée : mi-mai à fin

(suite du texte page 154)

Côte d'Azur : le saccage va mener au désastre

Parce qu'ils méconnaissent totalement le rôle d'une plante marine, la posidonie (appelée improprement algue par les vacanciers), édiles, promoteurs et pouvoirs nationaux sont en train de vouer au désastre la Côte d'Azur et la Méditerranée tout entière. Intérêts économiques ? Ce sont justement ceux qui en souffriraient le plus, outre l'équilibre écologique.

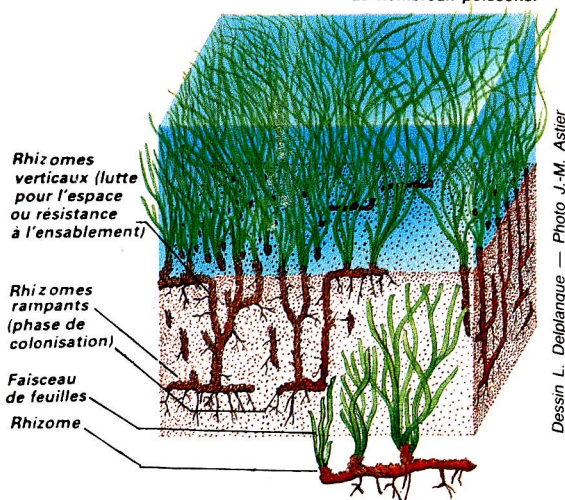
■ S'il fallait en croire les classements de la salubrité des plages, basés sur les analyses bactériologiques de l'eau de mer que le gouvernement français et les communes du littoral publient chaque année avant les vacances d'été, tout s'arrange en Méditerranée. Comme par miracle, c'est sur les côtes du Languedoc, de la Provence et des Alpes-Maritimes que l'on trouve le moins de plages dont les eaux de baignade sont classées en D ("mauvaise qualité"). Et nombreux sont les vacanciers qui se fient à ce classement. Tout va donc pour le mieux sur la plus riante des côtes.

C'est pourtant à vérifier. Car ces rivages posent d'autres problèmes que la seule qualité des eaux d'ailleurs aléatoire quoi qu'on en ait. Ce sont les conséquences écologiques désastreuses des nombreux aménagements du littoral. Le public commence seulement à découvrir le mal déjà fait et à prendre conscience de la menace pour toute la Méditerranée que représente la destruction quasi systématique des herbiers sous-marins par la multiplication des ports de plaisance et des plages alvéolaires artificielles. L'"Année européenne pour la conservation des rivages" et la discussion de la "loi littoral" à l'Assemblée Nationale offrent l'occasion d'aborder le bilan du saccage sur ce secteur du littoral français pendant les dernières décennies (1).

En ce qui concerne la pollution bactérienne, il faut d'abord observer que de plus en plus de

scientifiques contestent la valeur des analyses bactériologiques définies par la directive européenne du 8 décembre 1975 sur la qualité requise des eaux de baignade. Motif : les prélèvements ne sont généralement pas assez nombreux pour traduire les caractéristiques moyennes d'un rivage. Le moindre changement des conditions météorologiques peut influencer la diffusion des eaux d'égout dans l'eau de mer. Il est possible, par exemple, de

La posidonie, une plante sous-marine de la même famille que l'iris, qui vit jusqu'à 20 m de profondeur et qui offre habitat et/ou nourriture à plusieurs milliers d'espèces végétales et animales, dont de nombreux poissons.



(1) Une collection de 81 cartes au 1/100 000^e de tout le littoral français vient d'être publiée par le Conservatoire du littoral (78 avenue Marceau, 75008 Paris, tél. 720 11 20) dans le rapport "Eléments pour une politique foncière de protection du littoral". Ces cartes montrent très bien le degré d'occupation de la côte par le béton et les secteurs sensibles échappés à l'urbanisation qu'il convient de protéger. Mais il faudrait des cartes au 1/50 000^e pour montrer les peuplements de l'infra-littoral et du circa-littoral.

trouver certains jours, de l'eau parfaitement pure à une dizaine de mètres seulement de l'embouchure du grand collecteur de Marseille, qui déverse toujours les eaux usées du million d'habitant de la cité phocéenne et des 500 000 équivalents-habitants de l'industrie sans le moindre traitement dans l'anse de Cortiou, au Sud de la ville.

Mais cela ne veut pas dire, bien sûr, que l'on peut se baigner sans danger à cet endroit. Même dans les stations moins soumises aux retombées de l'urbanisation, il est recommandé de ne pas se baigner après un orage, car le premier flot des eaux de pluie peut apporter des polluants de toute sorte à forte concentration.

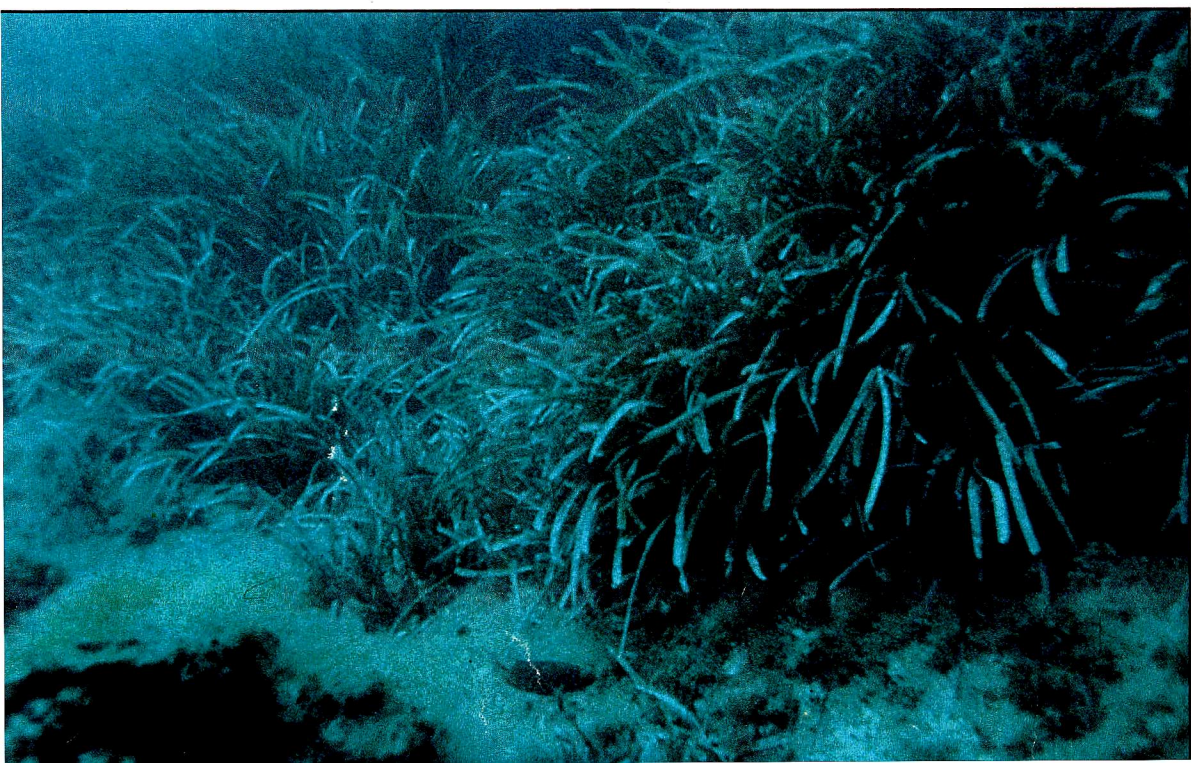
Malgré ces fluctuations, on continue à classer les plages uniquement selon les résultats plus ou moins fiables des analyses bactériologiques. Pour quelle raison ? « Il y a un lobby des bactériologistes », nous a déclaré Charles François Boudouresque (2), spécialiste de l'écologie du benthos (fonds marins) à la faculté des sciences de Luminy (université Marseille II). Ce lobby n'a eu qu'à enfoncer des portes ouvertes auprès des pouvoirs publics de tous les pays européens, car ces analyses peuvent être effectuées par de simples techniciens et ne coûtent pas cher. En plus, leurs résultats peuvent impressionner le public et sont faciles à manipuler : il suffit pour cela que les communes soient renseignées sur le jour de l'échantillonnage par les techniciens des Directions départementales de l'action sanitaire et sociale (DDASS). Il faut penser que beaucoup de résultats d'analyses bactériologiques sont modifiés. À titre de présomption, un récent rapport montre qu'il n'y a bizarrement

aucune corrélation entre l'épidémiologie des infections (l'étude des cas constatés) par l'eau de baignade ou le sable des plages et le classement de ces dernières.

Pour être vraiment renseigné sur la pollution moyenne d'un rivage, il vaut évidemment mieux analyser les organismes vivants qui peuplent les fonds marins, car ceux-ci intègrent les caractéristiques de l'eau d'une station pendant des mois ou des années. Pour cela, il faudrait faire appel à des spécialistes d'écologie marine, ce que les pouvoirs publics semblent vouloir éviter.

Les conditions écologiques de la Méditerranée ne sont pas comparables avec celles des autres secteurs du littoral français. La Méditerranée est une mer presque fermée dont les eaux ne se renouvellent, en moyenne, que tous les 80 ou 90 ans. Sans marées, sans remontées d'eaux profondes et sans courants importants, c'est une mer qui est dans son ensemble pauvre en plancton et donc pauvre en poissons. 99,9 % de la surface des fonds marins y sont désertiques. Seuls les petits fonds côtiers compris entre 0 et 20 m de profondeur (et exceptionnellement jusqu'à 40 m) permettent une vie luxuriante parce que l'apport de sels minéraux par les rivières côtières et la lumière du

(2) C'est à l'initiative du Pr Boudouresque et à celle d'Alain Jeudy de Grissac, chercheur en géologie marine, et de Jannick Olivier, chargée de mission scientifique au Parc national de Port-Cros, que plus de 200 spécialistes du monde entier se sont réunis sur l'île de Porquerolles, en octobre 1983, pour le premier séminaire international sur les herbiers de posidonies. On peut se procurer la plaquette richement illustrée "Découverte de l'herbier de posidonies" préparée à cette occasion par le Pr Boudouresque et Alexandre Meinesz, de la faculté des sciences de Nice, auprès du Laboratoire d'écologie du benthos, Faculté des sciences de Luminy, 13288 Marseille Cedex 09, tél. (91) 41 12 65.



soleil y sont suffisants pour le développement d'algues et d'autres végétaux ainsi que des animaux qui s'en nourrissent.

Cette bande, l'infra-littoral, ne dépasse généralement pas quelques centaines de mètres de largeur devant les côtes rocheuses à l'est de l'embouchure du Rhône. Elle est comparable à une oasis en bordure d'un immense désert. Les herbiers de posidonies y jouent un rôle primordial.

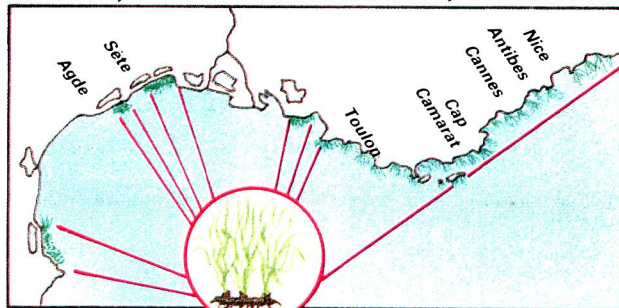
Les posidonies, appelées à tort algues par les vacanciers qui n'aiment pas leurs feuilles mortes échouées sur les plages, mais qui sont en réalité de véritables plantes à fleurs et à racines apparentées aux iris, ne se trouvent qu'à deux endroits du globe : en Méditerranée et sur les côtes sud de l'Australie. Tout comme sa cousine l'iris, cette plante forme des faisceaux de 6 à 7 feuilles longues à nervures parallèles sur des rhizomes rampants (dessin p. 74). Ceux-ci s'allongent de 5 à 10 cm par an s'ils ne rencontrent aucun obstacle. Mais ces tiges peuvent aussi se dresser verticalement si les plants se gênent les uns les autres ou s'ils sont ensablés. De l'enchevêtrement des rhizomes et

racines de différents plants, résulte un lacis très dense qui est un piège très efficace pour les sédiments et les débris organiques. Le lacis de rhizomes morts, peu putrescibles, colmaté par du sédiment constitue peu à peu un ensemble solide, une véritable terrasse sous-marine, la matre.

Lorsqu'il y a équilibre entre la croissance verticale des rhizomes et la sédimentation, la matre peut monter, de 1 m par siècle, vers la surface. On a pu trouver, à l'occasion de fouilles d'épaves, des mattes atteignant 6 à 8 m d'épaisseur. Mais il y a certainement des endroits où la matre est encore plus importante, et il y en a d'autres où elle est, de temps à autre, victime de tempêtes. Dans les baies abritées, les posidonies et leur matre sous-jacente peuvent atteindre la surface de l'eau et former des récifs-barrière qui amortissent la houle à un point tel qu'il se crée devant la plage un lagon d'eau calme et très échauffée en été, dans lequel les posidonies ne peuvent plus se développer. Si la matre continue à monter, le récif-barrière progresse lentement vers le large.

Il faut penser que la plupart des baies et criques

ÉGOUTS, PORTS DE PLAISANCE, PLAGES ARTIFICIELLES ET CHANTIERS NAVALS SE



Le secteur de l'infra-littoral (0 à 20 m) entre Marseille et Toulon est l'un des mieux étudiés de la Côte d'Azur.

Marseille et La Ciotat. La zone touchée par les égouts s'étend d'année en année. Les stations d'épuration sont très insuffisantes. Les herbiers de posidonie régressent.

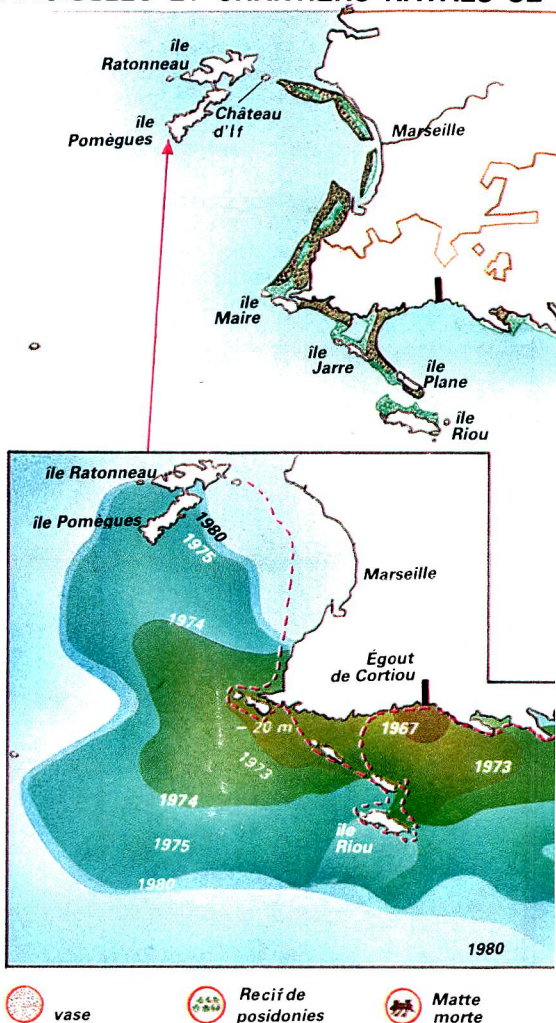
Comme le courant principal de cette partie de la Méditerranée va vers l'ouest, les herbiers ont pu se maintenir à l'est de l'égout de Cortiou, dans les calanques de Sugiton, En-Vau, Port-Miou et dans la baie de Cassis.

La baie de Cassis. La ville dispose d'une station d'épuration assez efficace et a su résister aux tentatives d'élargissement de son port de plaisance : l'état de l'herbier y est incontestablement meilleur.

La baie de La Ciotat, par contre, résiste mal aux effets de l'agrandissement des chantiers navals et de la construction d'une plage artificielle, conjugués à ceux de quelques égouts secondaires à l'est de la ville.

Dans la baie de Bandol, un des plus beaux récifs-barrière de posidonies a été sacrifié à l'élargissement du port de plaisance.

Dans la baie de Sanary, l'herbier recule devant les eaux d'égout. Entre l'île d'Embiez et Le Bruscat, on trouve un des derniers récifs-barrière de la région, mis en danger il y a quelques années par la construction d'une digue servant au passage des caravanes vers le camping de l'île du Grand Gaou. Les associations de protection de la nature ont obtenu la destruction de cette digue qui avait entraîné l'envasement progressif de toute la lagune. Elles réclament aujourd'hui la mise en protection de cette zone très sensible, qui a une grande importance pour la pisciculture.



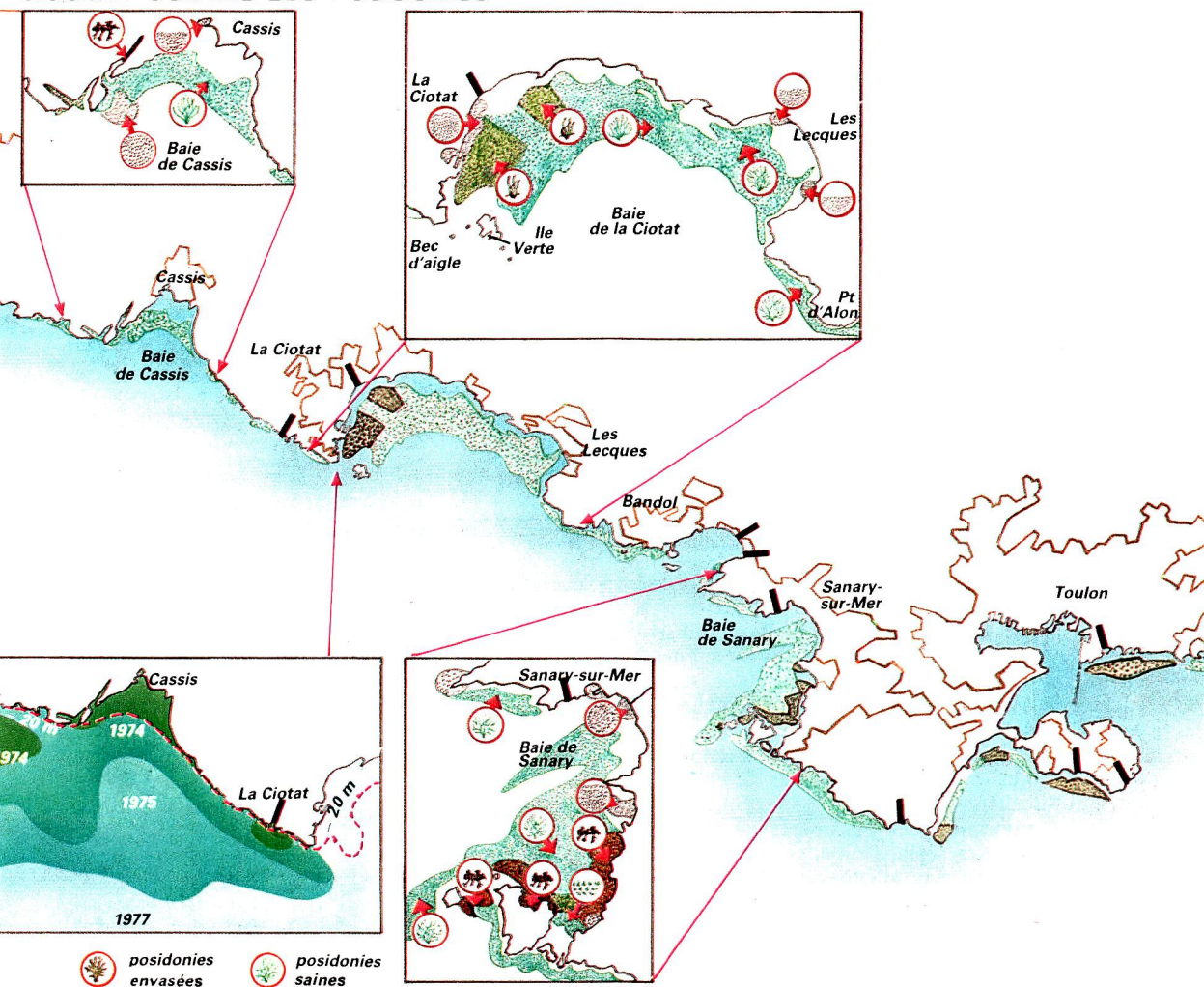
abritées à l'est du Rhône étaient jadis pourvues d'un tel récif-barrière, par exemple le Lacydon, l'actuel "Vieux Port" de Marseille, et les baies de la Seyne et du Lazaret à côté de Toulon. Mais, depuis l'arrivée des Phocéens, puis des Romains, il y a 2 500 ans, ces récifs ont été victimes de la construction de ports. Seule la chance a épargné certains jusqu'à nos jours. Il n'en subsiste aujourd'hui, dans le secteur étudié, plus que deux : dans la baie du Brusc et à Port-Cros (3). Hors des baies protégées, la montée de l'herbier de posidonies est toujours arrêtée, quelques mètres au-dessous de la surface de l'eau, par l'action destructrice des vagues. Mais, même dans ce cas, ses longues feuilles (jusqu'à 7 000 sur un seul mètre carré !) parviennent à atténuer de façon sensible (de l'ordre de 40 %) la force de la houle et des vagues. Les herbiers de posidonies protègent donc les

plages contre l'érosion. Et cela d'autant plus que leurs feuilles mortes se déposent, pendant les tempêtes de l'automne, sur le bord de la mer, où elles peuvent, peu à peu, constituer des banquettes épaisses, que les plagistes ont tort d'enlever.

Mais l'action bénéfique des posidonies ne s'arrête pas là. Pour bien mesurer l'importance de ces prairies (ou plutôt forêts !) sous-marines, il convient de comparer leur production de matière organique avec celle des autres composants de l'écosystème marin. La production primaire (transformation de l'énergie solaire en matière organique) de l'herbier de posidonies se situerait, selon plusieurs chercheurs, entre 20 et 35 tonnes de matière sèche par hectare et par an. Il n'y a aucun autre peuplement végétal en Méditerranée qui puisse atteindre ce chiffre. Un seul mètre carré d'herbier peut dégager jusqu'à 14 litres d'oxygène par jour. La productivité des herbiers de posidonies est donc du même ordre de grandeur que celle des forêts ou des champs de blé en Europe. Les herbiers constituent de ce fait, en quelque sorte, l'industrie lourde de toute l'économie naturelle de

(3) La Fondation océanographique Ricard, en association avec le Parc national de Port-Cros, s'est particulièrement occupée de la sensibilisation des décideurs et du grand public à la protection de l'infra-littoral. Pour tous renseignements concernant les laboratoires, aquariums et musée de la fondation : Fondation océanographique Ricard, Ile des Embiez, Le Brusc, 83140 Six-Fours-les-Plages, tél. (94) 25 02 49.

LIGUENT CONTRE LES POSIDONIES

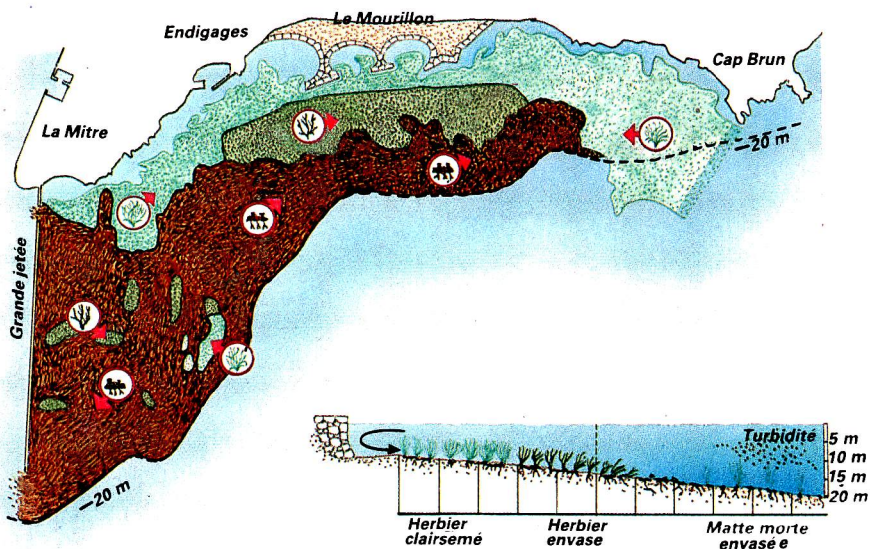


la Méditerranée. En dépendent, d'une façon ou d'une autre, d'innombrables espèces végétales et animales.

Cette dépendance intéresse les quelque 400 espèces d'algues et plusieurs milliers d'espèces animales qui peuplent l'herbier. Parmi ces espèces, une partie choisit les feuilles des posidonies seulement comme habitat, sans s'en nourrir. Un seul mètre carré d'herbier peut, en effet, offrir une surface habitable allant de 10 à 15 m². On y trouve des algues brunes et rouges, des animaux coloniaux (bryozoaires), des hydres, des actinies, des vers polychètes et des éponges. De nombreux gastéropodes se déplacent sur les feuilles pour brouter ces épiphytes. D'autres espèces, comme des petits crabes et les oursins comestibles, grignotent les feuilles elles-mêmes. Il y a aussi des poissons qui se nourrissent directement des feuilles de posidonies : les belles saupes qui traversent les herbiers peu profonds en bancs immenses. Comme les oursins, ces poissons ne digèrent complètement que les épiphytes, ils n'arrivent pas à bien digérer les feuilles des posidonies elles-mêmes, qui sont très coriaces. Ce sont les holothuries (concombres

"exportés", principalement sous forme de feuilles mortes, par les vagues et les courants vers le large. Les posidonies assurent ainsi le ravitaillement de nombreuses zones de la Méditerranée où la production primaire est déficiente et elles jouent donc un rôle capital dans le budget alimentaire de toute la Méditerranée. Si bien que leur disparition équivaldrait, à coup sûr, à une catastrophe écologique aux dimensions de la Méditerranée tout entière avec des conséquences économiques très graves : raréfaction ou disparition de tous les poissons, crustacés et oursins comestibles, disparition des plages, ensevelissement des ports, recul général du rivage, destruction de villes côtières. Les forêts sous-marines qui nous restent devraient donc être impérativement protégées contre toute agression.

Or, ce que nous constatons, presque tout autour de la Méditerranée, c'est au contraire une accélération inquiétante de la régression de l'herbier de posidonies, vieux de plusieurs millénaires. Les raisons en sont certainement multiples, et un grand travail de recherche reste à faire pour élucider les enchaînements qui mènent à la maladie et puis à la mort des posidonies. Mais, d'ores et déjà, les



Devant les plages artificielles du Mourillon, les fines particules de matériaux de construction arrachées lors des tempêtes sont entraînées par le courant principal d'est en ouest et par le courant de retour. En conséquence, l'herbier régresse surtout par sa limite profonde et en face de la rade abri de Toulon en raison de l'absence de lumière due à la turbidité de l'eau chargée de particules en suspension.

de mer) qui achèvent la digestion des feuilles en se nourrissant, sur le fond de l'herbier, des déjections des oursins. Et il y a aussi des poissons qui utilisent l'herbier comme frayère et nursery ou simplement comme abri : parmi eux, la fameuse rascasse ou cochon de mer, un carnassier laid et venimeux, qui est pourtant un ingrédient indispensable de la bouillabaisse, ainsi que les rougets, les daurades, les crénilabres et les mendoles pour ne citer que quelques-uns (4).

Mais l'importance des posidonies ne se limite pas à la modeste surface qu'elles occupent, car environ 30 % de la production des herbiers sont

chercheurs s'accordent à reconnaître que deux formes d'agression humaine en sont responsables : la transformation mécanique du littoral et la pollution chimique des eaux de mer.

La transformation mécanique du littoral est mal connue ! Les documents de synthèse et les cartes précises dont nous disposons permettent cependant de présenter un bilan pour la côte rocheuse à

(4) A propos des organismes peuplant les divers étages des fonds de la Méditerranée, signalons : "La Vie sur les fonds marins, peuplements benthiques méditerranéens, littoral Provence-Côte d'Azur", édité par le CRDP de Nice. Livret général 212 pages, la plaquette éducative 72 pages, avec 48 diapositives.

(5) Les plus utiles sont les suivantes : • G. Giraud, 1980, "Synthèse cartographiée des herbiers de posidonies entre Fos-sur-Mer et la rade d'Hyères", édité par la DCAN et l'université d'Aix-Marseille II (Luminy), 16 pages, 20 cartes. • A. Meinesz, J.-M. Astier et J.-R. Lefèvre, 1979, "Inventaire des restructurations des rivages et de leurs impacts sur la vie sous-marine littorale du département du Var", SOS vie, nature et environnement, édité par URVN. • H. Augier et N. Vicente, 1979, "Planification écologique du milieu marin", étude-type publiée par le ministère de l'Environnement et de la Culture et la Société du canal de Provence et d'aménagement de la région provençale, 46 pages et 4 grandes cartes établies par le Groupe Paul-Emile Victor, édité par la Fondation océanographique Ricard.

l'Est du Rhône (entre Port-de-Bouc et Menton). C'est la côte la plus intéressante, car les herbiers y forment un liseré presque continu, tandis que devant la côte du Languedoc-Roussillon, soumise à l'influence des eaux et des sédiments du Rhône, les herbiers ont toujours été rares. (Quant au deuxième facteur, la pollution, nous nous limitons ici à quelques indications, et nous essayons d'en élaborer, pour l'année prochaine, un bilan pour l'ensemble de la Méditerranée.)

L'infra-littoral (entre 0 et 20 m de profondeur) de Port-de-Bouc à Menton ne représente qu'une superficie de 31 370 ha, c'est-à-dire l'équivalent d'un carré de 17,7 km de côté. De cette partie la plus riche des fonds marins, 3 070 ha, soit près de 10 %, ont été définitivement détruits par la construction de ports de plaisance ou de commerce (Marseille, La Ciotat, St-Cyr-Les Lecques, Bandol, Toulon et beaucoup d'autres), de terre-pleins gagnés sur la mer pour l'urbanisation (Bormes-les-Mimosas, Cannes-Mandelieu, Monaco-Fontvieille), pour la construction de parkings (La Ciotat, Cannes, Villefranche, Les Issambres) ou pour l'extension d'un aéroport (Nice) et la réalisation de plages alvéolaires (Marseille-Prado, La Ciotat, Toulon, Beaulieu, etc.). La proportion des petits fonds ainsi détruits atteint 13 % dans les Alpes-Maritimes, où 700 sur 5 300 ha situés entre 0 et -20 m ont été recouverts ou endigués par 43 ouvrages gagnés sur la mer. Pour le département du Var, les destructions de l'infra-littoral se répartissent de la façon suivante :

- 59 ports de plaisance, soit 301 ha ;
- 1 grand ouvrage, le complexe portuaire de Toulon-La Seyne, soit 953 ha ;
- 7 plages artificielles et terre-pleins, soit 49 ha ;
- 5 terre-pleins isolés, soit encore 12 ha.

Ces 1 322 ha représentent 10 % de l'infra-littoral entre 0 et -10 m et 3 % de l'infra-littoral entre -10 et -20 m. Mais le saccage de l'oasis de vie ne s'arrête pas là, car une douzaine de nouveaux ports de plaisance sont encore en projet ou déjà en cours de construction. La situation est encore moins favorable dans les Bouches-du-Rhône, où, d'un côté des secteurs sensibles comme la Côte-Bleue, au nord-ouest de Marseille, et les célèbres calanques, au sud de la ville, ont pu être défendus jusqu'à maintenant contre tous les assauts des promoteurs, mais où, d'un autre côté, les installations portuaires de Marseille, Fos-sur-Mer et Port-de-Bouc occupent déjà une place très importante. Et il est impossible, surtout dans ce secteur (mais aussi à d'autres endroits), de faire abstraction de l'impact de la pollution.

Contrairement à ce que la classification officielle et riante des plages laisse présumer, la pollution de la Méditerranée nord-occidentale a atteint un niveau inquiétant. Pas un seul secteur de la côte n'en est épargné. Ceci n'est pas surprenant vu que la zone Méditerranée-Est accuse un sérieux retard dans l'assainissement des eaux usées. En 1981, seuls 22 à 24 % de la population y ont été raccordés à une station d'épuration. Cette proportion n'a guère changé depuis, car les grandes stations

d'épuration en projet ou en construction, comme celle de Marseille, n'entreront pas en service avant 1986, et leur efficacité est déjà mise en doute par de nombreux spécialistes. (Dans les autres zones du littoral français le taux du traitement des eaux usées est généralement supérieur à 50 % et dépasse 90 % dans certains secteurs. Entre Marseille et Menton le nombre des stations d'épuration reste inférieur au nombre des ports de plaisance dans le seul département du Var).

Comment se fait-il alors que dans les eaux au large de la Côte d'Azur on trouve moins de mercure, moins de cadmium, moins d'hydrocarbures, moins de PCB que devant les autres façades maritimes françaises ? Cela tient aux conditions particulières de la Méditerranée que nous avons déjà énoncées. En l'absence de marées, de remontées des eaux et de courants forts, la majeure partie des polluants, une fois envoyés au fond de la mer par les émissaires, y reste. Ils n'en font alors que plus de ravages sur la flore et la faune. Si la matte des posidonies est un piège très efficace pour les sédiments, elle l'est aussi pour de nombreux polluants. Et comme la



Pour vivre et se développer, la posidonie a besoin de la lumière du soleil. L'eau trouble lui est très préjudiciable.

plupart des égouts débouchent au niveau des herbiers, il n'est pas surprenant qu'Henri Augier et ses collaborateurs de la faculté des sciences de Luminy (Marseille) aient trouvé dans les mattes, mais aussi dans les rhizomes et les feuilles des posidonies touchées par les eaux usées, quantité de polluants, dont certains à des concentrations parfois très élevées comme, par exemple, le redoutable mercure (plus de 50 ppm dans les feuilles de posidonies à proximité du grand collecteur de la ville de Marseille). Cela explique pourquoi, malgré la faible teneur des eaux en mercure, le Pr Aubert et ses collaborateurs du CERBOM à Nice ont pu trouver aussi dans ce secteur, qui n'est pas le plus pollué de la Méditerranée, des coquillages et des poissons, dont le taux de mercure dépasse largement les normes de l'OMS.

Henri Augier a d'ailleurs proposé, déjà en 1977, d'utiliser la posidonie comme indicateur biologique de la pollution mercurielle à la place de l'analyse chimique de l'eau, qui est trop fastidieuse. Si le mercure semble causer moins de préjudice aux posidonies elles-mêmes qu'aux animaux et aux hommes qui se trouvent au bout de la chaîne alimentaire, dont l'herbier constitue le point de départ, il n'en est pas de même pour les détergents issus des produits de lessive. Le grand collecteur de Marseille en déverse 4 à 5 t par jour dans la seule calanque de Cortiou ! Ces composés provoquent déjà en quantité infime (soit à une concentration de l'ordre de 100 ppb) des nécroses sur les feuilles des posidonies. Il est trompeur, en effet, d'écrire sur les paquets de lessive "biodégradabilité supérieure à 90 %", car les sous-produits de cette biodégradation peuvent être beaucoup plus dangereux que le produit de lessive lui-même et se révéler, en plus, très persistants dans les sédiments marins. Il y a de plus en plus de spécialistes de l'écologie marine qui pensent que ce sont les retombées omniprésentes de notre mode d'hygiène qui constituent la pollution la plus grave en Méditerranée — plus grave, certainement, que les boules de goudron qui salissent les pieds des baigneurs sur les plages.

Si aujourd'hui l'herbier de la calanque de Cortiou a été remplacé par une épaisse couche de vase pestentielle, et si la zone dans laquelle l'herbier est en voie de disparition s'étend jusqu'au célèbre Château d'If à l'ouest de Marseille (carte p. 76), ce n'est pas uniquement dû à l'action des détergents, mais également aux effets directs et indirects des divers matériaux mis en suspension par l'égout. Les particules flottantes peuvent tuer les posidonies directement en les noyant ou indirectement en augmentant la turbidité de l'eau, ce qui provoque la remontée de la limite profonde de l'herbier par manque de lumière. C'est aussi la raison pour laquelle la destruction de l'herbier par l'aménagement de ports de plaisance et de terre-pleins est loin de se limiter aux 10 % des petits fonds occupés, en moyenne, par ces ouvrages.

Ces effets ont été étudiés dans le détail, avec le concours de plongeurs démineurs de la marine nationale et de la commission extra-municipale Ecomair, par Jean-Marie Astier à l'occasion de l'aménagement des plages artificielles du Mourillon à Toulon (en bordure de la rade des Viannes). Jusqu'au début des années 1960, il persistait, à cet endroit, un des plus importants récifs-barrière de posidonies qui protégeait la plage et qui était particulièrement recherché par les pêcheurs professionnels pour sa richesse en poissons nobles. Dès le début de la réalisation de l'ambitieux projet immobilier "Croisette du Mourillon" de la chambre de Commerce de Toulon et du Var en 1970, Jean-Marie Astier a pu suivre de près la destruction de l'herbier par le déversement direct de terre à la mer sans enrochement préalable. La commission Ecomair a organisé, en 1973 et en 1977-1978, sous la direction du commandant Philippe Tailliez, deux importantes campagnes d'océanographie. Leur bilan : pour gagner 22 ha

sur la mer (qui sont occupés, aujourd'hui, en partie par un "parc urbain à la française" car le projet immobilier initial s'est heurté à l'opposition des protecteurs de la nature), on a finalement stérilisé une surface vivante 10 à 20 fois plus grande :

- 22 ha, dont le récif-barrière, ont été couverts par les terre-pleins ;
- 20 ha d'herbier ont été détruits sur le pourtour des digues et les plages ;
- 37 ha ont été envoyés par la sédimentation des argiles mis en suspension pendant les travaux ou arrachés de l'ouvrage pendant les tempêtes ;
- au moins 157 ha ont été condamnés par la montée de la limite profonde de l'herbier provoquée par l'augmentation de la turbidité des eaux (l'herbier mort au-dessous de - 20 m n'a pas été cartographié).

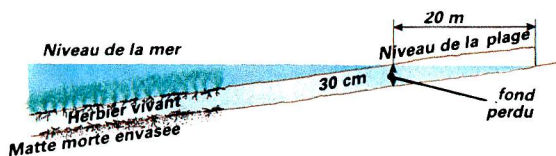
Bilan catastrophique, mais diversement interprété, car ici (et presque partout ailleurs), les gens qui profitent de la nouvelle plage, soit en s'y baignant, soit en faisant des affaires, n'ont pas les mêmes intérêts. Il y a, par exemple, des intérêts éditaires. Les villes côtières ont leurs idées sur la manière d'utiliser le domaine public maritime pour certaines installations. Et l'élaboration de plans d'occupation des sols (POS), obligatoire depuis quelque temps, les y pousse même souvent. Tant pis si les pêcheurs professionnels, les premières victimes des effets négatifs de telles restructurations du rivage, sont mécontents : ils ne font pas le poids lors des élections...

Mais ces aménagements peuvent aussi entraîner des effets indésirables d'une tout autre ampleur et peuvent se révéler désastreux, même du point de vue économique. L'exemple de la catastrophe écologique et humaine provoquée, il y a quelques années, par l'extension de l'aéroport de Nice nous rappelle que les transformations de l'infra-littoral ne se font pas toujours impunément. Si, au Mourillon, les inconvénients entraînés par la destruction du récif-barrière se limitent, pour l'instant, à la forte érosion des plages artificielles, on trouve, non loin de là, des exemples où la destruction de l'herbier de posidonies risque d'avoir un impact économique plus important.

Ainsi de la plage des Lecques, dans la baie de La Ciotat. Sur cette plage, très longue et à pente très douce, les baigneurs profitent des plus beaux rouleaux de la côte. Mais jusqu'à quand encore, faut-il se demander, vu que de cette belle plage il ne reste plus grand-chose aujourd'hui (photo p. 81). Que s'est-il passé pour en arriver là ? Tout a commencé pendant la guerre, lorsque les occupants allemands, pour défendre cet endroit propice à un débarquement, y ont construit un quai long de plusieurs kilomètres, coupant ainsi la plage de la dune qui se trouvait derrière elle. Après la guerre, au lieu de démolir ce mur, la municipalité de St Cyr-Les Lecques a transformé la dune en une plate-forme servant de promenade, de parking et de terrain à bâtir. De la dune, qui avait contribué à l'alimentation de la plage, il ne reste plus rien aujourd'hui. Malgré cela, la plage a résisté jusqu'au début des années 1970. Ensuite les choses sont allées vite. La construction d'un port de

plaisance privé de 431 places à côté du port public a détruit la partie la plus sensible de l'herbier de posidonie et profondément modifié les courants de la baie. La plage retrécit comme une peau de chagrin. Le sédimentologue Alain Jeudy de Grissac a calculé qu'après la destruction d'une matre d'un mètre d'épaisseur, représentant 40 cm de sédiment, dont seuls 10 cm pourraient rester en place, un nouveau profil d'équilibre (**dessin ci-dessous**), qui va faire reculer le rivage de 20 mètres (!), est en train de s'établir ici. Si rien n'est fait, le parking et puis les immeubles de studios bâtis sur la dune vont être avalés par la mer. Pour l'instant, la municipalité croit avoir trouvé la solution à ce problème : elle a rendu le parking payant et espère ainsi collecter les fonds nécessaires à la réalimentation de la plage en sable...

Il faudrait aussi parler des rades de Giens et d'Hyères, où les herbiers, qui comptent parmi les plus étendus de toute la Méditerranée nord-occidentale (7 820 ha pour la seule rade d'Hyères), sont soumis à l'impact de la pollution urbaine et aux dizaines de milliers de bateaux de plaisance au mouillage dans les eaux peu profondes de la rade



et autour des îles d'Hyères. Brûlé par les détergents, étouffé sous des objets en plastique, écorché par les ancrs, l'herbier de posidonies recule. Conséquence : le renforcement de la houle met en danger les deux flèches du tombolo de Giens, qui avaient pu être édifiées par la mer grâce à la présence d'herbiers importants. D'après Alain Jeudy de Grissac, depuis 1956 une des flèches a reculé de 50 à 80 m vers son milieu et de 75 à 90 m dans son tiers sud. Sans l'intervention massive des Ponts et Chaussées, elle aurait déjà été emportée par les tempêtes et, avec elle, la route qui l'emprunte !

Ces exemples montrent que quelques créneaux de parking et quelques places d'ancrage supplémentaires peuvent finalement coûter très cher aux communes du littoral méditerranéen, et que les économies réalisées par la non-construction de stations d'épuration se révèlent de fait un très mauvais calcul, car la richesse écologique une fois sacrifiée, la région risque de perdre son attrait touristique. Les spécialistes estiment à 15 000 ha la surface des herbiers restants entre Port-de-Bouc et Menton (y compris ceux déjà plus ou moins fortement dégradés). Cela veut dire qu'environ la moitié, sinon plus, des forêts sous-marines a déjà disparu dans ce secteur. Il faudrait ajouter à cela l'intoxication et le pillage des peuplements coralligènes et précoralligènes du circa-littoral, l'étage du benthos au-dessous de l'infra-littoral.

Pour donner un coup d'arrêt au saccage et pour limiter les dégâts déjà engendrés, il faudrait évidemment une planification qui permettrait un partage raisonnable du littoral et de l'infra-littoral entre les pêcheurs professionnels, les plaisanciers, les baigneurs et les autres usagers. Vouloir supprimer la plaisance ne serait ni réalisable ni souhaitable. Il vaudrait mieux chercher des aménagements plus légers (plans inclinés de mise à l'eau, ports à sec, pannes et plate-formes flottantes amovibles) qui permettraient de préserver les zones les plus fragiles de l'infra-littoral.

Malheureusement, jusqu'à maintenant les schémas directeurs d'aménagement et d'urbanisation (SDAU) des départements et les plans d'occupation des sols (POS) des communes du littoral ne prennent pas en considération la richesse des fonds marins et ne stipulent pas la nécessité de protection de certaines zones comme les herbiers de posidonies ou des fonds coralligènes. Et les interventions du Conservatoire du littoral s'arrêtent, elles aussi, devant le domaine public maritime. Dans les schémas d'aménagement, comme ils sont appliqués actuellement, le bord de mer apparaît comme un terrain vague prêt à recevoir des équipements de toute sorte pour lesquels l'acquisition de terrains reviendrait trop cher aux communes de cette région. Les prix fonciers (et pas seulement eux) ont atteint là un niveau sans égal.

Bref, il est urgent d'établir des véritables plans d'occupation des fonds marins (POF), comme l'ont préconisé Jean-Marie Astier, Philippe Taillez, Henri Augier et Nardo Vicente (professeur de biologie marine à la faculté des sciences et techniques de St Jérôme, université Aix-Marseille III). Pour ce faire, il est indispensable d'améliorer la cartographie des fonds marins, même si elle demande beaucoup de personnel et de crédits importants. Mais ces efforts peuvent s'avérer inutiles s'ils ne sont pas accompagnés par une meilleure éducation du public. Aujourd'hui les Français s'engagent plus volontiers pour les bébés phoques ou les baleines que pour les posidonies ; cela leur permet de manifester leur amour de la nature sans mettre en cause leurs propres habitudes. A quand les premières manifestations pour la posidonie ?

Edgar GÄRTNER ■

La machine française à trier les cellules



Il est de plus en plus nécessaire, en biologie, de trier les cellules de manière courante et rapide, pour détecter celles qui sont saines de celles qui ne le sont pas, celles qui ont telles caractéristiques et celles qui en ont telles autres. Il existait déjà un appareil conçu à cet effet. D'un coup, les Français en ont doublé les capacités. Une jolie prouesse.

■ Grâce à l'alliance du laser, de l'optique et de l'électronique, des chercheurs français ont tellement perfectionné la technique de tri de cellules, qu'ils l'ont pratiquement réinventée. L'appareil qu'ils ont constitué est capable de reconnaître et de séparer 5 000 cellules à la seconde, selon onze critères différents. C'est le double de ce que l'on pouvait faire auparavant.

Ainsi des cellules ayant un chromosome aberrant ou des globules rouges possédant une hémoglobine anormale, peuvent être rapidement isolés. Il ne s'agit là que de deux exemples pris au hasard, mais c'est dire l'avenir qu'aura cet appareil en biologie et en médecine, notamment pour dépister voire traiter les maladies héréditaires, les anémies, le Sida, toutes les formes de cancer et aussi pour améliorer la technique des greffes. Ses applications seront aussi multiples dans l'industrie pharmaceutique, en biotechnologie, en génie génétique et dans l'industrie agroalimentaire.

Cet appareil est né d'une collaboration "à la japonaise", entre équipes scientifiques de tous horizons et grands organismes de recherche, depuis le CEA jusqu'au CNRS, en passant par l'INSERM, l'INRA, le ministère de l'Industrie et EDF. Sans oublier les subventions de l'Association pour la recherche contre le cancer et la collaboration d'un industriel, la société ODAM à Wissembourg (Bas-Rhin) qui va fabriquer l'appareil

en série, à un prix très intéressant, environ 2 millions de francs, soit 30 % moins cher que les appareils américains — moins performants (6 critères au lieu de 11) et moins sophistiqués — actuellement sur le marché. C'est à l'Institut Gustave Roussy à Villejuif, que l'appareil a été mis au point par une jeune équipe de chercheurs de divers horizons scientifiques, dirigée par le Dr Claude Rosenfeld, responsable du Laboratoire de cytométrie et fluorométrie analytique et séparative (notre photo).

Disons en passant qu'il y a là un "petit problème" : une telle équipe est de celles que l'on aimerait garder en France. Encore faut-il y mettre le prix. Sans un geste de M. Fabius, nos chercheurs iront outre-Atlantique où, déjà, l'université de Stanford, l'Institut de technologie du Massachusetts (le célèbre MIT), l'université de Californie leur offrent un avenir financièrement plus intéressant. Pour une fois qu'on a de l'avance sur les Américains et les Japonais (qui commencent à s'intéresser à l'appareil), autant la conserver.

Le trieur de cellules ou plutôt cytofluoromètre (c'est son nom) procède des premiers analyseurs à fluorescence conçus et élaborés en 1970 aux Etats-Unis. D'abord assez frustes, ces appareils étaient capables de mettre en évidence les différences entre diverses cellules en suspension, mais ils ne pouvaient les trier. Par la suite, l'idée fut reprise et développée avec la mise au point d'appareils capa-

bles, eux, de faire le tri. Conçus par des chercheurs de l'université de Stanford, ces appareils furent d'abord axés sur le diagnostic des leucémies. En prélevant un petit échantillon de sang sur un nouveau-né, il est possible de repérer rapidement et infailliblement la présence d'éventuelles cellules cancéreuses et par conséquent d'intervenir à temps. Il est aussi possible de dépister toute nouvelle récurrence. Apparus sur le marché américain en 1974, ces trieurs de cellules obtinrent un succès immédiat. Par chance, un exemplaire fut offert à la France où il s'avéra irremplaçable et des crédits furent débloqués afin de s'en procurer un second, mais en agissant ainsi, on était conscient d'être tributaire de la technologie américaine et de ne pouvoir améliorer l'appareillage.

Et c'est alors que commence la prouesse française. Des crédits sont débloqués, et la DGRST demande au CEA d'entreprendre l'étude et la réalisation d'un prototype français. Mis en chantier au département d'électronique et d'instrumentation nucléaire à Saclay, l'appareil voit bientôt le jour. Le prototype est alors transféré au Laboratoire de cytofluorométrie analytique et séparative de l'Institut de cancérologie et d'immunogénétique de Villejuif, où des biologistes d'horizons divers le testent et l'améliorent. L'ODAM jusque là spécialiste des appareils de réanimation cardiaque, décide de le produire en série. Avec ses cinquante salariés, l'entreprise espère en construire une vingtaine chaque année et les vendre aux pays de la communauté européenne.

En théorie, le principe du cytofluoromètre est très simple : il repère à grande vitesse n'importe quel type de cellule, puis il trie les cellules en petits tas. En pratique, son fonctionnement est beaucoup plus complexe. Les cellules que l'on se propose d'analyser sont d'abord mises en suspension. Placées dans un tube à essais, baignant dans un liquide physiologique, elles sont ensuite aspirées par un petit capillaire où elles défilent à la queue-leu-leu à la vitesse de 10 m/sec.

De là, elles passent dans un trou réduit où elles sont mesurées au micron près. Parvenues à l'air libre, elles sont bombardées par deux faisceaux lasers qui examinent leur structure interne et décelent les éventuelles anomalies. Evidemment, toutes les informations recueillies sont transmises à

un ordinateur relié à un écran TV. Une simple lecture permet donc de connaître rapidement les caractéristiques d'une préparation cellulaire. En une seule journée, un laboratoire peut examiner plusieurs centaines de préparations cellulaires, travail qui, il y a encore une quinzaine d'années était très long.

Le tri proprement dit consiste à séparer les cellules selon la caractéristique choisie : par exemple, une anomalie des chromosomes s'il s'agit d'un cancer ou d'une maladie héréditaire. Pour ce faire, le flux cellulaire défile devant une plaquette piézo-électrique qui le fractionne en gouttelettes. Les gouttelettes contenant les cellules que l'on se propose d'isoler de la suspension, sont chargés électriquement par passage dans une machine électrostatique, puis déviées par un champ électrique et enfin recueillies et mises en culture pour une étude ultérieure plus approfondie.

La liste des applications du cytofluoromètre n'est pas close : on en découvre chaque mois de nouvelles. La première de ces applications concerne l'immunologie. Elle consiste à prélever rapidement dans le sang de sujets volontaires des quantités importantes de lymphocytes B. Les lymphocytes B sont une variété de globules blancs chargés spécialement de détruire, grâce aux anticorps qu'ils sécrètent, les cellules étrangères ou anormales, les cellules cancéreuses notamment, présentes dans un organisme. Les lymphocytes B ainsi prélevés sont ensuite injectés à des sujets cancéreux afin de restaurer leur système immunitaire généralement amoindri par les traitements chimiques qu'ils ont subis. Aujourd'hui, on préfère une variante à cette forme de traitement. Ce ne sont plus des lymphocytes B qui sont injectés aux malades, mais des cellules de moelle osseuse. De ces cellules naissent les globules du sang, gardiens de l'immunité et en particulier les lymphocytes B.

Certains médecins injectent à leurs malades des cellules de moelle prélevées sur des donneurs étrangers. Mais comme les greffes compatibles sont rares, un risque de rejet est toujours à craindre. Pour l'éviter autant que faire se peut, le malade est traité afin que son système immunitaire ne puisse rejeter le greffon de la moelle. Et inversement pour que ce greffon ne puisse s'attaquer aux tissus du

patient on doit le débarrasser de ses éventuels lymphocytes. Le cytofluoromètre a montré qu'il faisait remarquablement bien ce travail augmentant ainsi les chances de réussite des greffes. D'autres médecins, au contraire, préfèrent injecter au malade ses propres cellules de moelle osseuse. Celles-ci, prélevées au moment où le cancer connaît une rémission, sont ensuite congelées en vue d'une éventuelle rechute. L'écueil de cette thérapeutique, qui cependant donne de bons résultats dans le traitement des leucémies, est que les cellules ponctionnées contiennent d'éventuelles cellules malignes. Risque aujourd'hui supprimé avec le cytofluoromètre qui les repère et les élimine. Le cytofluoromètre se montre aussi incomparable pour apparier le mieux possible les tissus du donneur avec ceux du receveur, c'est-à-dire pour faire en sorte que les cartes d'identité tissulaires des deux individus soient aussi proches que possible. Cette carte d'identité tissulaire est définie par un système dit HLA (pour Human Leucocyte Antigen) composé de protéines qui constituent une sorte de résille incrustée dans la membrane qui enveloppe les cellules.

Ces protéines héritées par moitié de chacun des parents (nous héritons donc deux moitiés de système HLA) se combinent à l'infini, ce qui fait que les marques HLA sont aussi spécifiques à un individu que ses empreintes digitales. Comme le cytofluoromètre est capable de distinguer les systèmes HLA des cellules, il permet par conséquent de choisir le greffon le mieux adapté aux tissus du receveur.

Toujours en s'appuyant sur le système HLA, le cytofluoromètre peut aussi dépister rapidement toute tumeur cancéreuse. En effet, les cellules cancéreuses sont des cellules devenues aberrantes qui sécrètent des protéines HLA différentes de celles des cellules normales. Il peut aussi détecter les cellules cancéreuses selon un autre biais : par simple examen de leurs chromosomes car les chromosomes des cellules cancéreuses présentent des remaniements ou des gènes dits oncogènes que les cellules normales n'ont pas.

Toujours par examen des chromosomes, le cytofluoromètre peut aussi dépister d'éventuelles maladies héréditaires comme la trisomie 21 qui se caractérise par la présence d'un chromosome sup-

plémentaire au niveau de la vingt et unième paire de chromosomes.

On s'est avisé aussi que le cytofluoromètre peut détecter rapidement et beaucoup plus sûrement les sujets atteints de Sida, par simple examen de leur sang. Le principe de ce dépistage s'appuie sur le fait que les porteurs de cette maladie ont des populations de lymphocytes T "killers" et suppresseurs en proportions différentes de celles de sujets normaux. Jusqu'ici le comptage de ces lymphocytes s'effectuait au microscope, avec peu de précision. Le cytofluoromètre permettra aussi de dépister d'éventuelles maladies virales en débuisquant le virus au secret dans l'ADN cellulaire.

Les généticiens, de leur côté, estiment que le cytofluoromètre sera d'un grand intérêt en ingénierie génétique pour sélectionner rapidement des gènes ayant une propriété intéressante. On pense au gène responsable de la synthèse d'insuline et à celui impliqué dans la fabrication de l'hormone de croissance. Ces gènes pourront être ensuite greffés dans des bactéries, qui en se multipliant se mettront à produire rapidement ces deux précieuses substances.

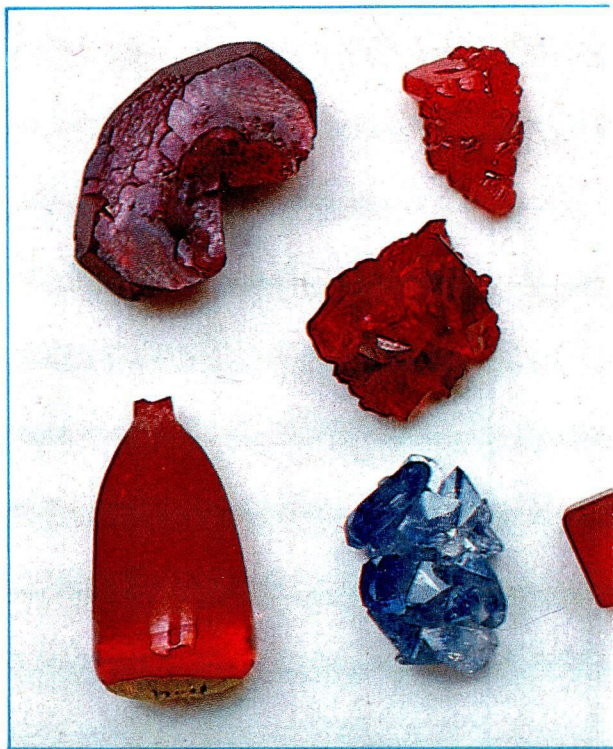
En biologie végétale, le cytofluoromètre peut aussi repérer et isoler rapidement dans une plante une cellule douée d'un pouvoir intéressant comme, par exemple, celui de produire une substance anticancéreuse. Après avoir isolé cette cellule, il suffira de la cloner pour obtenir à l'infini des boutures possédant un haut degré de ladite vertu anticancéreuse.

Selon le même principe l'appareil peut aussi sélectionner des plantes résistant à telle maladie ou des plantes ayant de bons rendements ou capables de produire des acides aminés rares. Un brasseur alsacien envisage l'achat d'un cytofluoromètre pour détecter et éliminer les bactéries parasites qui gâchent parfois des centaines de litres de bière. Tout l'agroalimentaire peut aussi bénéficier de cet appareil.

En pharmacologie l'usage du cytofluoromètre sera utile pour examiner les cellules sur lesquelles seront testées des drogues nouvelles et rapidement on pourra voir l'effet bénéfique ou nocif de la drogue. C'est donc des millions d'heures passées sous le microscope qui seront économisées à l'avenir.

Pierre ROSSION ■

Pierres précieuses : la synthèse égale le naturel



En matière de joaillerie on a longtemps confondu les scientifiques avec les escrocs, le vrai avec le faux, l'imitation avec la synthèse : pourtant, celle-ci ne cherche pas à tromper puisqu'elle réussit à refaire exactement le même cristal que celui des roches naturelles. Et seuls les scientifiques peuvent faire la différence entre les deux modes de formation : au fond de la terre ou dans un laboratoire.

■ Au temps des alchimistes, quand les initiés travaillaient au fond des caves dans la brève clarté des chandelles, la recherche n'avait au fond que deux buts vraiment passionnants : l'élixir de vie et la pierre philosophale. Le premier devait donner une éternelle jeunesse à son consommateur, et la seconde aurait assuré la transmutation du plomb en or — autrement dit l'alchimiste aurait vécu indéfiniment jeune et riche : on conçoit qu'une si louable entreprise ait eu beaucoup de disciples. Et s'ils avaient su à cette époque que le diamant n'est autre que du carbone, nul doute qu'ils n'aient aussi exigé de la pierre philosophale qu'elle transforme le charbon de bois en solitaires et brillants : jeunes, riches et parés.

Mais, manque de chance, les alchimistes confondaient facilement science expérimentale et sorcellerie, d'où l'odeur de soufre qui flottait dans la lueur glauque des cornues non loin des tables à sacrifices : quelques maîtres ayant décidé que le sang était nécessaire à leur synthèse, on en vint à sacrifier des enfants pour de bon et les alchimistes se retrouvèrent devant des tribunaux, qui n'étaient jamais bien loin du gibet. Un sombre gâchis quand on sait que maintenant, grâce aux accélérateurs de

particules, on sait passer du plomb à l'or et, avec des presses géantes, du graphite au diamant. Il n'y a plus que l'élixir de vie qui, Dieu merci, reste introuvable.

Mais tout ce qui est précieux est à la portée des moyens de synthèse actuels. On sait reproduire le saphir et le diamant, le rubis et l'émeraude, à partir de constituants qui sont bien ordinaires comparés à la valeur qu'ils prennent combinés dans le bon ordre. A toute femme qui tombe en admiration devant la bague de la voisine, on peut donner quelques recettes simples : par exemple on prend un peu d'aluminium (à récupérer sur une casserole) un peu d'oxygène dans l'air, et un peu de chrome en grattant la poignée du frigidaire ; en faisant chauffer le tout à la bonne température, on a un rubis.

Au cas où manquerait le chrome, car les brillantes poignées sont souvent aujourd'hui en plastique aluminisé, on peut mettre un peu de fer et de titane (à récupérer dans une peinture blanche) et on obtient un joli saphir. Les bérils, dont l'émeraude n'est qu'une variété, sont faits, comme leur nom l'indique, de béryllium, un métal qui n'est nullement rare, avec de l'aluminium, de la



Tous les types de synthèse existent dans les cristaux présentés ci-contre.

On a ainsi, de gauche à droite et ligne par ligne :

rubis Kashan, rubis Knischka, émeraude Gilson, saphir Chatham ; rubis Chatham, émeraude Lennix, émeraude Regency ; une boule de rubis procédé Verneuil datant de 1920, saphir Chatham, un cube de rubis cristallisé en fondant, et une boule de saphir procédé Verneuil. Une fois taillés, ci-dessous, tous ces cristaux peuvent être montés sur les bijoux et il est parfois très difficile de les distinguer des cristaux de même composition trouvés dans la nature.



silice (du sable...) et un peu de chrome. A vrai dire, il en va ainsi de toutes les pierres, qu'elles soient légalement précieuses (diamant, rubis, saphir, émeraude), très courantes comme le quartz, ou modérément coûteuses comme les grenats, les topazes, les aiguës-marines, etc.

Contrairement à ce qu'on croit souvent, les pierres précieuses ne sont pas des corps simples, sauf le diamant qui est du carbone. Toutes les autres sont de simples oxydes métalliques, c'est-à-dire des combinaisons chimiques d'éléments très ordinaires : souvent même, ce sont des mélanges de divers oxydes, ou des agglomérats de cristaux minuscules. Il faut donc bien séparer les métaux précieux, qui sont des éléments naturels rares, et les pierres formées d'éléments communs mais dans une combinaison qui, elle, est rare.

Ceci explique l'échec de la pierre philosophale : pour passer d'un élément à un autre, par exemple du fer au nickel, ou du mercure au platine, il faut pouvoir modifier la structure du noyau atomique, structure qui est caractéristique de chaque élément, et cela est tout juste à la portée des grands accélérateurs de particules ; encore faut-il ajouter que cette transmutation porte sur des quantités de matière infimes, à peine visibles à la loupe.

Par contre, reproduire la combinaison chimique propre aux pierres précieuses est chose difficile, mais faisable. Précisons bien ici que nous ne considérons pas les imitations, mais bien les cristaux faits en laboratoire et possédant les mêmes caractères physiques et chimiques que les cristaux trouvés dans la nature. En théorie, ils devraient

donc être indiscernables ; en pratique, le processus de formation n'étant pas le même, il peut y avoir des différences extrêmement ténues que seul un matériel très spécialisé permet, difficilement, de discerner.

C'est ainsi que, sans ce matériel qui relève du laboratoire, il est impossible de faire la différence entre certains rubis de synthèse et ceux trouvés dans la nature. La même chose vaut pour les saphirs, pour les émeraudes et même, mais le problème est très différent, pour le diamant. Toutes ces pierres ayant une valeur énorme, il était logique de chercher à les reproduire c'est-à-dire à refaire une pierre ayant même apparence, même composition chimique, même structure cristalline, et donc mêmes caractéristiques optiques, électroniques, physiques, etc.

Le problème est un peu le même que celui de l'élevage ou de l'agriculture : les moutons et les épis de blé étant rares dans la nature, il y a intérêt à les faire soi-même. Mais avant de reproduire des cristaux qu'on ne peut ni semer, ni accoupler, encore fallait-il en connaître la composition et donc attendre l'avènement de la chimie analytique en remplacement de l'alchimie.

C'est en 1797 que le diamant est reconnu pour être du simple carbone, comme le charbon de bois, mais avec un arrangement géométrique des atomes différent. Peu après, vers 1800, on découvre que rubis et saphir ne sont que du corindon, c'est-à-dire de l'oxyde d'aluminium, avec des traces d'autres métaux — chrome, fer, titane, etc. — qui lui donnent des teintes bien spécifiques. L'éme-

raude n'est qu'un béryl, vert par substitution de l'oxyde de chrome à l'oxyde d'aluminium.

Une fois connue la composition moléculaire, les moyens offerts par la chimie de synthèse devaient permettre de refaire exactement la même gemme que celle qui a été façonnée par les grands bouleversements géologiques. Toutefois, il faut déjà noter que la nature avait le temps devant elle — des années s'il fallait — alors que la synthèse ne doit pas excéder quelques mois (rentabilité). Or la formation des cristaux est souvent très lente par elle-même, surtout si l'on veut aboutir à une structure cristalline bien définie. Ce problème de croissance minérale a déjà été étudié ici dans notre rubrique "physique amusante" en décembre 1979 et janvier 1980 (n° 747 et 748), et nous n'y reviendrons donc pas. Ajoutons encore que la nature a non seulement le temps devant elle, mais aussi des pressions et des températures qui sont peu commodes à reproduire en laboratoire. Écrasés sous des kilomètres d'épaisseur de magma rocheux, avec les températures de fournaise qui règnent dans les grandes profondeurs de la couche terrestre, les oxydes métalliques avaient tout le temps de cristalliser dans toutes les formes possibles, y compris les plus belles à l'œil.

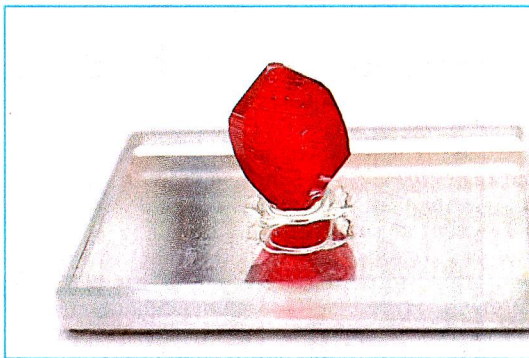
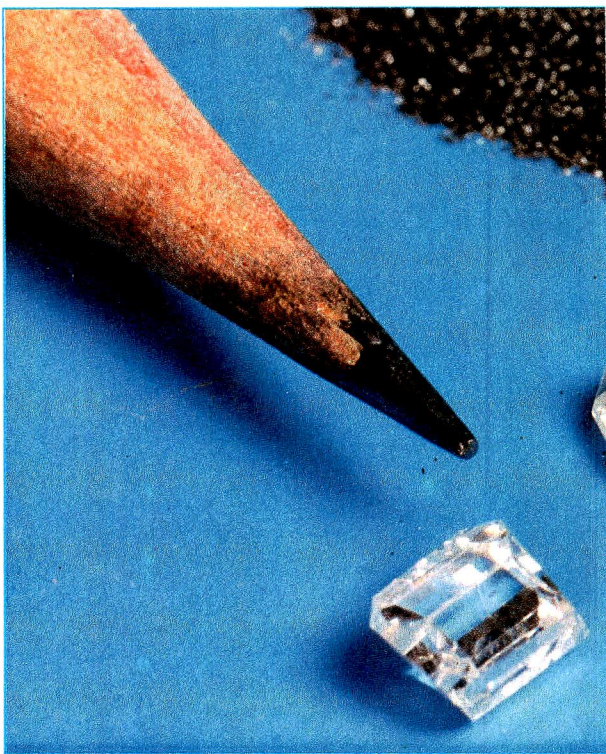
C'est dire que la difficulté du problème n'est pas du tout d'ordre théorique, mais d'ordre pratique. En fait, il y a deux manières d'obtenir des cristaux : par fusion des constituants et solidification ensuite, et par croissance naturelle à partir d'une solution. La première formule est la plus commode à reproduire en laboratoire mais elle n'est pas toujours utilisable : certaines substances se décomposent à la chaleur, ou passent directement à l'état gazeux (sublimation) ou se solidifient sous une autre forme que le cristal voulu ; c'est ainsi que le quartz tourne au verre (état amorphe) après fusion, ou que l'émeraude se décompose à haute température.

Avec les corindons, par contre, qui ne sont autres que de l'alumine cristallisée, la fusion marche très bien. Le corindon pur, strict oxyde d'aluminium, est normalement transparent (alcochromatique). Mais il suffit de quelques traces d'autres oxydes métalliques pour lui donner toutes les teintes possibles. C'est ainsi qu'avec 1 à 3 % d'oxyde de chrome (Cr_2O_3), l'alumine (Al_2O_3) devient rouge et prend le nom de rubis. Ces deux oxydes étant à peu près aussi communs que les pierres des chemins, c'est par le rubis que débutèrent les essais de pierres synthétiques.

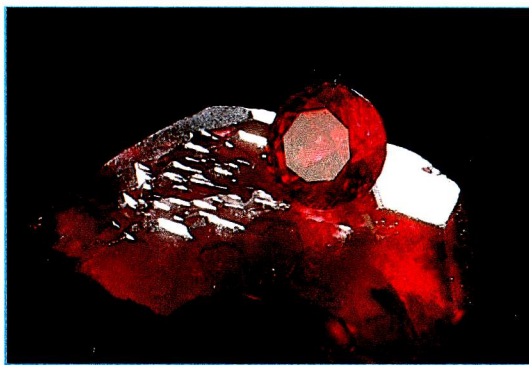
Les premières tentatives datent de 1890, avec Edmond Frémy, professeur de chimie au Muséum d'histoire naturelle, mais c'est Auguste Verneuil, son assistant, qui atteignit la réussite : en 1902, il pouvait présenter les premiers rubis de synthèse strictement conformes, du point de vue composition et propriétés, aux rubis naturels. Chose étonnante, la technique mise au point par Verneuil est toujours utilisée aujourd'hui, à peine modifiée, et son appareil, qui est conservé au musée des Arts et Métiers, ne diffère pratiquement pas dans son principe des instruments actuels.

Verneuil savait que le rubis n'est que du co-

QUELLE QUE SOIT L'ORIGINE, CE SONT

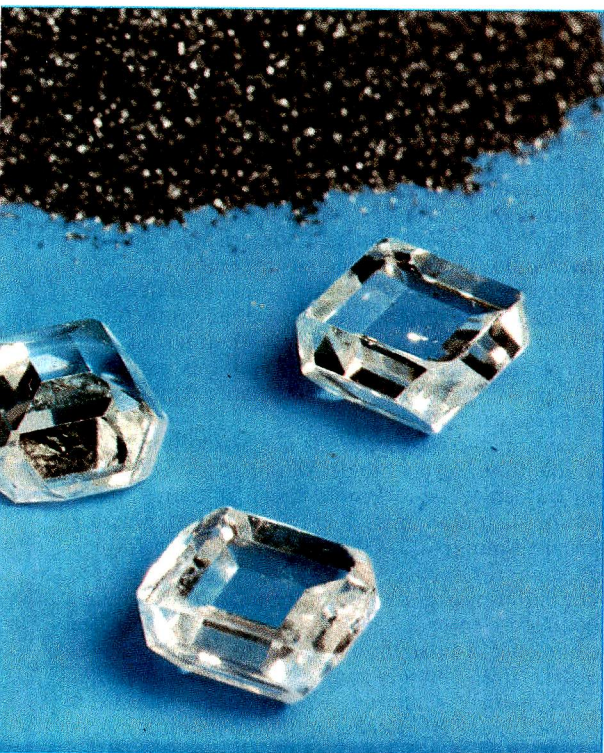


Le rubis Knischka, d'origine autrichienne, est obtenu par cristallisation lente dans un fondant.



Un cristal de synthèse américain (Kashan) bien réussi mène à des pierres de très haute qualité.

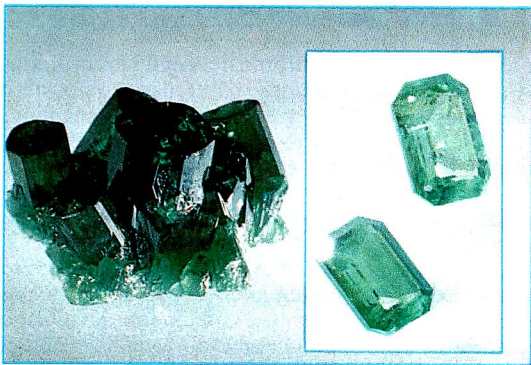
TOUJOURS LES MÊMES VRAIES PIERRES PRÉCIEUSES



La synthèse du diamant est la spécialité de la General Electric, dont le procédé est également utilisé par la De Beers. Les pierres présentées ici, dont les plus grandes pèsent environ 1 carat (2 décigrammes) ont été légèrement polies, mais elles gardent la forme originale de croissance du cristal. Ces diamants ont été obtenus, à très haute pression et température élevée, à partir de graphite, cette poudre noire dont on fait aussi les mines de crayon et qui constitue la forme ordinaire du carbone. Contrairement à une légende tenace, le diamant, naturel ou synthétique, n'est nullement éternel : il est facilement cassé (clivage) et de plus il est combustible. Naturellement transparent, le corindon peut être rouge (rubis), bleu (saphir) mais aussi vert, jaune, ou même orange comme ci-dessous (Chatham).



Produit en beaucoup moins grande quantité que le rubis, le saphir (Chatham) est aussi un corindon.



L'émeraude obtenue par synthèse (Gilson) peut être d'un vert léger, comme ici, ou très foncée.

rindon, alumine à structure cristalline hexagonale, avec un peu de chrome dont les atomes viennent se substituer à ceux de l'aluminium et donnent au cristal sa teinte rouge. Le corindon fond à 2 050 °C, une température élevée mais déjà accessible à l'époque, en 1900, grâce au chalumeau oxyacétylénique. Verneuil commençait par chauffer alun d'ammoniac et alun de chrome à 1 200 °C : à cette température, eau, sulfate d'ammoniac et oxydes de soufre sont vaporisés et il ne reste que l'alumine avec un peu d'oxyde de chrome.

Cette alumine est mise en poudre, puis soufflée dans la flamme d'un chalumeau où elle se liquéfie. Les gouttelettes commencent par s'agglomérer en bas de l'appareil, puis les suivantes s'accumulent peu à peu et restent en fusion, formant une sorte de poire, ou de boule, qui s'élève lentement dans la flamme. La partie haute reste fondue tandis que les couches internes cristallisent peu à peu. A la fin, on obtient un cylindre haut d'une dizaine de centimètres pour un diamètre de quelques centimètres, et qui est une boule de rubis. Ces rubis Verneuil sont, au simple coup d'œil, indiscernables des vrais dont ils reproduisent fidèlement la teinte et, bien sûr, toutes les caractéristiques physiques.

Mais, à l'examen optique, on relève souvent des bulles que les rubis naturels, cristallisés à très haute pression, ne possèdent pas, et surtout des cercles concentriques de croissance, dus au procédé par apport de couches fondues successives ; ces anneaux de croissance, similaires à ceux du bois, ne peuvent passer inaperçus d'un professionnel

expérimenté. Pour la simple beauté de la pierre, par contre, il n'y a aucune différence ; par ailleurs, ces rubis sont toujours largement utilisés pour les pivots des appareils de mesure, mais moins pour les montres depuis l'arrivée du quartz.

Une fois bien au point, le procédé Verneuil permet de faire tous les types de corindon : rouge, orangé, jaune, vert, bleu, violet, et incolore. La couleur est uniquement due à la présence d'autres métaux dont les atomes viennent, de place en place, remplacer ceux de l'aluminium. En remplaçant le chrome du rubis par du nickel, on a du corindon jaune. En mettant chrome, nickel et fer, la teinte passe à l'orange, ou au vert avec cobalt, vanadium et nickel. Toutes les teintes sont possibles, y compris celle du saphir, corindon bleu, en ajoutant fer et titane sous forme d'oxydes à l'alumine pure.

Plus près de nous, vers 1950, la découverte des lasers allait amener les chercheurs à utiliser des barreaux de rubis de très grande pureté optique. On s'est alors tourné vers une autre technique, (qui s'est révélée trop coûteuse), celle du fondant, ou flux : l'alumine et l'oxyde de chrome sont dissous dans une solution dite fondant, portée à haute température (autour de 1 300 °C) et qu'on laisse ensuite refroidir très lentement, par exemple 2 °C par heure. A ce moment, le corindon cristallise très lentement au sein de la solution ; celle-ci est elle-même faite de sels métalliques : oxydes de bore et de plomb, fluorure de plomb, etc.

C'est un procédé très lent, puisque le refroidissement complet peut demander largement huit jours, très délicat, parce que l'abaissement de température doit être finement contrôlé, et assez coûteux parce qu'il faut des creusets en platine, lequel n'est pas donné. Il existe d'ailleurs une autre technique, également mise au point pour les lasers, et dénommée procédé Czochralski, ou simplement tirage. Ici, il n'y a plus de fondant du tout ; l'alumine, et les oxydes métalliques nécessaires à la couleur, sont fondus dans un creuset en iridium, le chauffage étant assuré par des ondes électromagnétiques de très haute fréquence. L'iridium est nécessaire parce que son point de fusion (2 442 °C) est supérieur à celui de l'alumine (2 050 °C), contrairement au platine (1 774 °C) qui est fondu bien avant ; un seul inconvénient : l'iridium est beaucoup plus rare que le platine, donc encore plus coûteux, et de plus très difficile à mettre en forme et à usiner.

Une fois le mélange fondu dans le creuset, on approche de la surface liquide un minuscule cristal de corindon, appelé semence, qui va déclencher la cristallisation en surface et on tire en tournant, à raison d'une trentaine de tours par minute. Il vient peu à peu un cylindre de corindon cristallisé, mais le contrôle de température doit être extrêmement fin : à 1 ou 2 °C de trop par rapport aux 2 050 °C du bain, et le cristal semence fond aussi ; mais avec 1 ou 2 °C de moins, c'est tout le liquide qui solidifie d'un seul coup.

Les corindons obtenus par cristallisation à partir d'une solution, ou par tirage, sont d'une remarquable qualité. Les bulles et les cercles de croissan-

ce n'existent plus (mais il peut rester des cristaux microscopiques de platine) et il faut des moyens d'analyse très poussés pour arriver à faire la différence.

Il existe un quatrième procédé de synthèse, peu utilisé pour les corindons, mais largement exploité pour le quartz et les émeraudes : la cristallisation sous vapeur d'eau, dite aussi hydrothermale. La plupart des quartz utilisés dans les oscillateurs, les générateurs de fréquence, les horloges, les circuits électroniques et autres, sont faits par ce procédé, la nature n'offrant pas assez de cristaux parfaitement purs. On fait de même des améthystes, des citrines, et là, il faut le dire, il est pratiquement impossible de différencier naturel et synthétique. Il faut dire que le procédé hydrothermal est celui qui se rapproche le plus des conditions naturelles de formation : pression élevée, haute température et présence d'eau.

Le principe est simple : la silice, additionnée de soude ou de carbonate de sodium, est placée dans un autoclave déjà rempli d'eau et dont on fait monter la température à 300 °C ou un peu plus. La pression monte à 2 000 bars, et l'eau, transformée en vapeur, dissout la silice. A ce moment, on crée une différence de température au sein du liquide bouillant, entre le haut et le bas, et la silice commence à cristalliser autour de semences ; les quartz ainsi obtenus sont d'une pureté extrême.

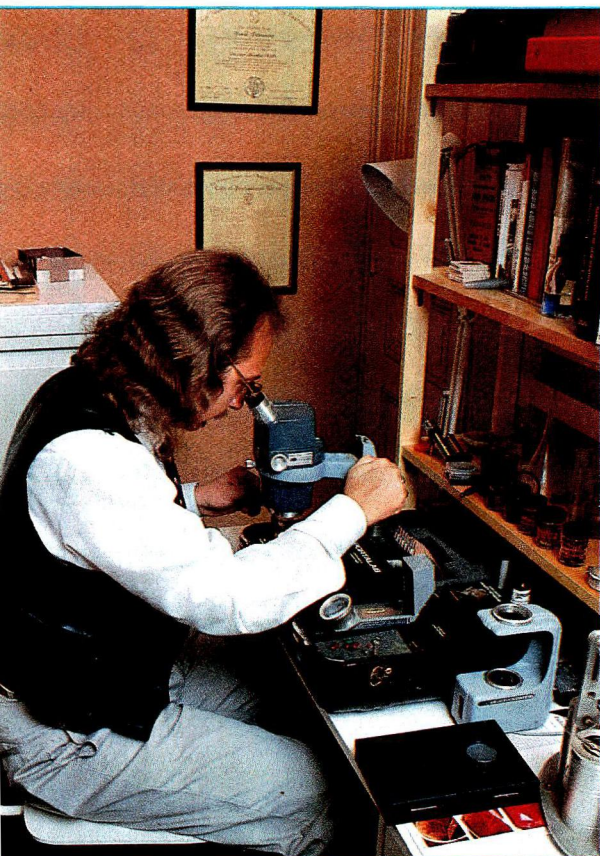
La même technique est appliquée aux USA pour faire des émeraudes, qui ne sont autres que la variété verte du beryl. Par définition, celui-ci est un silicate d'aluminium et béryllium — $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot (\text{BeO})_3 (\text{SiO}_2)_6$ — qui devient vert par substitution partielle d'oxyde de chrome à l'oxyde d'aluminium



(ce même oxyde de chrome qui rend les corindons rouges). Les émeraudes naturelles comportent aussi des traces de fer et d'oxyde de vanadium. Dans la synthèse hydrothermale, on met en solution dans la vapeur de l'hydroxyde d'aluminium, de la silice, de l'hydroxyde de béryllium, du chlorure de cuivre hydraté et les traces de chrome nécessaires. Le tout est chauffé vers 500 ou 600 °C, la pression allant de 700 à 1 400 bars. La manière exacte dont est conduite la cristallisation est tenue secrète par les fabricants. Les émeraudes Gilson sont faites selon la technique du fondant, celui-ci étant à base de lithium, vanadium et molybdène.

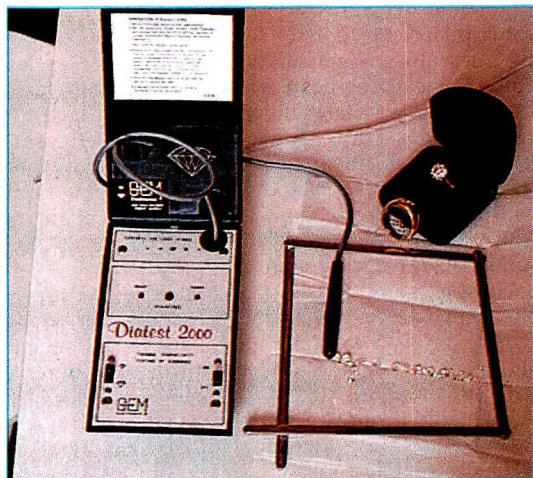
Venons en maintenant au diamant, la dernière

DES ANALYSES COMPLEXES POUR DISCERNER NATURE ET SYNTHÈSE

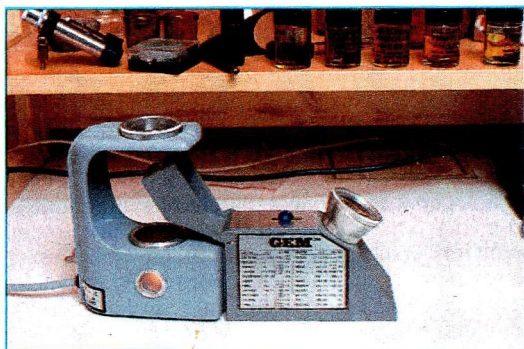


2

Faire la différence entre cristal de synthèse et cristal naturel, n'est pas chose facile, et il ne faut rien moins que tous ces instruments pour trancher (1). Comme on le voit (2), le spécialiste doit contrôler toutes les propriétés optiques de la pierre pour se faire une idée, mais il faut vérifier aussi densité, dureté et autres. Indice de réfraction et pouvoir rotatoire (polarisation) sont les premiers critères optiques mesurables d'un cristal (3). Une analyse au spectroscope précisera le pouvoir dispersif de la gamme (4) tandis que la conductibilité thermique permet de repérer tout de suite le diamant (5). Mais ces trois instruments doivent être complétés par plusieurs autres pour que l'analyse soit sûre.



5



3

des quatre pierres précieuses légales, qui constitue un cas particulier pour plusieurs raisons ; d'abord ce n'est pas une combinaison chimique rare d'éléments communs, comme les trois précédentes mais une structure cristalline rare d'un élément commun, le carbone. Ensuite, c'est le plus dur de tous les matériaux, et le meilleur conducteur de la chaleur — bien avant le cuivre et l'argent. De plus, il possède un indice de réfraction très élevé ($n = 2.42$) qui, avec un pouvoir dispersif élevé, explique son éclat encore qu'il soit battu en ce domaine par l'oxyde de titane ou rutile ($n = 2.8$).

Enfin, le marché du diamant est tenu à 85 % par une seule société, la De Beers — président Oppenheimer — qui fixe elle-même les cours et la production : c'est dire si les prix sont contrôlés, d'autant plus que le diamant est beaucoup moins rare qu'on ne l'imagine. C'est dire aussi combien la société apprécierait de voir apparaître des pierres de synthèse autres que les siennes sur le marché.

C'est en 1797, nous l'avons vu, que le chimiste Tennant découvre que le diamant n'est que du carbone cristallisé sous la forme cubique, contrairement au graphite qui en est la forme hexagonale (noir de fumée, charbon de bois, etc., sont aussi du graphite). Tennant, qui a du bon sens, note que la densité du diamant est de 3,52 quand celle du graphite est de 2,25 ; il en déduit avec pertinence



4

qu'un même volume de diamant renferme 60 % de plus d'atomes de carbone que la forme graphite, donc qu'il faut tasser la matière pour arriver à ce résultat

Une fois connu ce principe, quantité de chercheurs vont s'attaquer au problème, mais ce qu'ils ont sous-estimé, c'est le point où il faut tasser le carbone pour passer du graphite au diamant. A pression ordinaire, le carbone reste graphite jusqu'à 4 000 °C, après quoi il fond. Il faut donc réunir une énorme pression et une température élevée, mais se pose alors le problème du conteneur : les meilleurs alliages se désagrègent vers 70 000 bars, et il ne faut pas les chauffer beaucoup pour qu'ils perdent une partie de cette résistance.

Pendant des années on essaiera tout : des marteaux-pilons, des presses hydrauliques, des explosifs, des alliages à haut taux de carbone fondus puis plongés dans l'eau froide, etc. Certains prétendent réussir, mais sans jamais apporter la preuve — et pour cause, ils voulaient garder le secret. En réalité, les travaux sérieux ne commenceront qu'après la guerre, aux USA, avec Bridgman qui construit une presse dont les éléments récepteurs sont en carbure de tungstène et cobalt, le plus solide des alliages connus.

Ce système de presse, très complexe, est repris par Hall, de la General Electric qui, en 1954, réussit enfin la synthèse du diamant. La même année, il obtiendra aussi du nitrure de bore à structure cubique, qui est quasiment aussi dur que le diamant. La presse utilisée était tétraédrique : les quatre pistons forment les quatre hauteurs d'un tétraèdre régulier dont les arêtes sont les armatures. La chambre de compression est située au point de rencontre des quatre hauteurs, le chauffage étant assuré par effet Joule au passage d'un courant intense.

Les expériences prouvèrent que toute forme de carbone pouvait servir, puisqu'une vingtaine de substances furent essayées avec succès. Certaines, comme le naphthalène, commencent par fournir du graphite avant de donner du diamant. La cire ou le sucre donnent directement du diamant en 5 minutes, à 2 000 °C et 140 000 bars. Même les cacahuètes donnent du diamant avec 60 % de rendement.

En utilisation industrielle, on part bien sûr du graphite, souvent mélangé à un métal qui sert de solvant (fer, cobalt, nickel, etc.). Le diamant cristallise dans le métal fondu qui a dissous le graphite, après quoi on enlève le métal avec de l'acide. En général, les diamants obtenus sont minuscules, comme du sucre en poudre, les cristaux ne dépassant guère 1/2 à 1 millimètre.

Il est toutefois possible de réaliser des cristaux de taille joaillerie, mais il faut beaucoup plus de temps et des conditions bien contrôlées : c'est ainsi qu'en 1970, la General Electric mit une semaine pour sortir un cristal parfait de 5 mm pesant 0,2 g à partir du graphite — mais on a aussi utilisé les minuscules cristaux déjà synthétisés comme matière de départ. Une fois taillé, le diamant de 0,2 g ne pesait plus que le décigramme, mais il était prati-

quement indiscernable d'un cristal naturel ; seule la spectroscopie d'absorption permettait de faire la différence (teinte maximale G).

Le diamant est d'autant plus coté qu'il est plus pur et incolore ; or la synthèse, par principe, permet justement d'arriver à une exceptionnelle pureté. Si les recherches portant sur des cristaux de taille normale avaient continué — nous ignorons si c'est le cas — il est hors de doute qu'on aurait abouti à des pierres indiscernables des naturelles.

C'est là d'ailleurs qu'il faut regarder de plus près le problème des pierres de synthèse, et pour cela nous avons été trouvé M. Pascal Entremont, qui avait organisé la première exposition (1) consacrée à ce sujet. Expert et lapidaire, il est de plus collectionneur de gemmes et compte parmi les très rares spécialistes connaissant bien la question. Une après-midi passée en sa compagnie nous a déjà permis d'apprendre que les cristaux classés précieux ne sont pas, et de loin, les plus rares, et qu'il en existe d'autres plus rares, et plus chers, aussi beaux que ceux légalement classés précieux.

La notion de beauté étant parfaitement subjective, tout cristal ayant même composition et même structure que celui trouvé dans le sol est tout aussi beau, puisqu'il est indiscernable à l'œil nu. Sous le seul angle esthétique, un rubis de synthèse est exactement aussi valable qu'un rubis naturel, avec cet avantage de coûter beaucoup moins cher, surtout les rubis Verneuil. Autrement dit, pourquoi payer très cher un épi de blé "trouvé" sur une colline quand on aurait pour le même prix une bonne centaine d'épis dans un champ cultivé.

A cela s'ajoute que les épis de culture sont souvent bien plus beaux que ceux qu'offre la nature, et qu'il en va de même pour les pierres : les beaux cristaux, bien purs, bien nets, bien colorés, qu'on obtient si bien par la synthèse sont plutôt rares dans le sous-sol (mais sans doute courants, à très grande profondeur). A prix égal, on a le choix entre une belle pierre synthétique et un médiocre caillou naturel. Ajoutons que personne ne fera la différence, ou plutôt que la différence se fera sur d'autres signes : un rubis étincelant va de pair avec le bracelet de platine et la rivière de diamant, la robe du grand couturier et le dîner chez Point plutôt que chez Mimile — ce qui pourtant ne veut même pas dire qu'il soit naturel : celui-là est peut-être dans le coffre de banque quant la dame en porte une copie.

On comprend très bien qu'un collectionneur attache une valeur exclusive à une gemme trouvée dans le fond caillouteux d'une rivière de Ceylan, au même titre qu'à une dague napolitaine du XV^e ou à un statère de l'antiquité grecque. Mais pour l'objet lui-même, la technique permet de refaire aussi bien la pierre que la dague ou la pièce de monnaie. Il faudra aller chercher des experts pour faire la différence, et parfois faire

(suite du texte page 157)

(1) Gemimport, 12 passage Verdeau, 75009 Paris, tél. (1) 770 48 37.

INDUSTRIE

TECHNOLOGIES DU FUTUR

Un institut de la machine intelligente à Grenoble

■ Née il y a quelque 25 ans de l'imagination d'une poignée de chercheurs, l'Intelligence Artificielle (IA) fait aujourd'hui son entrée dans le milieu industriel : à l'ambition scientifique "pure" d'une discipline, s'ajoute maintenant un enjeu technologique considérable.

L'objectif fondamental de l'IA est en effet de construire des modèles informatiques de l'intelligence, objectif que l'on peut rapprocher de celui de la physique, qui est de construire des modèles mathématiques des phénomènes naturels. L'IA apparaît ainsi comme le véritable futur de l'informatique, entraînant une révolution technologique encore plus profonde et plus importante que l'actuelle révolution informatique. Déjà du reste, depuis 3 ans, se sont créées de nombreuses sociétés consacrées à l'IA et la plupart des grandes entreprises ont ouvert des départements spécialisés.

L'Institut de la Machine Intelligente (IMI) créé par l'Institut national polytechnique de Grenoble (INPG) et qui sera opérationnel en 1985, ambitionne de devenir l'un des tout premiers centres de recherches mondiaux dans une technologie qui constituera demain l'une des bases fondamentales de la puissance industrielle.

L'IMI, qui représente d'ores et déjà un premier investissement de 35 millions de francs, regroupera sur 3 500 m², 185 chercheurs appartenant à divers laboratoires de l'INPG : informatique fondamentale et intelligence artificielle, communication parlée, conception des circuits intégrés, traitement d'images et de reconnaissance de formes. Il bénéficiera ainsi de recherches et d'investissements engagés à Grenoble depuis près de 25 ans. Un centre de robotique comportant des

moyens lourds et un centre de documentation et d'assistance aux entreprises y seront associés. Car, entre la recherche fondamentale et appliquée et l'enseignement, l'un des objectifs fondamentaux de l'IMI sera de diffuser les résultats de son action et de ses travaux vers les milieux industriels.

La quasi-totalité des machines informatiques d'aujourd'hui ont une structure et des facultés qui ne permettent guère de les dire "intelligentes". A un bout, elles requièrent l'intervention d'un opérateur humain pour entrer l'information. A l'autre bout, un autre humain lit des résultats pour éventuellement agir ensuite en fonction de ces résultats. Au "milieu" l'organe central de la machine est capable de faire des calculs, comparaisons, tris... sur des données de type mécanique ou alphabétique.

Les travaux sur l'intelligence artificielle, sur la perception et sur la robotique visent à dépasser cette pauvreté structurelle et fonctionnelle. Soutenus d'un côté par l'informatique fondamentale et de l'autre par la micro-électronique, ils permettent aujourd'hui de considérer que la machine douée d'autonomie, d'intelligence et d'adresse physique est réalisable, non seulement en théorie, mais aussi techniquement et économiquement.

De telles machines sont le support, dès maintenant essentiel, d'une capacité de production donnant accès aux marchés mondiaux. L'enjeu est de taille : savoir réaliser ces machines est l'une des clés de notre présence, demain, comme nation indépendante parmi les premières puissances industrielles.

Aux niveaux de la recherche comme de la formation, l'INPG, qui se veut

l'un des principaux centres de recherche en robotique d'un niveau international, prépare déjà à l'IA : les élèves ingénieurs de l'Ecole nationale supérieure d'informatique et de mathématiques appliquées de Grenoble (ENSIMAG) assistent nombreux aux cours d'IA et de robotique, comme c'est le cas dans toutes les écoles ou universités où existe un tel enseignement. D'autre part, le Laboratoire d'informatique fondamentale et d'intelligence artificielle (LIFIA) consacre une majeure partie de ses ressources et de ses effectifs à des travaux de pointe en IA : systèmes experts, modélisation du raisonnement, démonstration automatique, synthèse de programmes. Sur chacun de ces sujets, les travaux du LIFIA vont du plus théorique et fondamental jusqu'à des réalisations de systèmes expérimentaux.

Ces réalisations se situent très souvent dans le cadre de coopérations industrielles et se rattachent, pour la plupart, au domaine de la robotique, considérée ici comme lieu d'émergence des machines informatiques de demain. Elles constituent des terrains privilégiés d'expérimentation : apprentissage des mouvements fins, perception visuelle, coopération entre robots, programmation automatique des robots.

Outre la robotisation et la LIFIA, l'IMI regroupera l'équipe de recherche sur l'architecture des ordinateurs et la conception des circuits VLSI, le Laboratoire de la communication parlée et le Laboratoire de traitement d'images et de reconnaissance des formes.

Informaticiens, roboticiens et électroniciens, travailleront ainsi ensemble dès le stade de la recherche fondamentale, pour maîtriser la complexité des systèmes envisagés.

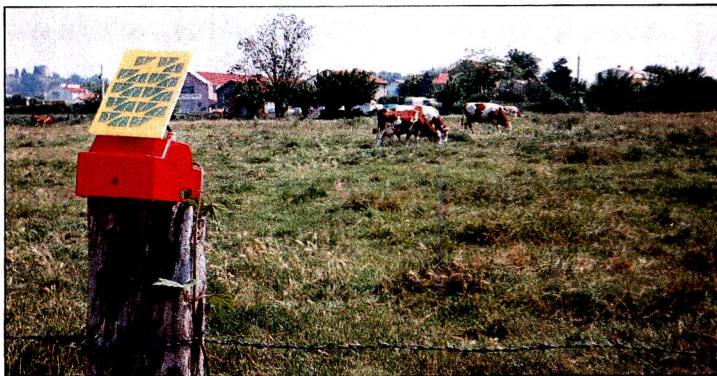
Cela en coopération avec l'industrie, grâce à l'association des constructeurs et utilisateurs de matériel informatique.

Les machines que veut mettre au point l'IMI doivent être capables d'acquiescer l'information dont elles ont besoin dans le milieu, même imparfaitement connu, où elles sont placées, d'agir et de se mouvoir dans ce milieu. Leurs organes centraux devront leur permettre d'organiser elles-mêmes des connaissances et de tenir des raisonnements.

■ **Nouvel anti-vol pour protéger les marchandises dans les magasins, le Colortag ne peut être retiré du vêtement sans tacher celui-ci, ainsi que le voleur par la même occasion. Le système contient en effet des cartouches de colorant et pour le déverrouiller un outil spécial est nécessaire qui se compose d'un compresseur équipé d'un embout spécial s'emboîtant dans un orifice prévu à cet effet. Avant cette étape ultime qui tache vêtement et voleur, l'arrachage du Colortag est rendu extrêmement difficile grâce à deux aiguilles en alliage spécial et à la mise sous pression des cartouches de colorant. Un dispositif qui, pour être efficace, doit être accompagné d'un important matériel d'information, fourni avec les antivols-dissuasion prévenant les voleurs de ce qui les attend s'ils tentent quand même leur "coup".**

AGRICULTURE

Clôture électrique solaire



■ Comme toutes les clôtures similaires, celle-ci dissuade, par électrification de la clôture, les animaux de franchir les limites du passage. Son originalité vient de ce qu'elle fonctionne à l'énergie solaire (rayonnement direct ou diffus). Principe : le générateur électronique qui alimente la clôture électrifie sans aucun danger les animaux avec une tension très élevée sous un courant très faible et pendant un court instant (de l'ordre d'une milliseconde). Le générateur électrosolaire a deux fonctions : convertir directement l'énergie solaire en électricité ; et assurer la charge d'une batterie, ce qui permet l'autonomie complète du système. L'ensemble comprend ainsi un module solaire, une batterie et

un générateur électronique qui produit les impulsions et la tension voulue.

Pas de problème de maintenance : la batterie est constamment maintenue en charge, ce qui lui confère une durée de vie supérieure à 5 ans, et le coffret en polyester armé, ainsi que le module en plastique qualité « aéronautique » dans lequel sont noyées les cellules solaires, rendent l'ensemble robuste et très résistant aux chocs.

La batterie solaire ne pèse que 4,1 kg. Elle peut électrifier en basse impédance une clôture de 50 km. Prix : 2 112 F. Pour tout renseignement : Société nouvelle d'électronique solaire, 32 quai du Mas d'Hours, BP 170, 30104 Alès cedex.

SÉCURITÉ

Des coffres de banque inviolables

■ Mis au point par le premier constructeur scandinave de coffres-forts et de chambres fortes, la firme Rosengrens (30 place de la Loire, Filic 448, 94593 Rungis cedex), l'automate DM5 semble apporter la solution pour faire définitivement obstacle aux perceurs de coffres. Selon le principe du DM5, le client ne pénètre plus à l'intérieur de la chambre forte et ne va plus chercher

son coffre. C'est un robot, insensible, intraitable et informatisé, qui part à sa recherche, l'apportant derrière une trappe de sécurité. Le client ouvre alors son coffre avec sa propre clé. La visite terminée, le DM5 reprend sa course, rapportant le coffre à sa place.

Toutes les opérations sont faites depuis le guichet, avec une carte magnétique et un code confidentiel qui autorisent le client à accéder à son coffre. Elles sont enregistrées sur une imprimante ainsi que sur un disque magnétique. Le caisson blindé a été conçu pour résister à l'utilisation d'outils perfectionnés ; une alarme électronique se déclenche en outre automatiquement à toute tentative d'effraction.

Le premier caisson vient d'être installé dans une Caisse d'Epargne de la région parisienne et une vingtaine d'autres suivront d'ici la fin de l'année.



INFORMATIQUE

Un mini-ordinateur éditeur d'étiquettes

■ Utiliser un gros ordinateur pour imprimer des étiquettes, cela a toujours été réalisable, mais c'est un peu se servir d'un marteau pour écraser une mouche... et cela revient cher.

D'où l'intérêt de Jumbo, véritable ordinateur de table conçu pour l'impression d'étiquettes adhésives, qui ne demande à l'utilisateur aucune connaissance en informatique. Jumbo visualise à l'écran le contenu des étiquettes qu'il imprime ensuite à grande vitesse : textes, codes à barres, données techniques en plusieurs formats, sur une largeur utile pouvant atteindre 100 mm.

Les dimensions de l'appareil sont extrêmement réduites : 52 x 52 x 15 cm. Il coûte 49 950 F (Distributeur en France : Coserm, 18 rue du Morvan, 94633 Rungis cedex 531).

Une pellicule pour mieux conserver le poisson

■ Oxydation au contact de l'air, odeur naturelle pas toujours agréable, voire rébarbative lorsque le poisson est présenté, comme dans les grandes surfaces, à côté d'autres produits : la présentation du poisson chez les détaillants comme dans les grandes surfaces présente quelques inconvénients.

Le conditionnement en barquettes de 2 ou 3 poissons enveloppés par un film rétractable ne donne pas non plus entièrement satisfaction, d'abord parce qu'il n'est pas évident que le client veuille acheter plusieurs poissons, ensuite parce qu'un liquide sanguinolent peu incitatif à l'achat se répand au fond des barquettes.

La solution hygiénique pour l'amélioration de la conservation du poisson ainsi que de sa présentation et de sa commercialisation, vient d'être trouvée par une firme française : Gideco (4 à 8 rue Louis Desavis, 78570 Andrésey). Il s'agit d'une machine simple et robuste permettant le pelliculage de chaque poisson par un film de matières protéiques naturelles déjà utilisées dans l'industrie alimentaire.

Le poisson se trouve complètement enrobé ; il a en fait une deuxième peau, qui le met à l'abri de l'air, de la pollution et de tout contact.

Les deux fonctions principales de la machine sont :

- coller sur le poisson un timbre indiquant son origine ;
- pelliculer automatiquement ce poisson par le film de complexe protéique.

Le débit peut atteindre 1 000 à 1 200 poissons/heure, le travail du préposé à la machine se limitant à lui présenter le poisson après lui avoir collé son timbre.

A la consommation, le simple fait de

décoller le timbre enlève la pellicule et, mieux, si cette opération était oubliée, la pellicule de matières protéiques naturelles à usage alimentaire fondrait dans l'eau chaude, le beurre ou l'huile sans aucun inconvénient.

L'originalité du procédé réside en effet autant sur le complexe constituant la pellicule que sur le principe du pelliculage lui-même, ce dernier s'effectuant sans aucun contact mécanique.

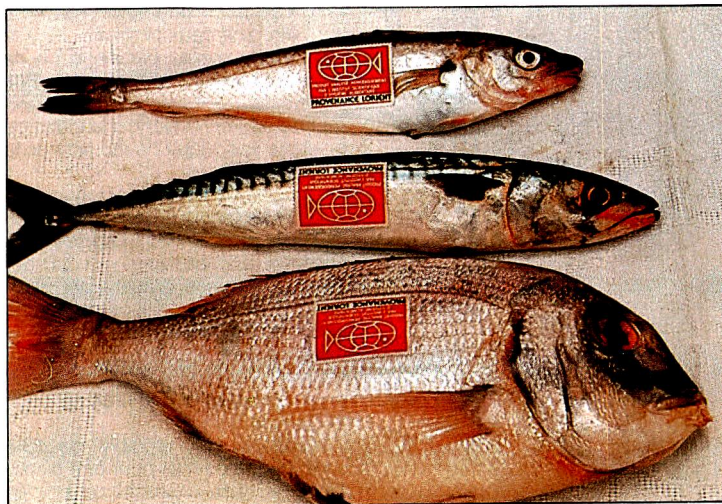
Longue de 1,40 m, profonde de 0,78 m et haute de 1,90 m, la machine à pelliculer se présente sous la forme d'une chaîne à progression réglable munie de 7 pinces qui entraînent les poissons dans le circuit nécessaire au pelliculage. Suspendu par la queue, le poisson est pelliculé puis refroidi. La machine possède son autonomie complète, air comprimé, frigorifique, bain-marie pour la mise en température nécessaire au pelliculage. Une prise de courant et une arrivée d'eau dou-

ce suffisent à la mettre en état de fonctionnement.

Les analyses bactériologiques, menées par l'Institut scientifique d'hygiène alimentaire, prouvent que le poisson pelliculé présente toujours moins de germes que le poisson sans emballage, la pellicule entraînant une pasteurisation de surface qui ne favorise pas le développement des germes anaérobies. En matière d'ABVT (azote basique volatil total), le taux du poisson pelliculé est de 95 après 7 jours de conservation, contre 127 pour le poisson sans emballage.

Qualitativement, le poisson pelliculé présente également divers avantages : meilleur aspect, le corps reste élastique, absence de dégagement d'odeur, l'œil reste plat au lieu de devenir concave, enfin les couleurs persistent.

Ces résultats sont le fruit de tests menés sur des échantillonnages de poissons de toutes sortes : plats, ronds, gras, de mer ou d'eau douce.



SÉCURITÉ

Un extincteur automatique

■ Destiné à la protection de sous-planchers d'ordinateurs, bandothèques, armoires électriques, compartiments moteurs, locaux d'énergie, cabines de peinture, étuves, etc... le système Cergalex, mis au point par Cerberus Guinard, est un nouveau moyen, considéré comme le plus sûr à ce jour, pour l'extinction d'incendies à développement rapide.

Il est constitué de petits réservoirs

pouvant contenir de 3 à 6 kg de gaz Halon 1301, fixés sur les parois ou au plafond du local à protéger, raccordés à une ligne de déclenchement thermopneumatique ou tout autre moyen manuel ou automatique de commande : détecteurs électroniques, bris de glaces, etc.

Dans sa configuration la plus simple (ligne thermo-pneumatique de commande) il ne nécessite aucune source d'énergie extérieure pour fon-

ctionner. C'est la propre pression du gaz extincteur stocké qui assure à la fois la détection du feu et le déclenchement du procédé d'extinction. Il ne demande aucun entretien particulier, sinon le contrôle régulier de la pression de l'agent extincteur par lecture d'un manomètre.

D'une conception simple et robuste, ce nouveau système de lutte contre le feu n'est tributaire d'aucun réglage particulier.

Un pluviomètre pour emplacements isolés

■ La micro-électronique transforme un appareil aussi simple que le pluviomètre. Ce nouvel appareil, présenté par une firme anglaise (Casella, Regent House, Britannia Walk, Londres 1 7ND, Grande-Bretagne), équipé d'un enregistreur numérique, permet aux services spécialisés d'enregistrer avec précision les chutes de pluies dans des emplacements isolés, où il n'est pas possible de se rendre fréquemment, avec une autonomie de trois mois. Une version de l'appareil comporte une mémoire électronique intégrée, capable d'enregistrer chaque jour le volume total de la pluie. Une autre version peut enregistrer les heures

exactes où se produisent les pluies. Enfin, les impulsions produites par le pluviomètre électronique se prêtent à la transmission automatique, par liaison radioélectrique ou téléphonique, donnant aux services des eaux ou à la météo, des informations immédiates sur les grosses chutes de pluie, les prévenant ainsi des risques d'inondation.

La partie supérieure de l'appareil, en forme d'entonnoir, recueille la pluie qui tombe dans une ouverture de 400 cm², et la conduit, par l'intermédiaire d'un système ralentisseur, vers un mécanisme à "auget basculant" situé au-dessous.

La pluie s'écoule dans la partie su-

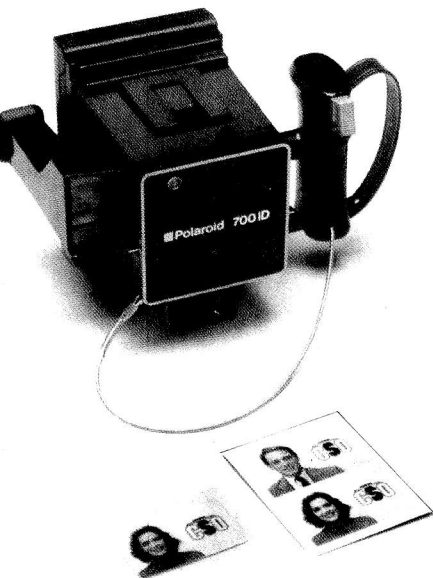
périeure du récipient à compartiments : lorsque le premier compartiment est plein, le mécanisme bascule à la manière d'un fléau de balance, se vide de l'eau recueillie et l'autre compartiment se remplit. Cette alternance se poursuit aussi longtemps que la pluie tombe, et à chaque basculement, un aimant ferme les contacts d'un bilame, qui émet une impulsion. Chaque impulsion peut représenter 0,2 mm ou 0,5 mm de pluie.

L'embase de l'appareil peut abriter une mémoire électronique étanche, fonctionnant sur accumulateur. Cette mémoire compte chaque jour les impulsions ; toutes les 24 heures, elle en enregistre le total et commence un nouveau comptage. Lorsque le pluviomètre est finalement inspecté, les totaux journaliers s'inscrivent tour à tour sur l'écran d'un compteur numérique à cristaux liquides, qui est ensuite remis à zéro pour une nouvelle utilisation. Un enregistreur de données étanche, utilisable sur place, a également été mis au point : il enregistre l'heure où s'est produite chaque impulsion dans une mémoire amovible.

A intervalles de quelques mois, on change le module, et les indications enregistrées peuvent être imprimées par calculatrice. Ces modules, qui peuvent être réutilisés, sont pratiquement indestructibles.

PHOTO

Badges d'identité en deux minutes



■ La réalisation de cartes d'identification avec photo en couleurs est désormais à la portée de petits groupements (associations, écoles, petites entreprises) grâce à un matériel commercialisé par Polaroid, l'ID-700.

Il s'agit d'un appareil de photo instantanée en noir et blanc ou en couleur, à 2 objectifs, qui permet, sans laboratoire, en deux minutes ou moins, de réaliser des cartes en superposant les données de validation (texte, signature) au portrait de l'intéressé.

Le Polaroid ID-700 est utilisable en intérieur ou en extérieur, en lumière ambiante ou au flash. Les deux

objectifs de l'appareil permettent d'obtenir deux cartes d'identification, chacune avec portrait et données de validation, sur un même film. Les deux photographies peuvent être soit deux portraits pris à la suite de la même personne ou de deux personnes différentes. Une plaque fournie avec l'appareil permet de surimpressionner un logo ou un signe spécifique au moment de la prise de vue.

Pour prendre des portraits avec l'ID-700, une plaque de validation spéciale est insérée dans l'appareil. La distance appareil-sujet est rapidement déterminée grâce à un ruban métallique à ressort incorporé dans le boîtier. Ce ruban correspond à la distance de 1,20 mètre pour laquelle est réglé l'objectif. On affiche ensuite la vitesse et le diaphragme et on déclenche.

L'appareil est réglable de telle sorte que le portrait peut être disposé sur la carte, à gauche ou à droite des données. L'obturateur est à armement manuel et il est réglable sur 1/60 s, 1/125 s et en pose. L'ouverture du diaphragme s'affiche au moyen d'un levier sur le côté de l'objectif (cinq ouvertures de 1/8 à 1/32).

Une gamme complète d'accessoires pour le laminage des cartes sous plastique est proposée avec l'ID-700. Elle comporte un massicot, un laminateur et une variété de plastique de protection pour la production de cartes ou de badges. Le massicot permet de couper rapidement deux cartes 44 x 64 mm dans chaque planche de film 86 x 108 mm.

MATÉRIAUX NOUVEAUX

Bonnes perspectives pour l'aluminium-lithium

■ L'alliage aluminium-lithium, pourrait, estime Pechiney, se substituer, au moins en partie, à l'aluminium actuellement utilisé dans la construction aéronautique.

Si cet alliage coûte 2 à 3 fois plus cher que l'aluminium, il permet des gains de poids de l'ordre de 10 % à volume égal, plus 10 % supplémentaires, compte-tenu de ses qualités métallurgiques. Avantage économique : il peut être produit par les installations existantes.

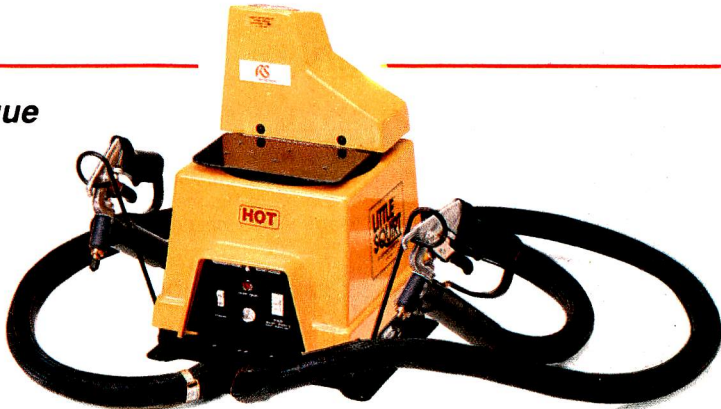
Prévisions des responsables de Pechiney : l'alliage aluminium-lithium pourrait à terme, remplacer de 1/3 à 50 % de l'aluminium entrant dans la fabrication des avions ; son développement retarderait alors l'arrivée des matériaux composites, en particulier des fibres de carbone, dans la construction aéronautique.

Pechiney a déjà construit une usine "pilote" qui devrait produire l'an prochain 1 200 kg d'alliage. Prochaine étape : la mise en place d'une capacité de production de huit tonnes.

Un fondeur tout-électrique

■ Cette nouvelle génération toute électrique de postes de collage à chaud s'adresse aux firmes non équipées en installations fonctionnant à l'air comprimé. Le LS 10, présenté par Rebichon-Signode (14 rue de Bretagne, 75003 Paris), se raccorde en effet instantanément au réseau et est immédiatement opérationnel.

Équipé d'une pompe électrique à engrenages, il permet une extrusion régulière et réglable de la colle. Trente minutes suffisent pour chauffer le thermo-adhésif et des réglages indépendants de température du bac et des tuyaux-applicateurs permettent une élévation progressive de la température de la colle, tout en éliminant le maximum de risques



de carbonisation.

Le LS 10 est livré avec un tuyau chauffant de 2,40 m, équipé d'un applicateur manuel. Une sortie supplémentaire est prévue pour un second tuyau et une panoplie d'accessoires (pédalles de déclen-

chement, boîtiers de temporisation, nombreuses buses...) permet d'adapter le LS 10 aux circonstances exactes du travail à effectuer. Son prix (19 700 F HT) en fait le poste de collage à chaud le mieux placé du marché.

TÉLÉCOMMUNICATIONS

Un système de messagerie électronique autonome

■ 3M France (boulevard de l'Oise, 95006 Cergy-Pontoise cedex) propose un système de transmission instantanée de messages écrits par le réseau téléphonique : le SME 1 010. Ce système se compose d'un ordinateur central et de terminaux portables.

Aussi commode que le téléphone et plus rapide que le télex, cette messagerie permet de communiquer sans avoir besoin de savoir où se trouvent les destinataires.

Le système se compose d'un ordinateur "poste restante" et gérant les "boîtes aux lettres" électroniques auxquelles les utilisateurs accèdent à partir de tout poste de téléphone

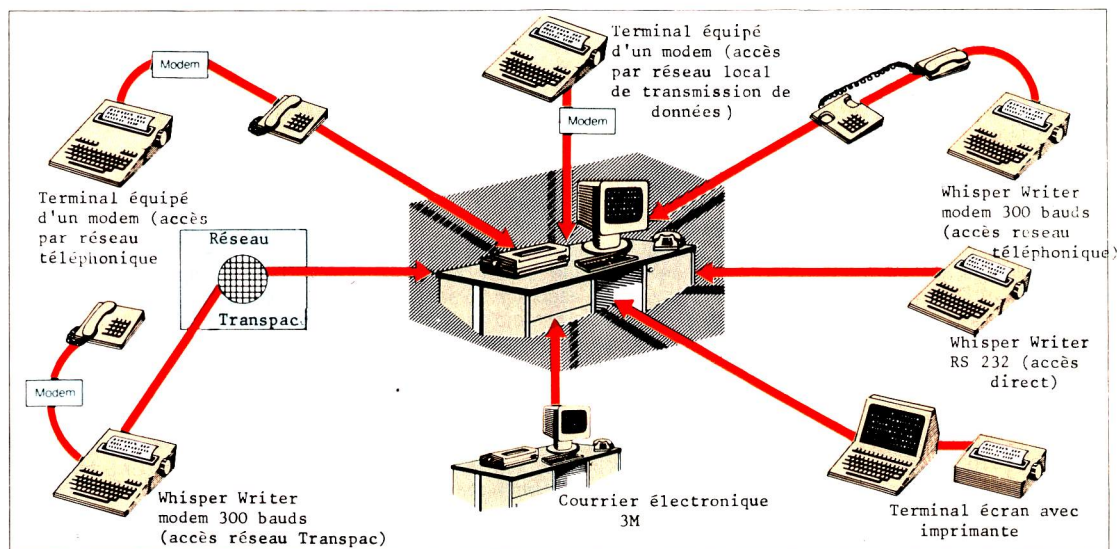
au moyen d'un terminal.

L'unité centrale, basée sur une architecture 8 bit, dispose d'une capacité mémoire sur disque de 80 Mbyte. Dix portes entrées/sorties, dont 8 sont reliées à un multiplexeur X 25 (interface avec le réseau Transpac), permettent un accès simultané à huit utilisateurs par un terminal connecté au réseau téléphonique et au superviseur du système par une console de contrôle. La capacité du système de base (200 utilisateurs) peut être étendue avec la création d'un réseau de systèmes interconnectés par l'intermédiaire de Transpac.

La gamme des terminaux télécype

3M, avec notamment le terminal portable 3M Whisper Wriper, permet l'accès au système. Ce terminal possède les caractéristiques suivantes : équipé d'un modem 300 Bauds (agréé PTT), il se connecte directement au réseau téléphonique ; sa mémoire de 4 Ko permet d'enregistrer les procédures d'accès à un serveur et de préparer des messages ; totalement silencieuse, son imprimante thermique offre une excellente qualité d'impression.

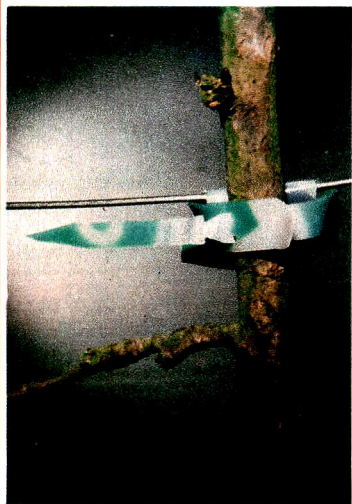
Rangé dans sa malette de transport, il peut être aisément emporté en déplacement. Compact, il se place sur un bureau à proximité du poste de téléphone.



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.

LIEN DE PALISSAGE POUR ARBRES FRUITIERS



Quoi

Constitué d'une pièce de polyéthylène spécialement découpée, ce lien permet la fixation des jeunes troncs d'arbres fruitiers sur les fils de palissage sans glissement possible sur ces fils et sans serrer ni blesser le végétal.

Comment

La majorité des vergers modernes est conduite en "axe vertical". Le problème consiste à faire tenir le jeune tronc vertical sur les fils de palissage horizontaux. Seules solutions, jusqu'ici, pour éviter le glissement latéral de l'arbre, l'utilisation de l'antique lien en osier, putrescible et difficile à poser, ou l'adjonction d'un tuteur en bambou à chaque arbre, l'une et l'autre méthodes augmentant assez considérablement les frais de plantation.

Ce nouveau lien est composé d'une seule pièce de polyéthylène, imputrescible et bon marché, qui comporte d'une part une baguette que l'on rabat sur le fil de palissage, d'autre part de deux bras qui constituent le lien proprement dit. Lorsqu'on ramène les bras pour enserrer le jeune arbre, la languette se bloque dans des encoches et serre le fil de fer. Les extrémités des bras forment un fermoir à crans permettant de fixer l'arbre sans le serrer et d'ajuster chaque année le lien à la croissance de l'arbre. Dernier avantage : l'écorce ne frotte plus sur le fil.

Marché

Ce lien, qui s'obtient par découpe à l'emporte pièce à partir d'une feuille plane, s'adresse au marché de l'arboriculture professionnelle comme aux loisirs.

POUR GRIMPER, LE "FAAD"

Quoi

Le Faad est le premier appareil qui permet au grimpeur une entière liberté de manœuvre, tout en assurant à chaque instant sa sauvegarde, rôle traditionnellement dévolu au second de cordée pour les deux fonctions de "fileur", laissant une entière liberté de manœuvre au grimpeur de tête, et d'"assureur dynamique", garantissant le premier de cordée en cas de chute.

Comment

Le Faad, ou fileur auto-assureur-dynamique, assume également les fonctions d'ascenseur bloqueur et de descendeur. Il réunit ainsi en un seul appareil de faible volume et de poids réduit, qui tient dans la main, les quatre fonctions nécessaires aux diverses manœuvres d'un grimpeur. De plus, il répond automatiquement aux besoins de son utilisateur, que ce dernier veuille monter librement en équipant la voie, se reposer sur un ancrage intermédiaire, descendre après avoir atteint le poste-relais, remonter en déséquipant et continuer en ascension, tout cela en le sauvegardant à chaque instant par un assurage dynamique.

Marché

Le Faad n'est pas seulement réservé aux grimpeurs solitaires. Acces-

soire individuel, il rend chaque équipier indépendant et apporte à la cordée une sécurité que ne peuvent lui donner les méthodes classiques d'escalade, notamment : nul risque de brûlure ou de fracture pour le second lors d'une haute chute du

roi) ; possibilité de réduction de la durée de progression d'une cordée classique, chaque fois qu'à mi-longueur de corde un point d'ancrage permet aux deux équipiers de grimper en même temps et en toute assurance ; gain de temps plus important encore pour des cordées de trois, qua-



camarade de tête, le second restant ainsi parfaitement disponible pour lui porter secours ; plus de cordée coincée dans une fissure rendant problématique l'assurage du second (sans sangles, la corde d'assurance reste immobile par rapport à la pa-

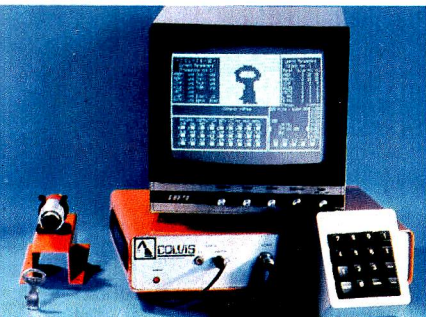
tre équipiers, ou plus, la durée de l'escalade, quel que soit leur nombre, restant identique à celle d'une cordée classique de deux grimpeurs, les équipiers de même parité pouvant grimper en même temps et en toute assurance.

Comment passer dans cette rubrique. Si vous avez conçu une innovation ou un produit nouveau, adressez à « Des marchés à saisir » un descriptif de votre invention le plus clair possible, en vous inspirant de la présentation que nous avons adoptée pour cette rubrique. Joignez-y une copie de votre brevet et une photo ou un schéma de votre prototype. Enfin faites preuve de patience et de tolérance : nous ne pouvons présenter toutes les inventions, et celles que nous publions doivent être d'abord étudiées par notre service technique.

Un système complet de reconnaissance de forme

■ Ce système, baptisé Ulysse, relève de l'intelligence artificielle. Connecté à un robot, il permet en effet la manipulation d'objets reconnus par une caméra de type CCD et un microprocesseur.

Ulysse est capable de reconnaître instantanément n'importe quel objet grâce à 8 paramètres qu'il traite simultanément (surface, périmètre,



périmètre/surface, nombre de trous, nombre d'objets, centre géométrique, etc.)

Le système comprend une caméra, un système de gestion, une alimentation et un clavier numérique. Il est commercialisé par Multisoft Robotique, 27 rue Bague, 75015 Paris, au prix de 16 000 F l'ensemble.

Comment nouer des relations d'affaires avec 53 pays...

■ Quelle que soit la taille de votre entreprise, les "Exportunités", conçues par l'équipe de *Science & Vie*, vous offrent l'opportunité d'exporter simplement, sans intermédiaire, à faible coût et à moindre risque.

Les Exportunités sont des fiches complètes, directement utilisables par les importateurs étrangers, présentant vos produits, leurs avantages techniques et commerciaux, leurs marchés etc. Imprimées sur papier spécial et illustrées de photos couleurs encartées exclusivement dans les 85 000 exemplaires de *Science & Vie* qui chaque mois sont vendus à l'étranger (soit plus de 800 000 lecteurs dans le reste du monde), elles sont placées immédiatement en tête de la revue : impossible de ne pas les voir. A titre exceptionnel, pour donner à nos lecteurs une image concrète de ce qu'elles sont, nous publions ce mois-ci les Exportunités sur l'ensemble de nos éditions, France incluse (voir en tête de la revue).

Touchant prescripteurs et décideurs, les Exportunités rendent service non seulement à l'exportateur français, mais aussi à l'importateur étranger demandeur de technologies. Elles bénéficient de l'impact,

du crédit et du capital confiance accordés à *Science & Vie* par ses lecteurs qui constituent votre meilleur passeport pour le monde entier.

Les premiers résultats définitifs des Exportunités sont plus qu'impressionnants : une entreprise spécialisée dans l'énergie solaire, la Sorelec, est ainsi entrée en contact avec 647 décideurs de 53 pays : importateurs, revendeurs, distributeurs, acquéreurs de licences, etc. Le PDG de cette société nous écrit : « Le succès de cette publicité dépasse toutes nos prévisions. J'encourage les chefs d'entreprises à saisir cette occasion d'expansion et à adopter cette nouvelle formule originale, simple et efficace qui leur apportera cet appui logistique qui leur est nécessaire et développera leurs ventes à l'étranger. »

Le coût des Exportunités est modéré (8 500 F HT) et elles évitent toute démarche fastidieuse. Plus de frais de clichés ni de composition : ce travail technique est effectué par l'équipe de *Science & Vie* qui connaît parfaitement ses lecteurs. Pour tous renseignements : *Science & Vie* — Exportunités, 5 rue de la Baume, 75008 Paris ; tél (1) 563 01 02, poste 212.



AGRICULTURE

Le plastique au secours des sols désertiques

■ Des recherches menées conjointement par l'université d'Aston, à Birmingham, et un kibboutz israélien ont débouché sur la mise au point d'une matière plastique biodégradable qui permet de cultiver des terres désertiques, en particulier autour de la mer Morte : elle retient l'humidité et entraîne des sels qui stérilisent le sol.

Ces recherches ont démarré au début des années 70. Il s'agissait à l'époque de résoudre le problème de pollution causé par les conteneurs et les pots jetables en produisant une matière plastique qui se désintégrerait après un certain temps d'exposition au soleil.

C'est le directeur d'un kibboutz spécialisé dans les technologies nouvelles qui a relancé la recherche en pensant qu'il avait là le matériau idéal pour faciliter la culture dans le désert. Il s'est aperçu en effet qu'en recouvrant le sable d'un mince film

de plastique transparent, il retenait l'humidité, accélérât la croissance et avançait de six semaines l'époque de la récolte. Pour les tomates, par exemple, le rendement augmentait de 350 %.

Les premiers films de plastique utilisés revenaient très cher parce qu'il fallait prendre la peine, et le temps, de les retirer après usage. Ils posaient aussi des problèmes de pollution : il n'était pas question de les stocker ni de les brûler près des habitations.

Après collaboration entre l'université d'Aston et le kibboutz, des additifs ont été incorporés au plastique pour en contrôler le temps de désintégration. La matière est donc parfaitement stable au moment de la pose et se désintègre dans la semaine prévue pour la récolte. C'est un processus sans danger pour l'environnement car il ne dégage que de la vapeur d'eau et de l'acide

carbonique, plus quelques éléments à l'état de trace, comme le fer.

Le "Plastor" est maintenant fabriqué en Israël et les chimistes de l'université d'Aston poursuivent leurs travaux sur de nouvelles applications des plastiques qui s'auto-détruisent.

■ **Nouveau développement des biotechnologies en alimentation :** l'introduction de ferments microbiens dans l'industrie de la viande devrait se développer. Lacto-Labo (86000 Dangé, Saint-Romain), filiale de Rhône-Poulenc, fabricant de concentrés microbiens vivants, développe avec l'INRA un programme de recherche, qui semble déjà prometteur, sur l'introduction de ferments microbiens dans l'industrie de la viande. Principale application : leur emploi comme inhibiteurs de putréfaction dans la fabrication des steaks hachés.

DIEU EST-IL UN BON STRATÈGE ?

En appliquant la théorie des jeux à l'Ancien Testament, un spécialiste américain parvient à de singulières conclusions sur les aptitudes des héros bibliques et, en premier lieu, de leur Créateur.

▶ Tant de préjugés ont cours sur la vraie nature du bon Dieu qu'on ne peut manquer d'accueillir avec faveur le travail de clarification mené par un intellectuel américain, professeur de politique (il paraît que cela s'enseigne) à l'université de New York et spécialiste de la théorie des jeux. Le gratin de la presse américaine a salué avec un respect frisant l'enthousiasme cette tentative d'expliquer rationnellement la conduite des héros de l'Ancien Testament, à commencer par Dieu lui-même. De fil en aiguille, ce sont tous les rapports des hommes entre eux et avec Dieu qui viennent s'atteler au joug de la théorie mathématique des jeux.

Le dernier ouvrage de Steven J. Brams s'intitule : *Les Etres supérieurs : s'ils existent, comment le saurions-nous ?* (1). On aurait tort de soupçonner un canular. Rien de moins drôle. Arbres de décision et matrices à entrées multiples s'y succèdent à un train d'enfer. Quelle que soit la stratégie dans laquelle s'inscrit son propre travail, Steven J. Brams croit ou affecte de croire à son entreprise : « La théorie des jeux, écrit-il, redonne vie à des questions qui ont été abandonnées trop rapidement sous prétexte qu'elles sont métaphysiques. » De surcroît, « la mise en évidence d'une certaine logique cachée derrière l'apparente indétermination ou incohérence de la vie et des choix qu'elle nous offre est susceptible d'apporter quelque réconfort ». Somme toute, la théorie des jeux « nous conduit à une explication possible du problème du mal ».

L'apparente naïveté qui préside à un défilé de démonstrations passablement laborieuses est digne de l'état de pauvre laboureur auquel Dieu condamna Adam. Mais la démarche s'éclaire si l'on se réfère à son livre précédent : *Jeux bibliques* (2). Brams suggère la possibilité d'un nouveau

regard sur la Bible et les rapports ultérieurs entre l'homme et son Créateur.

Sans s'attarder sur le problème insoluble de son existence ou de sa non-existence, le professeur de politique décrit la personnalité du bon Dieu avec tout le réalisme que la Bible autorise. Suivant pas à pas le texte sacré, il présente respectueusement le Seigneur comme un stratège éminent, mais point infaillible, engagé dans une douloureuse épreuve de force avec l'homme. En évoquant systématiquement tous les choix que les acteurs de ce drame à rebondissement auraient pu faire mais n'ont pas faits, il aboutit à un certain nombre de conclusions paradoxales.

Premier paradoxe : les acteurs de l'Ancien Testament agissent rationnellement. Révélation ou mythe, peu importe : les récits successifs s'intègrent harmonieusement dans le cadre (simplifié) de la théorie des jeux élaborée pendant la Seconde Guerre mondiale par le mathématicien von Neumann et l'économiste Morgenstern. Autrement dit, Dieu, Adam, Eve, Caïn, Abel et les autres peuvent être considérés comme des stratèges de bonne qualité, résolvant dans des conditions honorables les conflits dans lesquels ils sont successivement impliqués.

Les premières étapes de la Genèse, jusqu'au châtiment d'Adam et d'Eve, fort justement chassés du Paradis, peuvent servir d'illustration. Quelles que soient les raisons pour lesquelles Dieu créa le monde, il le fit avec ordre et méthode. Chacun des six jours de la Création lui apporte une complète satisfaction : « Dieu vit que cela était bon. » Après avoir créé l'homme à son image, « il vit que cela était très bon » et prit la sage décision de se reposer sur ses lauriers le septième jour. D'après la théorie des jeux (et le sens commun), le bon stratège est celui qui obtient les meilleurs résultats possibles à ses propres yeux. En l'occurrence, on peut supposer que Dieu n'eut pas tort, vis-à-vis de lui-même, de créer le monde plutôt que de ne pas

(1) Springer-verlag, 1983 (en anglais).

(2) The M.I.T. Press, 1980.

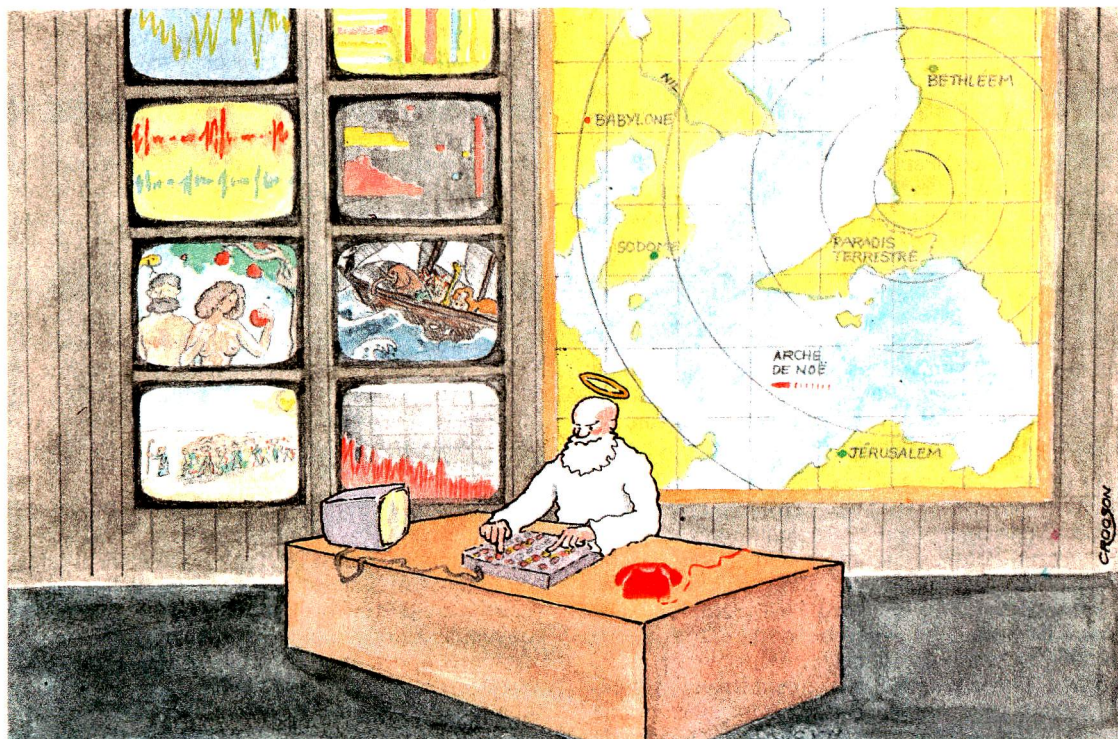
le créer. Rien ne permet de penser qu'il aurait donné de tels indices de bonheur en restant les bras croisés.

Il aurait pu décider de faire de l'homme son esclave. Mais en ce cas, l'homme n'aurait pas été « à son image ». Il fallait au moins lui donner la liberté, le pouvoir de décider et de dire non. Sans quoi ce monde si magnifiquement créé aurait sombré dans un mortel ennui. A partir du moment où Dieu décidait de ne pas se croiser les bras, il se devait d'appliquer sa logique jusqu'au bout. La liberté ne se conçoit pas sans contrainte. Le Créateur choisit d'interdire de toucher à l'arbre de la connaissance du bien et du mal. De leur côté Adam et Eve avaient tout intérêt à transgresser l'interdit : ne pouvant imaginer le mal, ils ne pouvaient prendre au sérieux la menace de mort que Dieu avait formulée s'ils touchaient à l'arbre de la connaissance. D'autant que cette menace entraînait en contradiction flagrante avec l'intention proclamée de leur Créateur de leur permettre de procréer, de se multiplier, d'emplir la Terre et de la soumettre. Ils voyaient donc bien ce qu'ils avaient à gagner (la connaissance du bien et du mal), non ce qu'ils avaient à perdre.

C'est ce que le serpent n'eut aucune peine à expliquer à Eve. Elle prit une pomme de l'arbre défendu, la croqua à belles dents et n'eut besoin d'aucun discours pour convaincre Adam de faire de même. Celui-ci était moins stupide qu'on pourrait le croire : s'il ne croquait pas la pomme à son tour, il risquait de se retrouver seul au monde. Solidarité, amour et intérêt allaient donc de pair.

De tous les châtiments qui s'abattent alors sur Adam et Eve, le plus important aux yeux de Dieu est manifestement le dernier. Il ne met pas à exécution sa menace incohérente de leur ôter la vie. En les chassant du Paradis, il leur retire l'immortalité. L'homme ne peut plus manger le fruit de l'arbre de vie. Dans le cas contraire, il serait devenu un rival inacceptable. Les autres châtiments infligés à Adam et Eve ne sont là que pour raffiner la stratégie du Créateur : il veut en face de lui des êtres complexes, capables d'affirmer leur liberté dans le cadre de multiples contraintes : la pudeur, les douleurs de l'enfantement, l'ingratitude du travail, la peur de la mort, la domination de l'homme sur la femme, la nostalgie du Paradis perdu... et la crainte de Dieu. Désormais, celui-ci ne cessera de tester sa passionnante créature et, d'une certaine manière, de se mesurer à elle. En laissant l'homme accéder à la connaissance du bien et du mal, Dieu a donc pris un risque considérable, mais calculé.

Second paradoxe : la foi n'est pas irrationnelle. L'homme a tout intérêt à croire en Dieu, c'est-à-dire à le craindre et à l'adorer. Un exemple entre mille est le sacrifice d'Isaac par Abraham. Dans le simple but de tester ce dernier, à qui il a déjà promis monts et merveilles, Dieu lui dit : « Prends ton fils unique que tu chéris, Isaac, et va l'offrir en holocauste sur une montagne que je t'indiquerai. » Abraham ne fait ni une ni deux, il enfourche son âne, emmène son fils et va préparer le bûcher à l'endroit indiqué. Ce n'est qu'au moment où le sacrifice est sur le point d'être consommé qu'un



ange intervient et arrête son geste : « Je sais maintenant que tu crains Dieu. » Et celui-ci le récompense pour son « obéissance » : « Je te comblerai de bénédictions, je rendrai ta postérité aussi nombreuse que les étoiles du ciel et que le sable qui est sur le bord de la mer, et ta postérité conquerra les villes de tes ennemis. » Abraham n'en demandait peut-être pas tant. Il aurait pu refuser de sacrifier son fils. De son côté, Dieu aurait pu laisser le sacrifice avoir lieu. Rien n'indique que la foi d'Abraham était aveugle. Rien n'interdit de penser, au contraire, que sa décision était rationnelle. En fait, son geste ne prouve nullement la qualité de sa foi. Familier de la stratégie divine, il était en mesure de penser mettre toutes les chances de son côté en affectant d'obéir aveuglément.

Troisième paradoxe : Dieu n'est ni omniscient, ni tout-puissant. En tout cas, il a perdu ces qualités en créant l'homme libre et en le laissant accéder à la connaissance du bien et du mal. Dieu a peut-être renoncé à l'omniscience dès la scène du Paradis. Ayant croqué la pomme, Adam et Eve éprouvent la honte de leur nudité, se font des pagnes avec des feuilles de figuier et se cachent dans les buissons. Dieu, qui se promène par là, demande où est Adam. Ce dernier doit se montrer et parler de sa honte pour que Dieu dise comprendre ce qui est arrivé. Il tient ensuite à procéder à un véritable interrogatoire pour apprendre les détails de l'histoire. Son refus de l'omniscience apparaît clairement dans la suite de l'Ancien Testament. S'il éprouve tellement le besoin de tester les acteurs, d'une manière qui paraît souvent gratuite, c'est qu'il ne sait pas quels sont leurs sentiments véritables à son égard. C'est explicite dans le cas d'Abraham. Tout cela est logique : il est contradictoire de laisser à l'homme une vraie liberté et de prétendre en même temps lire dans son cœur et prévoir toutes ses actions futures. La contradiction disparaît si l'on admet que Dieu s'est lui-même imposé des contraintes. Il ne tirerait pas tous bénéfices d'une réelle omniscience. Il entretiendrait avec l'homme des relations fausses, comme un joueur ayant la possibilité de truffer les cartes de son adversaire. En fait, toute stratégie serait dénuée de sens. Le même genre de raisonnement permet de conclure que Dieu n'est pas tout-puissant. En créant l'homme libre, il a volontairement restreint son propre pouvoir. En témoignant ses nombreux échecs. A partir du meurtre d'Abel, le fils cadet d'Adam et Eve, par son frère Caïn, le mal ne fait que croître et embellir.

Quatrième paradoxe : Dieu est fragile. Comme l'homme créé à son image, son équilibre mental dépend principalement de la qualité des marques de respect, de considération et d'amour que lui portent ses partenaires. S'il a créé l'homme libre, c'est qu'il entend être glorifié en pleine connaissance de cause. La modestie ne l'étouffe pas. Il donne au contraire l'image d'une vanité sans bornes. Tous ses actes, à commencer par la création du monde, peuvent être interprétés comme ayant pour objet de valoriser son image de

marque. Le stratège suprême est éminemment politique.

Cette fragilité le rapproche de nous. Le bon Dieu est émotif, partial, jaloux, colérique, rancunier, menteur, traître. C'est un grand agité. Quand il a le sentiment qu'on a tendance à l'oublier, ou à ne pas suffisamment l'honorer, il se transforme volontiers en agent provocateur. Abraham ne s'y laisse pas prendre, mais Caïn tombe dans le panneau avec une mâle assurance. Pourquoi a-t-il occis son frère ? Pour la seule raison que le Seigneur n'avait pas daigné agréer son offrande, alors qu'il avait agréé celle d'Abel.

Dieu le laisse ensuite commettre son crime de jalousie sans intervenir. Aucun ange ne vient arrêter son geste. Le Créateur semble ensuite pris de remords, puisqu'il ne le condamne pas à mort, mais seulement à l'exil. Le remords de Dieu croît de génération en génération, pour devenir explicite lorsqu'il décide d'anéantir son œuvre : « Yahvé se repentit d'avoir fait l'homme sur la Terre, il s'affligea dans son cœur et dit : « Je vais effacer de la surface du globe les hommes que j'ai créés. » Il s'apprête à déclencher le déluge, mais cède aussitôt à la tentation de recommencer l'expérience, avec Noé et ses descendants, tous hommes libres ayant goûté le fruit de l'arbre de la connaissance du bien et du mal. Les mêmes causes produisent les mêmes effets : en jouant dangeureusement avec la liberté de l'homme, Dieu s'assure d'extraordinaires témoignages d'adoration mais laisse à nouveau le mal prospérer.

Evocant l'épopée du peuple juif, Brams montre que Dieu a « perpétuellement besoin d'être défié pour mener à bien sa campagne d'auto-glorification ». Défié par Eve, par Caïn (qui après le meurtre lui lance fort à propos : « Suis-je le gardien de mon frère ? »), défié par la descendance de Caïn, par Cham qui s'intéresse de trop près à la nudité de son papa Noé, par la descendance de Noé qui entreprend de construire une tour allant jusqu'aux cieux, par Jacob jaloux de son frère aîné, par les fils de Jacob, etc. Quand les choses se gâtent vraiment, Dieu choisit un quidam chargé de combattre le mal et d'assurer sa gloire dans les siècles des siècles : Noé, Abraham, Joseph, Moïse, Jésus... mais chaque fois la liberté de l'homme provoque les mêmes ravages, la crédibilité de Dieu est mise en cause, et sa colère se déchaîne, souvent injustement : il maudit ceux dont la tête ne lui revient pas, il punit les générations futures pour les crimes de leurs ancêtres, il promet l'Apocalypse.

« Humain, trop humain », soulignait Nietzsche. En analysant ces conflits bibliques, Steven J. Brams montre que si l'homme a été créé à l'image de Dieu, celui-ci est un stratège à l'image de l'homme : parfois brillant, souvent médiocre. On demandera timidement s'il était réellement besoin de faire appel à la théorie des jeux, avec son cortège de matrices et d'arbres de décision, pour aboutir à une telle conclusion.

Olivier POSTEL-VINAY ■

SAVOIR S'EXPRIMER



est un précieux atout dans bien des circonstances de la vie professionnelle, sociale ou privée : réunions, amitiés, relations, travail, affaires, sentiments, etc.

Il vous est certainement arrivé de vous dire après un entretien : « Ce n'est pas ainsi que j'aurais dû aborder la question. » Soyez sûr que la conversation est une science qui peut s'apprendre. L'étude détaillée de tous les « cas » concrets qui peuvent se présenter, l'amélioration progressive de vos moyens d'expression vous permettront, après un entraînement de quelques mois, d'acquérir une force de persuasion qui vous surprendra vous-même. Vous attirerez la sympathie, vous persuaderez, vous séduirez avec aisance et brio.

Le Cours Technique de Conversation par correspondance vous apprendra à conduire à votre guise une conversation, à l'animer, à la rendre intéressante. Vous verrez vos relations s'élargir, votre prestige s'accroître, vos entreprises réussir.

Demain, vous saurez utiliser toutes les ressources de la parole et vous mettrez les meilleurs atouts de votre côté : ceux d'une personne qui sait parler facilement, efficacement, correctement et aussi écrire avec élégance en ne faisant ni faute d'orthographe, ni faute de syntaxe.

Pour obtenir tous les renseignements sur cette méthode pratique, demandez la passionnante brochure gratuite : « L'art de la conversation et des relations humaines » au :

COURS TECHNIQUE DE CONVERSATION
Service D. 1232.35, rue Collange
92303 Paris-Levallois (Établ. privé)
Tél. 270.73.63

IC-R70E



Découvrez un monde secret
et mystérieux

“LE PROFESSIONNEL”

Oui, un vrai récepteur tel que l'utilisent les centres d'écoute officiels. A un prix accessible. Qualité de réception (sensibilité-sélectivité-stabilité) saluée par de nombreux bancs d'essai.

Importateur exclusif :

ICOM FRANCE / SONADE

120 Route de Revel 31400 TOULOUSE

Liste des revendeurs sur simple demande

LES ONDES COURTES

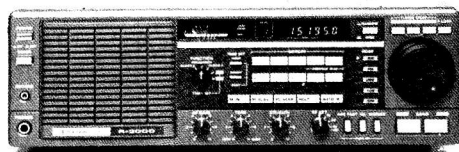


ABONNEMENTS ET RENSEIGNEMENTS

RÉSEAU DES ÉMETTEURS FRANÇAIS
(service S.V.1.) 2, square Trudaine
75009 PARIS - Tél. : (1) 878.14.49

KENWOOD

RECEPTEUR R 2000



Couverture générale 150 KHz à 30 MHz. AM/FM/CW/BLI/BL.S. 220 et 12 volts. 10 mémoires.

NOUVEAU : Maintenant, possibilité d'incorporer le convertisseur VC 10 pour recevoir de 118 à 174 MHz.

Matériels vérifiés dans notre laboratoire avant vente.

VAREDUC COMIMEX

SNC DURAND et Co

2, rue Joseph-Rivière, 92400 Courbevoie - Tel. 333 66 38

**SPECIALISE DANS LA VENTE DU MATERIEL
D'EMISEUR D'AMATEUR DEPUIS PLUS DE 20 ANS**

envoi de la documentation contre 3 F en timbres

ONDES COURTES : LE MONDE À VOTRE TRANSISTOR

Pour capter les communications des équipages de la Transat, pour recevoir toutes les radios du monde, jusqu'au plus petit émetteur des maquisards du Nicaragua, pour écouter les "demandes d'instructions" adressées au bureau de la compagnie par un baleinier harcelé par les canots à moteur de Greenpeace, une solution : le récepteur ondes courtes. Mais comment choisir parmi les nombreux appareils qui inondent le marché depuis quelque temps ?



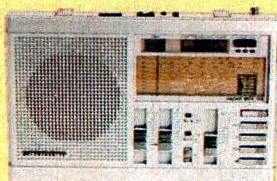
RACAL RA 1792



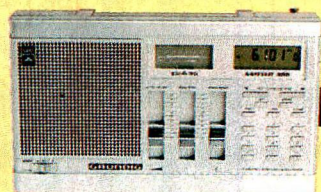
YAESU FRG 7700 ou SOMMERKAMP



ICOM ICR 70



GRUNDIG YACHT BOY 700



GRUNDIG SATELLIT 300



DRAKE H 7A



PHILIPS D 2825



KENWOOD R 2000

ESKA
RX 12 PL

KENWOOD R 600



JAPAN RADIO NDR 515

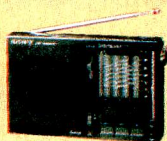
► Il y a dix ans, l'écoute des ondes courtes en France n'existait pas, ou presque. Pour la plupart des gens, les ondes courtes, c'était un bouton inutile sur leur poste de radio. Un récepteur se devait d'être étiqueté OC-PO-GO-FM afin d'être vraiment complet ; mais quant à écouter ces fameuses OC, il n'en était pas question. Rien d'intéressant ne semblait se passer sur ces bandes ; la preuve, quand on tournait un peu le bouton en ondes courtes, pour voir, on n'obtenait qu'un magma de bruits et de sifflements divers. Décourageant. Tout au plus se doutait-on que les marins, les pilotes et les gendarmes communiquaient en ondes courtes ; certains connaissaient même l'existence d'une famille de doux dingues nommés radio-amateurs qui passaient leurs nuits à tenter de parler à leurs confrères aux antipodes. Mais les seuls, à peu près, à pratiquer l'écoute des ondes courtes pour le plaisir étaient justement ces radio-amateurs, ou des gens très proches d'eux. Utilisant d'énormes récepteurs à tubes jamais vus ailleurs, connaissant sur le bout des doigts le fonctionnement de leurs engins, capables de les réparer eux-mêmes, de les modifier, voire de les construire d'après leurs propres plans, ils formaient une caste férue de technique et

peu accessible au commun des mortels. Ils faisaient du DX, disaient-ils. Bien souvent, d'ailleurs, le DX (écoute de stations lointaines), dûment autorisé par un indicatif délivré par l'administration, n'était qu'une étape sur le chemin de la licence radio-amateur.

Et puis vint la CB. Les radio-amateurs virent leur fief radio-électrique assiégé par des gens qui — sacrilège ! — ne connaissaient rien à la technique et s'en portaient fort bien. Les émetteurs s'arrachèrent comme des petits pains. Un jour, quelques petits malins, ayant eu vent que l'octroi d'une licence d'écouteur donnait le droit à l'antenne (c'est-à-dire qu'un propriétaire ne pouvait s'opposer à l'installation d'une antenne sur son toit, sauf à faire valoir ses motifs en justice), demandèrent une licence d'écoute et en profitèrent pour dresser leur antenne d'émission CB sur leur toit. Coup d'arrêt de l'administration, qui supprime les licences d'écoute ; quant aux caractéristiques des émetteurs CB, elles sont sévèrement réglementées. L'engouement se tasse, et un nombre croissant de cibistes, lassés de causer au



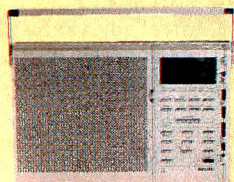
SONY
ICF 2001



SONY ICF 7600 AW



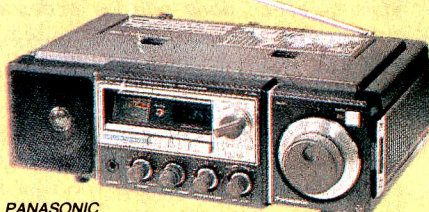
SONY ICF 7600 D



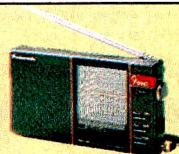
PHILIPS D 2924



PANASONIC
RF 799



PANASONIC
RF 3100



PANASONIC
RF 9L



PANASONIC RF 9000



GRUNDIG SATELLIT

FICHE TECHNIQUE DE 20 RÉCEPTEURS, DE 650 À 100 000 FRANCS

RÉCEPTEUR CATÉGORIE, PRIX	FRÉQUENCES COUVERTES	MODES DE RÉCEPTION	ACCORD	AFFICHAGE DE LA FRÉQUENCE	DISPOSITIFS PARTICULIERS	DIMENSIONS, POIDS, ALIMENTATION
PHILIPS D 2825 Grand public 650 F	GO : 150-250 kHz PO : 520-1 600 kHz OC1 : 5,9-6,3 MHz OC2 : 7-7,4 MHz OC3 : 9,4-9,9 MHz OC4 : 11,6-12,2 MHz OC5 : 15-15,7 MHz OC6 : 17,6-18,3 MHz FM : 87,5-108 MHz	AM, FM	Non synthétisé	Cadran analogique		225 × 120 × 35 mm 600 g 2 piles 1,5 V Courant continu 7,5 V
PANASONIC RF 9L Grand public 1 100 F	GO : 150-285 kHz PO : 520-1 610 kHz OC1 : 5,95-6,2 MHz OC2 : 7,1-7,3 MHz OC3 : 9,5-9,8 MHz OC4 : 11,7-12 MHz OC5 : 15,1-15,45 MHz OC6 : 17,7-17,9 MHz FM : 87,5-108 MHz	AM, FM	Non synthétisé	Cadran analogique	Sélecteur de sensibilité HF à 2 positions	136 × 74 × 26 mm 200 g 2 piles 1,5 V
PHILIPS D 2924 Grand public 1 200 F	GO : 150-255 kHz PO : 520-1 605 kHz OC : 5,9-15,45 MHz FM : 87,5-108 MHz	AM, FM	Synthétisé Clavier numérique Touches montée / descente en fréq. Balayage. 6 mémoires	Numérique par cristaux liquides	Sélecteur de sensibilité HF à 2 positions (en PO et GO)	237 × 153 × 54 mm 1,6 kg 8 piles 1,5 V Secteur 110-240 V
GRUNDIG YACHT BOY 700 Grand public 1 400 F	GO : 150-265 kHz PO : 520-1 620 kHz OC1 : 1,6-4,5 MHz OC2 : 4,5-7 MHz OC3 : 7-10 MHz OC4 : 10-15 MHz OC5 : 15-20 MHz OC6 : 20-25,8 MHz FM : 85,7-108 MHz	AM, BLU, FM	Non synthétisé Bouton d'accord fin en OC.	Numérique + cadran analogique	2 choix de sélectivité, horloge, mise en route et extinction automatiques.	280 × 170 × 60 mm 1,4 kg 6 piles 1,5 V Secteur 110-220 V
SONY ICF 7600 AW Grand public 1 590 F	PO : 530-1 605 kHz OC1 : 5,95-6,2 MHz OC2 : 7,1-7,3 MHz OC3 : 9,5-9,8 MHz OC4 : 11,7-12 MHz OC5 : 15,1-15,45 MHz OC6 : 17,7-17,9 MHz OC7 : 21,45-21,75 MHz FM : 87,6-108 MHz	AM, FM Double changement de fréquence	Non synthétisé	Cadran analogique		179 × 117 × 31 mm 600 g 4 piles 1,5 V Secteur 110-240 V Batterie de voiture
GRUNDIG SATELLIT 300 Grand public 1 900 F	GO : 150-353 kHz PO : 513-1 611 kHz OC1 : 3,9-10,499 MHz OC2 : 10,5-22 MHz FM : 87,5-108 MHz	AM, FM Double changement de fréquence	Synthétisé Bouton d'accord à pas progressif ou clavier numérique. Balayage en GO, PO, FM. 35 mémoires.	Numérique par cristaux liquides	Horloge, mise en route automatique	300 × 180 × 70 mm 2,4 kg 9 piles 1,5 V Secteur 110-240 V

hasard dans un micro, cherchent autre chose. Et ils trouvent : l'écoute des ondes courtes.

Parallèlement, des événements sportifs de plus en plus populaires, comme la course transatlantique ou le Paris-Dakar, étaient de mieux en mieux suivis grâce à des moyens radio importants : cela fit prendre conscience à beaucoup des possibilités des ondes courtes, seul moyen économique d'émettre un signal radio à très grande distance, grâce à la propriété qu'elles ont de se réfracter dans les couches ionisées de la haute atmosphère (ionosphère) et de tourner ainsi autour du globe (voir *Science & Vie* n° 769, p. 120).

Enfin et surtout, le matériel a connu une évolution spectaculaire qui a amené un public plus jeune et moins technicien aux ondes courtes. Il y a quelques années, les bons récepteurs ondes courtes grand public étaient inexistants. L'amateur sérieux n'avait à sa disposition que des appareils destinés aux radio-amateurs : Hammarlund, Collins, Drake, Hallicrafters... Ces monstres étaient lourds, chers, complexes à manipuler, difficiles à trouver... et ils ne couvraient souvent que les bandes radio-amateurs.

Désormais, il existe des récepteurs ondes courtes étonnamment compacts permettant de recevoir presque n'importe quoi, bourrés d'astuces destinées à faciliter la manipulation, vendus par des réseaux aisément accessibles au public, et ce dans toutes les gammes de prix ; depuis le transistor de voyage à six gammes d'ondes courtes qui vaut 600 F, jusqu'au récepteur à couverture générale et très hautes performances destiné aux mordus prêts à payer trente fois plus.

Chacun permet, dans la mesure de ses possibilités, d'écouter tout ou partie des émissions qui se bousculent sur les ondes courtes.

Mais qu'est-ce donc que les ondes courtes ? Le spectre des longueurs d'onde utilisées en radio est divisé de façon décimale, depuis les ondes myriamétriques (de 100 à 10 kilomètres) jusqu'aux ondes déci-millimétriques (de 1 millimètre à un dixième de millimètre). Mais les gammes d'ondes les plus familières sont les ondes kilométriques surnommées grandes ondes (de 10 à 1 kilomètre), les ondes hectométriques ou petites ondes (de 1 000 à 100 mètres), et nos fameuses ondes courtes

RÉCEPTEUR CATÉGORIE, PRIX	FRÉQUENCES COUVERTES	MODES DE RÉCEPTION	ACCORD	AFFICHAGE DE LA FRÉQUENCE	DISPOSITIFS PARTICULIERS	DIMENSIONS, POIDS, ALIMENTATION
PANASONIC RF 799 Grand public 2 500 F	GO : 153-281 kHz PO : 522-1 611 kHz OC : 2,3-26,1 MHz (couverture discontinue en 12 bandes)	AM, FM	Synthétisé. Clavier numérique. Touches de montée/descente en fréquence à 2 vitesses. 10 mémoires.	Numérique par cristaux liquides	Horloge, mise en route automatiques et extinction	290 × 166 × 93 mm 1,56 kg 6 piles 1,5 V Secteur 110-240 V
SONY ICF 2001 Grand public 2 600 F	GO-PO-OC : 150-26 100 kHz FM : 87,5-108 MHz	AM, FM, SSB Double changement de fréquence.	Synthétisé. Clavier numérique. Touches de montée/descente en fréquence à 2 vitesses. Balayage. 6 mémoires.	Numérique par cristaux liquides	BFO réglable, accord d'antenne, sélecteur de sensibilité HF à 3 positions, indicateur de signal	310 × 56 × 171 mm 1,8 kg 5 piles 1,5 V Secteur 110-240 V Batterie de voiture
SONY ICF 7600 D Grand public 2 700 F	GO-PO-OC : 153-26 100 kHz FM : 88-108 MHz	AM, FM, SSB Double changement de fréquence.	Synthétisé. Clavier numérique. Touches de montée/descente en fréquence. Touche de changement de bande. Balayage. 10 mémoires.	Numérique par cristaux liquides	Horloge, mise en route et extinction automatiques	179 × 117 × 31 mm 600 g 4 piles 1,5 V Secteur 110-240 V
PANASONIC RF 3100 Grand public 3 000 F	GO : 150-410 kHz PO : 520-1 610 kHz OC : 1,6-30 MHz (couverture continue en 29 bandes) FM : 87,5-108 MHz	AM, FM, BLU Double changement de fréquence.	Synthétisé. Sélecteur de bandes de mégahertz en mégahertz.	Numérique électro- luminescent	BFO réglable, 2 choix de sélectivité, gain HF variable, réglage grave-aiguës	371 × 122 × 241 mm 3,2 kg 9 piles 1,5 V Secteur 110-240 V
GRUNDIG SATELLIT 600 Grand public 4 300 F	GO : 148-420 kHz PO : 510-1 620 kHz OC : 1,6-26,1 MHz FM : 87,5-108 MHz	AM, FM, BLU	Synthétisé. Bouton d'accord par pas de 1, 10 ou 100 kHz suivant la vitesse de rotation. Clavier numérique. Balayage. 60 mémoires.	Cadran analogique et affichage numériques par cristaux liquides	BFO réglable, 3 choix de sélectivité, limiteur de parasites, gain HF variable, accord d'antenne, AGC commutable, horloge.	504 × 242 × 202 mm 8,5 kg 8 piles 1,5 V Secteur 110-240 V Accus Batterie de voiture

plus précisément appelées décamétriques (de 100 à 10 mètres). En réalité, on préfère caractériser les émetteurs par leur fréquence, plutôt que par leur longueur d'onde (1). La conversion se fait en divisant 300 000 (vitesse de la lumière en kilomètres par seconde) par la longueur d'onde en mètres : on obtient alors la fréquence en kilohertz (kHz). C'est ainsi que les ondes décamétriques s'étendent de 3 000 à 30 000 kHz ; ou plutôt, comme on dit de préférence, histoire d'économiser trois zéros, de 3 à 30 mégahertz (MHz).

Cependant, on a conservé l'habitude de parler de la "bande des 41 mètres", de la bande des 20 mètres, etc. pour désigner les segments de fréquence alloués, au sein des ondes courtes, aux stations de radiodiffusion ou aux radio-amateurs. Ces derniers disposent, parmi les ondes décamétriques, de 8 bandes de fréquences qui leur sont

réservées (voir encadrés page 110). Ils disposent également d'une bande dans les ondes hectométriques, dite bande des 160 mètres (1 800 à 2 000 kHz), que les bons récepteurs ondes courtes peuvent aussi capter. D'autres fréquences leur sont attribuées au-delà de 30 MHz (notamment les VHF, pour *Very High Frequency* ou très hautes fréquences), mais elles exigent un récepteur particulier ou un convertisseur.

L'un des sports accessibles à l'écouteur d'ondes courtes consiste à partir à la chasse aux conversations entre radio-amateurs, et à leur faire parvenir des rapports d'écoute précisant la qualité technique de la réception. Les performances de chacun se mesurent alors au nombre de cartes QSL amassées, ces cartes que les radio-amateurs échangent entre eux après avoir établi un contact, et envoient à l'occasion en échange d'un rapport d'écoute exact. Un tel rapport est utile à celui qui le reçoit, car il peut lui apprendre que son émission a atteint une région où aucun radio-amateur n'était là pour lui répondre.

Tous les récepteurs ne permettent pas ce genre

(1) Dans le domaine des ondes radio les fréquences d'émission sont divisées en "grandes ondes" (GO, 30 à 300 kHz), "petites ondes", (PO, 300 à 3000 kHz), "ondes courtes" (OC, 3 à 30 MHz) et "modulation de fréquence" (FM, 85 à 108 MHz), ces différentes fréquences variant légèrement d'un pays à l'autre.

FICHE TECHNIQUE DE 20 RÉCEPTEURS, DE 650 À 100 000 FRANCS (suite)

RÉCEPTEUR CATÉGORIE, PRIX	FRÉQUENCES COUVERTES	MODES DE RÉCEPTION	ACCORD	AFFICHAGE DE LA FRÉQUENCE	DISPOSITIFS PARTICULIERS	DIMENSIONS, POIDS, ALIMENTATION
ICOM ICR 70 Radio-amateur 6 700 F	GO-PO-OC : 100 kHz-30 MHz	AM, BLU, CW, RTTY, FM en option (400 F) Quadruple changement de fréquence.	Synthétisé Bouton d'accord par pas de 100 Hz 0,1 ou 1 kHz. Saut de MHz en MHz ou d'une bande amateur à l'autre. 2 VFO.RIT. Blocage de fréquence.	Numérique électro- luminescent. Avec les cen- taines de Hz et le mode utilisé.	PBT, filtre notch, squeelch, gain HF variable, AGC à 2 vitesses + hors circuit, limiteur de bruit à 2 positions, atténuateur et préampli commu- tables.	286 × 111 × 276 mm 7,4 kg Secteur 100-235 V
JAPAN RADIO NDR 515 Radio-amateur 10 900 F	GO-PO-OC : 100 kHz-30 MHz	AM, BLU, CW, RTTY Double chan- gement de fréquence.	Synthétisé.. Bouton d'accord par pas de 100 Hz. Sélecteur de bandes (+ ou - 1 MHz). Commutateur de montée/ descente en fréquence. 96 mémoires en option (2 500 F). RIT.	Numérique électro- luminescent. Avec les centaines de Hz.	PBT, BFO, régle- able, 3 choix de sélectivité + 1 sur mesure, AGC à 2 vitesses + hors cir- cuit, gain HF variable, limi- teur de bruit, atténuateur à 2 positions.	340 × 140 × 300 mm 7,5 kg Secteur 100-240 V
DRAKER 7A Radio-amateur 17 700 F	GO-PO-OC : 100 kHz-30 MHz	AM, BLU, CW, RTTY, SSTV. Triple changement de fréquence.	Semi- synthétisé. Bouton d'accord, présélecteur, touches de montée/desce- nte par 500 kHz, 7 bandes de 500 kHz pré- sélectionnées en option + 7 fréquences fixes. RIT.	Numérique électro- luminescent. Avec les centaines de Hz + cadran analogique.	PBT, filtre notch, gain HF variable, 5 choix de sé- lectivité, AGC à 3 vitesses + hors circuit, préampli commu- table, limiteur de bruit en option, calibrateur.	330 × 116 × 346 mm 8,3 kg
RACAL RA 1792 Professionnel 100 000 F	GO-PO-OC : 100 kHz-30 MHz	AM, BLU, CW, MCW, ISB (op- tion), FM. Double changement de fréquence.	Synthétisé. Bouton d'accord, par pas de 1 Hz (option) ou 10 Hz. Pas variable suivant la vi- tesse de rota- tion (jusqu'à 20 kHz par tour). 100 mémoires. Balayage des mémoires. Clavier numérique.	Numérique par 2 écrans à cristaux liquides. Avec les dizaines de Hz. Modes d'utilisation.	Gain HF variable, BFO réglable, 6 choix de sélectivité, AGC à 3 vitesses et seuil variable, testeur incor- poré, télé- commande.	483 × 133 × 458 mm 14 kg Secteur 110-240 V, courant continu 18- 32 V

d'activité cependant. Il faut d'abord que l'appareil choisisse puisse recevoir les émissions en bande latérale unique, mode de transmission le plus largement utilisé par les amateurs (nous en reparlerons). Il faut aussi que ses performances soient bonnes, car les amateurs n'ont droit qu'à des puissances très faibles, de l'ordre d'une centaine de watts (les grandes stations de radiodiffusion internationales utilisent couramment 100, 250, voire 500 kilowatts !).

La radiodiffusion est l'autre grande catégorie d'émissions qui peuplent les ondes courtes. C'est aussi la plus populaire et la plus facile à écouter. Dans le *World Radio and Television Handbook* de 1983 (WRTH, l'annuaire qui regroupe toutes les stations de radiodiffusion et de télévision du monde, indispensable à tout écoutateur), Willi Menzel, un expert en radiodiffusion internationale, recensait plus de 4 500 stations ayant émis l'année précédente en ondes courtes.

Ces émissions sont de toutes sortes. D'abord, aussi étonnant que cela puisse paraître, il y a les stations locales qui émettent dans les bandes dites

tropicales : 60, 90 et 120 m, cette dernière bande étant un peu en dehors des ondes courtes. Dans de nombreux pays du Tiers-Monde, en effet, c'est souvent la seule façon d'atteindre un auditoire dispersé sur une vaste superficie (la réfraction des signaux qui se produit dans l'ionosphère permet d'arroser les alentours dans un rayon de 200 km autour de l'antenne) sans la puissance qui serait nécessaire à un émetteur ondes moyennes équivalent. Ces stations tropicales, qui émettent rarement avec plus de 10 kW, sont souvent àprement recherchées par les écoutateurs expérimentés.

Toutefois, ce sont les grandes stations internationales que les débutants commencent, en général, par écouter. La *BBC*, *Voice of America*, *Radio-Moscou*, la *Deutsche Welle*, *Radio-France Internationale*, toutes ces grandes stations et bien d'autres diffusent souvent 24 heures sur 24 plusieurs émissions à la fois, destinées à des régions du monde différentes, et dans plusieurs dizaines de langues pour les plus importantes d'entre elles. La seule liste des émissions en anglais dans le WRTH occupe une dizaine de pages imprimées en tout

RÉCEPTEUR CATÉGORIE, PRIX	FRÉQUENCES COUVERTES	MODES DE RÉCEPTION	ACCORD	AFFICHAGE DE LA FRÉQUENCE	DISPOSITIFS PARTICULIERS	DIMENSIONS, POIDS, ALIMENTATION
PANASONIC RF 9000 Grand public 30 000 F	GO : 150-420 kHz PO : 520-1 610 kHz OC1 : 1,611-2,9 MHz OC2 : 2,901-30 MHz FM : 87,5-108 MHz	AM, FM, BLU Double changement de fréquence.	Synthétisé. Bouton d'accord par pas de 1 ou 5 kHz. Clavier numérique. 17 touches de bandes en OC. Balayage. 15 mémoires.	Numérique par cristaux liquides	3 choix de sélectivité, gains HF variable, limiteur de parasites, horloge, fonctionnement programmable sur une semaine.	520 × 362 × 206 mm 20,3 kg 14 piles 1,5 V Secteur 110-240 V Batterie de voiture
ESKA RX 12 PL Spécialisé 1 500 F + 800 F le jeu de 12 quartz et selfs	12 fréquences fixes de 150 kHz à 30 MHz par quartz et selfs interchangeables réalisés sur mesure.	AM, BLU Double changement de fréquence	Par sélecteur de canaux	Liste des fréquences utilisées sur le capot de l'appareil	Seul récepteur au monde à utiliser la détection PLL ECSS pour les signaux AM (voir article), BFO réglable, Filtres AM, USB, LSB.	195 × 105 × 50 mm 650 g 4 piles 1,5 V Accus
KENWOOD R 600 Radio-amateur 3 100 F	GO-PO-OC : 150 kHz-30 MHz	AM, BLU, CW	Semi-synthétisé Sélecteur de bandes de 1 MHz de large et bouton d'accord.	Numérique électrolumine- scent	2 choix de sélectivité en AM, limiteur de bruit, atténuateur HF à 2 positions	299 × 200 × 110 mm 4,5 kg Secteur 100-240 V Courant continu 1,8 V
YAESU FRG 7700 ou SOMMERKAMP Radio-amateur 3 700 F	GO-PO-OC : 150 KHz-30 MHz	AM, FM, BLU, CW Double changement de fréquence.	Synthétisé Bouton d'accord et sélecteur de bandes de 1 MHz de large. 12 mémoires en option (860 F).	Numérique électro- luminescent + cadran analogique.	3 choix de sélectivité en AM, gain HF variable, squelch, AGC à 2 vitesses, limiteur de bruit, horloge.	334 × 129 × 225 mm 6 kg Secteur 110-240 V 12 V en option
KENWOOD R 2000 Radio-amateur 5 100 F	GO-PO-OC : 150 kHz-30 MHz	AM, FM BLU, CW	Synthétisé Bouton d'accord par pas de 50 Hz, 0,5 ou 5 kHz. Touches de montée/descente en fréquence. 10 mémoires. Balayage des bandes ou des mémoires.	Numérique électro- luminescent. Avec les centaines de Hz.	2 choix de sélectivité en AM, limiteurs e bruit, AGC à 2 vitesses, atténuateur HF à 4 positions, squelch, 2 horloges.	375 × 115 × 210 mm 5,5 kg Secteur 110-240 V Courant continu 13,8 V

petits caractères, en provenance de pays tels que le Bangladesh, la Corée, la Libye, le Sénégal, l'Argentine... Le Club Amitié Radio (voir encadré page 116), l'une des associations d'écouteurs qui existent en France, publie chaque mois une liste conséquente d'émissions en français : la langue n'est donc pas un obstacle.

A cause du caractère capricieux de la propagation ionosphérique, l'auditeur devra tout d'abord s'habituer à choisir, à l'aide du WRTH, la bande de fréquences adéquate en fonction du pays recherché et de l'heure de la journée ; il devra s'habituer à suivre les changements de fréquence opérés d'heure en heure par les stations, voire de demi-heure en demi-heure à certaines périodes de la journée, et cela dans le but d'obtenir la meilleure écoute possible dans le pays visé. Une fois l'habitude prise, le choix est vaste.

Le but premier d'une station internationale d'Etat est, au fond, toujours le même : assurer une présence dans le monde. En russe (*Radio-Moscou*), ça se traduit par propagande. En anglais (*BBC*), ça se traduit par "rayonnement de notre

pays à l'étranger". La première façon de voir est encore celle de nombre de stations. Mais la seconde est fort répandue, et fort utile. Outre la *BBC*, un nombre important de radios diffusent des bulletins d'informations internationales fort bien faits : *Radio-Suède Internationale*, *Radio-Suisse Internationale*, *Radio-Australie*... Sans même parler des pays de l'Est, quelle radio en France peut rivaliser avec les informations du World Service de la *BBC* ?

De plus, les ondes courtes sont irremplaçables pour ceux qui s'intéressent activement à la politique intérieure de tel ou tel pays : comment suivre au jour le jour les débats du parlement israélien, sinon en écoutant *Kol-Israël* ?

Les collectionneurs (ou les techniciens) peuvent pratiquer avec les stations de radiodiffusion le même échange qu'avec les radio-amateurs, carte QSL contre rapport d'écoute. Une particularité : les émissions... sur l'écoute des émissions ondes courtes, qui donnent des conseils techniques, informent sur la propagation, les récepteurs... (*Radio-Canada International*, *Radio-Nederland*). Le Club Amitié Radio réalise régulièrement une

QUATRE RÉCEPTEURS À LA LOUPE

ESKA RX 12 PL

Prix : 2 300 F (complet avec 12 quartz).

Catégorie : spécialisé.

Usage. Unique en son genre : d'abord, il n'a aucune possibilité d'accord. Les seules fréquences qu'il peut utiliser sont des fréquences fixes, choisies à la commande par l'utilisateur. Chaque fréquence requiert un quartz et une "self" (bobine) aisément interchangeables ; l'appareil en accepte 12 à la fois. Résultat : une simplicité extrême de manipulation. Pourtant, ce portatif (19 cm de long sur 10 de haut, 650 g, antenne télescopique incorporée), d'un prix modeste, possède des performances exceptionnelles. En effet, il est le seul au monde, à notre connaissance, à utiliser la technique PLL ECSS (voir article), qui est le fin du fin en matière de restitution des signaux faibles noyés dans les interférences. Cette technique est si précieuse que le constructeur prévoit la possibilité de brancher le RX 12 PL sur des récepteurs de trafic beaucoup plus coûteux afin d'améliorer leurs performances : en remplaçant leurs étages de détection et d'amplification basse fréquence par cet appareil, on allie la commodité d'un accord continu traditionnel aux performances dues à la technique PLL ECSS.

Ce récepteur est idéal pour ceux qui, voyageant souvent, veulent recevoir une ou deux stations étrangères déterminées dans les meilleures conditions possibles, au meilleur coût et sans s'emmêler les doigts dans des boutons. Avec un choix de 12 fréquences adéquates, vu les qualités de l'appareil, on peut être à peu près sûr de recevoir au moins deux stations déterminées à n'importe quelle heure, dans une région du monde donnée : si on ne les reçoit pas, c'est que ça ne passe pas (la propagation ionosphérique est totalement nulle)... ou qu'elles n'émettent pas.

Pour être encore plus sûr d'avoir la bonne fréquence au bon moment, on peut très bien acheter davantage que 12 quartz, avec l'inconvénient d'avoir parfois à échanger deux quartz pour changer de fréquence.

Si vous avez envie de faire un très beau cadeau à un ami polonais, offrez-lui donc un Eska avec les quartz de la BBC et de Radio-France Internationale... (Il se peut que vous ayez quelques difficultés à vous procurer l'appareil : voir "Les bonnes adresses").

Mode d'emploi. Enfantin. Réception AM conventionnelle : allumer ; sélectionner le canal désiré. Mettre les commutateurs de filtre et de mode en position AM. Si nécessaire, décaler la fréquence avec le bouton CLARIFIER $\pm 1,5$ kHz) pour s'éloigner d'une interférence. Réception AM et PLL ECSS et BLU : après sélection du canal, mettre le commutateur de filtre sur USB ou LSB (en BLU, suivant les caractéristiques de l'émetteur ; en AM, choisir la bande latérale la moins brouillée). Mettre le commutateur de mode en position SSB. Chercher la position du bouton CLARIFIER où le son paraît le plus naturel. En AM seulement, passer alors en mode PLL. C'est tout. Le récepteur est verrouillé sur la porteuse.



sances d'un opérateur télégraphiste pour s'en servir ; on n'a pas besoin d'acheter un deuxième poste pour écouter "L'oreille en coin" ou les résultats du tiercé ; on n'a pas besoin d'hypothéquer sa maison, sa femme et sa voiture pour se l'offrir ; on n'a pas besoin, enfin, de le jeter à la poubelle quinze jours après l'avoir acheté faute d'une réception ondes courtes décente.

Construit sur le modèle de l'ICF 2001 (voir nos tableaux), le premier appareil grand public qui a supprimé le bouton d'accord en faveur du clavier numérique, le tout nouveau ICF 7600 D est cependant quatre fois plus petit (18 cm de long) et trois fois plus léger (600 g). Comme son grand frère, il dispose des grandes ondes, des petites ondes et des ondes courtes (couverture continue de 153 à 26 100 kHz), ainsi que de la FM. Bien qu'il ne faille pas en attendre les mêmes performances qu'un récepteur type radio-amateur tel que l'Icom ICR 70, son double changement de fréquence, ses circuits de réception des émissions en BLU et son accord synthétisé en font un récepteur ondes courtes sérieux. Convenant parfaitement à la radiodiffusion, il est cependant insuffisant pour l'écoute intensive des radio-amateurs ou des signaux très faibles.

Mode d'emploi : actionner l'interrupteur de mise en marche puis la touche ON. Choisir l'une des deux positions du sélecteur de sensibilité. Mettre le sélecteur de mode en position NORMAL ou FINE. Là, quatre possibilités pour régler la fréquence.

- Avec la touche de montée/descente MANUAL TUNING : chaque pression du côté désiré augmente ou diminue la fréquence de 3 kHz en GO, 9 kHz en PO et 5 kHz en OC (espacement des stations) ; le changement se répète si la pression continue. La molette d'accord fin permet une excursion entre deux pas de fréquence. Pour sauter d'une bande à l'autre, appuyer en même temps BAND SELECT et MANUAL TUNING : le récepteur se rend au début de la bande de radiodiffusion suivante.

- Avec la touche de balayage SCAN TUNING : le récepteur parcourt la bande sur laquelle il se trouve et s'arrête en présence d'une station suffisamment puissante (peu utile en ondes courtes).

- Avec les mémoires : chaque touche correspond à une fréquence mise en mémoire par l'utilisateur.

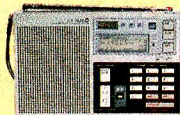
- L'écran à cristaux liquides affiche non seulement la fréquence, mais aussi le mode (AM ou FM), la gamme d'ondes (LW, MW ou SW pour GO, PO et OC), le numéro de la mémoire utilisée s'il y a lieu (PRESET), les mentions STANDBY (quand le réveil est enclenché) et SLEEP (extinction automatique au bout d'une heure), et, en ondes courtes, la bande de radiodiffusion sur laquelle on se trouve s'il y a lieu (de la bande des 75 m à la bande des 13 m ; la bande des 11 m est accessible mais non matérialisée). Les extensions de bandes décidées en 1979 à Genève sont prises en compte. Utilisation en BLU : mettre le sélecteur de mode sur SSB et régler le BFO avec la molette d'accord fin. L'horloge, enfin, fonctionne au choix sur 12 ou 24 heures.

SONY ICF 7600 D

Prix : 2 700 F

Catégorie : grand public.

Usage. Ce type de récepteur a mis les ondes courtes à la portée de tous : on n'a pas besoin, pour se le procurer, de dénicher des magasins mystérieux, cachés au troisième étage d'un immeuble sans devanture ; on n'a pas besoin de muscles de déménageur pour l'emporter en week-end ; on n'a pas besoin des connais-



ICOM ICR 70

Prix : 6 700 F

Catégorie : radio-amateur

Usage. Parfait exemple de l'offensive japonaise dans cette classe de matériel, l'ICR 70 est un modèle récent (fin 1982) qui comblera l'amateur éclairé et assidu d'ondes courtes. Directement dérivé des émetteurs-



récepteurs pour radio-amateurs, il offre, pour un prix pas encore exorbitant et un encombrement étonnamment réduit (moins de 30 centimètres de large, plus étroit qu'un Satellit 300!), un maximum de dispositifs de réglage, destinés à éliminer toutes les interférences possibles et imaginables dans la mesure du possible ; bref, à faire de la réception sur mesures. Cela se paye (hors la facture) par une quantité imposante de boutons et de commutateurs (36, on les a comptés) que certains trouvent trop petits, voire malcommodes, et par une utilisation assez complexe. En revanche, on peut compter sur des performances très élevées. Antenne extérieure indispensable. En vente dans les magasins pour radio-amateurs.

Mode d'emploi. Trop de possibilités pour qu'on les passe toutes en revue. Voyons tout de même quelle est la marche à suivre pour un signal-type, mettons une station d'Amérique latine qui émet avec une petite puissance dans la bande des 60 mètres, sur 4 850 kHz. Supposons qu'à la mise en route, l'appareil soit calé sur 25 000 kHz. Pour descendre rapidement jusqu'à la bande des 60 mètres, placer le commutateur HAM/GEN sur la position HAM et appuyer à plusieurs reprises sur la touche DOWN. L'appareil sautera alors d'une bande amateur à l'autre. Arrivé à la bande des 40 mètres (de 7 000 à 7 300 kHz), il faut ralentir la descente. Placer le commutateur de tout à l'heure en position GEN et presser DOWN à nouveau : l'appareil descend seulement d'un mégahertz à chaque pression. Deux pressions, et le chiffre des mégahertz devient 5. A partir de là, il faut utiliser le bouton d'accord. Régler le pas du synthétiseur (STEP) sur 1 kHz pour un accord rapide. Aux alentours de 4 850 kWz, passer au pas de 100 ou de 10 Hz (un vrai luxe !) pour un accord fin. La station est bien là, mais le travail ne fait que commencer. Il faut maintenant se débarrasser des interférences pour faire "sortir" un signal intelligible. Tout d'abord, le préamplificateur (commutateur PRE-OFF-ATT) : ne s'en servir que sur des signaux très faibles, car toute préamplification accentue les intermodulations parasites. Si on entend trop de stations fantômes à des fréquences où elles ne devraient pas se trouver, c'est qu'on est en présence d'intermodulation : ne pas hésiter alors à atténuer (ATT) le signal d'entrée.

En temps normal, régler à OFF. Le gain HF (RF GAIN) sera normalement à son maximum, mais on le diminuera en cas de signaux très forts pour les mêmes raisons que le préamplificateur. AF GAIN est tout bonnement le volume. Le silencieux (SQUELCH) sera coupé : il ne sert à rien ici, car nous traitons un signal qui se distingue tout de suite du bruit ambiant. Le CAG (AGC) sera pour l'instant sur SLOW. Si le signal devenait haché ou disparaissait presque, on pourrait passer respectivement à FAST ou OFF.

Mais voilà que le fils du voisin se met à faire pétarader sa mobylette ; mobylette qui, bien entendu, est antiparasitée comme un manche à pioche. Le crépitement qui s'ensuit dans le haut-parleur couvre toute réception. Mettre alors le limiteur de bruit en action (NB ON), et choisir l'un des deux temps de coupure disponibles suivant la marque de la mobylette (NAR/WIDE).

Plus grave que la mobylette, une station puissante placée 5 kHz plus haut vous empêche d'entendre correctement votre station sur 4 850 kHz. Il suffit alors d'éliminer la bande latérale supérieure en ayant recours à l'accord ECSS (voir article) : passer en BLU (SSB-N). La lettre allumée à l'extrême-gauche de l'afficheur de fréquence, qui était un A jusqu'ici (pour AM), devient L. Si elle devient U, c'est que nous sommes en bande latérale supérieure ; appuyer alors sur FUNCTION et

SSB-N pour changer de bande latérale.

Nous sommes désormais en ECSS. L'accord est très délicat : utiliser le RIT pour le parfaire. Maintenant, on entend encore des stations adjacentes. Agir sur le PBT en tronquant la bande passante pour les éliminer.

Soudain, un sifflement continu se fait entendre : un émetteur vient de démarrer dans la bande passante, et il produit une hétérodyne avec votre station. Appuyer sur NOTCH et tourner le bouton du même nom jusqu'à ce que le sifflement s'atténue le plus possible.

Voilà : la plupart des ressources existantes de la radio-électricité ont été mises à contribution pour tirer le maximum d'un petit émetteur local perdu sur un plateau d'Amérique latine.

Un détail encore : la deuxième lettre à gauche de l'afficheur (a ou b) indique quelle est la mémoire du synthétiseur en service. Tout se passe en effet comme si on avait deux dispositifs d'accord indépendants, a et b, et qu'on puisse passer de la fréquence de l'un à la fréquence de l'autre instantanément.



RACAL RA 1792

Prix : 100 000 F. **Catégorie :** professionnel

Usage : Regardez-le bien : il ne sera jamais à vous. Le prix de ce genre d'engins les réserve exclusivement aux administrations, aux services techniques des radios nationales, aux militaires... Le Racal est particulièrement bien adapté à ceux qui doivent surveiller tout ce qui se passe sur une série de fréquences données ou sur une certaine portion du spectre.

C'est un récepteur à la fois relativement simple à utiliser et bénéficiant des techniques les plus avancées. Trois boutons rotatifs seulement suffisent à régler les paramètres de la réception. Tout le reste est contrôlé par une série de boutons-poussoirs, dont un clavier numérique. Une partie d'entre eux a plusieurs fonctions et sert aussi à multiplier les fonctions des boutons rotatifs.

Comme bon nombre de récepteurs modernes, celui-ci comporte une "unité logique", c'est-à-dire, en fait, un ordinateur miniature. Seulement, celui-ci est particulièrement costaud : 100 mémoires enregistrent à la fois la fréquence et le mode de réception, une interface permet la commande à distance (récepteur dans un endroit isolé...), des procédures de test automatiques peuvent être déclenchées...

Mode d'emploi. Voici un (petit) aperçu des organes de l'appareil. Introduction de la fréquence par clavier numérique jusqu'au dizaines de hertz. Bouton d'accord à pas variable : de 100 kHz étalés sur un tour entier à 20 kHz parcourus en un seul tour, selon la vitesse imprimée au bouton. Synthétiseur à pas de 10 Hz, 1 Hz en option. Balayage des 100 mémoires par séquence de 10 au choix ; temps d'arrêt sur mémoire variable de 0,1 à 10 secondes. 6 filtres de sélectivité au choix + réception sans filtre (bande passante de 16 kHz). CAG à seuil de déclenchement réglable continuellement et 3 constantes de temps. BFO variable, ± 8 kHz. Affichage de la fréquence et du canal par cristaux liquides. Ecran auxiliaire affichant le mode, les paramètres de CAG, la fréquence relative du BFO, la largeur de bande, la force du signal reçu et les fausses manœuvres, etc.

émission diffusée de l'Équateur par *HCBI*. Cette dernière station est un bon exemple d'une nouvelle race de radios internationales privées, qui se consacrent essentiellement à la propagande religieuse. Nées pour la plupart aux États-Unis, financées par des dons, certaines bénéficient de moyens extrêmement puissants que leur enverraient bien des États. Et pour finir ce tour d'horizon des stations, deux faits symptomatiques : aux États-Unis, une station locale privée de la Nouvelle-

sont réservés à la radiodiffusion... 13 % seulement.

LES BANDES DE RADIODIFFUSION

- **Bande des 120 m :** de 2 300 à 2 498 kHz (bande tropicale).
 - **Bande des 90 m :** de 3 200 à 3 400 kHz (bande tropicale).
 - **Bande des 75 m :** de 3 900 (région 3)/3 950 (région 1) à 4 000 kHz.
 - **Bande des 60 m :** de 4 750 à 5 060 kHz (bande tropicale).
 - **Bande des 49 m :** de 5 950 à 6 200 kHz.
 - **Bande des 41 m :** de 7 100 à 7 300 kHz (régions 1 et 3).
 - **Bande des 31 m :** de 9 500 à 9 750/9 900 (*) kHz.
 - **Bande des 25 m :** de 11 650 (*)/11 700 à 11 975/12 050 (*) kHz.
 - **Bande des 21 m :** de 13 600 à 13 800 kHz (*).
 - **Bande des 19 m :** de 15 100 à 15 450/15 600 (*) kHz.
 - **Bande des 16 m :** de 17 550 (*)/17 700 à 17 900 kHz.
 - **Bande des 13 m :** de 21 450 à 21 750/21 850 (*) kHz.
 - **Bande des 11 m :** de 25 670 à 26 100 kHz.
- (*) Limites étendues à la conférence de Genève de 1979.

LES BANDES DES RADIO-AMATEURS

- **Bande des 160 m :** de 1 800 (régions 2 et 3)/1 810 (région 1) à 1 850 (région 1)/2 000 (régions 2 et 3) kHz.
 - **Bande des 80 m :** de 3 500 à 3 800 (région 1)/3 900 (région 3)/4 000 (région 2) kHz.
 - **Bande des 40 m :** de 7 000 à 7 100/7 300 (région 2) kHz.
 - **Bande des 29 m :** de 10 100 à 10 150 kHz (régions 1 et 2).
 - **Bande des 20 m :** de 14 000 à 14 350 kHz.
 - **Bande des 16 m :** de 18 068 à 18 168 kHz.
 - **Bande des 15 m :** de 21 000 à 21 450 kHz.
 - **Bande des 12 m :** de 24 890 à 24 990 kHz.
 - **Bande des 10 m :** de 28 000 à 29 700 kHz.
- Les radio-amateurs disposent aussi d'autres fréquences, plus élevées, qui ne font pas partie du spectre des ondes courtes.

Orléans, *WRNO*, a décidé, l'année dernière d'émettre sur ondes courtes un programme similaire à celui qu'elle diffuse sur place : musique rock et informations américaines. Chez nous, *Radio-France Internationale* va relayer sur Paris, en modulation de fréquence, ses programmes destinés à l'étranger. C'est bien la preuve que les ondes courtes ne sont plus un moyen de communication réservé aux initiés.

La bousculade des stations de radiodiffusion ne doit pas masquer un fait : sur les 27 000 kHz de la gamme des ondes décimétriques, seuls 3 740 kHz

A quoi servent les autres fréquences ? Une fois éliminés les radioamateurs, qui n'ont guère plus que ce qu'ont les radiodiffuseurs, et qui travaillent de toute façon avec des puissances minimales, il reste tous les autres : les utilitaires. Pêle-mêle : police, armée, radiotéléphone, aides à la navigation, agences de presse (voir *Science & Vie* n° 793, page 108), signaux horaires... Certains écouleuses se spécialisent dans les stations utilitaires. Ce qui amène à poser la question : a-t-on le droit d'écouter, par exemple, une communication téléphonique privée relayée par radio entre un navire et un abonné à terre ? La réponse est oui, mais... L'article L 42 du Code des P.T.T. interdit de « divulguer », d'« utiliser » ou même de « révéler l'existence » des « correspondances transmises par la voie radio-électrique ». Mais il n'interdit pas d'écouter. L'article L 89, lui, soumet à autorisation l'utilisation des récepteurs autres que ceux destinés à la radiodiffusion. D'où l'existence, dans le passé, de la licence d'écouteur, dont l'esprit était d'autoriser l'écoute des amateurs à ceux qui ne l'étaient pas. Mais les récepteurs modernes, qui reçoivent aussi bien la radiodiffusion que les amateurs et les utilitaires, sont-ils soumis à autorisation ? Il suffirait pour cela d'une interprétation restrictive de la loi... Notons que, théoriquement, tant que la délivrance de la licence d'écouteur n'est pas rétablie (ce qui ne saurait tarder), il est interdit aux non radio-amateurs d'utiliser un récepteur couvrant exclusivement les bandes amateurs...

Si l'énumération qui précède ne vous a pas donné une idée de l'incroyable encombrement des ondes courtes, sachez que Willi Menzel a calculé qu'en 1982, sur la bande des 49 m, 11,8 stations en moyenne se bousculaient en même temps sur le même canal de 10 kHz de large, qui devrait théoriquement être occupé par une seule station... Cette distance de 10 kHz entre chaque station est tellement théorique que sur l'horaire provisoire de radiodiffusion à ondes décimétriques, publié 4 fois par an par le comité international d'enregistrement des fréquences à Genève, chaque page, consacrée aux radios présentes sur une seule fréquence, est à 5 kHz de la précédente. Ce document décrit l'occupation des fréquences telle qu'elle est annoncée par chaque radio pour le trimestre à venir. Mais l'Union internationale des télécommunications, qui chapeaute le comité, n'a aucun pouvoir de décision en la matière : pourvu qu'elles restent à l'intérieur des bandes de radiodiffusion (voir encadré ci-contre), les radios peuvent faire ce que bon leur semble.

Et elles ne s'en privent pas, explique Daniel Bochent, qui dirige le service des ondes décimétriques à TDF : pour surmonter les interférences causées par l'encombrement, une course à la puissance et aux fréquences s'est engagée, dans laquelle l'auditeur perd à tous les coups. Pour être sûr de « passer », on augmente la puissance, on émet sur plusieurs fréquences à l'intérieur de la

même bande alors qu'une seule suffirait ; du coup, l'encombrement augmente, les voisins haussent à leur tour les enchères, et le cycle infernal recommence. Alors, "sortir" un signal faible de ce magma n'est pas une mince affaire... Voilà pourquoi on a besoin de récepteurs spéciaux pour écouter les ondes courtes correctement.

Trois catégories de constructeurs se partagent le marché : les fabricants de matériel grand public (Sony, Grundig, Panasonic...), les fabricants de matériel destiné aux radio-amateurs (Kenwood, Yaesu, Icom, Japan Radio, Drake...) et les fabricants de matériel professionnel destiné à l'armée et aux administrations (Thomson, Racal, Rockwell/Collins, Eddystone...). Chacun propose des récepteurs convenant à des usages bien précis, le bas de la gamme précédente rejoignant parfois le haut de la gamme suivante.

- Il existe à présent, dans les marques grand public, tout un choix de transistors compacts, parfaits pour le voyageur en déplacement d'affaires, qui ne connaît rien à la technique mais veut simplement se tenir au courant de ce qui se passe dans son pays. Pas plus grands qu'un bon vieux transistor OC-PO-GO (moins de 20 centimètres de long), plats (3 centimètres), ils ont de 6 à 9 bandes d'ondes courtes, qui couvrent la plupart des bandes de radiodiffusion. Ils permettent en plus d'écouter les stations locales, en PO, GO et FM (600 à 1 500 F).

- Au-dessus, on trouve tous les successeurs du Sony ICF 2001 ; et ils sont légion. Cet appareil a sans doute été le premier à mettre véritablement les ondes courtes entre les mains du grand public. Sous un aspect rassurant (30 centimètres de long, 5 d'épaisseur) il offre un moyen extrêmement simple de se caler sur une station : plus de bouton à tourner délicatement, il suffit de taper sur un clavier numérique la fréquence désirée, qui s'affiche sur un écran à cristaux liquides. C'est un système qu'on ne trouvait alors que sur des récepteurs professionnels, coûtant bien au-delà du million de centimes. Si on ne désire pas une fréquence déterminée, on peut balayer les bandes en appuyant sur une touche. A cela s'ajoutent des mémoires pour rappeler instantanément les stations les plus écoutées. Le plus souvent, PO, GO et FM sont là (1 000 à 3 000 F).

Et les bons gros postes d'antan, genre Satellit ? Eh bien, ils sont en voie de disparition. Grundig, certes, remplace son Satellit 3400 par une version plus au goût du jour, avec sélection de fréquences par clavier, mais Panasonic dispense son monstre à 30 000 F en quantités homéopathiques et Sony a carrément rayé de son catalogue tous les appareils haut de gamme.

- Vous voulez mieux ? Passez à la vitesse supérieure. Les grands constructeurs japonais de matériel pour radio-amateurs se sont mis presque tous au récepteur à couverture générale, qui reçoit tout de 150 kHz à 30 MHz ; soit l'essentiel des grandes ondes, les petites ondes, et les ondes courtes, sans trous. Ce genre d'appareil, surnommé récepteur

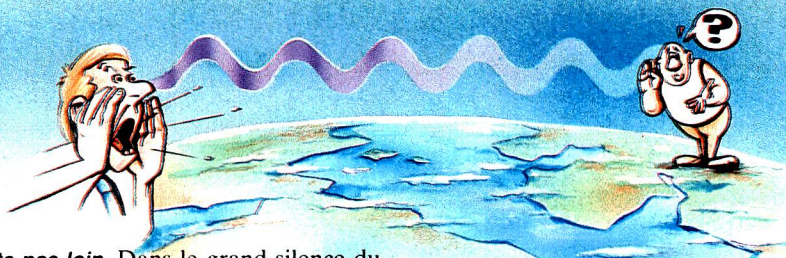
de trafic (*communications receiver* sur le capot), est un minimum pour celui qui veut s'adonner sérieusement à l'écoute. Tous ces récepteurs bénéficient à la fois de la technologie radio-amateur (la faiblesse de leurs signaux oblige les radio-amateurs à utiliser d'excellents récepteurs) et du sens du marketing des Japonais, qui savent faire des appareils relativement commodes à utiliser ; qui savent aussi comment faire de belles machines avec de beaux boutons partout pour qu'on ait envie de les acheter...

Les divers modèles diffèrent par les performances, par le nombre des dispositifs qui permettent d'éliminer les interférences et par la commodité d'utilisation. Notons que deux des meilleurs engins de cette catégorie, le Drake R7 A et l'Icom ICR 70, sont aussi les plus complexes à manipuler. Le Drake, seul vestige dans la catégorie radio-amateur de la suprématie américaine, garde son aura de machine de référence ; mais la hausse du dollar a réduit presque à zéro sa commercialisation en France (prix : 18 000 F !). Si vous voulez vous contenter d'écouter la radiodiffusion, un NRD 515 de Japan Radio (10 000 F) ne vous servira à rien. Si, en revanche, vous êtes un écouteur confirmé qui passe deux heures par jour devant son poste, si vous écoutez les stations tropicales locales, les amateurs, les communications avec la navette spatiale, voire la radio-télétypie, alors le petit Kenwood R 600 (3 000 F) sera sans doute un peu juste pour vous.

Dans tous les cas, attention : il est pratiquement inutile d'acheter l'un de ces récepteurs si vous ne comptez pas installer une antenne extérieure. Du temps de la radio de papa, on disait : « La réception, c'est 50 % de récepteur et 50 % d'antenne ». C'est toujours vrai, surtout avec ces appareils dont les circuits d'entrée sont prévus pour une vraie antenne. Malgré tout, on peut parfois espérer obtenir des résultats corrects avec une antenne intérieure active du commerce (munie d'un préamplificateur).

- Enfin, restent les récepteurs professionnels, utilisés, entre autres, par ceux qui achètent toujours ce qui se fait de mieux : les militaires. Il en existe de nombreux types, et vous n'en trouverez ici qu'un, à titre d'exemple. Entre les récepteurs amateurs de haut de gamme (qui sont en réalité des semi-professionnels) et les machines professionnelles qui peuvent coûter dix fois plus, l'amélioration des performances est souvent marginale. La différence est dans la robustesse extrême de la construction, le contrôle de qualité en fin de fabrication, et dans certains dispositifs particuliers : sélection de fréquence par clavier, nombreuses mémoires, ordinateur permettant au récepteur de se tester lui-même, possibilité de télécommande, options sur mesure, etc. Ici, l'unité monétaire change : on compte en kilofrancs...

En quoi ces récepteurs ondes courtes sont-ils différents des postes radio courants ? Il nous faut, pour bien le comprendre, faire une rapide incursion dans le domaine de l'émission-réception et préciser au passage quelques notions essentielles.

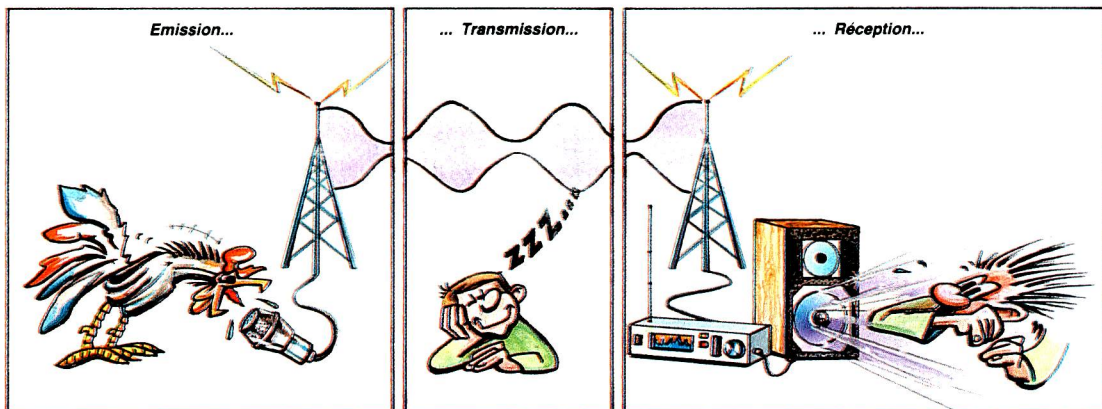


Le son ne porte pas loin. Dans le grand silence du désert du Ténéré, le rugissement des moteurs sur-puissants du Paris-Dakar ne porte pas à plus de quelques kilomètres, et encore, par vents favorables. Quant aux discours, qu'ils soient de gauche ou de droite, même un Tarzan de la politique ne pourrait toucher son audience au-delà de quelques centaines de mètres. Car les ondes sonores (parole, musique, bruits), succession de compression et de dépressions du milieu ambiant, sont très vite amorties.

Pour transmettre le son sur de grandes distances, à l'échelle d'un quartier, d'un pays ou de toute la Terre, on utilise un émetteur. Le son y est converti en signal électrique alternatif, grâce à un microphone, par exemple. Mais ce signal ne peut pas s'envoler dans les airs puisqu'il lui faut un conducteur, le fil électrique. Mais, justement, en parcourant ce fil conducteur, le signal électrique engendre une onde électromagnétique (?), capable, elle, de voyager dans l'espace (on dit que le fil fait antenne). En radio, les ondes électromagnétiques

Il existe trois principales manières d'inscrire le son sur la porteuse, ou trois modes de modulation :

- La modulation d'amplitude (AM en anglais), qui consiste à utiliser les vibrations du son que l'on veut transmettre pour faire varier l'intensité de l'onde qui va servir de porteuse. Rappelons ici que tout mouvement ondulatoire est caractérisé par une amplitude et une fréquence. Dans le cas de vagues à la surface d'un étang, par exemple, l'amplitude sera la hauteur entre la position de repos (sans vagues) et la crête ou le creux d'une vague. La fréquence, elle, se mesurera au nombre de vagues par unité de temps. Dans le cas du son, l'amplitude caractérise le volume du son (faible ou fort), et la fréquence détermine un son grave (le Do le plus grave d'un piano fait 32 Hz, soit 32 vibrations/seconde) ou aigu (le plus haut Do d'un violon fait 2 000 Hz).
- La modulation de fréquence (FM en anglais) où l'on fait varier la fréquence de l'onde porteuse (et non son intensité) en fonction des vibrations du



ne sont utilisables qu'à partir de 50 000 Hz. Le signal son — et donc l'onde électromagnétique qu'il engendre — étant de fréquence trop basse (20 à 20 000 Hz), on résout ce problème en l'inscrivant sur un signal de haute fréquence, de sorte que l'onde électromagnétique (onde correspondant au son + onde "porteuse") émise par l'antenne soit radiodiffusable. La fréquence de l'onde porteuse sera la fréquence nominale de la station qui l'émet.

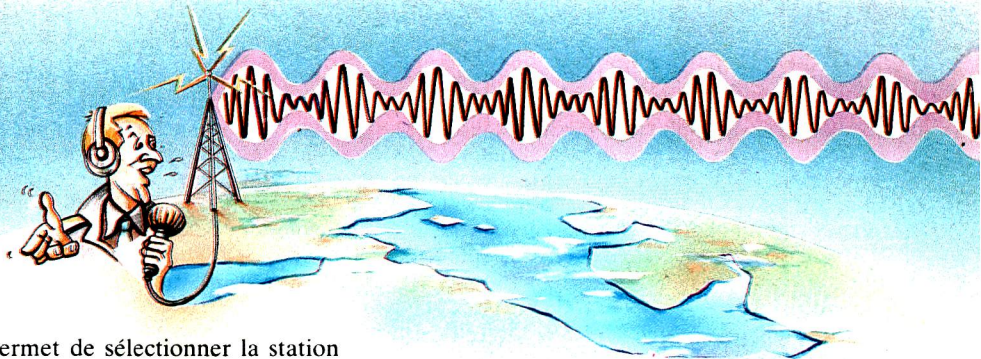
(2) Les ondes électromagnétiques (radio, lumière, rayons X) sont des champs électriques et magnétiques qui se propagent à la vitesse de la lumière. Comme toute onde, leur énergie est proportionnelle à leur fréquence.

son à émettre.

- Un troisième mode, dérivé de la modulation d'amplitude et très utilisé en ondes courtes, est appelé BLU. Nous en parlerons plus loin.

Pour capter et écouter le son ainsi émis, il faut un récepteur ; votre poste de radio en est un. Son antenne, telle le filet d'un pêcheur, intercepte sans distinction les ondes provenant de milliers de stations, chacune ayant sa fréquence propre, et les retransforme et signaux électriques. Très affaiblis à leur arrivée, ces signaux sont renforcés par un amplificateur pour qu'ils puissent ensuite être traités par le circuit d'accord. Ce dernier est commandé (souvent) par le bouton de recherche

... Il faut inscrire
le message sonore
sur une onde
"porteuse".



des stations qui permet de sélectionner la station que l'on veut écouter.

Mais un seul circuit d'accord ne suffit pas : sa sélectivité n'est pas assez "pointue" pour bien séparer des stations émettant sur des fréquences très voisines. Pour obtenir une sélectivité adéquate, il faudrait connecter plusieurs circuits d'accord. Sans entrer dans des détails qui n'ont pas leur place ici, disons qu'il est très compliqué de faire varier simultanément tous ces circuits lorsqu'on change de station. La solution adoptée dans la plupart des postes consiste à transformer la fréquence de chaque station reçue (F_s), quelle que soit, en une seule et même fréquence, dite fréquence intermédiaire (F_i), sur laquelle sont réglés une fois pour toutes, à la fabrication, les divers éléments de l'appareil. Cela permet, de surcroît, d'ajouter toute une série de filtres et d'autres circuits qui permettent une réception et un confort d'écoute de grande qualité. Mais revenons à la sélection.

Ainsi, lorsqu'on arrête le bouton de recherche des stations sur une fréquence F_s , l'oscillateur du poste (appelé oscillateur local) produira une autre fréquence, F_o . L'oscillateur est conçu de telle manière que la différence entre F_s et F_o égale toujours F_i , la fréquence de "travail" du poste. Par exemple, si F_i est de 0,5 MHz (0,5 mégahertz) et que l'on arrête le bouton sélecteur sur la station émettant sur 10 MHz, l'oscillateur local produira une fréquence de 9,5 MHz.

Ce mixage de la fréquence reçue et de la fréquence produite par l'oscillateur est le travail d'un circuit mélangeur. C'est grâce à lui que s'exprime une des propriétés de la mécanique ondulatoire, le battement : deux signaux alternatifs (deux ondes) mélangés produisent deux nouveaux signaux dont la fréquence est respectivement la somme et la différence des fréquences mélangées. Dans notre précédent exemple, on avait en fait $10 \text{ MHz} - 9,5 \text{ MHz} = 0,5 \text{ MHz}$, mais aussi $10 \text{ MHz} + 9,5 \text{ MHz} = 19,5 \text{ MHz}$. Cette dernière fréquence est bien entendu ignorée par le poste, puisque sa F_i est de 0,5 MHz.

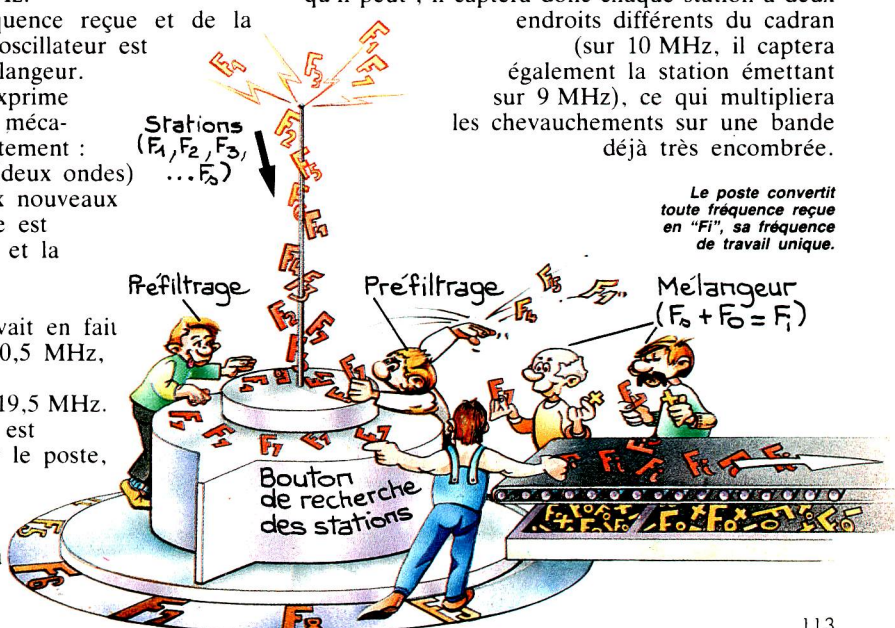
Cependant, la F_i doit être filtrée à sa sortie du mélangeur, car elle n'est

quand même pas tout à fait pure : sans filtrage, on entendrait, en plus de la station désirée, les stations émettant sur des fréquences proches.

Une des caractéristiques des récepteurs ondes courtes concerne justement cette fréquence intermédiaire F_i . Nous avons vu qu'en captant la station émettant sur 10 MHz, l'oscillateur local produisait une fréquence de 9,5 MHz pour que la différence fasse 0,5 MHz (F_i). Mais l'oscillateur n'étant pas devin, il produira une même fréquence de 9,5 MHz pour un émetteur sur 9 MHz, puisque $9,5 - 9 = 0,5$ également. On aura ainsi, pour chaque position du bouton de recherche, deux stations captées, la deuxième étant une station "fantôme" dont la fréquence est inférieure de deux valeurs de F_i à la station désirée. Tant qu'on écoute les petites ou les grandes ondes (PO ou GO), cet écart entre station désirée et station fantôme est relativement suffisant (par rapport à la largeur de chacune de ces bandes), et les filtrages préalables (après l'antenne du poste) éliminent l'indésirable. Et même dans le cas contraire, le problème passe inaperçu, car les auditeurs ont souvent l'habitude d'écouter une ou deux stations (généralement les mieux reçues) à l'exclusion des autres. En ondes courtes, par contre, l'auditeur est un mordu d'écoute qui cherche à capter tout ce qu'il peut ; il captera donc chaque station à deux

endroits différents du cadran (sur 10 MHz, il captera également la station émettant sur 9 MHz), ce qui multipliera les chevauchements sur une bande déjà très encombrée.

Le poste convertit toute fréquence reçue en " F_i ", sa fréquence de travail unique.

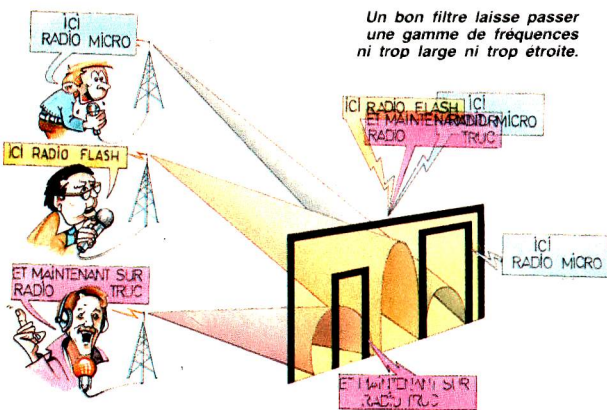


Ce défaut est présent dans tous les récepteurs à bas prix. Il peut être réduit en utilisant un certain préfiltrage (avant le mélangeur). Mais là se repose le problème d'avoir à faire varier plusieurs circuits simultanément lors de la recherche de station (cette fois c'est le circuit de filtrage préalable qui doit varier simultanément avec l'oscillateur local). C'est la solution adoptée sur certains récepteur de qualité.

Une autre méthode pour réduire ce défaut consiste à changer une fois de plus la fréquence du signal. Comme nous l'avons vu, la fréquence de la station "fantôme" se situe à un écart du signal désiré (la station choisie) égal à deux fois la Fi. Alors, en utilisant une première Fi relativement élevée (par exemple, 3 MHz), la fréquence de réception fantôme ($10 \text{ MHz} - 2 \times 3 \text{ MHz} = 4 \text{ MHz}$) se trouve suffisamment loin de la fréquence désirée (10 MHz) pour que même un préfiltrage très rudimentaire suffise pour les séparer.

En électro-acoustique, un filtre est un circuit (bobines, quartz ou filtre à ultrasons) conçu pour laisser passer certaines fréquences et absorber les autres (en transformant leur énergie en chaleur, par exemple). Un bon filtre est celui dont la bande passante (la gamme des fréquences qu'il laisse passer) est ni trop étroite, ce qui produirait une distorsion par amputation du signal, ni trop large,

Un bon filtre laisse passer une gamme de fréquences ni trop large ni trop étroite.



ce qui laisserait passer des stations voisines.

En plus des filtres, les circuits de traitement de la Fi comportent aussi des amplificateurs pour renforcer le signal reçu à l'antenne, qui, comme nous l'avons vu, arrive très affaibli, mais aussi pour compenser la perte d'énergie au cours du traitement, dans les filtrages notamment.

En bout de chaîne de traitement, nous voilà donc avec un signal électrique de fréquence Fi, qui contient, rappelons-le, et le signal du sonore et sa porteuse.

Le signal Fi passe ensuite dans un circuit de détection, dont le rôle est d'extraire le message sonore (basse fréquence) de sa porteuse (haute fréquence). A la sortie du détecteur, le signal basse fréquence doit être de nouveau amplifié avant de passer enfin sur le haut-parleur, qui le traduira en son.

Les récepteurs de trafic proposés dans le commerce captent toutes les gammes d'ondes, mais leurs performances (sensibilité et sélectivité) ne sont vraiment mises en valeur que dans les bandes d'ondes courtes, car ces gammes de fréquences, sur lesquelles on peut capter toutes sortes d'émetteurs éloignés, exotiques, etc., sont extrêmement chargées (*) et leurs signaux nous parviennent souvent très affaiblis.

De plus, chaque station n'occupe pas que sa fréquence bien précise, mais le signal s'étale un peu de chaque côté de la fréquence de la porteuse, comme conséquence du phénomène de battement déjà exposé, inhérent à l'émission en modulation d'amplitude. Ainsi, un signal basse fréquence de 20 à 20 000 Hz (le son) mélangé avec une porteuse de 10 MHz (10 000 000 Hz), par exemple, donne une première série de battements de 9,98 à 9,99998 MHz (de 10 MHz moins 20 Hz jusqu'à 10 MHz moins 20 000 Hz), appelée bande latérale inférieure (à gauche de l'aiguille sur le dessin ci-contre à droite), et une deuxième série de 10,00002 à 10,02 MHz (de 10 MHz plus 20 Hz à 10 MHz plus 20 000 Hz), appelée bande latérale supérieure (à droite de l'aiguille).

Ces deux bandes latérales, présentes à l'émission de part et d'autre de la porteuse, prennent énormément de place dans l'espace hertzien et limitent le nombre des stations qui pourraient émettre côte à côte sur la même bande de fréquences. Afin de réduire quelque peu l'encombrement de l'espace hertzien, un accord international limite la BF des stations d'émission radio (sauf en FM) à 4 500 Hz (*), au lieu des 20 000 Hz nécessaires pour un signal hi-fi, ce qui permet quatre fois plus de stations sur la bande (*). C'est aussi la raison pour laquelle l'ampli BF dans un récepteur de trafic est beaucoup moins complexe qu'un ampli hi-fi, car en ondes courtes la priorité est de communiquer à travers les plus grandes distances plutôt que la qualité musicale : la dynamique et la bande passante de tout signal ondes courtes ne pourront satisfaire un fana de la hi-fi. Pour la même raison il est totalement inutile d'inclure des correcteurs de tonalité graphiques ou physiologiques sur un récepteur aux ondes courtes où la bande passante de la BF est limitée à 4 500 Hz, bien que de tels circuits soient très utiles dans la chaîne hi-fi.

La bande latérale unique est un autre moyen,

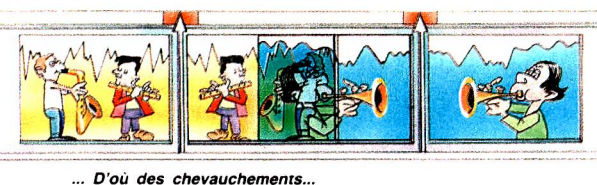
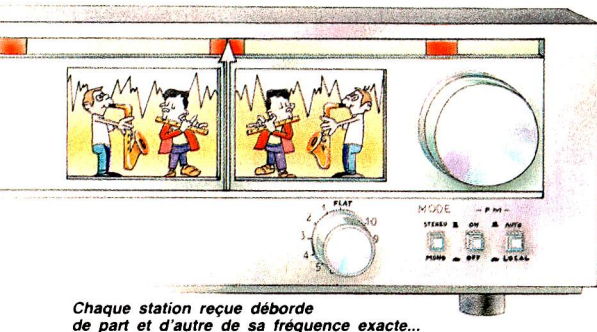
(3) Les PO et GO sont elles aussi encombrées, surtout la nuit, mais ce sont des bandes très étroites et donc le nombre total des stations qui y émettent est nettement inférieur à celles qui se trouvent sur les OC. Ainsi, à Paris par exemple, sur les PO on capte les émetteurs de la grande région parisienne (France-Culture, FIP, etc.), plus ceux des pays voisins, mais de nuit ; sur les GO, on reçoit surtout les stations d'Europe occidentale (RTL, Europe 1, BBC, RMC, etc.).

(4) Les fréquences au-delà de 4 500 Hz contribuent à la richesse du son et intéressent surtout la musique ; leur suppression n'a pas d'incidence sur l'intelligibilité du message.

(5) C'est un peu comme si l'on décidait de produire des voitures moins larges pour pouvoir multiplier les voies sur les autoroutes et permettre ainsi à un nombre plus important de véhicules de circuler.

largement utilisé en ondes courtes, de réduire l'encombrement des stations.

● Nous avons vu que les bandes latérales de part et d'autre de la porteuse contiennent chacune le message sonore complet (il suffit de soustraire à nouveau les 10 MHz de la porteuse) : donc la



suppression d'une des deux réduit de moitié l'espace qu'occupe une station, et dans l'espace hertzien et sur le cadran du poste, sans nuire à son intelligibilité.

● Puisque la bande latérale, qui contient l'information sonore complète, est constituée de hautes fréquences, elle peut donc être diffusée sur de longues distances, d'où la possibilité de ne plus avoir besoin de porteuse à l'émission. Résultat : en bande latérale unique, pour une même puissance d'émetteur, on économise les trois quarts de l'énergie nécessaire à la diffusion en mode AM (la porteuse consomme la moitié de l'énergie et les deux bandes latérales l'autre moitié).

A l'émission en BLU, il y a bien une porteuse qui est générée, mais elle est de faible puissance car son rôle n'est pas de diffuser, mais seulement de produire les bandes latérales, dont une seule sera diffusée à l'antenne. A la réception, il reste au poste à restituer la porteuse manquante. Cela se fait dans le détecteur, au moyen d'un oscillateur particulier appelé BFO (Beat Frequency Oscillator), qui recrée la porteuse à partir de la bande latérale reçue.

La plupart des radio-amateurs, de nombreuses stations utilitaires et quelques rares stations de radio, émettent en bande latérale unique (BLU, ou SSB en anglais pour Single Side-Band). Mais si

la BLU est si avantageuse, pourquoi tous les émetteurs n'utilisent-ils pas ce système ? On y songe, mais le problème est du côté de la réception : il faut des récepteurs spéciaux, plus délicats à manier, plus chers. Une solution intermédiaire est adoptée par certaines stations de radiodiffusion, comme la *Deutsche Welle* (RFA), qui ont réalisé des émissions expérimentales avec une seule bande latérale et une porteuse réduite de moitié, émissions que l'on capte sans problème sur un poste normal (AM).

En plus d'une économie d'espace hertzien, la BLU permet d'utiliser un filtrage deux fois plus serré (à bande passante plus étroite) dans la Fi du récepteur, sans perdre de la qualité sonore. Ce filtrage supplémentaire limite encore plus les parasites produits par des stations adjacentes et réduit le bruit de fond présent sur toute la bande, tout simplement parce que le récepteur capte une tranche de la bande deux fois plus mince. Cela signifie que, même dans une zone brouillée, la qualité de réception aura toutes les chances d'être meilleure en BLU qu'en AM.

Mais certains des avantages de la réception BLU peuvent aussi être appliqués à une émission en AM si l'on dispose d'un récepteur adéquat. En commutant son récepteur ondes courtes sur BLU (BFO en marche, détecteur de produit, filtrage Fi très serré) et en le décalant très légèrement de la station visée, d'un côté ou de l'autre, le filtre très serré de la Fi ne laisse passer qu'une des deux bandes latérales de l'émission. On choisira, bien entendu, celle qui est la moins perturbée par les parasites et le brouillage des autres stations. Nous avons converti le signal reçu en BLU. Cependant, le réglage de la BFO et le décalage du poste de la station sont extrêmement délicats, il faut y aller avec des doigts de fée pour bien capter la station désirée. De plus, on a maintenant le choix entre l'une ou l'autre des deux bandes latérales. Cette technique qui s'appelle ECSS (Exalted Carrier Selectable Side-Band, sélection de bande latérale avec porteuse surajoutée), produit une amélioration très nette des signaux faibles. Son ultime raffinement consiste à asservir la fréquence de la BFO à celle de la porteuse reçue, ce qui facilite énormément le réglage du décalage déjà mentionné. Cette technique de pointe, dénommée PLL ECSS, n'est appliquée à l'heure actuelle que dans deux appareils : un récepteur danois à douze fréquences fixes au choix, compact et bon marché, l'Eskra RX 12 PL (voir page 108) et le détecteur accessoire SE 3, vendu par Sherwood Engineering aux Etats-Unis, qui doit être branché sur un récepteur de très haute qualité (le SE 3 coûte déjà à lui seul le prix d'un petit récepteur...).

L'avènement des synthétiseurs de fréquence à commande digitale a apporté un autre perfectionnement aux récepteurs ondes courtes. Désormais on n'a plus besoin des ensembles de roues dentées et de câbles pour obtenir une démultiplication suffisante du bouton d'accord et une lecture précise de la fréquence sur le cadran : la sélection des fréquences se fait en appuyant sur des touches, et l'affichage se fait au moyen de cristaux liquides ou

LES BONNES ADRESSES

LE MATÉRIEL. Les récepteurs des marques grand public se trouvent partout. Cependant, il se peut que vous ayez quelques difficultés à vous procurer tel type particulier d'appareil. Un coup de fil à l'importateur peut alors vous aider. Le matériel genre radio-amateur, lui, est diffusé de façon nettement plus restreinte. Vous devrez peut-être commander votre récepteur par correspondance. Certains des importateurs que nous mentionnons ci-dessous vendent aussi des récepteurs et des accessoires d'autres marques que celles qu'ils représentent. Quant au matériel professionnel, à supposer que votre bourse vous donne les moyens d'y accéder, il n'est bien sûr pas vendu en magasin, les entreprises concernées traitant habituellement avec des administrations.

Panasonic. National Panasonic France, 13 rue des Frères-Lumière, 93151 Le Blanc-Mesnil Cedex, tél. (1) 865 44 66.

Philips : 50 avenue Montaigne, 75380 Paris Cedex 08, tél. (1) 256 88 00.

Sony : 19 rue Madame de Sanzillon, 92110 Clichy, tél. (1) 739 32 06.

Grundig : 107 avenue Georges-Clémenceau, 92005 Nanterre Cedex, tél. (1) 725.96.30.

Eska : Amcom, 6 rue des Mares, ZI, 85270 Saint-Hilaire-de-Riez, tél. (51) 55 85 06. Pour l'instant, cette société n'importe pas le modèle que nous décrivons ici. Voici l'adresse de la société mère : Eska Elektronik, Mollestraede 5, DK 3400 Hillerød, Danemark.

Kenwood : Vareduc-Comimex, 2 rue Joseph-Rivière, 92400 Courbevoie, tél. (1) 333 66 38.

Yaesu : GES, 68 avenue Ledru-Rollin, 75012 Paris, tél. (1) 345 25 92. Les récepteurs Yaesu sont aussi vendus sous la marque Sommerkamp, un importateur suisse qui réexporte en France. Le matériel est rigoureusement le même.

Icom : Sonade, 120 route de Revel, 31400 Toulouse, tél. (61) 20 31 49.

Japan Radio : GES (voir Yaesu).

Drake : SERCI, 11 boulevard Saint-Martin, 75003 Paris, tél. (1) 887 72 02.

Racal : Racal-Dana, 18 avenue Dutartre, 78150 Le Chesnay, tél. (3) 955 88 88.

Quelques autres constructeurs connus de matériel professionnel : Thomson (66 rue du Fossé-Blanc, BP 156, 92231 Gennevilliers), Rockwell-Collins (6 avenue Didier-Daurat, 31700 Blagnac), McKay (SEURI, 36 avenue Foch, 75008 Paris), Eddystone (Alve, Church road, Birmingham B31 3PP, Royaume-Uni).

LES ASSOCIATIONS. D'un côté, les associations d'écouteurs, peu développées, avec des moyens réduits, de l'autre côté, les associations de radio-amateurs, qui s'intéressent peu à l'écoute.

Club Amitié Radio (écouteurs). Dix ans d'âge, un millier d'adhérents. Edite tous les deux mois son bulletin "A l'écoute du monde" (articles techniques traduits de l'étranger, listes de contacts faits par les membres, reportages sur des stations...), publie tous les mois la liste des émissions en français dans le monde, et réalise une émission sur l'écoute sur HCJB (Equateur). A

l'écoute du monde, BP 56, 94002 Créteil, tél. (1) 339 38 41 (de 18 h à 20 h).

Radio DX club de France (écouteurs). Trois ans d'âge, 900 adhérents. Edite "A vos postes", bulletin mensuel (technique, stations entendues...) et réalise une émission sur Radio-Portugal chaque deuxième vendredi du mois. 23 rue Michelet, 93500 Pantin, tél. (1) 843 96 19.

La France Ecoute le Monde (écouteurs). 136 avenue du Président-Pompidou, 92 Rueil-Malmaison.

REF (amateurs). La vénérable association des radio-amateurs français. Jadis la seule revue mensuelle : "Radio-REF". 2 square Trudaine, 75009 Paris, tél. (1) 878 14 49.

URC (amateurs). Née d'une scission du REF. Revue mensuelle : "Ondes courtes informations". 71 rue Orfila, 75020 Paris, tél. (1) 366 41 20.

LES REVUES. Entre les bulletins des associations d'écouteurs (trop maigres) et les revues des associations de radio-amateurs (trop techniques et pas du tout vulgarisatrices), il n'existe en France aucune publication solide spécialisée dans l'écoute des ondes courtes. Voici cependant quelques titres que l'on consultera avec profit.

Mégahertz : le seul mensuel consacré au radio-amateurisme qui soit vendu en kiosque. Encore brouillon mais dynamique. 20 F.

Weltweit Hören : mensuel de l'ADDX, l'une des deux grandes associations d'écouteurs allemandes. Sérieux, bons bancs d'essai de récepteurs. Bonner Strasse 328, 5 000 Köln 51, RFA.

Radio and Electronics World : ce mensuel anglais d'électronique publiée à l'occasion d'excellents articles techniques sur la réception. Niveau soutenu mais bonne vulgarisation. 117a High Street, Brentwood, Essex, CM14 4SG, Royaume-Uni.

LA DOCUMENTATION. Les derniers livres écrits sur la pratique et la technique de l'écoute des ondes courtes datent de Mathusalem. Ils sont presque inutilisables. Le néophyte devra grappiller des informations ici et là.

Le World Radio and Television Handbook (WRTH) : la bible. Les fréquences, heures, puissances, langues, indicatifs, adresses... de toutes les stations de radio et de télévision du monde. Irremplaçable pour les articles techniques et les bancs d'essai de récepteurs. Chaque année un peu plus cher. Pour le contenu, c'est donné... ETSF, 2 rue de Bellevue, 75940 Paris Cedex 19.

Radio Nederland : la très bonne radio hollandaise édite gratuitement à l'intention de ses auditeurs une série de feuillets utiles : conseils techniques sur les antennes, listes d'ouvrages sur la radio publiés dans le monde... Demandez le "Listener Services Catalogue" (en anglais). Radio Nederland, P.Q. Box 222, 1200 JG Hilversum, Pays-Bas.

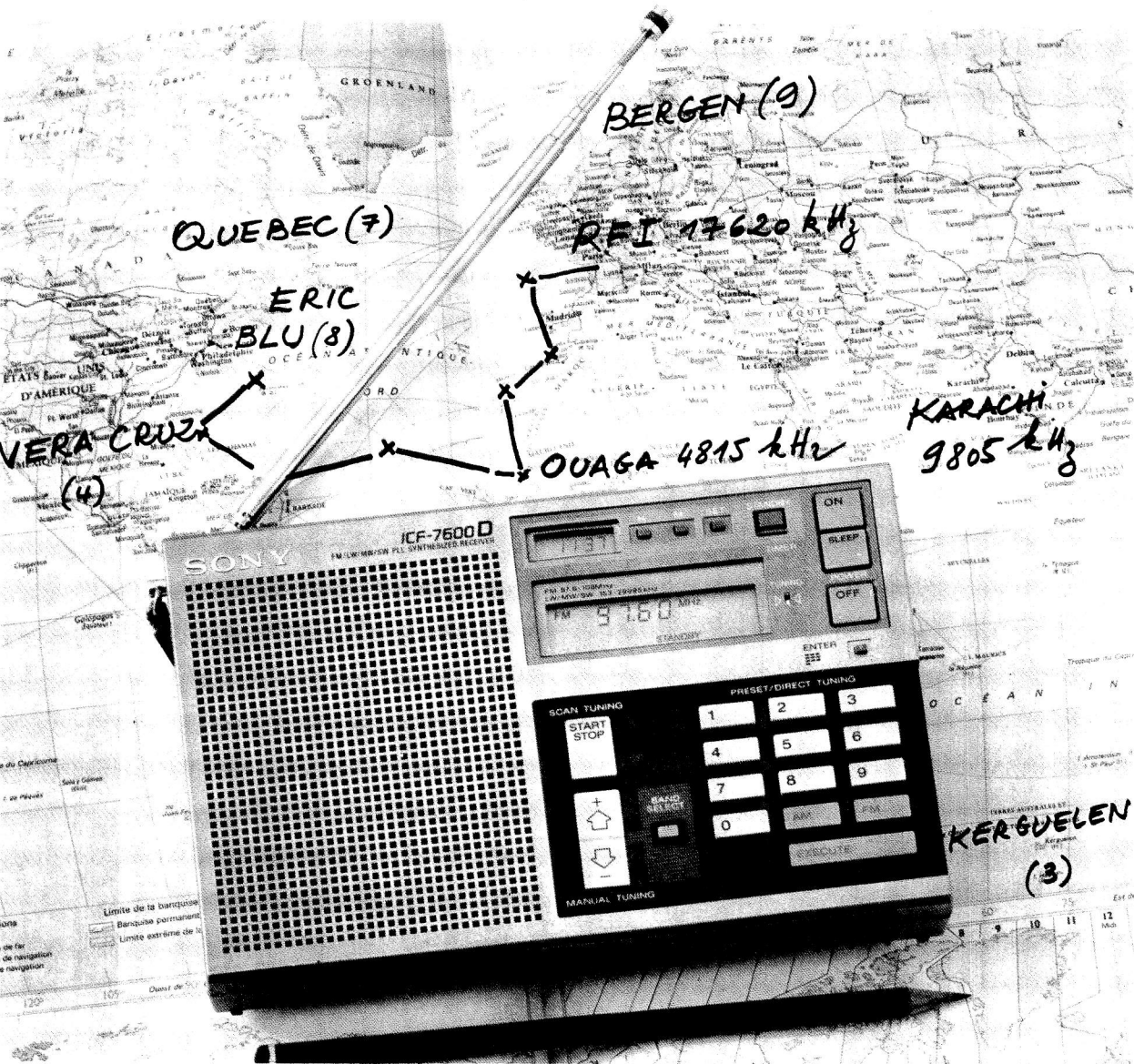
Radio-France internationale : plus près de nous, la voix de la France (bientôt audible dans la région parisienne en FM) publie aussi des feuillets techniques destinés aux auditeurs. RFI, "Le courrier technique", BP 9516, 75016 Paris.

de diodes électroluminescentes, comme sur une calculatrice.

Souvent, ces synthétiseurs sont désignés par l'abréviation PLL (déjà citée, qui signifie Phase Locked Loop, boucle à verrouillage de phase), mais le PLL n'est que l'un des organes d'un synthétiseur. L'essentiel à retenir est que ce dispositif (qui équipe la quasi-totalité des récepteurs de

trafic et une bonne partie des récepteurs grand public) utilise un ou plusieurs oscillateurs fixes de référence, très stables, pour synthétiser une série de fréquences qui s'étale sur toute l'étendue de la gamme à couvrir. Quand on tourne le bouton d'accord, on saute, en réalité, d'une fréquence à l'autre. Simplement, comme ces fréquences sont extrêmement proches, on obtient l'illusion d'un

(suite du texte p. 155)



ICF-7600 D de Sony : l'aventure commence à l'écoute du monde

FINIE la notion de gamme d'onde : avec le récepteur mondial ICF-7600 D, vous passez de la FM aux ondes courtes, (de 1615 à 29695 kHz) selon la fréquence désirée, y compris en BLU. Pour savoir ce qui se passe à Ouagadougou, écouter une samba à Rio, ou prendre l'air de Paris, par R.F.I., où que vous soyez. Pourtant, l'ICF ne pèse que 600 grammes... piles comprises.

Grâce à son automatisme complet, il vous suffit d'afficher une

fréquence sur le clavier et... d'écouter. Mais vous pouvez aussi entrer en mémoire dix stations préréglées à votre choix et les rappeler instantanément ; effectuer la recherche d'une station, pas à pas, ou en laissant l'ICF balayer les fréquences, avec un temps d'arrêt à chaque poste.

La musicalité de l'ICF-7600 D vous permet de profiter d'une musique lointaine, ou, avec la touche « Music/News », d'adapter la réception à des nouvelles venues

des antipodes. Son horloge incorporée peut vous réveiller à l'heure choisie, sur la fréquence désirée.

Pour les marins ou les aviateurs, l'ICF-7600 D est aussi un outil de navigation, qui « trouve » instantanément la fréquence de n'importe quel radio-phare ; il peut alors être couplé à une gonio.

Au-delà des performances, la simplicité et le prix très accessible de l'ICF-7600 D en font tout simplement un merveilleux compagnon de voyage.

FINIES LES PHOTOS IMPOSSIBLES !

De 4 à 8 fois plus sensible que l'Ektachrome 400, le plus sensible des films Kodak, et de 2 à 3 fois plus que le 3M Color 1000, jusqu'ici la plus sensible des émulsions pour diapositives : telle est la caractéristique de l'Ektachrome P 800/1600 que la firme américaine lance ce mois-ci. Mais cette haute sensibilité n'est pas la qualité la plus remarquable de cette émulsion, comme le montre notre banc d'essai.

► Elle est bien révolue l'époque où l'on pensait que la photo en couleurs avait atteint les limites de ses possibilités parce qu'on ne pouvait pas augmenter la sensibilité des films sans augmenter en même temps sa granulation. En 1982, des chercheurs de l'industrie photochimique réussissaient en effet le tour de force technologique de modeler à leur gré les micro-cristaux de sels d'argent pour qu'ils soient plus sensibles tout en étant moins gros (voir *Science & Vie* n° 783, page 119). Ils ouvraient ainsi la porte à une amélioration des performances des films dont il est encore difficile de mesurer la portée.

Aujourd'hui, les photographes vont cueillir les premiers fruits de cette innovation avec l'arrivée de pellicules 35 mm de très haute sensibilité qui vont leur permettre de faire des images en couleurs jusqu'ici impossibles à réaliser. Ainsi, la photographie au clair de lune ne demandera-t-elle plus qu'une pose du quart ou de la demi-seconde malgré une lumière 500 000 fois plus faible qu'en plein soleil ! La lune elle-même peut être maintenant photographiée au 1/1000 s dès lors qu'on possède par exemple un téléobjectif de 300 mm ouvrant à 2,8 ou à 3.5. Les possesseurs d'appareils Nikon donnant le 1/4000 s (une exclusivité de la marque) vont pouvoir afficher couramment cette vitesse pour saisir au télé-objectif par exemple le vol d'une demoiselle au-dessus d'un étang. En photo sous-marine, le 1/1000 s devient utilisable par 30 m de fond en eau claire. Les chasseurs photographes vont avoir la tâche simplifiée tant pour fixer le vol des oiseaux au 400 mm que pour photographier le brame du cerf dans les brumes matinales puisque des temps d'obturation de 1/500 à 1/4 000 s pourront être courants avec de tels

sujets. En photo sportive, l'intérêt de ces vitesses n'est pas à démontrer et les photographes pourront les utiliser même par mauvais temps. Dans la rue, la nuit, le 1/250 s sera tout aussi habituel qu'il l'est aujourd'hui en plein soleil.

Tout cela sera possible dès ce mois-ci avec le film Ektachrome P 800/1600 que lance Kodak avec une sensibilité nominale de 800/30" ou 1600/33 "ISO, mais qui pourra aussi être poussée à 3200/36 "ISO. La firme japonaise Fuji avait annoncé pour la même époque un film Fujichrome 1600. En fait il s'agissait surtout de ne pas être en reste vis à vis de Kodak, car ce Fujichrome ne sera pas disponible avant plusieurs mois.

Les performances d'une pellicule pouvant être exposée à 3200/36 "ISO feront peut-être sourire certains photographes professionnels qui utilisaient déjà des films comme l'Ektachrome 400, le Fujichrome 400 ou le 3M Color 1000 à une telle sensibilité en modifiant le traitement en laboratoire. Pourtant, le progrès est important car la qualité des images obtenues avec le nouvel Ektachrome n'a plus rien de comparable à tout ce qui pouvait se faire jusqu'ici.

Nous en avons fait l'essai. Mais avant d'en donner les résultats, quelques précisions sur l'émulsion sont nécessaires. L'Ektachrome P 800/1600 est conditionné en chargeurs de 36 vues. L'utilisateur choisit lui-même la sensibilité de prise de vue entre 400/27" et 3200/36 "ISO. Sur chaque cartouche sont imprimées 4 cases respectivement marquées : 400, 800, 1600, 3200. Avant d'envoyer son film à développer, le photographe doit cocher la case correspondant à la sensibilité choisie. L'Ektachrome P 800/1600 est un film professionnel. Il doit être conservé à une température égale



Cette photo a été prise avec l'Ektachrome 800/1600 en utilisant la sensibilité de 3 200/36 °ISO, qui a permis de figer le mouvement des danseurs. La lumière du crépuscule sous les arbres de ce théâtre de verdure était relativement douce. Mais le développement poussé à 14 minutes (au lieu de 6 minutes normalement) a nettement accusé le contraste ombres/lumières. Malgré ce traitement de choc, les couleurs et la saturation des ombres sont restées normales, ce qui est remarquable et impossible avec tout autre film. Quant au grain, il est encore modéré, comparable à celui que donnerait un film classique de 400/27° poussé à 800/30 °ISO.

ou inférieure à 13 °C. Le traitement du film exposé devra être fait aussi rapidement que possible. Comme tous les Ektachrome, le nouveau film se traite dans les bains E-6. Selon la sensibilité adoptée, la durée dans le premier révélateur est augmentée et les temps de traitement sont les suivants : 6 minutes pour 400/27 °ISO ; 8 à 9 minutes pour 800/30 °ISO ; 10 à 13 minutes pour 1600/33 °ISO ; 12 à 15 minutes pour 3200/36 °ISO.

Ces données montrent que l'Ektachrome P 800/1600 est en fait un film de 400/27 °ISO, puisque le passage de 6 minutes dans le premier révélateur est la durée normale pour tous les Ektachrome traités à leur indice nominal. La différence entre ce film et les autres réside dans le fait qu'il a été modifié à la fabrication et adapté à un traitement poussé. Il ne faudrait donc l'utiliser pour 400/27 °ISO que si l'on ne peut faire autrement.

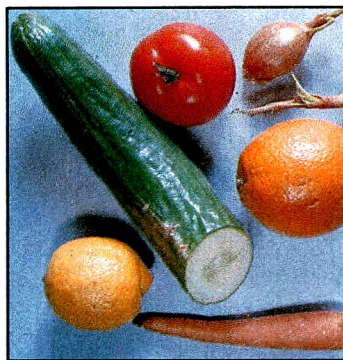
Quant aux résultats, les meilleurs sont en principe obtenus à 800/30 °ISO ou 1600/33 °ISO. Contrairement à ce qui est la règle pour tous les films couleurs, les durées de passage dans le premier révélateur ne sont pas mentionnées de façon précise et impérative. Cela tient au fait que chaque laboratoire devra déterminer, à l'aide de sensito-graphes de contrôle, la durée exacte du traite-

ment en fonction du matériel utilisé.

L'amateur qui voudra développer ses films lui-même obtiendra des résultats satisfaisants en ne retenant que les temps de développement les plus élevés parmi ceux mentionnés plus haut.

Nous avons essayé une douzaine de films avec des sujets comportant toutes les couleurs et une charte de gris, en adoptant toutes les sensibilités préconisées par le fabricant de 400/27° à 3200/36 °ISO (voir page suivante).

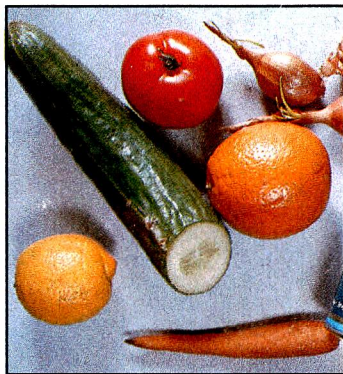
La reproduction des couleurs et du contraste est très bonne, y compris à 3200/36 °ISO. Les rouges et les bleus sont particulièrement bien rendus, ce qui paraît d'ailleurs être une des caractéristiques de cette émulsion, quelle que soit la sensibilité choisie. La plupart des couleurs sont bien saturées, même lors de prises de vues sous des éclairages très faibles et sans contraste comme c'est le cas par temps de pluie. Il n'y a aucun point commun entre ce que l'on obtient avec cette émulsion et ce que peut donner l'Ektachrome 400 qui, s'il supporte un traitement poussé destiné à lui faire gagner un diaphragme, ne peut donner que des photos décevantes au-delà de 1000/31 °ISO : couleurs désaturées, dominantes sur l'ensemble de l'image, noirs franchement magenta ou brun-vert.



Essai à la sensibilité de 400/27° ISO.



Essai à la sensibilité de 800/30° ISO.



Essai à la sensibilité de 1 600/33° ISO.



Essai à la sensibilité de 3 200/36° ISO.

À sa sensibilité nominale, c'est-à-dire 400/27° ISO, l'Ektachrome P 800/1600 se comporte bien, quoique Kodak mentionne sur sa notice d'emploi, qu'il peut y avoir une baisse de qualité à cet indice d'exposition.

Il est difficile de trouver une différence dans le rendu des couleurs et des contrastes sur des diapo-

sitives faites à 800/30° et 1600/33° ISO. Seule une très légère différence de dominante peut apparaître dans les gris neutres. Cette dominante ne dépasse d'ailleurs jamais la valeur de quelques points de bleu ou de magenta. Elle est donc pratiquement sans effet sur le rendu des couleurs. Kodak préconise l'emploi d'un filtre CC 10 Y (jaune) pour éliminer la légère dominante bleue qui apparaît sur le film exposé à 400/27° ISO. Ce filtre jaune peut être aussi utile pour réchauffer l'ambiance un peu froide des photos prises par ciel très couvert à 3200/36° ISO.

Comme la dominante peut varier en intensité et en coloration en fonction de l'état des différentes solutions de traitement et des conditions de travail, il est recommandé de n'utiliser que des bains n'ayant pas dépassé les limites d'utilisation et de conservation et de respecter les temps et températures de traitement.

La granulation apparente du film est relativement faible quelle que soit la sensibilité d'utilisation. Elle est comparable à celle du film Ektachrome 400. Ce qui est remarquable.

Lorsqu'il est utilisé à 3200/36° ISO, l'Ektachrome P 800/1600 a une latitude d'exposition très faible, de moins d'un demi-diaphragme. Autant dire qu'il faut poser juste. Aussi, et ce sera là notre conclusion, chaque fois que la lumière le permet, il est préférable d'opérer à 1600/33° ISO. Dans tous les autres cas, il n'y a pas d'inconvénient à choisir l'indice de 3200/36°.

Alex KOVALEFF ■

LES POSSIBILITÉS DE L'EKTACHROME P 800/1 600 UTILISÉ À 3 200/36° ISO

SUJETS	VITESSE D'OBTURATION (seconde)	DIAPHRAGME
Photo sportive ; chasse photographique par soleil, l'été ; vol d'insectes peu rapides	1/4 000	8 à 16 selon que le sujet est clair ou sombre, éclairé de face ou latéralement
Avant le lever du soleil ou après son coucher	1/250	5,6 à 11 selon les sujets
Photo sous-marine à 25-30 m, en eau claire, par beau temps	1/1 000	5,6 (sans filtre)
Paysage par clair de lune (pleine lune)	1/2	1,4
La lune (au télé-objectif de 300 mm)	1/1 000	2,8
La nuit : avenue bien éclairée, attractions de fête foraine	1/250	2,8 à 5,6 selon la lumière
Monument éclairé, spectacle son et lumière	1/60	2 à 5,6 selon l'éclairage et la couleur de la lumière

Grâce à une nouvelle et surprenante méthode **Vous pouvez acquérir** **UNE MÉMOIRE EXTRAORDINAIRE**

Une histoire.

Beaucoup d'entre nous sont handicapés par une mémoire trop capricieuse.

Ce fut le cas de J. Abeel. Dans sa jeunesse, il ne parvenait pas, malgré tous ses efforts, à retenir les diverses leçons du programme. Il se révoltait souvent parce que d'autres, mieux doués que lui, obtenaient de meilleurs résultats avec beaucoup moins de travail. C'est ainsi qu'il s'est passionné pour le problème de la mémoire.

Un jour, au hasard de ses pérégrinations chez les bouquinistes, il découvrit un ouvrage qui affirmait devoir lui permettre de tout retenir. Il acheta, par la suite, un autre livre, puis un suivant, et ainsi de suite. Il possède certainement l'une des bibliothèques privées d'Europe les mieux fournies sur la question. Seulement, ces ouvrages avaient tous les mêmes défauts : ils contenaient trop de théories et des systèmes anciens, compliqués sans grand intérêt pratique.

Ne trouvant pas la méthode qu'il désirait, J. Abeel décida de la créer, et c'est ainsi que naquit la Méthode Chest, dont l'auteur fit alors photocopier quelques centaines d'exemplaires, qu'il proposa d'abord aux collégiens...

Un succès surprenant.

En deux mois, cette première édition fut épuisée, et, pour satisfaire les nombreuses demandes qui lui parvenaient d'un peu partout, l'auteur dut en faire photocopier deux autres tirages, qui connurent le même sort. Enfin, on réalisa une édition imprimée.

Il y a presque trente ans que paraissait timidement la première Méthode Chest. L'Institut Psychologique Moderne qui en a l'exclusivité, en est maintenant à sa cinquième édition largement augmentée (+ de 300 pages).

L'I.P.M. compte des élèves dans tous les pays du monde et, succès oblige, toujours en avance, il prépare une Méthode Chest sous forme de logiciel pour micro-ordinateurs !

Au début, La méthode Chest était surtout destinée aux étudiants, mais bien vite, J. Abeel s'est rendu compte que ses livres intéressaient et passionnaient un public très divers. Il a maintenant des adeptes dans toutes les classes de la société, depuis la simple dactylo jusqu'à l'ingénieur-chimiste, en passant par toutes les branches du commerce, de l'industrie, les professeurs, médecins, etc. Les plus jeunes élèves n'ont que treize ans ; quant aux plus âgés, ils ont dépassé les 70 ans...

Les secrets d'un succès.

Si l'on cherche à trouver quel est le secret de cet étonnant succès, on comprend qu'il est dû essentiellement au fait que la Méthode Chest est « pratique ».

Le premier soin de son auteur a été d'éliminer radicalement toutes les théories plus ou moins ingénieuses que l'on rencontre d'ordinaire dans les ouvrages de ce genre. Bien entendu, cette méthode n'a aucun rapport avec les « Sciences Occultes »... Une autre raison du succès de cette méthode est qu'elle est très simple. Ses principes sont à la portée d'un enfant de treize ans.

La Méthode Chest fut le premier cours de Mnémotechnie de langue française... et c'est le seul qui assure un suivi personnel, pas de corrigés-type, chaque élève reçoit les conseils strictement adaptés à son cas particulier et des réponses détaillées à toutes ses lettres...

Les résultats étonnants.

Chaque jour, J. Abeel reçoit un très abondant courrier provenant des quatre coins du monde. Des milliers de personnes lui font part de leur satisfaction. Les moins bien doués parviennent à des résultats surprenants : apprendre une langue étrangère en un temps record, étendre sa culture en quelques mois, réussir un examen difficile, améliorer une situation ou s'en créer une nouvelle, etc.

Le secret de la méthode Chest.

Bien souvent, les correspondants écrivent à J. Abeel pour lui demander quel est le « secret » de sa Méthode : la réponse est très simple. L'auteur est parti du principe que les gens, qui ont une mauvaise mémoire, possèdent presque toujours une intelligence supérieure à la moyenne. Le secret de la Méthode Chest consiste à se servir de l'intelligence pour aider la mémoire, ce qui permet d'obtenir des résultats impossibles à ceux qui possèdent une mémoire naturelle, même très bonne (par exemple retenir une liste de cent nombres de trois ou quatre chiffres — ou encore apprendre en quelques semaines plusieurs milliers de mots d'une langue étrangère).

Il ne saurait être question, dans le cadre étroit de cet article, d'expliquer en détail en quoi consiste cette méthode révolutionnaire. Si vous désirez le savoir, si vous voulez vous aussi acquérir une mémoire surprenante qui étonnera tous vos amis, c'est facile. Sur simple demande, vous recevrez une passionnante brochure en couleurs qui vous sera offerte gratuitement (sans le moindre engagement de votre part).

Écrivez directement au Professeur J. Abeel I.P.M. (service L. 8) 40, rue Jules-Ferry, 59430 SAINT-POL-SUR-MER.

Vous recevrez la documentation gratuitement chez vous, sans le moindre engagement de votre part. Aucun démarcheur ne viendra vous importuner.

FAITES UN SAFARI DANS LA VOIE LACTÉE

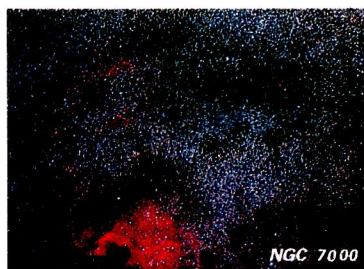
*Pendant le mois d'août,
la Voie lactée traverse le ciel
du nord au sud.
Prenez une paire de jumelles
et partez à son exploration.*

► Il est donné à tout le monde, par une belle nuit d'été, de se piquer de curiosité pour un ciel constellé d'étoiles. Et pour satisfaire cette envie d'y voir clair dans un ciel obscur, nul besoin de posséder obligatoirement une panoplie d'instruments d'observation très élaborés. Une carte du ciel et une bonne paire de jumelles suffisent pour un baptême de l'espace. Mais attention, car au terme de ce premier voyage, vous risquez fort d'attraper le virus de l'astronome amateur, mal bénin mais terriblement contagieux. Et, à ce jour, nous ne connaissons qu'un seul antidote à ce fléau : s'équiper de toute urgence d'une lunette ou d'un télescope pour repartir en toute quiétude, dans six mois, à la découverte des mystères du ciel d'hiver. Mais en attendant, voyons déjà ce que nous réserve l'été.

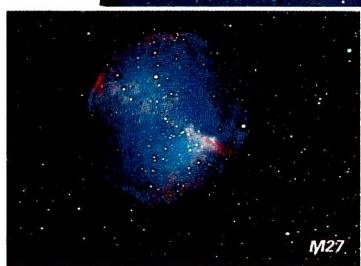
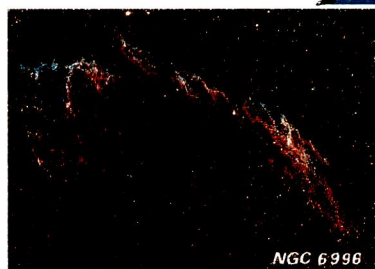
Une paire de jumelles sera donc un véhicule idéal pour nous transporter à travers les constellations. Et tout particulièrement des jumelles à prisme 7×50 (grossissement de 7 fois pour 50 mm de diamètre), car elles ont un grand champ (un cercle d'au moins 5° de diamètre découpé sur le ciel) et une bonne luminosité. Pour l'itinéraire, il vous suffit dans un premier temps de suivre celui que nous avons établi sur la carte ci-contre. Libre à vous ensuite, quand vous connaîtrez mieux la "région", de déterminer votre propre projet.

Comme toute expédition terrestre, il est bon aussi que vous preniez quelques précautions pour éviter de partir à l'aveuglette. Car en venant d'une pièce éclairée, la pupille de l'œil reste fermée un certain temps, ce qui a pour conséquence de vous laisser en quelque sorte "éblouis" par l'obscurité. Il vous faudra donc en général, avant de sortir, rester dans l'obscurité une vingtaine de minutes,

(suite du texte 124)

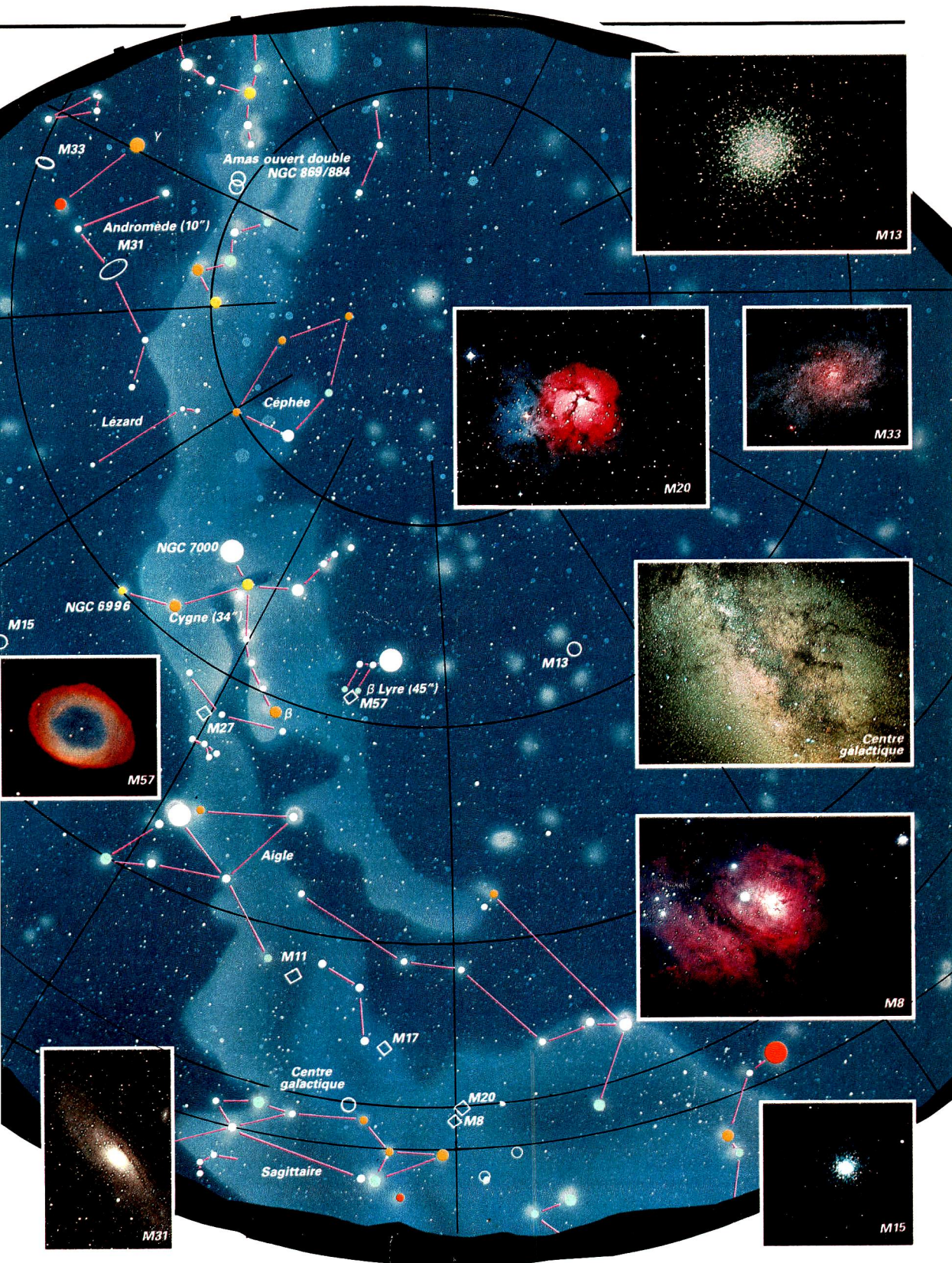


Amas ouvert double
NGC 869/884



- Amas
- Galaxie
- ◇ Nébuleuse

La Voie lactée qui traverse le ciel d'été n'est autre que notre Galaxie vue par la tranche. Nous l'avons représentée ici avec les principales curiosités à observer à la jumelle. Les étoiles sont indiquées avec leurs différentes couleurs et avec des tailles correspondant à leur luminosité (les plus brillantes de magnitude 1 et plus, les moins brillantes de magnitude 4). Les amas sont représentés par des cercles évidés, les nébuleuses par des losanges et les galaxies par des ellipses.



pour que la pupille ait le temps de se dilater. Avec un diamètre de 7 mm environ, elle disposera alors des meilleures conditions possibles pour vous aider à capter la pâle lueur du ciel étoilé. Pour la même raison, il conviendra évidemment de se protéger des lumières parasites (lampadaires d'éclairage public, luminaires de jardin, fenêtres éclairées, etc.) et de se placer dans un endroit où l'horizon est assez dégagé, notamment au nord et au sud. Enfin, excluez toute observation dans la période du 5 au 18 août, car elle encadre la pleine Lune, dont l'éclat effacera du ciel la pâle lumière des astres que nous vous proposons de pister.

Ces dispositions étant prises, votre safari céleste peut commencer. Si nous l'avons axé sur une descente de la Voie lactée, c'est d'abord parce que la plupart des astres intéressants à observer en cette période de l'année s'y trouvent regroupés ; et ensuite, parce que la Voie lactée se présente alors sous l'orientation la plus favorable, se déployant comme une arche de l'horizon nord à l'horizon sud en passant tout près du zénith.

Nous commencerons donc par le nord. Tournez dans cette direction facile à repérer grâce à l'étoile polaire (ou avec une boussole), vous devriez voir très bas sur l'horizon, légèrement vers l'est, une étoile brillant d'un éclat bleuté intense : c'est Capella, de la constellation du Cocher. Notons toutefois que dans le cas d'une observation plus tardive (après minuit) et pour ceux qui se trouvent dans le nord de la France ou plus haut encore en latitude, Capella sera plus élevée sur l'horizon. Quoi qu'il en soit, cette étoile marque le point de départ de cette remontée de la Voie lactée, dont, par une nuit bien noire, vous n'aurez aucun mal à repérer le tracé blanchâtre dans le ciel.

Juste au-dessus se trouve Persée, ses quatre plus brillantes étoiles affectant la forme d'un T couché, orienté vers la droite. Elle représente notre première curiosité, car l'une de ses composantes, Algol, est le spécimen le plus caractéristique d'étoile variable : suivant un cycle de 3 jours, son éclat oscille en effet entre les magnitudes 2 et 3,5 (soit un rapport de luminosité de 1 à 4 parfaitement perceptible à l'œil nu). La simple comparaison de son éclat avec celui de ses voisines permet de suivre les fluctuations d'Algol, qui varie parce qu'elle est double : c'est donc l'éclipse de l'étoile la plus brillante par sa compagne qui entraîne ces "humeurs" lumineuses.

De là, en relevant progressivement la tête, nous trouvons Cassiopée, dont les cinq étoiles principales affectent la forme d'un M ou d'un W selon l'heure de la nuit et l'époque de l'année. Mais au mois d'août, à la tombée de la nuit, Cassiopée se trouve disposée perpendiculairement à l'horizon, si bien qu'elle prend plutôt la forme de la lettre grecque sigma majuscule, inversée droite-gauche. Autant vous l'avouer, malgré ces changements de disposition, il n'y a rien de particulier à observer dans Cassiopée. Mais à mi-chemin entre cette constellation et celle de Persée, que nous venons de quitter, se trouve un bel amas stellaire double, connu des astronomes sous le matricule NGC (pour *New General Catalogue*) 869 et 884. Ces

deux amas, que l'on soupçonne déjà à l'œil nu, s'étalent au beau milieu du lit de la Voie lactée. Et séparés seulement par 0,8", ils tiennent largement ensemble dans le champ de n'importe quelle paire de jumelles.

Légèrement sur la droite, un peu à l'écart toutefois de la Voie lactée, à hauteur de la partie supérieure de Cassiopée, vous devriez repérer sans peine une petite tache laiteuse : c'est la galaxie d'Andromède. On s'émerveillera en songeant que cette galaxie, qui est d'ailleurs une copie presque conforme de la nôtre, est l'objet céleste le plus lointain que l'on puisse apercevoir à l'œil nu : 2 millions d'années-lumière, soit 20 milliards de milliards de kilomètres. La lumière qui pénétrera dans votre œil ou dans l'objectif de vos jumelles aura donc voyagé pendant exactement 2 250 000 ans pour vous parvenir ! A cette époque, sur Terre, quelque part dans l'Est africain, apparaissaient les premiers australopithèques...

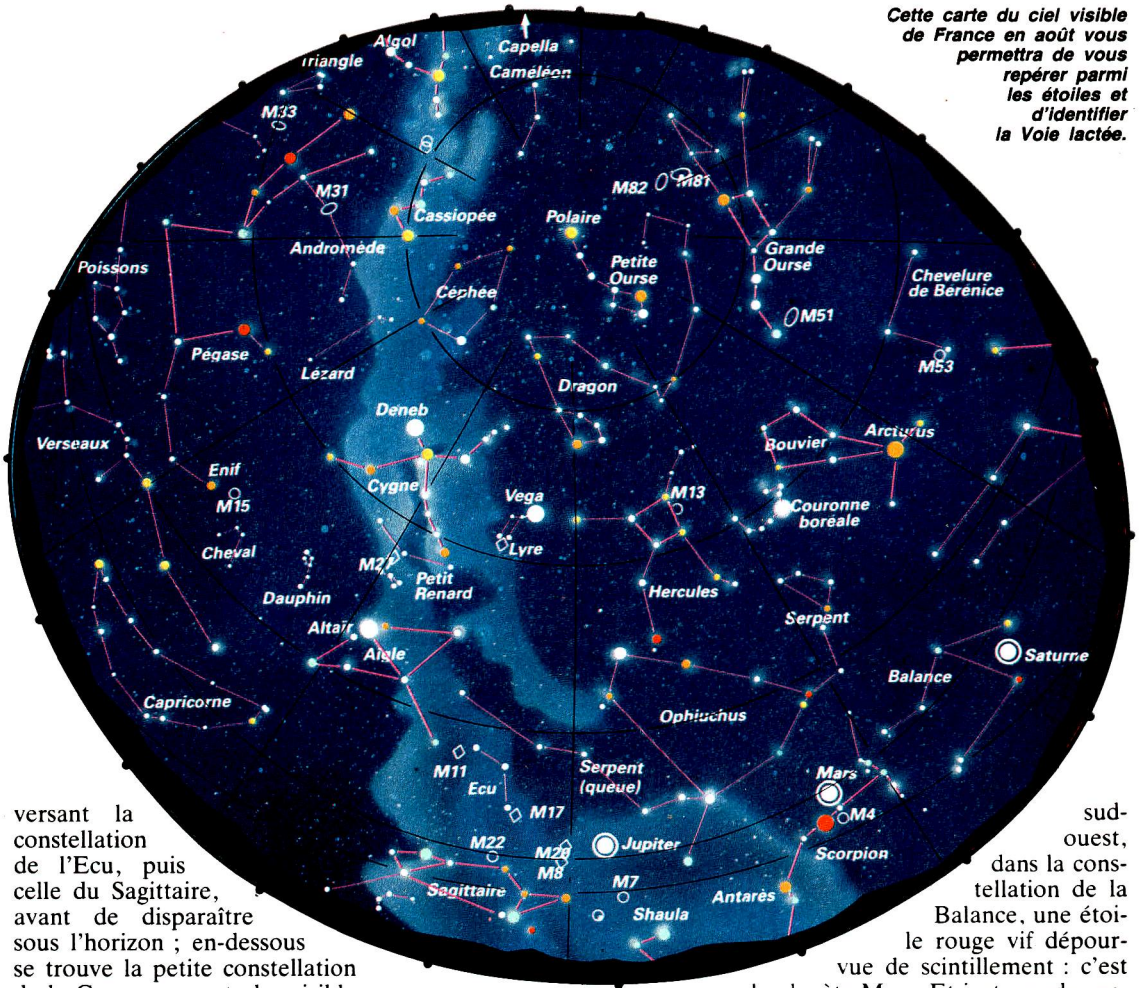
En continuant de lever la tête, nous arrivons maintenant au zénith, où trône la brillante Deneb, étoile principale de la constellation du Cygne. Parvenu à ce point, vous avez tout intérêt à faire un demi-tour sur vous-même pour vous trouver face au sud, voire à pivoter légèrement sur la droite de façon à vous trouver exactement dans la direction où la Voie lactée disparaît sous l'horizon. Au zénith, donc, brille Deneb, au sommet d'une croix romaine placée verticalement dans le cours de la Voie lactée. Deneb constitue, avec les deux autres seules étoiles très brillantes de cette région du ciel, ce qu'il est convenu d'appeler le triangle de l'été. C'est un triangle isocèle dont les sommets sont donc Deneb, Véga (de la constellation de la Lyre) et Altaïr (de l'Aigle). Cette zone mérite que l'on s'y attarde, car il s'y trouve trois belles étoiles doubles : Epsilon et Bêta de la Lyre et Bêta du Cygne (également baptisée Albiréo), dont les deux composantes sont écartées de 34". Signalons aussi qu'entre les deux étoiles extrêmes du petit losange de 4 étoiles qui jouxte Véga, se trouve l'un des plus beaux spécimens de nébuleuses planétaires, immatriculée M 57. Mais sa luminosité est si faible qu'il faut des jumelles de grande ouverture (11 x 80) et un ciel d'une grande pureté pour l'apercevoir.

A droite de Véga et de la constellation de la Lyre se trouve aussi un petit trapèze de quatre étoiles d'égale luminosité, formant la partie supérieure d'Hercule. Entre deux de celles-ci on peut distinguer à l'œil nu ce qui paraît être au premier abord une étoile floue. Mais avec les jumelles, elle se révèle être l'amas globulaire le plus beau du ciel boréal, constitué de rien moins que 100 000 étoiles, regroupées dans une sphère de 100 années-lumière environ (1).

Entre les constellations de l'Aigle et de la Lyre, c'est-à-dire au niveau de l'étoile double Albiréo, qui marque la base de la croix romaine du Cygne, la Voie lactée se subdivise en deux courants distincts. L'un descend presque verticalement, tra-

(1) Une année-lumière équivaut pratiquement à 10 000 milliards de kilomètres.

Cette carte du ciel visible de France en août vous permettra de vous repérer parmi les étoiles et d'identifier la Voie lactée.



versant la constellation de l'Ecu, puis celle du Sagittaire, avant de disparaître sous l'horizon ; en-dessous se trouve la petite constellation de la Couronne australe, visible seulement depuis les pays méditerranéens. L'autre courant, moins riche en étoiles et donc plus difficile à percevoir sur le ciel, oblique vers la droite en direction du Scorpion. Antares, l'étoile principale de cette constellation, brille d'un vif éclat rouge-orangé tout près de l'horizon.

En fait le trésor de la Voie lactée se trouve sur l'autre branche, dans la constellation du Sagittaire, qui est le centre de notre Galaxie et dont la demi-douzaine de ses curiosités est accessible à nos jumelles. Rien moins que deux amas globulaires, un amas ouvert et trois nébuleuses. Nous avons déjà rencontré les amas ouverts de Persée et globulaire d'Hercule. Mais ce sont là nos premières nébuleuses. Notamment M 17 (dite Omega), M 8 (connue sous le nom de nébuleuse du Lagon) et M 20 (ou nébuleuse du Trèfle), ces appellations se référant à leur forme.

Cette promenade serait incomplète si nous ne présentions pas aussi les planètes. Quatre d'entre elles (sur les cinq visibles à l'œil nu) apparaissent en effet dans le ciel du mois d'août. D'abord Vénus, qui se montre au nord-ouest dans le ciel crépusculaire : à la tombée de la nuit c'est l'astre le plus lumineux dans cette direction. Ensuite, dès que le ciel s'est assombri, vous pouvez voir au

sud-ouest, dans la constellation de la Balance, une étoile rouge vif dépourvue de scintillement : c'est la planète Mars. Et juste au-dessus, vous trouverez Saturne, encore moins lumineuse. Enfin la planète sans conteste la plus lumineuse, qui s'impose par sa brillance dans la constellation du Sagittaire, a nom Jupiter. Etant la plus grosse planète du système solaire, et ayant quatre principaux satellites (*Io*, *Europe*, *Ganymède* et *Callisto*) visibles aux jumelles, elle ajoute un intérêt supplémentaire à cette constellation.

En bouquet final, le ciel du mois d'août vous offrira le spectacle du passage de l'essaim de météorites des Perséides. Chaque année, en effet, dans la nuit du 11 au 12 août (mais également, dans une moindre mesure, durant les nuits qui précèdent et suivent ces deux jours), la Terre traverse un banc de matière cosmique provenant de la désagrégation de la comète Swift-Tuttle. Le nombre d'étoiles filantes dans le ciel se trouve alors décuplé, surtout dans la deuxième moitié de la nuit où il n'est pas rare d'en compter plusieurs par minute ! Hélas, en 1984, cette fameuse nuit des Perséides coïncide avec la pleine Lune, dont l'éclat sera un handicap certain, compte tenu du fait que les étoiles filantes ne sont pas très lumineuses. Mais qu'à cela ne tienne, si vous en ratez quelques-unes, vous pourrez remettre cela l'année prochaine...

Pierre KOHLER ■

LE VOL COMME SI VOUS Y ÉTIEZ

► Bien qu'il puisse être exploité par un Apple 2 48 K, le nouveau simulateur de vol A2-FS2 conçu par le spécialiste américain Sublogic Corporation n'est certes pas un jeu d'enfant. En vérité, il est d'ailleurs préférable de posséder 64 K, sous peine de voir certaines données mises automatiquement hors-circuit. Pourtant, dans tous les cas, l'ensemble doit beaucoup plus être considéré comme un logiciel d'entraînement à la navigation aérienne, et accessoirement au pilotage, plutôt que comme un jeu de société.

Comme l'expliquent les auteurs, A2-FS2 appartient à une seconde génération de simulateurs de vol ou, entre autres, la visualisation noir et blanc un peu sommaire est remplacée par une animation en couleurs qui améliore indéniablement la présentation, sinon la précision de l'information à proprement parler. Cela étant, pas moins de quarante sept caractéristiques techniques du Piper PA-28-181 Archer II sélectionné pour jouer avec nous, sont accessibles à partir du clavier de l'ordinateur ou d'un joystick.

Le contenu du tableau de bord de l'Archer sera inventorié plus loin mais, en ce qui concerne le terrain où il est permis de le faire évoluer, disons qu'il comprend la plus grande partie du territoire américain, sans oublier une partie du Canada et de l'Alaska. En fait, quatre vingt terrains sont accessibles, répartis entre quatre grandes zones : Chicago, Seattle, Los Angeles et New-York/Boston. Une grande partie de l'intérêt de ce simulateur réside dans la richesse des aides radio-électriques qui permettent comme dans la réalité de naviguer avec précision entre ces divers terrains dont un listing précis procure la position exacte, de manière à ce que le "joueur" puisse choisir à volonté son point de départ.

Un jeu de cartes permet au pilote de déterminer sa route et de sélectionner les aides dont il entend se servir pour parvenir à destination. Ne serait-ce que pour la zone New-York/Boston, on ne compte pas moins de vingt VOR, cela sans oublier huit NDB. Enfin, quatre terrains possèdent un système d'aide à l'atterrissage ILS exploitable.

Regardons maintenant le tableau de bord de l'Archer (photo 1). On

y trouve tout d'abord les instruments strictement indispensables, à savoir un badin (indicateur de vitesse), un altimètre, un variomètre indiquant la vitesse dans le sens vertical, un compas complété par un répétiteur gyroscopique aux réactions plus promptes que l'appareil magnétique, un horizon artificiel et une bille destinée à vérifier la bonne coordination des commandes en virage.

Ces instruments apparaissent sur le moniteur de l'ordinateur, sous un écran représentant le terrain où l'on évolue, un jeu de commandes permettant d'ailleurs d'orienter la vue dans huit directions différentes. Pour faciliter le pilotage, un jeu de curseurs indique la position de diverses commandes : ailerons, profondeur, empennage, gaz, volets, trims, richesse, réchauffage carbu et suction. De plus, le régime-moteur, la pression et la température d'huile, l'état des magnétos (avec inverseur) ainsi que le temps écoulé à partir de la mise en route du moteur sont contrôlés, au bénéfice du pilote.

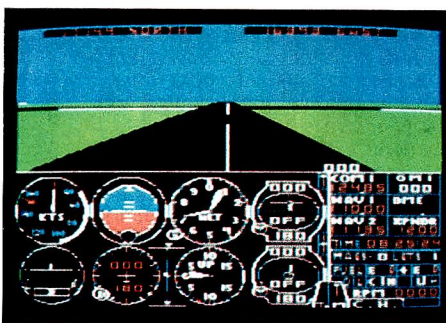
Au choix du joueur, les gouvernes de profondeur ainsi que les ailerons — coordonnés ou non au palonnier — sont manœuvrables au clavier ou encore par l'intermédiaire d'un joystick, cette dernière solution étant au demeurant la seule admissible pour quiconque possède des rudiments de pilotage. Le palonnier se contrôle uniquement au clavier mais, tout comme dans le cas d'un bon nombre d'avions modernes, les changements de cap sont déclenchés aux seuls ailerons, sans que la bille s'en formalise.

Les gaz, la sélection des magnétos, le démarrage, le réchauffage, la richesse, les ailerons et les trims se règlent également au clavier (photo 2), suivant une procédure précise.

Cela dit, le pilote dispose d'une belle panoplie-radio: un récepteur de communication, deux récepteurs de navigation contrôlant

FICHE TECHNIQUE

Ce jeu d'origine américaine a été édité par le spécialiste Sublogic Corporation. Il a été mis à notre disposition par la Société SIVEA, 31 boulevard des Batignolles, 75008 Paris, tél. : 522 70 66. Son prix était, au jour de l'essai, de 685 F TTC.



Sous le pare-brise, nous trouvons tout ce qui constitue le tableau de bord avec (par ex.), de g. à d. en haut : le badin (indicateur de vitesse), l'horizon artificiel, l'altimètre et le VOR 1 et la radio directionnelle, etc. Sur les cadrans que l'on voit à droite, tous les réglages et étalonnages sont réalisables.



La page 1...

deux VOR, un DME donnant, si le terrain possède l'équipement nécessaire, la distance qui le sépare de l'avion, un transporteur et, si le joueur le désire, un radio-compas. Les cartes données avec le simulateur fournissent les longueurs d'onde de tous les émetteurs, chacun des récepteurs de l'avion étant susceptible d'être réglé au moyen de commandes au clavier, qui agissent directement sur les voyants affichés à l'écran. En dehors d'une procédure simplifiée qui permet en premier lieu de se familiariser avec le pilotage à proprement parler, il est possible d'opérer un choix entre un grand nombre d'options qui "personnalisent" le vol de manière impressionnante. Ainsi, l'entrée dans un "éditeur" permet de choisir les conditions globales de son vol (beau temps, vol crépusculaire, vol de nuit, temps variable, mauvais temps - photo 3), le bruitage reproduisant ou non le ronron du moteur, la cadence à laquelle les éventuelles communications ATIS

seront affichées sur l'écran, l'heure de départ, la saison du vol, la nébulosité qui permet de susciter une ou deux couches nuageuses d'épaisseur et d'altitude variables (on peut ainsi simuler une percée ILS), le vent à trois altitudes différentes en force et en direction et la fiabilité du moteur. De plus, le choix est possible entre l'option *easy flight* qui laisse le joueur se débattre essentiellement avec la navigation, alors que l'option *reality mode* nécessite avant et après le décollage le respect de la procédure la plus classique, démarrage du moteur avec sélection des magnétos, réglage du répéteur gyroscopique et étalonnage de l'altimètre, éclairage des

blanc, l'image est trop souvent ininterprétable et, même en couleur, tout n'est pas obligatoirement de la plus grande clarté. Heureusement, en plus de la vision 3D qui, rappelons-le, est orientable aussi bien vers l'avant que l'arrière ou de droite et de gauche, le pilote dispose à volonté d'un "radar" qui distribue à l'écran une vision cartographique — à l'échelle variable — du terrain au-dessus duquel l'appareil évolue.

De plus, et même avec un bon écran, la lisibilité des divers cadrans nécessite une bonne vue, sauf peut-être, si l'on dispose d'un monitor à très haute définition... En guise de conclusion, je dirai



... et la page 2 du "menu".

instruments dès la tombée de la nuit, réglage de la compensation, surveillance de la consommation et, le cas échéant, ravitaillement en cours de voyage. Si l'on veut jouer le jeu, le vol doit être préparé comme dans la réalité. Il convient de déterminer ses caps, les distances entre les divers points de recalage, l'altitude du terrain de destination (l'altimètre demeure réglé au QNH) et de reconnaître les longueurs d'onde des aides dont on entend user. Une seule différence — mais de taille — avec la réalité : il suffit d'appuyer sur la touche P pour que le temps ainsi que l'avion suspendent leur vol, de manière à vous laisser le temps de la réflexion. Le pilotage à l'aide du joystick nécessite un certain entraînement mais il ne recèle aucune difficulté particulière. Je n'en dirais pas autant de l'aspect visuel du jeu qui, en premier lieu, nécessite absolument l'utilisation d'un monitor ou d'une télé couleur. En noir et

que bon nombre de pilotes de tourisme et d'aéro-clubs français feraient bien de faire l'acquisition de ce simulateur qui, joignant l'utile à l'agréable, permet de s'entraîner sérieusement à l'utilisation du VOR, de l'ILS — bien que, théoriquement... — et aussi à la navigation de nuit, l'écran restituant fidèlement l'ambiance nocturne, y compris le balisage lumineux des terrains. Et puis, en guise de prime, la même disquette contient "Europe 1917", c'est-à-dire un jeu de combat aérien et de bombardement qui reprend les données du Piper Archer pour nous envoyer, par delà la frontière, arroser de vos projectiles usines et aérodromes ennemis avec, en perspective, les chasseurs qui ne manqueront pas de vous assaillir ! Un très beau jeu, donc, et aussi bien pour un pilote que pour un amateur d'informatique, du très beau travail du point de vue de la programmation !

André COSTA □

VOIR LA LUMIÈRE DE LA PILE HUMAINE

► Le seul fait de retirer un pull-over en orlon porté sur une chemise de tergal peut faire apparaître dans le noir des lueurs mouvantes ou même des étincelles de plusieurs centimètres. En fait, le déshabillage par temps sec constitue une des plus belles expériences d'électrostatique qu'on puisse réaliser, beaucoup plus pétillante en tous cas que celle des manuels scolaires avec les peaux de chat et les bâtons d'ébonite.

Car ces effluves qui illuminent le tissu comme des éclairs de chaleur dans un ciel d'été sont dus à des transferts de charges électriques et relèvent donc de la physique des particules.

Des transferts de charges, il y en a dès qu'il y a mouvement, que ce soit un tissu sur un autre, de la soie sur un métal, un chiffon sur du plastique, ou même un courant d'air sur une tôle peinte comme c'est le cas des voitures. On connaît de même ces appartements où il suffit de traîner un peu les pieds sur la moquette pour ne plus pouvoir approcher un robinet sans recevoir une vive décharge.

Et c'est encore de l'électrostatique que relèvent les poussières sur les disques ou les films, les piles de papier qui s'agglutinent dans les imprimeries, ou les microprocesseurs de l'informatique qui claquent lors d'une simple manipulation.

Certains pourraient trouver bizarre qu'un circuit intégré soit détruit simplement parce qu'on le touche du bout du doigt, alors qu'il a tout de même été conçu pour faire passer des courants. C'est vrai, mais il s'agit de courants minuscules alors que les charges statiques qui peuvent s'accumuler sur le corps et dans les vêtements atteignent facilement des milliers de volts. Comme nous allons le voir, il est d'ailleurs facile de mettre en évidence ce courant, puisqu'il est suffisant pour allumer brièvement une petite ampoule.

Avant de décrire l'expérience, regardons de plus près les phénomènes mis en jeu. Pour prendre les choses à leur point de départ, les processus relevant de l'électrostatique sont connus par l'existence d'états spéciaux dans lesquels la matière est dite électrisée, et de forces dites électriques pouvant mettre ces états en évidence.

L'électrostatique étudie principalement les actions mécaniques entre corps électrisés, tandis que l'électrodynamique s'occupe des conditions de déplacement de l'électricité sous formes de courants.

L'expérience que nous proposons aujourd'hui relève donc de ces deux domaines : électrisation par frottement et mouvement de ces charges dans un conducteur, puis dans un gaz à faible pression qu'elles rendent lumineux.

Commençons par l'électrisation : tout solide qui est frotté acquiert la propriété d'attirer les poussières — c'est le cas de tout meuble ciré ou verni soigneusement entretenu : l'essuyage va amener la poussière.

En réalité il n'y a pas que celles-là qu'il peut attirer, et le phénomène reste vrai pour quantité d'autres éléments. Mais cette force d'attraction est en général très faible, et ne se manifeste par un mouvement observable que si l'objet attiré est très léger : les poussières, donc, mais aussi des miettes de papier, des parcelles de matière plastique, des brins de fils, etc. Tout corps ayant acquis cette propriété attractive est alors dit électrisé ; contrairement aux apparences, il n'y a pas que les isolants qui peuvent être électrisés, et les métaux aussi sont le siège des mêmes phénomènes ; mais comme ils sont conducteurs, les charges accumulées par frottement circulent d'un bout à l'autre et s'écoulent en général à travers le support qui les maintient. Mais il suffit de les isoler pour observer les mêmes effets qu'avec la résine ou le verre.

L'expérimentation a conduit à admettre que le frottement fait apparaître des charges électriques, comparables à un fluide, qui restent en place sur un corps mauvais conducteur de l'électricité, dit isolant, et s'écoulent à travers un métal ou tout autre corps conducteur. Ceci conduit à classer les matériaux courants en deux catégories ; le caoutchouc, le verre, le soufre, les résines, le bois sec, les fibres naturelles ou artificielles ; les matières plastiques sont des isolants. Inversement, tous les métaux et leurs alliages sont conducteurs, de même tous les corps renfermant de l'eau : chiffon et papier mouillé, végétaux sur pied, tissus animaux,

solutions salées, etc.

Notons tout de suite, en ce qui concerne les animaux dont, bien sûr, l'homme fait partie, que si les tissus internes sont conducteurs, les tissus externes, secs, ne le sont par contre pas : la peau est un isolant. Ceci explique que les charges électriques accumulées par le frottement des vêtements restent en surface, donc qu'on ne les sent pas — par contre on sent très bien les doigts dans la prise de courant, parce que la peau des extrémités est souvent humide et sa capacité isolante est un peu faible comparée aux tensions, et surtout aux intensités, délivrées par le secteur.

Les forces électrostatique peuvent s'interpréter en admettant qu'il existe deux espèces de charges électriques, et deux seulement : les unes sont dites positives, et les autres négatives ; il y a attraction entre les charges de signes contraires mais isolés, ils prennent toujours des charges de signes contraires. De plus, on peut classer les matériaux dans un ordre tel que si deux d'entre eux sont frottés l'un sur l'autre, celui qui précède l'autre sur la liste s'électrise positivement. De telles séries, qu'on appelle triboélectriques, peuvent différer un peu selon l'état des surfaces. Mentionnons ainsi la série classique et bien établie : lapin, verre, mica, laine, chat, soie, résine, ébonite, celluloid. On voit ainsi que le chat qui mange le lapin s'électrise négativement, alors qu'il devient positif en se roulant dans la soie. Les métaux se classent vers la fin de la liste, les plus résistants à l'oxydation étant les plus proches de la fin.

Ces charges électriques qui résultent des frottements sont des grandeurs mesurables, c'est-à-dire qu'on sait définir l'égalité de deux charges et leur addition. Toutes les expériences ont montré aussi que ces charges possédaient une structure discontinue : les charges distinctes sont toujours un multiple entier d'une même charge extrêmement petite, qui en valeur absolue, est celle de l'électron. Rappelons ici que tout élément matériel est fait d'atomes, eux-mêmes constitués d'un noyau de particules lourdes, protons et neutrons, autour desquelles tournent des électrons. La charge de l'électron est négative, celle du proton est positive, les deux étant

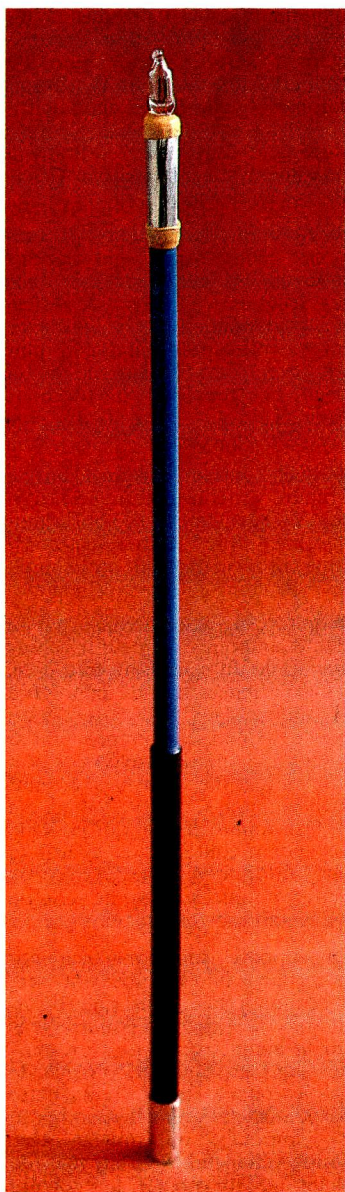


Photo M. Toscas/Galerie 27

égales en valeur absolue. Le neutron est, bien sûr, neutre, tout comme l'est un atome à l'état normal dont les charges négatives et positives sont équilibrées du fait qu'il y a un même nombre de protons et d'électrons.

L'état de la matière électrisée résulte d'une séparation des charges négatives et positives normalement associées. Tout frottement a tendance à amorcer cette séparation mais il faut, pour en saisir le

mécanisme, faire appel à la théorie des potentiels de contact, et donc à la notion de couche double : à la surface de séparation de deux matériaux en contact existe une couche double formée par des densités de charges superficielles et de signe contraire maintenues en regard par leurs attractions mutuelles.

L'électrisation par frottement s'explique alors par l'existence de couches doubles au contact de deux corps qui, en se séparant, emportent des charges opposées.

Les potentiels emmagasinés par frottement peuvent atteindre des valeurs considérables.

Notons qu'à toute charge est associée un champ électrique, qui permet d'interpréter les actions à distance — attraction ou répulsion — exercées par ces charges les unes sur les autres, et aussi les phénomènes d'électrisation par influence. Sous l'action de ce champ, qui se mesure en volt par mètre, les charges se déplacent, et les manifestations les plus nettes de ce déplacement sont en général d'ordre lumineux. Ce sont, par exemple, les étincelles ou les effluves dont nous avons parlé au début, et qui restent les phénomènes les plus courants associés à l'électricité statique.

En fait, les charges électriques n'étant autre que celles des particules atomiques, l'émission lumineuse est d'ordre atomique : elle est due à l'action des charges qui vont ioniser les atomes voisins.

Nous avons dit que les atomes sont en général neutres, parce qu'ils ont autant d'électrons que de protons. Toutefois, sous l'influence d'un champ électrique, ils peuvent perdre ou gagner des électrons, et leur équilibre électrique est alors rompu ; selon qu'ils ont trop ou pas assez d'électrons, ils deviennent positifs ou négatifs : on dit que ce sont des ions.

Mais l'ionisation n'est pas la seule modification possible des atomes : ils peuvent aussi subir une excitation correspondant au passage d'un de leurs électrons d'une couche voisine du noyau à une autre plus distante.

Ce passage d'une couche électronique à une autre absorbe d'ailleurs moins d'énergie qu'un

éloignement du même électron à grande distance. L'état excité persiste peu de temps, du moins dans les conditions ordinaires, et le retour de l'électron sur une couche plus basse produit une émission de lumière.

Plus précisément, quand un gaz est ionisé, il devient conducteur du courant, et le passage du courant excite les atomes ; de ce fait, l'ionisation des gaz, quand elle est assez forte, s'accompagne de phénomènes lumineux. Dans un champ électrique intense, et il peut atteindre des milliers de volts par mètre avec le frottement, il y a ionisation des molécules de l'air et excitation des atomes, donc émission de lumière.

Cette émission, brutale avec les étincelles qui correspondent à des champs électriques concentrés par des pointes, est plus légère dans les effluves qui traduisent des écoulements de charges sur des surfaces plus grandes. Le même phénomène apparaît d'ailleurs, même avec des potentiels beaucoup moins élevés, dans un gaz mis à faible pression : c'est le cas des lampes au néon, dont certaines variétés fonctionnent sur le potentiel très modeste (220 V) du secteur, mais avec des électrodes très rapprochées. Les enseignes lumineuses du commerce, avec des tubes mesurant des dizaines de centimètres, réclament des potentiels beaucoup plus élevés.

Dans notre expérience, nous allons mettre en évidence ces deux processus de l'électricité statique : accumulation des charges par frottement, et écoulement de ces charges dans un gaz raréfié enclos dans une petite ampoule. C'est, on peut vraiment le dire, la mise en lumière du courant accumulé par le corps humain. Le matériel à réunir est des plus simples :

- ampoule néon miniature "luciole" du type à souder ; tension de fonctionnement : 60 V ; se trouve chez les marchands de composants électroniques ;
- tube plastique de récupération (crayon-feutre, tube de canalisation électrique du plus petit diamètre, etc.) ;
- feuille d'étain (capsule de vin) ou d'aluminium ménager ;
- colle cyanacrylate et colle époxyde ;

(suite)

● fil électrique.

Après avoir réuni les composants nécessaires, on coupera au cutter ou à la scie un tube de plastique récupéré.

Ni sa longueur, ni son diamètre ne sont déterminants : un corps de crayon feutre peut très bien convenir. On passera dans un tube un fil métallique, isolé ou non, que l'on reliera par soudure ou épissure à l'une des électrodes de la lampe au néon, comme indiqué **figure 1**. L'autre électrode sera disposée hors du tube comme le montre la **figure 2**. Il restera à relier les deux fils libres à deux manchons métalliques extérieurs, en se reportant à la **figure 3**.

Ces manchons seront en étain, par exemple récupérés sur une bou-

deux manchons, et mettre un peu de colle cyanocrylate entre les spirales de ruban afin de les immobiliser définitivement. Pour finir la baguette, on pourra déposer entre la base de l'ampoule et le tube un peu de résine époxyde — colle à deux composants genre Araldite, Uhu Métal, etc. — laquelle est pâteuse au moment du mélange, puis se solidifie en polymérisant. Ainsi l'ampoule au néon sera solidement liée au manche de plastique.

La mise en œuvre est assez originale, puisqu'elle utilise le corps comme la source d'électricité. En pratique, il arrive très souvent qu'on accumule des charges élevées sans s'en rendre compte, surtout depuis l'avènement des textiles synthétiques, pour l'habillement comme

d'humidité dans l'air suffit à les rendre plus ou moins conducteurs ; surtout, cette humidité freine l'évaporation de la transpiration, laquelle est très conductrice. En ce cas, les charges s'écoulent à la terre et il n'y a quasiment aucun potentiel à mettre en évidence ;

● équation personnelle ; l'expérience montre que les variations individuelles jouent un rôle dans les facultés d'électrisation. Cela n'a évidemment rien à voir avec un pouvoir supranormal, mais plutôt avec l'état de surface de la peau. Les gens secs sont de bons isolants, donc d'excellents porteurs de charges ;

● deux autres facteurs sont à prendre en considération : la nature du revêtement de sol (la moquette en fibres synthétiques constitue un idéal) et celle des semelles : le cuir sec est excellent ;

● enfin, la lumière émise par la petite ampoule ne peut rivaliser avec celle du soleil ; on fera donc les expériences dans la pénombre ou même dans l'obscurité. Bien que le système fonctionne même si toutes les conditions exposées précédemment ne sont pas absolument remplies, il est souhaitable de s'en rapprocher le plus possible en évitant toutefois de choisir le pire : utiliser la baguette avec les mains mouillées dans une salle de bains saturée de vapeur d'eau.

On suppose donc l'expérimentateur dans un appartement sec, avec moquette en plastique. Il suffit alors de traîner un peu les pieds sur la moquette, ou de se retourner dans un divan à coussins de nylon ; puis en tenant la baguette par le manchon métallique opposé à l'ampoule, on touche avec l'autre manchon un tuyau de chauffage, un robinet, une ferrure de balcon, ou tout autre conducteur ayant une certaine masse : l'ampoule émet alors une lueur parfaitement visible qui traduit l'écoulement des charges accumulées par le corps.

Si l'électrisation est suffisante, un deuxième contact provoquera une deuxième lueur. Une troisième, voire une quatrième, sont observables dans les meilleurs cas. Après quoi, il ne reste plus qu'à recharger la peau par les mêmes moyens. On peut d'ailleurs simplifier le

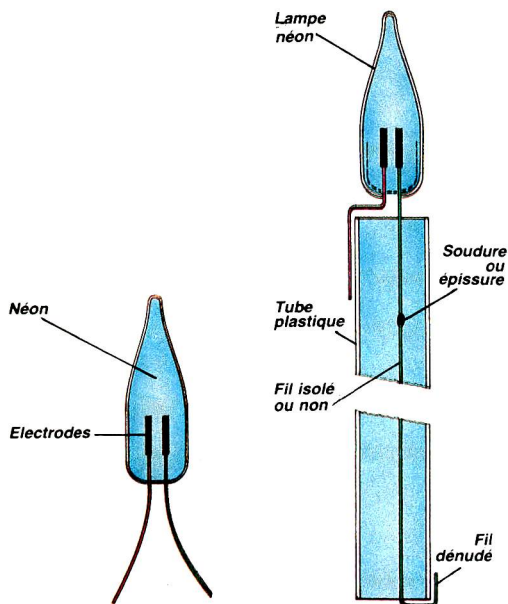


Fig. 1 : Ampoule néon 60 W

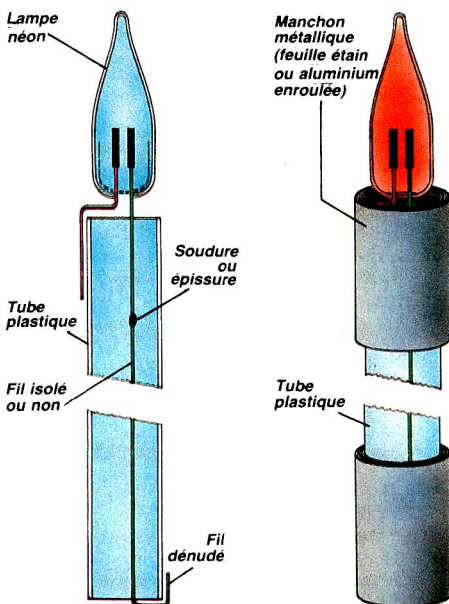


Fig. 2

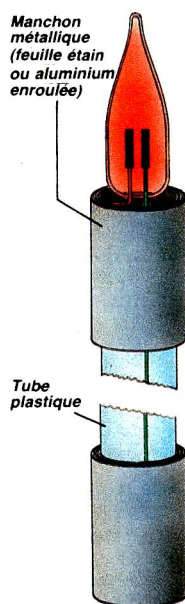


Fig. 3

teille de Bordeaux, ce qui donne l'occasion d'allier physique et gastronomie, la physique paraissant d'autant plus amusante que le vin est meilleur. À défaut on pourra utiliser pour les manchons de l'aluminium en feuilles : le système fonctionnera aussi bien, mais il sera moins joli et on aura perdu l'occasion de boire une ou deux bonnes bouteilles.

Dans les deux cas, il faudra veiller au contact entre les deux fils et les

pour les moquettes, et du chauffage central. En effet, les meilleurs résultats seront obtenus quand les conditions seront remplies :

● air sec ; toutes les expériences destinées à mettre en évidence les phénomènes électrostatiques réussissent mieux par temps sec, donc un beau soleil, ou le chauffage central qui est connue pour être particulièrement desséchant. Les charges électriques s'accumulent à la surface des corps et la présence

FACE AUX MACHINES, ATTAQUEZ !

problème en ne chargent que la baguette elle-même.

Pour cela, il faudra la tenir en évitant de toucher un manchon métallique opposée à l'ampoule, sinon les charges accumulées sur le plastique s'écouleraient à travers le corps de l'expérimentateur.

On frottera donc le plastique formant la baguette avec un chiffon de laine très sec, ou un autre tissu genre soie ou rayonne, mais les résultats sont moins assurés — la charge dépend en effet des matériaux en présence : on peut noter que le couple laine-plastique convient bien, mais il n'est pas sûr que tergal-plastique ou orlon-plastique soit aussi bon.

Une fois la baguette convenablement frottée, on approche le manchon métallique proche de l'ampoule d'un tuyau ou d'une rampe en métal et on constate de nouveau une petite lueur. Mais, comme la quantité d'électricité sera moindre, l'intensité de la lueur le sera également.

On peut maintenant se demander quelle tension est ainsi accumulée. Un raisonnement par approximation peut donner une idée. On estime que, dans des conditions moyennes, il faut 6 000 à 10 000 V pour avoir 1 cm d'étincelle dans l'air sec.

En se mettant dans l'obscurité, il est possible de voir l'étincelle qui jaillit quand on approche le bout du doigt d'une armature métallique. Selon les conditions dont nous avons parlé plus haut, cette étincelle aura 1 à 3 mm de longueur. On peut donc en déduire que le potentiel statique porté par le corps est de l'ordre de 2 000 V.

Dans les meilleures conditions — vêtements synthétiques, moquette, air très desséché — la tension accumulée sur la peau peut aller jusqu'à 5 000 V.

Peu de gens se doutent qu'en se relevant d'un fauteuil en velours de nylon, et défroissant leur chemise de tergal, ils mettent en branle des phénomènes qui relèvent de la physique atomique, ce que notre baguette permet justement de mettre en pleine lumière.

Renaud de LA TAILLE □

► En quelques années, les "ordinateurs" d'échecs ont connu de considérables progrès. Pour faire le point, la Librairie Saint Germain organise tous les ans un tournoi "Hommes-Machines". Le dernier s'est déroulé fin juin à Belfort. Les machines ont fait presque aussi bien que les hommes (29-35).

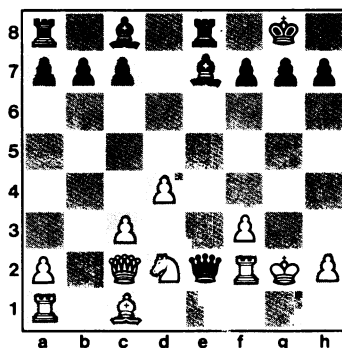
Leur puissance de calcul a encore réalisé des prouesses tactiques. Quant à leur "style", le premier enseignement est que si dorénavant elles savent se développer et réfuter un jeu passif (l'auteur est payé pour le savoir), elles demeurent vraiment mal à l'aise face à une attaque en force.

LEDOUX-CONSTELLATION Belfort 1984 — Défense sicilienne

1. e4	ç5	19. D × e3	Ce5
2. Cf3	d6	20. Ff5	a6 (d)
3. d4	ç × d	21. Cd5	Dh4
4. C × d4	Cf6	22. Tg3	g6 (e)
5. Cç3	Cç6	23. Tdgl (f)	b5 (g)
6. Fe2	e5	24. Th3 (h)	Cç4 (i)
7. Cb3	Fe7	25. b × ç4	D × h3
8. Fe3 (a)	Fe6	26. D × h3	Cd4
9. g4	Dd7 (b)	27. Dh6	Ce2+
10. Tgl	F × b3	28. Rd2	f6 (j)
11. a × b3	O-O	29. F × g6	Ta7
12. g5	Ce8	30. F × h7+	Rf7
13. Fg4	Dd8	31. D × f6+	Re8
14. Dd2	Cç7	32. De6+	Rd8
15. f4	e × f	33. Dd6+	Rç8 (k)
16. F × f4	Ce6	34. D × f8+	Rd7
17. Fe3	F × g5 (c)	35. De7+	Rç6
18. O-O-O	F × e3	36. Tg6 mat	

- Le petit roque est ici recommandé. Mais les blancs ont choisi d'attaquer rapidement à l'aile-Roi.
- Une perte de temps. La Dame noire était mieux placée en d8 pour éventuellement participer à une contre-attaque sur l'aile-Dame après le grand roque blanc.
- La machine ne peut résister à l'attrait du gain d'un pion même si elle ouvre ainsi la colonne à la Tour gl.
- Craignant Cç3-b5 menaçant le pion d6 ?
- Evidemment pas 22. ... D × h2 ? ; 23. Tg3.
- Et non 23. Tg3?, Dg5.
- Totalement hors de propos. Mais quoi d'autre ?
- Avec la menace mortelle 25. Dh6
- Un humain préférerait abandonner. Le reste n'est que l'exécution.
- Le seul moyen d'empêcher 29. Cf6+, Rh8 ; 30. D × h7
33. ... Re8, 34. Fg6+, Tff7 (Taf7 ; 35. De7 mat) ; 35. Cf6 mat.

Exercice n° 130



Le même Constellation peut faire aussi preuve d'acuité tactique, comme ici. Les noirs jouent et gagnent.

Solution de l'exercice n° 129

- ... Fgl+ !!
- D × gl (2. R × gl, D × g3+ ; 3. Dg2, D × g2 mat), Ch4+ ;
- h + g4, Dh6+
- Fh4, D × h4 mat

Alain LEDOUX □

AMÉLIORONS NOTRE GÉNÉRATEUR ÉLECTROSTATATIQUE

► Le mois dernier, nous avons vu comment réaliser simplement un générateur haute tension à l'aide d'une bobine d'allumage de cyclo-moteur. Si la tension qu'il délivrait était suffisante pour certaines expériences de début elle restait trop faible pour bien d'autres. Nous allons donc vous proposer ce mois-ci de l'augmenter grâce à un multiplicateur de tension composé de diodes et de condensateurs.

Cette solution sera particulièrement pratique pour nous puisqu'il sera possible de nous connecter directement à la partie déjà

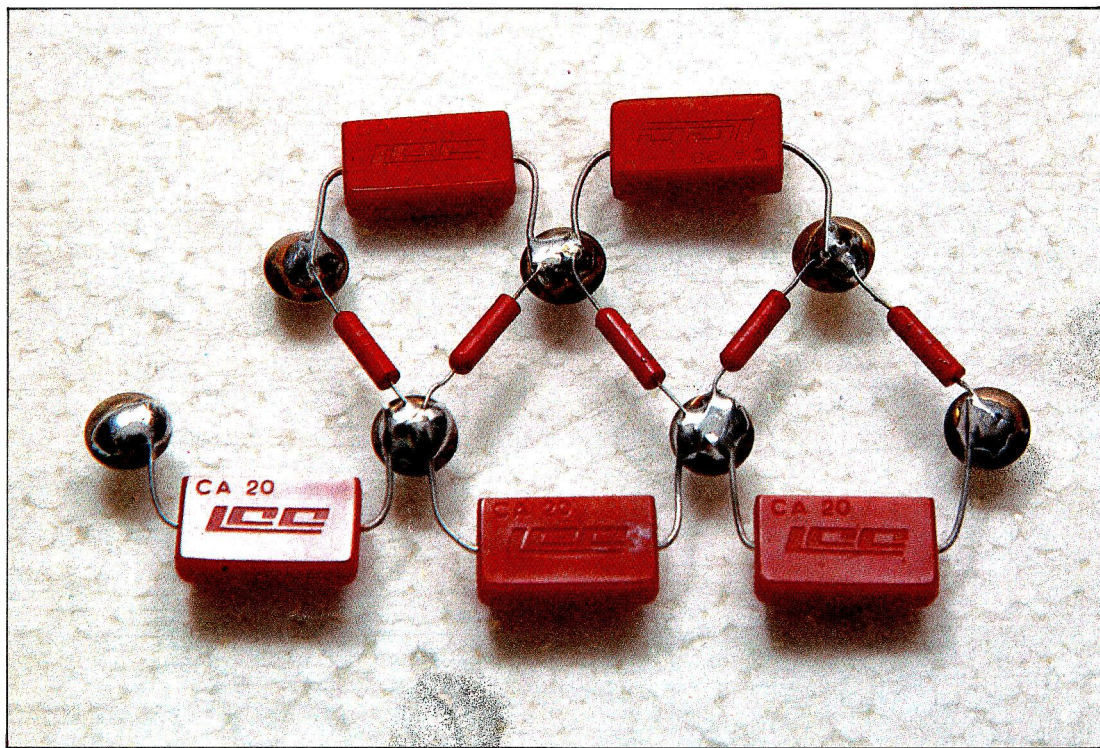
le. Notre seul problème ici sera, comme le mois précédent, l'isolation. C'est pour cette raison que nous n'utiliserons pas de plaque de câblage dont l'isolation serait insuffisante.

Munis de ce multiplicateur de tension nous allons donc pouvoir pratiquer de nouvelles expériences comme.

Le moulinet électrostatique. Il s'agit d'un petit moteur électrostatique fonctionnant par effet de pointe. Rappelons qu'une pointe conductrice portée à un potentiel élevé crée un "vent" électrostatique.

C'est à celle-ci que nous connecterons le générateur et elle alimentera ainsi l'ensemble du moteur. Attention, encore une fois, éviter de toucher le montage dès la mise sous tension.

Le pop-corn électrostatique. Cette expérience-ci demandera un peu plus de soins et de dextérité que la précédente. En effet il faudra d'abord réaliser cinq ou six petites boules de polystyrène expansé d'environ huit millimètres de diamètre. Ensuite chacune de ces boules sera recouverte d'une feuille d'aluminium.



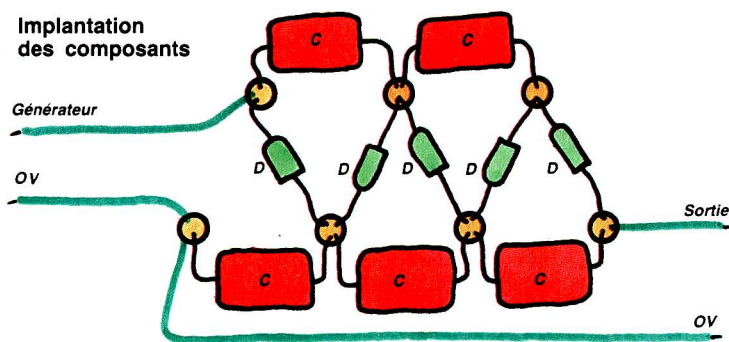
existante du générateur, sans avoir à le modifier. En effet il suffira de brancher ce nouveau montage sur la sortie pour obtenir la multiplication de tension désirée.

La réalisation et le câblage de cette amélioration seront extrêmement simples, comme on peut le voir sur le plan de câblage. Ce type de multiplicateur de tension est bien connu des électroniciens ; il est souvent appelé "multiplicateur en échelle" en raison de la disposition de ses éléments qui rappelle les barreaux d'une échelle.

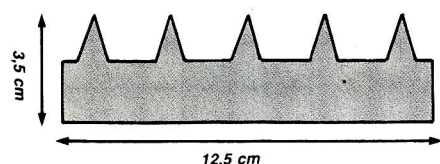
que lié à l'émission de charges. En orientant donc les pointes tangentiellement à l'axe de rotation, le moulinet tournera par réaction dans le sens opposé aux pointes. Pour réaliser ce moteur nous vous proposons deux solutions : soit découper la partie mobile dans une feuille d'aluminium ménager, comme le montre notre dessin, soit employer du fil de câblage rigide et lui donner une forme de croix gammée. Dans les deux cas cette pièce mobile sera posée sur un pivot constitué d'une épingle.

L'ensemble devra être aussi lisse que possible car les aspérités favorisent les effets de point parasites. Cette opération effectuée, il faudra réaliser un portique également en polystyrène ou toute autre matière isolante, muni en son centre d'une balle de ping-pong entourée d'aluminium. Nous alimenterons ce montage d'une part par la balle de ping-pong et d'autre part à l'aide de la feuille faisant office de sol. Au départ les petites boules seront placées sous la balle de ping-pong et dès la mise sous ten-

Implantation des composants

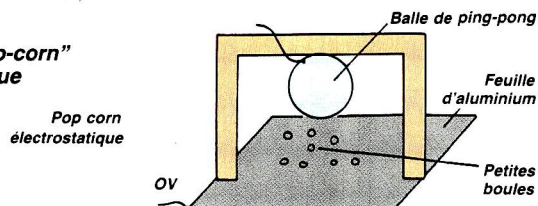


L'ioniseur...

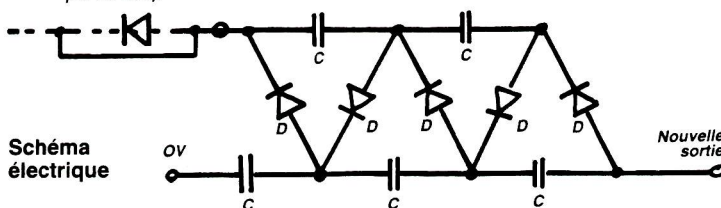


Pièce à découper dans une feuille d'aluminium ménager pour réaliser un ioniseur

... et le "pop-corn" électrostatique



Ancienne diode remplacée par un Strap



Nomenclature

Toutes diodes : BY 184 ou équivalentes
Tous condensateurs : 150 picofarads 3 000 volts
ou à défaut 10 fois 1,5 nanofarads 350 volts, montés en série en lieu et place de chaque condensateur.

En réponse à un abondant courrier de lecteurs, et en nous excusant auprès de ceux qui n'auraient pas encore vu leurs commandes honorées auprès de la société PENTRON, voici ci-dessous des adresses où l'on peut se procurer les différents composants utilisés dans notre rubrique :

- RADIO M.J., 19 rue Claude Bernard, 75005 Paris ; pour les commandes par correspondance, tél. 336 01 40.
- PENTASONIC, 5 rue Maurice Bourdet, 75016 Paris, tél. 336 21 05.
- T.S.M., 15 rue des Onze Arpents, 95130 Francoville, tél. 413 37 52.
- Ces composants sont également disponibles chez la plupart des revendeurs régionaux.

sion elles doivent sautiller entre le sol et la balle avec un mouvement rappelant celui du pop-corn en train de cuire.

Ce phénomène est dû à la charge et à la décharge successive de chaque boule. En effet au départ le potentiel des boules est nul, puisqu'elles sont posées sur un sol conducteur. Elles se trouvent donc attirées par la balle de ping-pong. Lorsqu'elles entrent en contact avec cette dernière, elles se trouvent chargées au même potentiel grâce à la feuille d'aluminium qui les recouvre, et sont donc aussitôt repoussées vers le sol ou elles se déchargeront. Le processus se répète à l'infini et nos boules sautilleront tant que le montage sera alimenté.

Un ioniseur. Bien qu'extrêmement réservés sur l'utilité d'un tel appareil, nous vous proposons d'en réaliser un fort simplement. Pour cela il suffira de découper une sorte de peigne dans une feuille d'aluminium. Ensuite ce "peigne" sera connecté à la sortie négative du générateur alors que la seconde sortie sera, si possible raccordée à une conduite d'eau ou mieux à la cosse de terre d'une prise de courant type force. Cette cosse se reconnaît aisément car c'est la seule qui dépasse de la prise.

Bien sûr toutes sortes d'autres expériences sont possibles à l'aide de ce générateur, mais les énumérer ici serait fastidieux. Laissez donc libre cours à votre imagination. Si les idées vous manquent nous vous conseillons de visiter la salle d'électrostatique du Palais de la Découverte avenue Franklin Roosevelt à Paris, où sont régulièrement présentés de nombreux montages.

Pour conclure nous vous rappelons encore une fois que, bien que non dangereuses, ces expériences peuvent provoquer de fortes secousses en cas de négligence. Nous vous recommandons donc le plus grand soin et de ne pas laisser les enfants utiliser seuls ce montage. De plus afin d'éviter toute décharge inattendue des condensateurs du multiplicateur de tension, il est conseillé de court-circuiter sa sortie dès la mise hors tension du générateur. Munis de ces diverses précautions vous pourrez réaliser vos essais en toute sécurité et sans désagréable surprise.

Henri Pierre PENEL et
Olivier GUTRON □

SATELLISATIONS AUTOUR D'AUTRES PLANÈTES

► Après la Terre (*Sputnik 1*, 4 octobre 1957) et la Lune (avril 1966), les planètes Mars et Vénus reçurent à leur tour leurs premiers satellites artificiels : *Mariner 9* (USA) autour de Mars en novembre 1971 et *Venera 9* (URSS) autour de Vénus en octobre 1975.

Dans quatre ans, fin 1988, ce sera au tour de Jupiter d'être dotée elle aussi d'une lune artificielle ; il s'agit de *Galiléo*, qui doit s'élancer depuis la soute de la navette *Atlantis* le 21 mai 1986, à l'occasion de la 33^e mission d'une navette spatiale.

Pour réaliser une mise en orbite autour d'une planète il faut d'abord expédier en direction de celle-ci une sonde spatiale qui la frôlera à une distance déterminée à l'avance. A l'arrivée, la sonde, circulant sur une orbite héliocentrique ayant son périhélie au niveau de la planète de départ (en l'occurrence la Terre), arrivera dans le champ de gravitation de la planète avec une vitesse propre.

Cette vitesse sera inférieure à la vitesse de déplacement de la planète sur son orbite dans le cas d'une planète extérieure (comme Mars) et supérieure dans le cas d'une planète intérieure (comme Vénus). L'opération de satellisation consistera donc à mettre à feu au bon moment un moteur-fusée incorporé à la sonde, de manière à diminuer ou augmenter, suivant le cas, la vitesse de cette sonde et assurer sa capture par la planète. A ce moment là il convient de

changer de référentiel. Dans un premier temps, en effet, les vitesses sont calculées dans un référentiel solaire puisqu'il s'agit d'orbites héliocentriques ; les vitesses sont calculées par rapport au Soleil.

Dans un second temps la différence des deux vitesses, celle de la sonde et celle de la planète, donne une vitesse résultante par rapport à la planète considérée. On se trouve alors dans le référentiel de cette planète. Compte tenu de l'altitude choisie pour la mise en orbite il suffit alors de calculer quelle est la vitesse orbitale pour cette altitude. Une simple soustraction avec la vitesse d'entrée dans la zone d'action de la planète, obtenue ci-dessus, donne alors la valeur de l'impulsion de vitesse à fournir pour qu'il y ait mise en orbite. Nous nous en tiendrons — afin de ne pas alourdir le programme — au cas de l'orbite circulaire, mais le calcul pour une orbite elliptique n'est pas beaucoup plus compliqué.

Enfin, car c'est là aussi un aspect intéressant de ce genre d'opération, nous calculerons quelle est la masse restante (structure + charge utile scientifique) après satellisation, à partir d'une masse initiale de la sonde.

Formulation

Les formules de calcul pour ce programme sont essentiellement de deux types :

- Celles qui permettent de calculer des vitesses orbitales (hélio-

triques ou planétocentriques) et dérivent par conséquent de la troisième loi de Képler

- Celles qui donnent la vitesse finale d'une fusée en fonction de la vitesse d'éjection et du rapport de masse, et dérivent donc de la célèbre formule de Tsiolkovsky.

Pour ce programme il faut entrer :

- La distance Terre-Soleil au départ de la sonde (r_t) en mètres
- La distance planète-Soleil à l'arrivée (r_p) en mètres
- L'altitude de satellisation choisie (h) en mètres
- La masse de la sonde en kg, à l'arrivée près de la planète (m). Variables :
- Rayon de la planète (R), voir **tableau 1**.
- Masse relative de la planète par rapport à la Terre (M), voir **tableau 1**.
- Demi-grand axe de l'orbite planétaire (a_p), voir **tableau 1**.
- Constantes :
- constante géocentrique de gravitation (C_g)
- constante héliocentrique de gravitation (C_h).

Etapes du calcul :

I. Vitesse de la planète sur son orbite à l'arrivée de la sonde

$$V_1 = \sqrt{C_h \left(\frac{2}{r_p} - \frac{1}{a_p} \right)}$$

$$C_h = 1.3\ 272\ 10^{20}$$

II. Vitesse de la sonde à son arrivée dans le champ gravitationnel de la planète

$$V_2 = \sqrt{C_h \left(\frac{2}{r_p} - \frac{1}{a_s} \right)}$$

avec a_s : demi-grand-axe de l'orbite héliocentrique de la sonde ;
 $a_s = \frac{r_p + r_t}{2}$

III. Vitesse relative sonde/planète
 $V_r = |V_1 - V_2|$ (ne considérer que la valeur absolue)

IV. Vitesse orbitale autour de la planète pour l'altitude choisie.

$$V_s = \sqrt{C_p / (R + h)}$$

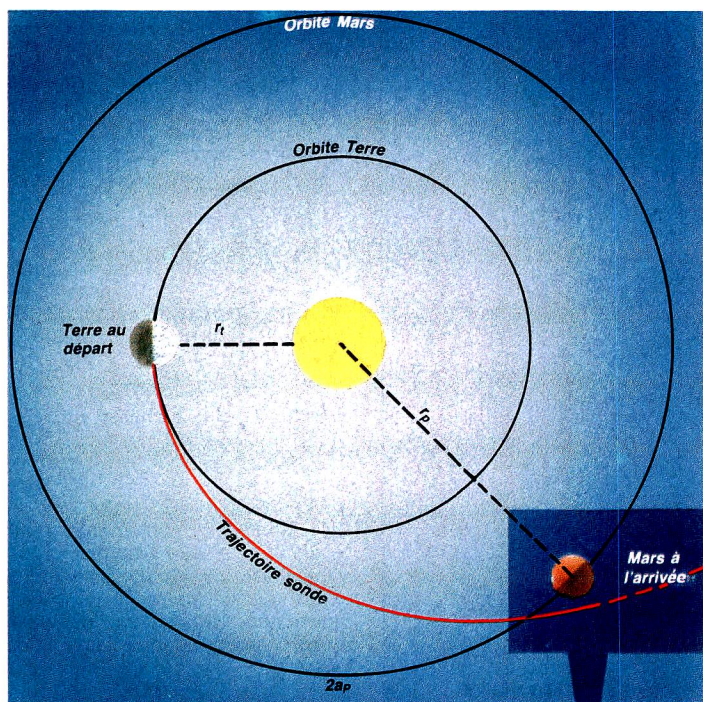
$$C_p = C_g \cdot M$$

où $C_g = 3.98602\ 10^{14}$

N.B. Cette "calculette" est la dernière de la série que nous avons inaugurée avec le *Science & Vie* n° 746, de novembre 1979. En près de cinq ans nous avons proposé 58 exercices astronomiques et spatiaux, aussi variés que possible. Cette rubrique, à en juger par le courrier reçu, a été très appréciée des lecteurs. Pierre Kohler et Daniel Ferro les remercient des milliers de lettres reçues durant cette période, pour féliciter, faire des suggestions ou signaler des erreurs. Quelques "coquilles" ou omissions se sont en effet glissées dans ces programmes, parfois longs et difficiles à vérifier avant publication. Submergés de courrier nous n'avons pu répondre à tous nos correspondants, mais sa-

chez bien que vos lettres ont été lues et prises en compte.

Nombreux aussi sont ceux qui ont manifesté le souhait de voir ces exercices regroupés en un seul volume. *Science & Vie* étudie actuellement la possibilité de regrouper dans un numéro spécial les "calculettes" les plus intéressantes, classées par thèmes, avec une programmation en Basic. Certes, les calculettes de poche programmables sont encore très répandues mais de plus en plus nombreux sont les utilisateurs qui se dotent de "micros" et il nous paraît donc plus judicieux de proposer un ensemble de programmes en Basic.



V. Incrément ou décrétement de vitesse à fournir par la sonde
 $\Delta V = |V_e - V_p|$ (ne considérer que la valeur absolue)

VI. Masse de la charge utile après épuisement des propergols consommés pour la mise en orbite

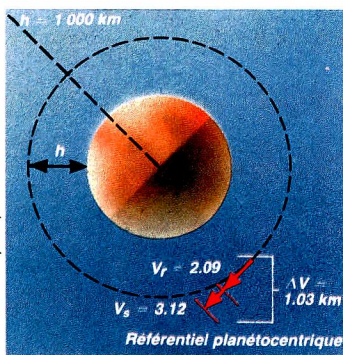
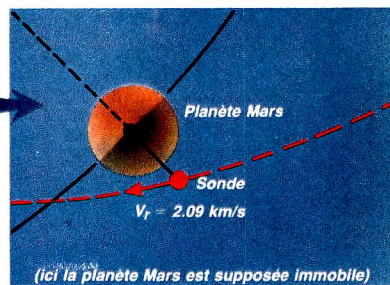
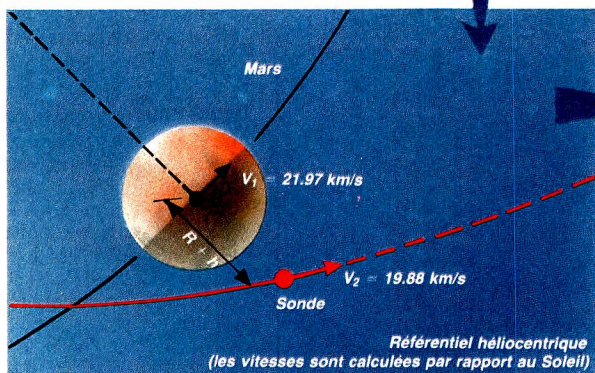
$$P = \frac{m}{\text{Exp. } (\Delta V/2 \text{ 650})}$$

Exp = INV Log

La valeur 2 650 correspond à la vitesse d'éjection des gaz (2 650 m/s) dans le cas de propergols stockables (hydrazine et peroxyde d'azote) utilisés pour les mises en orbite autour de planètes.

Applications

Satellisation à 1 000 km d'altitude au-dessus de Mars d'une sonde pesant 4 000 kg après son lancement de la Terre. Au départ de la Terre se trouve à son périhélie ; à l'arrivée Mars est à son aphélie : distances 147,1 et 249,2 millions de km du Soleil, respectivement.



- Si $\Delta V > 1.03$ km/s l'orbite ne sera pas circulaire mais elliptique, ce point d'injection devenant un périastre.
 - Si $\Delta V > 1.03 \sqrt{2}$ on atteint la vitesse de libération de la planète et il n'y a plus de satellisation.
 - Si $\Delta V < 1.03$ km/s l'orbite est également elliptique mais le point d'injection devient l'apoastre. Si le périastre résultant est trop faible, la sonde percutera la planète.
- Les vitesses sont calculées par rapport à Mars.

I. Vitesse de la planète

$$V_1 = \sqrt{1.3 \cdot 272 \cdot 10^{20} \left(\frac{2}{249.2 \cdot 10^9} - \frac{1}{227.9 \cdot 10^9} \right)} = \sqrt{4.8286 \cdot 10^8} = 21 \, 974 \text{ m/s}$$

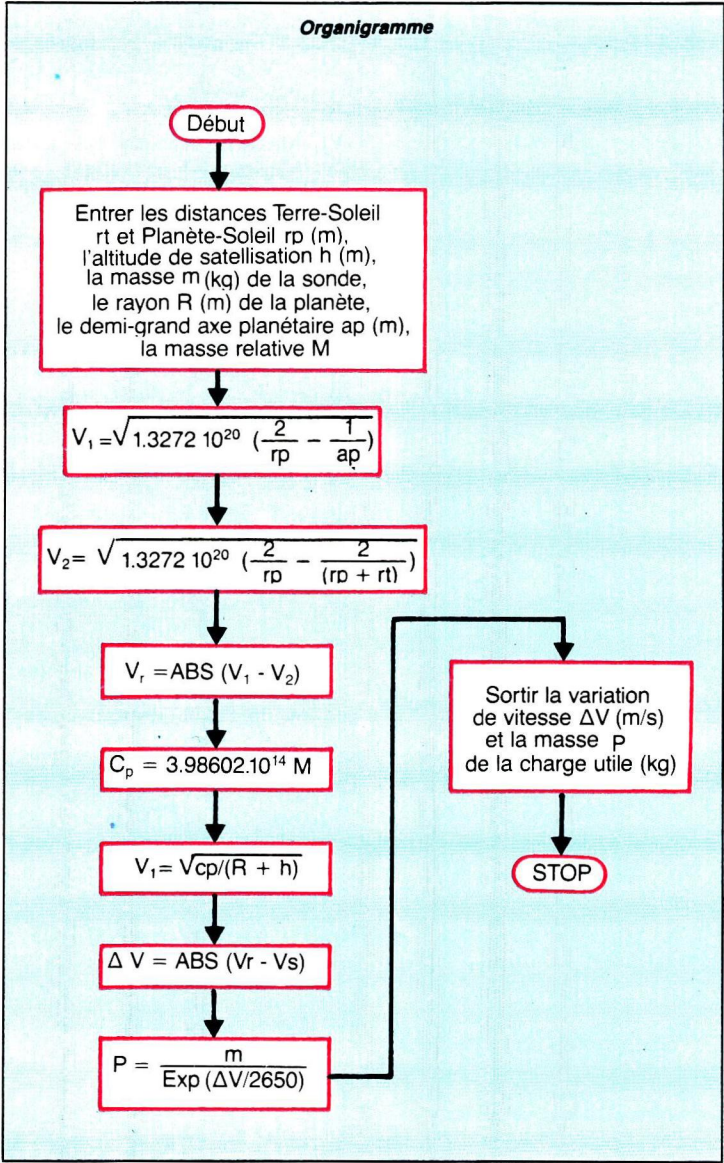
II. Vitesse de la sonde

$$V_2 = \sqrt{1.3 \cdot 272 \cdot 10^{20} \left(\frac{2}{249.2 \cdot 10^9} - \frac{1}{198.15 \cdot 10^9} \right)} = \sqrt{3.9 \, 537 \cdot 10^8} = 19 \, 884 \text{ m/s}$$

car $a_s = (147.1 + 249.2) \cdot 10^9 / 2$

CALCULETTE DE L'ASTRONOME

(suite)



III. Vitesse relative sonde/planète
 $V_r = 21\,974 - 19\,884 = 2\,090 \text{ m/s}$

IV. Vitesse orbitale autour de Mars

$$V_s = \sqrt{\frac{(3.98\,602 \cdot 10^{14} \times 0.1\,075)}{(3\,395 + 1\,000) \cdot 10^3}}$$

$$= \sqrt{9.74\,965 \cdot 10^6} = 3\,122 \text{ m/s}$$

V. Complément ou décrétement de vitesse à fournir par la sonde
 $\Delta V = |2\,090 - 3\,122|$
 $= -|1\,032| = 1\,032 \text{ m/s}$

VI. Masse de la charge utile
 $P = \frac{4\,000}{\text{INV Log}(1\,032/2\,650)}$

$= 4\,000/1.476 = 2\,710 \text{ kg}$
 (il a donc fallu consommer 4 000 - 2 710 = 1 290 kg de propergols pour placer ce satellite à 1 000 km d'altitude au-dessus de la surface martienne, compte tenu des positions respectives de la Terre et de Mars.)

Solution du numéro précédent
 "Pression atmosphérique et altitude"

Note pour les deux machines
 Ces deux programmes travaillent avec des altitudes exprimées en mètres. Ceci est valable pour les données comme pour les résultats. Rappelons de plus que la correction à apporter lors de l'étalonnage va dans le sens d'un accroissement de la pression indiquée par le baromètre.

Programme pour HP-11C

001	LBL A	FIX 0
	GSB 0	R/S
	CHS	020 LBL B
1		GSB 0
+		1
1		0
0		1
1		3
3		.
010 .		2
2		5
5		x
x		030 +
.		x \rightleftharpoons y
7		-
5		1
x		0

PLANÈTE	R	M	a_p
Mercure	$2.439 \cdot 10^6$	0.0553	$57.91 \cdot 10^9$
Vénus	$6.102 \cdot 10^6$	0.8151	$108.21 \cdot 10^9$
Mars	$3.395 \cdot 10^6$	0.1075	$227.92 \cdot 10^9$
Jupiter	$71.398 \cdot 10^6$	317.893	$778.21 \cdot 10^9$
Saturne	$60.330 \cdot 10^6$	95.18	$1.428 \cdot 10^{12}$

N.B. Pour vous permettre de situer dans des plages réelles les distances des planètes au soleil voici les valeurs des périhélie et aphélie :

Mercure :	46,0 à 69,8 millions de km
Vénus :	107,5 à 109,0 millions de km
Terre :	147,1 à 152,1 millions de km
Mars :	206,7 à 249,2 millions de km
Jupiter :	740,5 à 815,8 millions de km
Saturne :	1 347,5 à 1 507,8 millions de km

Tableau des principales variables

GO INITIATION

ATTAQUE ET DÉFENSE CONNECTER — COUPER

1	FIX 0
3	R/S
.	LBL 0
2	ENTER
5	4
040 ÷	4
.	060 3
1	0
9	0
y ^x	÷
CHS	CHS
1	1
+	+
4	5
4	.
050 3	2
0	070 6
0	y ^x
×	072 RTN

Mode d'emploi

● Si on désire étalonner le baromètre, entrer l'altitude (en m) en A, et la convection apparaîtra, en mm de mercure.

● Pour déterminer une altitude, entrer successivement en les séparant par des ENTER : la pression de départ, puis celle d'arrivée (en mb), et l'altitude de départ en m. Après avoir introduit celle-ci, il suffira d'appuyer sur B pour obtenir l'altitude d'arrivée.

Programme pour PC-1212

```

5:REM PRESSION       UDE DEPART=?
*ALTITUDE            M "A
10:INPUT "ETALO 110: INPUT "PRESS
NNAGE ?"IR$         ION DEPART=
20:IF R$="N"         ? MB "IC
GOTO 100
30:INPUT "ALTIT      120: INPUT "PRESS
UDE = ? M "I        ION ARRIVEE=
H                   ? MB "ID
40:P=1013.25*(1      130:E=1013.25*(1
-H/44300)^.5.        -A/44300)^.5.
26                   26
140:F=E-C+D
50:D=0.75*(1013     150:B=44300*(1-(
.25-P)              F/1013.25)^0
.19)
60:PRINT USING
"####";"CORR 160:PRINT USING
ECT.="ID;" M       "#####";"ALT
M MERCURE"         ITUDE ARRIVE
70:GOTO 10          E="B;" M
100:INPUT "ALTIT 170:GOTO 10

```

Mode d'emploi

Il suffira, après avoir exécuté "RUN, ENTER", de répondre aux questions posées par la machine ? Taper "O" pour oui et "N" pour non, comme d'habitude. Les données sont bien sûr mémorisées par la machine, d'un calcul à l'autre.

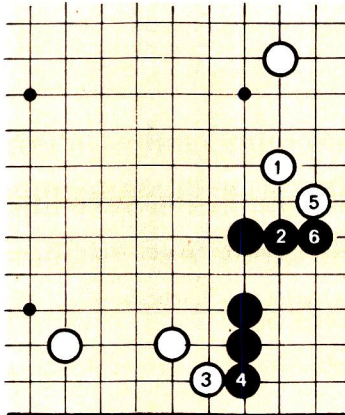
Pierre KOHLER
Programmation Daniel FERRO □

► Une partie de Go peut être assimilée à une succession de coups d'attaque et de défense. Défendre, c'est défendre une position — un territoire — c'est aussi défendre ses pierres et ses points faibles. Attaquer, c'est pareil, sauf que c'est tout le contraire.

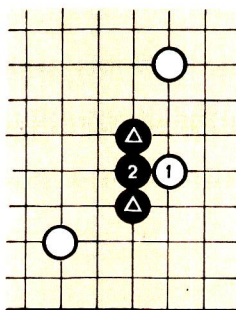
Les moyens de défense immédiats et naturels sont : le blocage quand il s'agit d'un territoire, la connexion quand il s'agit des pierres.

Diagramme 1. Avec les coups 2, 4 et 6 le noir défend son territoire du coin en bloquant l'avancée du blanc.

Connecter : sur le **diagramme 2**, le noir avec 2 connecte ses pierres ♀. S'il ne le fait pas, le blanc jouera 2, les pierres noires seront coupées



Diag. 1



Diag. 2

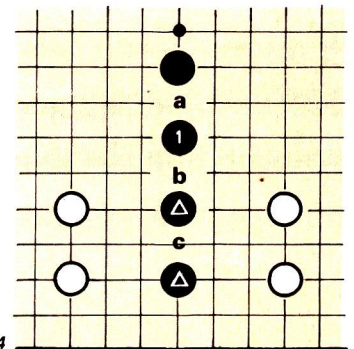
l'une de l'autre et deviendront très vulnérables.

Diagramme 3. Le noir croit avoir un territoire sur le bord, mais il a oublié l'essentiel : il y a trois points de coupe dans son dispositif et quand le blanc joue 1, il n'a pas de défense satisfaisante contre la double menace en "a" et "b".

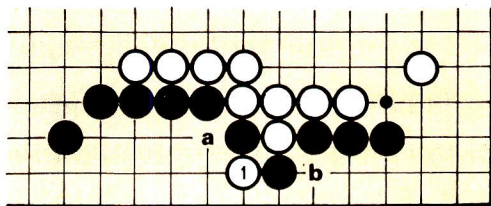
Diagramme 4. Avec 1, le noir assure la cohésion de toutes ses pierres : les pierres noires ne sont pas strictement connectées, mais les trous en "a", "b", "c", ne sont pas préoccupants : le noir se connecte en grand. En revanche si le blanc jouait lui-même en 1, les pierres noires ♀ seraient placées dans une position plus délicate, la route vers le centre étant coupée. Les coups définitifs sont essentiels : on verra que la plupart du temps, dans une séquence, les coups "agressifs" et "défensifs" alternent : c'est simplement de cette manière que la partie progresse.

Diagramme 5. La séquence de 1 à 7 est une invasion classique du coin. Envahir, dans ce cas, c'est plutôt répondre à la pression exercée sur la pierre blanche ♀. Si le blanc n'a pas le temps de jouer 1, ou tout autre coup, le noir pourra à la fois garder le territoire du coin et priver la pierre ♀ de base de vie, en jouant 2 par exemple.

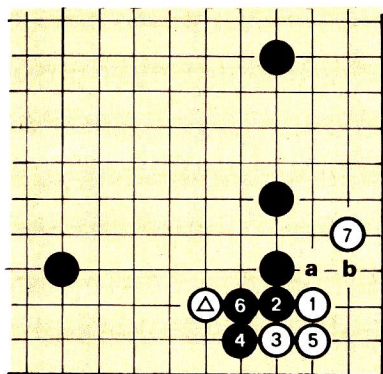
En réponse à l'invasion 1, 2 est un coup naturel, séparant 1 de ♀ :



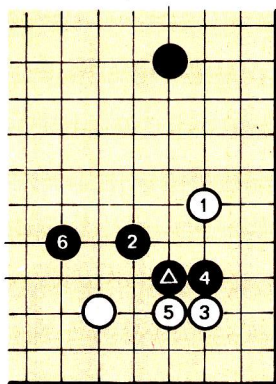
Diag. 4



Diag. 3



Diag. 5



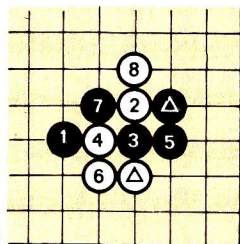
Diag. 6

jouer 2 en "a" serait beaucoup trop timoré ; le blanc répond 2 et a acquis facilement un petit territoire ; avec le 3 le blanc menace de connecter ses deux pierres, ce que 4 prévient ; 5 est une connexion : le blanc n'a pas le temps de couper en 6, sinon le noir joue 5 et capturera la pierre 3, faisant exploser la position blanche : mais la connexion 5 rend maintenant la connexion noire en 6 nécessaire : ce n'est donc pas une perte de temps. 7 est indispensable pour que le groupe blanc du coin vive, sinon le noir joue "b" et le blanc n'aura jamais deux yeux. En échange du territoire dans le coin, noir a maintenant une position très forte sur l'extérieur.

On voit bien que les coups de connexion sont des coups naturels. **Couper**, c'est l'envers de la connexion : couper ou séparer les pierres de l'adversaire, l'affaiblit. C'est souvent la meilleure manière de défendre une pierre faible.

Diagramme 6. La pierre noire ④ est attaquée par deux pierre

blanches ; se diriger vers le centre et séparer nettement les forces blanches est un moyen simple d'éviter les ennuis. Le noir commence avec 2 ; il laisse ensuite le



Diag. 7

blanc se renforcer d'un côté, mais garde la pierre blanche 1 en otage ; cette pierre est bien loin d'être capturée, mais le rapport des forces est inversé : sur le bord est, c'est le blanc qui est faible et noir fort. Dans une partie à handicap, quand on a les noirs, il n'est pas nécessaire de chercher la coupe à tout prix, en revanche penser à séparer les forces de l'adversaire et à se connecter est indispensable. Ce n'est pas la même chose dans une partie à égalité où il n'est pas question de céder quoi que ce soit gratuitement. De là naissent les complications.

Diagramme 7. Le noir avec 1 cherche à confiner la pierre blanche ④ dans un coin, mais il y a de l'espace entre ④ et 1 ; le blanc doit, en principe résister et 2 sépare les pierres noires ; le noir ne doit pas se résigner lui non plus ; après 5 — une connexion — il a réussi à créer deux points de coupe en 6 et 7 ; blanc connecte en 6, noir coupe en 7 et blanc sauve la pierre de coupe — très importante, avec 8. C'est le début du *Taisha*, "le *Joseki* aux mille variantes". Comme quoi, la complication naît de la nécessité.

BIBLIOGRAPHIE

- "Bien conduire sa partie de Go", par Lim Yoo Jong et J.P. Lalo.
- "Le jeu à six pierres de handicap", par Lim Yoo Jong et Myung Jin Shin : éditions Chiron, 40 rue de Seine, 75006 Paris.
- "Le jeu de Go", par P. Aroutcheff (Hatier, 59 bd Raspail, 75006 Paris).
- "Regards sur le Go", numéro spécial de la Revue française de Go (1 rue Belle Image, 44000 Nantes).

Pierre AROUTCHEFF □

ATTAQUE ET DÉFENSE

Blancs : Sakata.

Noirs : Fujisawa.

Résultat : noir gagne de 7 1/2 points, en 276 coups.

► C'est dans le milieu de partie que l'aspect attaque-défense prend tout son sens. Pour apprécier une position, deux éléments principaux entrent en ligne de compte : le potentiel territorial et le potentiel offensif.

Selon Akira Ishida (1), quand on demande à un professionnel, « qui a l'avantage ? », la réponse la plus fréquente est donnée en termes de rapport de forces plutôt qu'en rapport de points ; c'est en général celui dont le jeu est le plus équilibré qui a les meilleures chances de gagner, c'est-à-dire d'avoir à la fin, et seulement à la fin de la partie, le plus de points. Ce qui ne veut pas dire que les territoires acquis n'ont pas d'importance, mais que c'est seulement un des aspects de l'évaluation.

Ishida donne l'exemple de la **figure 2**, où Shuko Fujisawa avec les noirs et en 65 coups, démontre que l'avantage territorial de Sakata ne lui donne pourtant pas la meilleure position. Mais attaquer est un art difficile et cette partie de Shuko est un de ses chefs d'œuvre. La position qui nous intéresse est celle de la fin de la **figure 1**. Comment en est-on arrivé là ?

Le Go-imitation 1-13. Le début de la partie, 1-12 est symétrique, on dit : *Mane-Go* ou "Go-imitation". Ce genre de début apparaît parfois dans les parties de pros. Le problème pour le noir est de choisir le moyen de détruire la symétrie ; l'occupation du point central, ici avec 13, est évidemment le plus simple ; du coup, la zone noire est plus étendue que la zone blanche et Sakata va devoir travailler dedans, mais c'est sa spécialité.

Le Go-destruction (14-52). Shuko répond en 15, au coup d'érosion en 14, c'est l'approche la plus positive et un coup normal. A l'invasion blanche 16-22, répond l'invasion noire 23-35, mais après 36 la position blanche paraît confortable.

Un premier tournant est l'échange 42-43, alors que Sakata renforce la structure de ses pierres, le noir

(1) Akira Ishida et James Davies : *Attak and Defence* (Ishi Press).

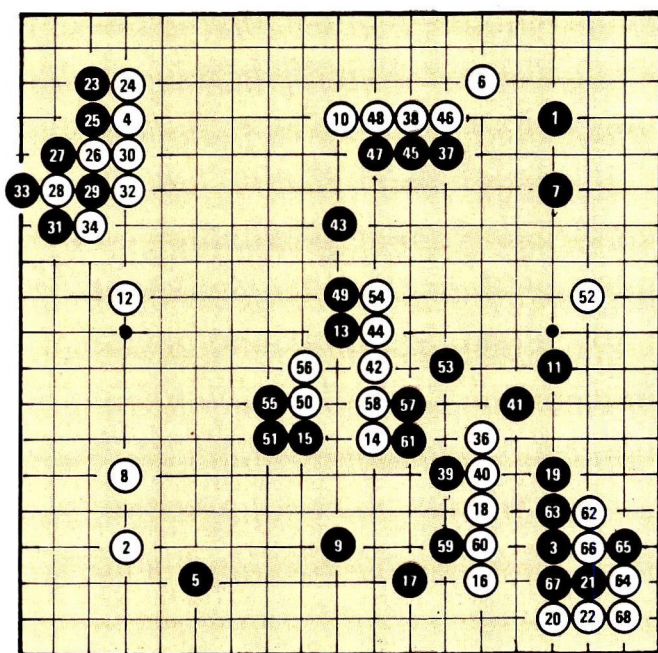


Figure 1. Coups 1-68: 35 en 28.

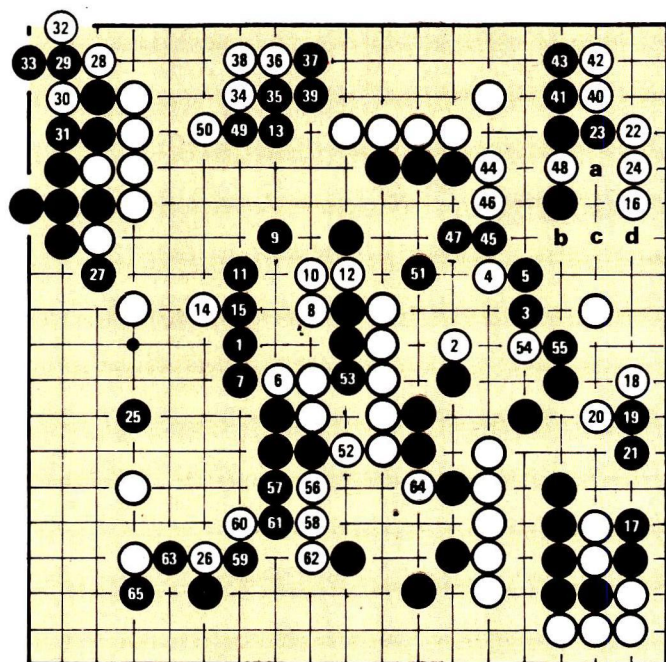


Figure 2. 65 coups (69-133, note 1-65).

du coin avec la séquence 62-68.

L'attaque, Figure 2. Quand on a suivi le début de partie, on attend logiquement que le noir attaque les pierres du centre et c'est ce qui va se produire ; on attaque souvent en essayant de faire des points en cours de route ; Shuko ne peut pas vraiment rivaliser en points avec le blanc ; espérer capturer les pierres du centre ou la pierre 52 est illusoire ; ce que va faire le noir c'est rendre son dispositif plus puissant en faisant pression sur les pierres blanches faibles ; le renforcement de ses pierres permettra ensuite au noir d'investir toutes les positions blanches par un effet de boomerang.

Shuko donne là une démonstration éclatante de ce qu'est la vision globale du jeu. 1-13 : les pierres du centre sont attaquées et la pierre du bord est isolée ; plutôt que d'attaquer féroce en jouant 11 en 12, le noir se renforce à l'extérieur et oblige blanc à jouer 12 ; les pierres blanches sont en sécurité, mais pas définitivement vivantes. Avec 13, le noir se parachute sur le bord nord.

16-27 : blanc se stabilise sur le bord est mais perd l'initiative et noir se parachute à l'ouest avec 25 ; il ne répond pas au coup 26 et avec 27 déstabilise le mur blanc. 28-39 ; le blanc fait vivre son groupe en danger, mais après 39 le groupe blanc du bord nord est très faible. 40-51 ; le blanc menace de se connecter avec 40-42, il parvient ensuite, 44-48, à capturer quatre pierres noires ; si noir joue "a", blanc répond "b".

Mais 47 affaiblit le centre blanc ; le noir échange 49-50 pour se prémunir contre toute mauvaise surprise, puis détruit, avec 51, le deuxième œil blanc.

52-65 ; le groupe blanc doit aller chercher son salut sur le bord sud, où il détruit d'ailleurs le potentiel territorial noir ; au cours de cette séquence, le noir répond enfin au coup 26 du blanc et y répond même tellement que la situation dans le coin sud-ouest devient extrêmement délicate pour le blanc. Comme le noir a encore à sa disposition la séquence noir "c", blanc "a", noir "d", il a partie gagnée.

agrandit le théâtre des opérations en s'installant à la frontière des zones d'influence. Avec 52, Sakata continue son travail de destruction.

Le Go-séparation (53-58). 53 renforce les pierres noires, contribue à isoler la pierre 52 et prépare la séquence de coupe 57-61. Le blanc doit faire vivre d'abord son groupe

Pierre AROUTCHEFF □

UN DIAGRAMME DE GAUSS

► Carl Friedrich Gauss, savant allemand du siècle dernier est connu pour ses études sur la mécanique céleste, le magnétisme — son nom a été attribué à l'unité d'induction magnétique — et pour sa théorie sur les erreurs et les répartitions.

C'est ce dernier point qui va nous intéresser ce mois-ci. Nous allons en effet demander à notre ZX 81 de tracer un diagramme de Gauss. Pour cela l'ordinateur tirera deux chiffres aléatoires compris entre 1 et 6, en fera la somme puis imprimera un point sur l'écran à l'endroit désigné.

Si le même résultat se présente de nouveau nous placerons un autre point à coté du précédent. Le diagramme apparaîtra donc comme une sorte d'empilement horizontal de toutes les sommes ainsi obtenues. Comme l'on peut s'en douter il sera beaucoup plus fréquent d'obtenir une somme égale à 6 ou 7 qu'une somme égale à 2 ou 12 ; résultant du tirage double 1 ou double 6.

Une fois terminé, le diagramme

```

10 DIM P(1,12)
15 LET N=0
20 PRINT " DES SORTIS: "
25 PRINT " TIRAGE NUMERO: "
30 FOR I=1 TO 12
40 LET P(1,I)=0
50 NEXT I
60 FOR E=2 TO 12
70 PRINT AT E+5,0,E
80 NEXT E
100 LET A=INT (RND*6)+1
110 LET B=INT (RND*6)+1
115 LET P(1,(A+B))=P(1,(A+B))+1
120 PLOT P(1,(A+B))+5,(32-2*(A+B))
125 LET N=N+1
130 PRINT AT 0,12,A,B,N
140 GOTO 100

```

Notre programme...

devra comporter 12 cases. Cette opération est effectuée par la ligne 10. Attention DIM est un mot clé et s'obtient simplement en appuyant sur D après avoir frappé le numéro de la ligne. Nous avons vu que nous voulions que le ZX 81 nous indique combien de tirages avaient été effectués.

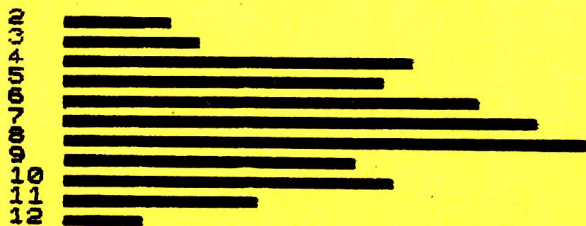
Pour cela nous les compterons à l'aide de la variable N. En 15,

valeur pour chaque point de notre axe vertical. Il ne nous reste plus à présent qu'à tirer nos deux nombres aléatoires ; opération effectuée par les lignes 100 et 110. Attention ; ici également les instructions INT et RND sont des mots clés que l'on obtient respectivement en appuyant simultanément sur SHIFT et NEW LINE puis R, et sur SHIFT et NEW LINE puis T. À la ligne 115 nous rangerons la somme de ces deux chiffres dans le tableau créé par la ligne 10. L'écriture de cette ligne est un peu chargée car elle effectue simultanément la somme et le classement. Enfin la ligne 120 imprimera sur l'écran le point correspondant au dernier tirage effectué grâce à l'ordre PLOT (Q).

En 125 et 130 nous incrémenterons la valeur de N et nous afficherons les nombres correspondants aux dés tirés ainsi qu'au numéro du coup. La ligne 140 sera utilisée pour redoubler le programme. Nous n'avons pas prévu l'ordre d'arrêt car le calcul s'arrêtera de lui-même faute de place en mémoire ou sur l'écran. Une fois lancé par l'ordre RUN le déroulement de ce programme ne nécessite aucune intervention ; il suffira de vous installer le plus confortablement possible devant l'écran du téléviseur et d'attendre, car son exécution est d'une extrême lenteur. Vous aurez cependant la joie de voir évoluer le diagramme au fur et à mesure des tirages. Il vous sera toujours possible d'interrompre le déroulement en appuyant sur la touche BREAK (espace), ou plus simplement en débranchant le ZX 81.

Henri PENEL
et Olivier GUTRON □

DES SORTIS: 3 2
TIRAGE NUMERO: 332



... et notre écran.

présentera donc une bosse centrale et "s'écraiera" aux extrémités. Généralement ce type de diagramme est représenté verticalement ; c'est-à-dire avec les cases de repères placées suivant un axe horizontal, et le nombre de tirages sortis sur un axe vertical. Cependant pour des raisons de place en mémoire sur le ZX 81 nous avons inversé ces deux axes.

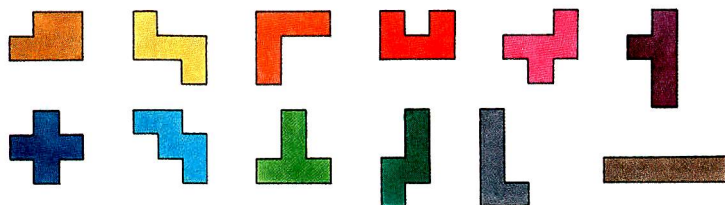
Passons donc à présent à l'écriture de notre programme. Comme nous désirons savoir à tout instant combien de fois chaque combinaison est sortie, nous rangerons les résultats des divers tirages dans un tableau accessible à l'ordinateur. Pour cela nous utiliserons l'ordre DIM en précisant que le tableau

nous signalerons sa présence à l'ordinateur et nous lui donnerons la valeur 0 puisqu'aucun tirage n'a encore été effectué. Les lignes 20 et 25, elles, seront utilisées pour la présentation des commentaires sur l'écran. La boucle FOR... NEXT des lignes 30 et 50 nous permettra d'initialiser toutes les valeurs de la chaîne créée par l'ordre DIM, en leur attribuant la valeur 0. Elles sont en effet explorées une par une et mises à 0 par l'ordre LET P(1,I) = 0 de la ligne 40.

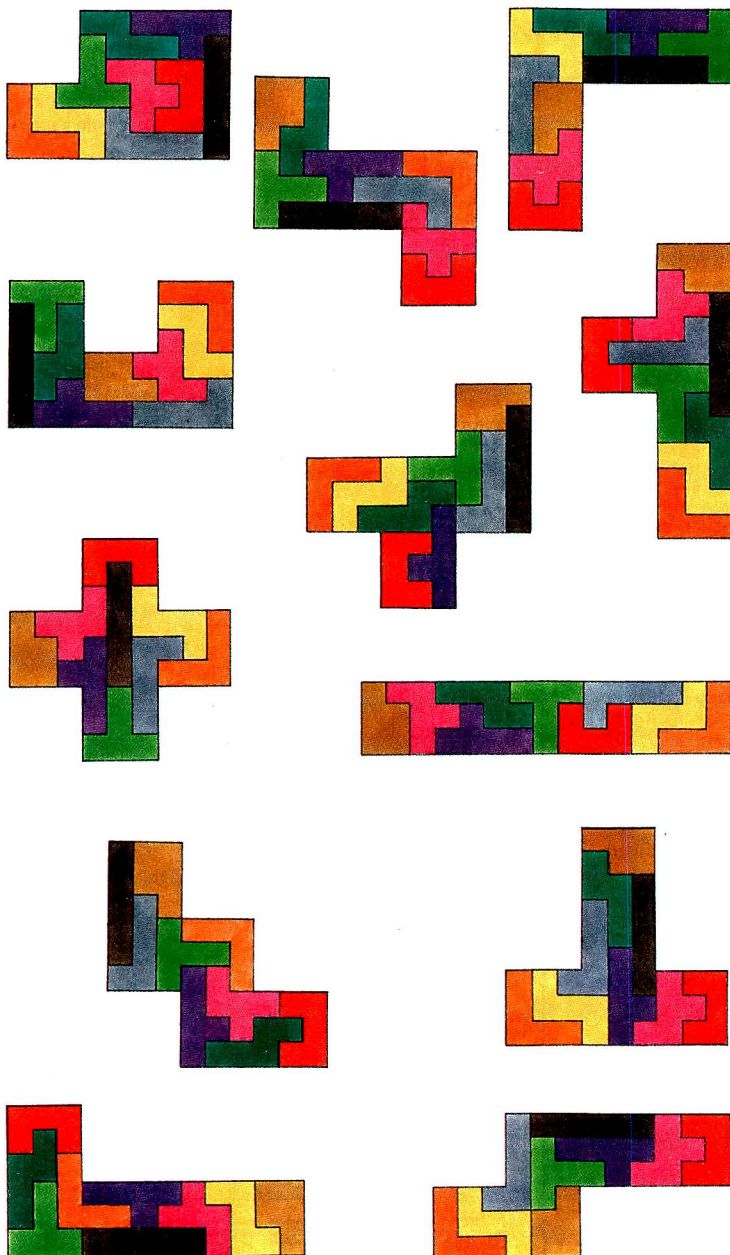
Aux lignes 60 à 80 nous graduerons l'axe vertical ; également à l'aide d'une boucle FOR... NEXT. La disposition de la ligne 70 permettra de placer et d'imprimer simultanément la bonne

PENTOMINOS DU SIMPLE AU TRIPLE

► Les pentominos sont les briques logiques optimales de la géométrie de loisir. Sans autre intérêt que de présenter la dose adéquate de complexité qui engendre des problèmes attrayants, ils occupent un plan original de notre imagination. Comme le montre la **figure 1** — les pentominos sont au nombre de 12 et consti-



Nos douze briques logiques reproductibles.



tuent l'ensemble des manières de disposer 5 carrés unitaires se touchant par un côté au moins.

Cette collection ne distingue pas des pentominos ne différant que par une symétrie ou une réflexion.

D'autres assemblages ont été envisagés, de 3, 4 à 8 carrés ou plus, mais sans obtenir de famille de figures plus idéale que celle-ci.

Elle est en effet facile à maîtriser, 12 représentant la limite supérieure du nombre de figures élémentaires avec laquelle notre imagination peut jongler. Elle a donc provoqué un vaste univers de problèmes, qui semble encore à ce jour loin d'être connu dans son entier.

Les **figures 2 à 3** montrent l'exploration par Lucien Vittet d'une région de cet univers : la "triplication". L'auteur s'est imposé de reproduire chacun des pentominos élémentaires au triple de ses dimensions.

Ainsi chaque carré élémentaire est multiplié par 9, ce qui donne pour chaque triplique une aire de 45 carrés. Neufs pentominos seulement sont donc impliqués dans chaque triplique. Lesquels ? Lucien Vittet a choisi d'écarter chaque fois :

- le pentominos tripliqué ;
- 2 autres pentominos : le "W" et "la croix".

On voit aussitôt que cette exploration est une première excursion, qui engendre de nouveaux problèmes.

Peut-on inclure un pentomino dans sa propre triplique ? Dans ce cas, quelle règle suivre pour exclure 3 pentominos dans chaque figure ?

Si l'on persiste dans l'exclusion de chaque pentomino dans sa propre triplique, peut-on exclure n'importe quel couple ?

Pierre BERLOQUIN ■



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

Comment obtenir une MÉMOIRE ÉTONNANTE en quelques semaines

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'Études, 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.

GRATUITS 1 brochure + 1 test de votre mémoire

Découpez ce bon ou recopiez-le et adressez-le au Service M15K Centre d'Études, 1 avenue Stéphane-Mallarmé, 75017 PARIS.

Veuillez m'adresser le livret gratuit "Comment acquiescer une mémoire prodigieuse" et me donner tous les détails sur l'avantage indiqué. Je joins 3 timbres pour frais.

(Pour pays hors d'Europe, joindre cinq coupons-réponse.)

MON NOM
(en majuscules SVP)

MON ADRESSE

Code postal Ville

DEVENEZ VOTRE PROPRE PATRON

Maintenant, vous pouvez également vous établir à votre compte et réussir avec une petite entreprise lucrative, bien à vous. Les meilleurs créneaux d'affaires qui ont le plus de chances de succès sont publiés dans les dossiers « idées lucratives » (7^e année), la seule publication pour le créateur d'entreprise éditée en plusieurs pays d'Europe, en trois langues (français, allemand, hollandais).

Vous trouverez tous les chiffres, indications et informations dans des études de marché complètes, avec beaucoup de conseils, adresses, jamais publiés auparavant. La totalité des informations est fondée sur des recherches dans des entreprises performantes, elle est de plus vérifiée par des experts. Un grand nombre de spécialistes sont en permanence à la recherche, à l'étranger (Europe, U.S.A.), de nouvelles idées d'affaires. Vous pouvez profiter des meilleures opportunités publiées sous forme de concepts d'entreprises (études de marché). Chaque dossier contient tous les éléments que vous devez connaître afin de réussir. Aucune formation spéciale n'est requise.

De nombreux lecteurs ont déjà réalisé avec beaucoup de succès des idées publiées. Exemples : M.A. Khadir de Poissy (78) gagne plus de 25 000 F en bénéfice/mois grâce aux indications d'un concept d'entreprise. M.B. Mey de Grillon (84) était au chômage, après six mois depuis la création de son affaire, son revenu mensuel s'élève déjà à presque 10 000 F.

Vous pouvez également faire de bonnes affaires en mettant en pratique et en exploitant les concepts d'entreprises « idées lucratives » (7^e année).

UNE SÉLECTION DES MEILLEURES IDÉES PARUES :

● Vente par Correspondance ● Agence de Distribution de Prospectus
● Entretien de Parkings ● Centre de Copies ● Portraits à l'Huile
● Centre de Tennis et de Squash ● Télé-Portraits ● Institut de Bronzage
● Réparation sur Vinyl ● Nettoyage de Gouttières ● Import/Export
● Magasins d'Ordinateurs ● Organisateur de Séminaires ● Décapage de Meubles ● Magasins Bonsai ● Commerce Ambulant ● Magasin Vidéo
● Éditions de Cassettes ● Centre de Copie-Couleur ● Boutique de Thé
● Restaurant « Spécial-Salades » ● Cinéma Vidéo ● Boutique « Jus Naturels » ● Centre Anti-Tabac ● Agence de Gardiennage à Domicile
● Agence Matrimoniale par Vidéo... etc. Un grand nombre d'activités ne demandent qu'un capital de démarrage réduit, à partir de 5 000 F, d'autres peuvent être exploitées en annexe à votre activité principale.

Toutes les études sont présentées avec des illustrations, des tableaux, des comptes prévisionnels et des descriptions détaillées. Le répertoire complet avec les résumés de plus de 60 études, est à votre disposition. Demandez de suite, sans engagement de votre part, et à titre gratuit, les « RÉSUMÉS GRATUITS SVB » aux :

ÉDITIONS SELZ - B.P. 266 - 1, Place du Lycée
68005 COLMAR CEDEX

Tél. (89) 24.04.64 (3 lignes groupées)

(à découper et à retourner aux ÉDITIONS SELZ -
BP 266 - 1, place du Lycée - 68005 COLMAR CEDEX)

BON pour les résumés « idées lucratives »

Je désire recevoir vos résumés gratuitement et sans engagement de ma part.

NOM

PRENOM

ADRESSE

CODE VILLE 1 | S | V | B | 4 | 0 | 1 | 0 | 8

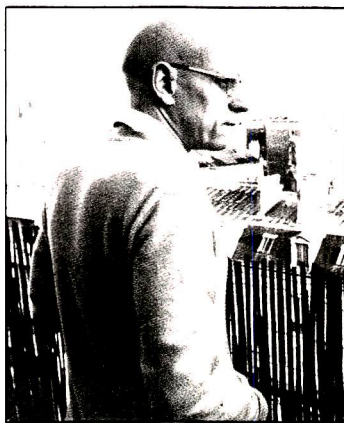
LIVRES

LA SUBVERSION SPLENDE

Un penseur influence généralement son public par une théorie nouvelle et donc révélatrice. Le propre de Michel Foucault, décédé le 25 juin d'une septicémie consécutive à un cancer, est qu'il exerça son influence en enseignant à se défier des théories. Ce grand subversif, au sens noble du mot, faut-il le souligner, aura donc marqué son temps par une incitation constante à la révision des idées reçues et des schémas même de la pensée. Le premier livre qui l'imposa fut son *Histoire de la folie à l'âge classique*, où il démontrait comment la rigidité théorique du siècle des Lumières, qui fonda directement le jacobisme centralisateur, mua le désordre mental en maladie définitive, assimilée à la "faute", et créa les asiles d'aliénés les plus atroces. Auparavant, Moyen-Âge et Renaissance avaient admis que la folie est un moment qui peut saisir chacun ; l'âge classique voulut l'oublier. Il fallut attendre les premières années du XX^e siècle pour mettre fin à l'enchaînement des "fous", parfois par des méthodes relevant carrément du sadisme, et toujours dans le croupissement.

Ce faisant, Foucault posait le principe fondamental de son œuvre ; dénoncer l'extension infinie et tyrannique du pouvoir collectif sur l'individu. Extension qu'il analysa successivement dans *Naissance de la clinique* (1963) et dans *Les Mots et les choses*, où il démontrait comment la pensée se forme : à la fois par le raisonnement, opposé ici à la pensée intuitive, et par la pratique sociale, les deux se renforçant mutuellement et aboutissant ainsi à la tyrannie dénoncée : l'ordre, élaboré par la pensée parce qu'il est présumé avoir été mis en lumière par elle, se veut comme le reflet de la réalité, alors qu'il n'est qu'une structure aléatoire perçue à travers « la grille d'un regard ou d'un langage ». Donc changeant, peut-être illusoire.

Dès le siècle des Lumières, cette entreprise totalitaire manifesta ses ravages, en croyant dégager et ce de manière définitive, en tout lieu, des "lois naturelles". Bernardin de Saint-Pierre se félicitait ainsi des côtes du melon qui permettent de le découper en famille et qui « avaient été faites pour cela ». Un tel absolutisme aboutit, entre autres errements, au lyssenkisme, sur lequel on trouvera par ailleurs un article dans ce même numéro. Puisque Lyssenko croyait à l'hérédité des caractères acquis, il



fallait que lesdits caractères se transmissent, un point c'est tout.

De Heisenberg, auteur du fameux principe d'indétermination qui posait que l'observation d'une particule peut en changer le parcours, à Popper, qui posait que toutes les théories sont vraies jusqu'au moment où on ne peut plus s'en servir, les compagnons de Foucault dans sa modification de l'épistémologie sont nombreux. Ils ont tous eu, lui compris, une grande influence dans l'instauration d'un mode de pensée alternatif, qui a évidemment influencé les sciences. Comme eux, et dans la foulée de Nietzsche, Foucault a

éclairé d'une lumière brutale, voire scandaleuse, le fait que le vrai est toujours partiel et provisoire. Comme eux, Foucault a arraché des griffes au totalitarisme intellectuel, qui débouche sur le totalitarisme tout court, puis sur l'erreur. Il a donc déplu en même temps qu'il fascinait. Les faiseurs de dogmes n'aiment pas voir secouer les chaises sur lesquelles ils sont assis. Bien que disparu trop tôt, Foucault a suffisamment "subverti" les esprits pour que, de l'avis de ceux qui ont commenté sa mort tout au moins, les choses ne puissent plus être après lui comme elles l'étaient avant, jusques et y compris dans le monde des sciences exactes. Elles avaient d'ailleurs cessé de l'être de son vivant.

Ce nouveau Socrate avait élu un domaine, celui des sciences dites humaines, répondant au souhait de Nietzsche, encore, qui s'indignait qu'on n'eut jamais écrit une histoire de l'amour, des peines, voire du droit comparé. Dans *Surveiller et punir*, puis dans son *Histoire de la sexualité*, dont les deux derniers volumes sont parus quelques jours avant sa mort, Foucault démontre que, comme dans les sciences et l'exercice politique, des savoirs absolutistes ont de tout temps essayé de tyranniser l'aspect

le plus rebelle, le plus imprévisible de l'individu, à savoir son désir, sa sexualité. Nous n'avons pas eu le loisir de lire comme il convient ces deux ouvrages, dont nous rendrons prochainement compte.

Mais même un survol permet de constater que, là encore, Foucault a détourné des sommes de faits aussi déterminants que méconnus, comme la guerre que menaient les médecins d'autrefois aux fantasmes sexuels et par là même au désir.

Quelques dédains ont accueilli parfois son travail ; certains ont voulu voir en Foucault un "littéraire", injure suprême, ou pis un "idéologue", ce qui est à son opposé exacte. C'était un "horrible travailleur", et nul plus que lui n'a mérité le titre qui lui revient d'archéologue du savoir. Il a inlassablement exhumé des documents qu'on eut voulu oublier, et qu'il présentait, non en historien, mais encore une fois en provocateur, telles ces lettres de cachet des archives de la Bastille, réunies sous le titre *Le Désordre des familles*.

Sans lui, on eût oublié, en effet, qu'on embastillait à l'époque parce que l'on désapprouvait tout simplement des fréquentations ou des divergences d'avec le bon ton.

Le seul reproche que l'on puisse faire à ce prétendu littéraire est justement son style. Foucault ne se voulait pas écrivain ⁽¹⁾, il écrivait pour dire et sa prose est souvent revêche. N'importe, le contenu en est riche, corrosif et formateur. Déplorons qu'elle ait atteint son terme.

Gerald MESSADIE

(1) À quelques exceptions près, l'œuvre de Michel Foucault est parue chez Gallimard ; citons en particulier *Les Mots et les choses*, *L'Archéologie du savoir*, *L'Ordre du discours*, *Surveiller et punir*, *Le Désordre des familles*, *Moi, Pierre-Rivière, ayant égaré ma mère, ma sœur et mon frère...* (Gallimard-Juliard), *Histoire de la sexualité* en trois tomes ; *Maladie mentale et psychologie* et *Naissance de la clinique* sont parus aux Presses Universitaires de France ; d'autres éditeurs (Desclée de Brouwer, Vrin, Fata Morgana et Einaudi) ont publié des traductions et des essais, tels que *Microphysique du pouvoir* (Einaudi).

CLAUDE ALLÈGRE

L'ÉCUME DE LA TERRE

Le temps des sciences — Fayard, 366 p., 120 F

Au printemps 1967, l'Union géophysique américaine réunissait à son congrès annuel, sorte de kermesse des sciences de la Terre, plus de six mille participants parmi lesquels de

nombreux étrangers. Le 16 avril, vers midi, au symposium consacré à l'expansion des fonds océaniques, un jeune professeur de Princeton, J.D. Morgan, présente une communication annoncée comme devant traiter des mouvements de convection dans les roches visqueuses. Mais ce qu'il va dire n'a que peu de rapports avec le résumé imprimé et distribué avant le congrès.

L'esprit entièrement occupé par une idée qu'il a mûrie depuis lors, Morgan explique comment les déplacements relatifs des plaques rigides qui constituent la coque de la planète peuvent être calculés selon les règles de la géométrie sphérique. Hélas !

Tandis qu'il parle, la salle jusqu'alors pleine se vide, comme cela se passe souvent aux heures tardives. Sa communication orale restera pratiquement ignorée. L'article sur le même sujet qu'il propose à une revue, soumis aux aléas du comité de lecture et du "rewriting", ne paraîtra qu'un an plus tard.

Or entre-temps deux auteurs britanniques, les Drs McKenzie et R. Parker, publient un article contenant des idées très voisines de celles de Morgan, mais fondées sur d'autres arguments et moins complètes quant au calcul des trajectoires des plaques. Et McKenzie était bel et bien présent au symposium où Morgan avait pris la parole. Il aurait pu s'ensuivre une de ces épouvantables querelles d'antériorité qui ont plus d'une fois agité la communauté scientifique. Elle n'eut pas lieu, car Morgan fut le premier à admettre que McKenzie avait pu quitter la salle sans avoir entendu son exposé, comme la plus grande partie de l'auditoire. On ne devait donc pas le soupçonner d'avoir pillé la trouvaille du chercheur américain. Et si ce dernier ne pouvait, pour faire valoir son droit, invoquer le compte-rendu du congrès (qui ne contenait que la première version de sa communication), il bénéficiait par contre d'un témoignage de poids. Un chercheur français qui travaillait alors dans un laboratoire d'outre-Atlantique, X. Le Pichon, avait écouté, lui, jusqu'au bout, l'exposé de Morgan. Et il avait aussitôt utilisé sa théorie, en citant l'auteur, pour calculer les mouvements relatifs des continents au cours des deux cents derniers millions d'années.

Cette histoire, avec beaucoup d'autres, nous est contée par Claude Allègre, qui a choisi délibérément d'exposer l'état actuel des sciences de la Terre non comme une construction abstraite et dogmatique, mais comme une création vivante, « faite par des hommes et pour des

hommes », avec ses péripéties, ses retournements, ses retards et ses accélérations. Cela donne une véritable saga de la tectonique des plaques, depuis son précurseur Alfred Wegener jusqu'aux hypothèses les plus hardies suggérées aujourd'hui par une représentation de la Terre en tant que système unique : l'évolution de la vie serait elle-même gouvernée par les forces profondes du globe...

Mais Claude Allègre tient à départager la science de ce qui n'est — encore — que science-fiction, et finalement le plaisir qu'on prend à le lire ne fait qu'ajouter à la clarté de son message. Un bref lexique rappelle le sens de quelques termes du jargon scientifique, et des lectures sont indiquées à ceux qui voudraient approfondir leur connaissance de *L'Écume de la Terre*, ces continents sur lesquels nous naissons et vivons.

Michel ROUZÉ

ALAIN MINC

L'AVENIR EN FACE

Seuil, 266 p., 79 F.

« L'économie a perdu sa capacité de déterminer l'avenir. » Telle est l'idée centrale de ce livre sagement provocateur. Pour tout un chacun, l'atmosphère actuelle conduirait à la conclusion inverse. Les désordres que nous vivons depuis deux ans, dans les relations économiques internationales, l'emploi, les régimes de Sécurité Sociale, etc., semblent dessiner un avenir de plus en plus sombre. Et l'on attend des économistes et des politiques économiques qu'ils nous sortent de cette mauvaise passe et trouvent les solutions qui éclairciront à nouveau l'avenir. Illusion, rétorque Alain Minc. L'économie ne domine pas du tout : c'est la croissance et ses facilités qui nous ont fait croire à ce déterminisme trompeur.

La crise actuelle est « sans issue » dans le champ strict de l'économie. Et ce d'autant plus qu'aucune guerre n'est plus pensable (nucléaire oblige), qui permette des ajustements brutaux et inaugure une nouvelle phase de croissance par la reconstruction des ruines comme cela s'est produit après 1918 et 1945. Alors, poursuit A. Minc, cessons d'attendre la fin de la crise qui ne viendra pas, pour être plus attentifs aux manifestations du « monde neuf » dont elle accouche lentement.

Ce monde où des valeurs et des institutions comme le travail, l'argent, la propriété, l'égalité, la culture se redéfinissent sous des formes inédites ou insolites. Exemple :

la façon dont les gauchistes d'il y a deux ans se réapproprient via *Libération*, *Actuel* ou *Autrement* des idées comme le risque, le profit, l'esprit d'entreprise, pour créer ce que Minc appelle un capitalisme soixante-huitard.

La confiance que place A. Minc dans ces phénomènes encore périphériques ou marginaux — tout en soulignant leurs équivoques ou leurs ambiguïtés — ne convaincra pas tout le monde. Son livre n'en procure pas moins une lecture fructueuse.

Ses deux premières parties — intitulées « 1929 ? » et « La Grande illusion » — présentent d'une part un état des lieux très clair et très actualisé de l'économie française et internationale, d'autre part une analyse pénétrante du désarroi des gouvernements et des économistes face à cette « crise du troisième type ». Des chapitres comme « L'Onde de choc industrielle », « La Thrombose financière » ou la « La Résurrection malthusienne », peuvent se lire séparément et servir de guide à meilleure compréhension du drame de la sidérurgie française, de la faillite de l'Argentine ou du déficit chronique de la Sécurité Sociale.

Inspecteur des finances de 35 ans, Alain Minc s'est rendu célèbre en co-signant avec Simon Nora le rapport sur *L'Informatisation de la société*, qui a en particulier popularisé le néologisme « télématique ». Aujourd'hui directeur financier du groupe nationalisé Saint-Gobain, il avait une première fois, dans *L'Après-crise est commencée*, publié en 1982, tenté de décrire le dynamisme salvateur qui fait bouger la société dans ses profondeurs. Il appartient à un courant de pensée qu'il nomme lui-même les « libéraux de gauche », ceux « que tout éloigne de la pratique économique du gouvernement actuel, mais qui se sentent du côté de... Robert Badinter ». Comment mieux dire qu'ils ne font pas de l'économie la clé de tout ?

Gilles COVILLE

TOM SIMKIN, LUC SIEBERT, LINDSAY MCCLELLAND, DAVID BRIDGE, CHRISTOPHER, NEW-HALL, JOHN H. LATTER

VOLCANOES OF THE WORLD
Hutchinson Ross Publishing Company, 235 p., Stroudsburg, Pennsylvania

Cet ouvrage collectif publié aux États-Unis sous l'égide de la Smithsonian Institution, est avant tout un catalogue des volcans du monde. Mais, paradoxalement, c'est un catalogue passionnant tant il fourmille

de données géologiques et historiques.

À la base, il y a un long travail de recherche entrepris par Barbara Radovich, une étudiante du Smithsonian, en 1971, pour établir le catalogue des volcans actifs du monde. Puis les auteurs ont élargi le champ d'investigation pour réaliser l'ouvrage qui constitue à son tour un remarquable outil de travail.

Après une introduction générale qui précise le type de renseignements que comportent les diverses nomenclatures et les conditions dans lesquelles ils ont été recueillis, le livre compte quatre parties.

Tout d'abord l'annuaire des volcans par région. C'est un condensé du catalogue du Smithsonian. Il énumère 1353 volcans avec leurs coordonnées géographiques, leur altitude, leur âge, le mode de détermination de cet âge (carbone 14 ou autre), leur type d'activité, leurs éruptions, etc. Vient ensuite une chronologie des éruptions depuis 10 000 ans (au total 5564 éruptions) avec leurs caractéristiques.

AUTRES LIVRES REÇUS

Jean-Claude Milner
De l'école
Seuil, 152 p., 62 F.

Défense et illustration de l'école, que certains crurent ou croient toujours devoir remettre en cause dans son principe même, rejetant les concours et les épreuves de recrutement comme autant d'instruments d'échecs. Pamphlet éloquent, mais un peu tardif peut-être.

Denise Morel
Cancer et psychanalyse
Belfond, 221 p., 89 F.

D'abord énoncée par Groddeck dans *Le livre du Ça*, l'hypothèse d'une origine psychosomatique du cancer est de plus en plus souvent analysée et, bien qu'on n'en connaisse pas le mécanisme de base, elle a acquis au moins un certain droit de cité en médecine. Denise Morel, psychothérapeute, propose un schéma du déséquilibre psychique qui pourrait mener à un affaiblissement des défenses de l'organisme, et qui se définit par rigidité, introversion excessive, immaturité, insécurité, angoisse et carence des schémas intellectuels. Elle offre de même quelques conseils qui permettraient d'éviter la somatisation de ce déséquilibre. Livre intéressant et utile.

La troisième partie est un dictionnaire des volcans prenant en considération leurs divers noms selon les époques et les pays, ainsi que leurs diverses orthographes. Les auteurs donnent enfin une bibliographie générale établie par régions et chronologiquement dans chacune d'elles.

Le livre est conçu pour être fréquemment consulté et pour retrouver rapidement une information quel que soit le renseignement de base dont dispose le lecteur. À cet effet, il comporte sur ses deux premières pages de garde une récapitulation des sigles et des abréviations employées ainsi que des tableaux de conversion des mesures (anglaises/système international). Les deux dernières pages de garde représentent une carte mondiale des volcans avec un numéro d'identification par région, numéro qui permet de retrouver ces volcans dans l'annuaire.

En définitive, l'ouvrage est un excellent document de base pour les volcanologues, les géologues et tous les amateurs de volcans.

Roger BELLONE

Sally Bosworth-Gerome, Colette Helly-Lebas et Robert Marret
Lire l'Anglais scientifique et technique
Édition Marketing, Paris, 320 p., 120 F.

C'est un livre d'exercices, que l'on ne saurait assez recommander à tous ceux qui, dans la technique, les sciences, le commerce, déplorent que leurs connaissances soient trop faibles pour leur permettre une maîtrise des textes techniques en anglais. Les exercices ont été conçus par des enseignants à l'Institut universitaire de technologie de Cachan, Paris XI. Ils sont progressifs.

Geoffrey Cannon et Hetty Einsig
Le bluff des régimes
Ramsay, 280 p., 82 F.

Ouvrage provocateur, mais fondé et abondamment documenté sur les risques des régimes amaigrissants par réduction des graisses alimentaires. Pour les auteurs, de tels régimes font maigrir un peu, puis favorisent une modification du métabolisme qui tend à un stockage accru des graisses. Remède : l'exercice, qui augmente la consommation d'oxygène et favorise une perte réelle du poids. Un peu systématique, mais certes utile.

G.M. ■

FAITES LE POINT AVEC LES HORS SERIE DE SCIENCE & VIE

N° 136 - LA MEDECINE

N° 137 - AUX CONFINIS
DE L'UNIVERS

N° 139 - L'AUTO

N° 140 - LA POLICE
SCIENTIFIQUE

N° 141 - LA T.V. DEMAIN

N° 143 - L'AVIATION

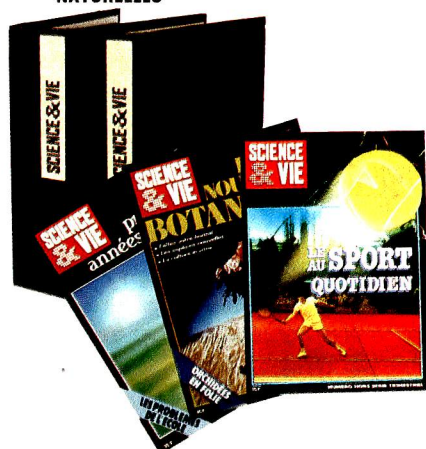
N° 144 - LES CATASTROPHES
NATURELLES

N° 145 - LES PREMIERES
ANNEES DE LA VIE

N° 146 - LA NOUVELLE
BOTANIQUE

N° 147 - LE SPORT
AU QUOTIDIEN

DOSSIER SPECIAL
LA REVOLUTION
BIOLOGIQUE
AVEC LE BIOKIT



BULLETIN DE COMMANDE

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

Nom

Prénom

Adresse

Code postal..... Ville.....

• NUMEROS HORS SERIE :

soit.....numéros à 15 F l'un franco(étranger 20 F)

• RELIURES

Qté.....lots de 2 reliures au prix de 50 F
franco(étranger 55 F)

• DOSSIER REVOLUTION BIOLOGIQUE

Qté.....à 20 F l'exemplaire franco(étranger 25 F)

CI-JOINT MON REGLEMENT TOTAL DE.....F

par chèque à l'ordre de Science & Vie.

Etranger : mandat international ou chèque
compensable à Paris.

SV 803

DIDEROT

(suite de la page 49)

sur le développement des sciences de la vie. Car il ne s'agit pas seulement d'une influence explicite mais surtout d'une "imprégnation" de l'atmosphère de toute une époque historique par des idées nouvelles, et pour la plupart fécondes. Toutefois, il ne fait pas de doute qu'en libérant la pensée scientifique — et la pensée tout court — des préjugés rouillés, Diderot et les Encyclopédistes assurèrent la libre diffusion des idées dans leur siècle et contribuèrent à la révolution scientifique qui caractérise le siècle suivant.

Plus particulièrement pour la biologie, Diderot eut l'immense mérite d'accueillir le transformisme en constituant ainsi la base théorique de ce qui sera l'évolutionnisme (qui devait marquer le XIX^e siècle après 1809, date de l'apparition de la *Philosophie zoologique* de Lamarck). En effet, nous avons vu que l'hypothèse de l'hérédité des caractères acquis soutenue par Diderot deviendra l'un des principaux arguments contre le fixisme chez Lamarck. Si cette hypothèse, périmée aujourd'hui, joua dans la première moitié de notre siècle un rôle négatif dans le développement de la génétique en France, il est évident que l'on ne peut en rejeter la faute sur Diderot ou Lamarck. Mais bien plutôt sur la sclérose du système académique et universitaire français.

Le "matérialisme" de Diderot fraya aussi la voie à la science moderne, même si certaines de ses assertions, sur l'origine de la vie par exemple, sont complètement dépassées. Aucun scientifique, de nos jours, confronté aux hypothèses de l'origine de la vie, ne pourrait souscrire par exemple aux conceptions de Diderot selon lesquelles la matière produit d'emblée des animaux supérieurs par un agencement des molécules dû au pur hasard. Une telle hypothèse pourrait en effet paraître tout aussi invraisemblable que la légende mythologique qui fait sortir Athéna, casquée sans doute, de la tête de Zeus... Mais pour l'époque où elle fut émise, l'idée de Diderot ne contribua pas moins à ranger le phénomène encore mystérieux de l'apparition de la vie dans le domaine des causes naturelles.

Si la pensée individuelle de Diderot se révèle remarquablement vigoureuse, sa pensée fondue dans l'*Encyclopédie* lui assure un des plus sûrs titres à ce que Anatole France appelait jadis « l'immortalité des âmes dans la mémoire des hommes ». Ainsi justice posthume est rendue à Diderot en son pays d'origine, où les préjugés du temps l'éloignèrent de l'Académie française et de l'Académie des sciences de Paris, alors qu'il était membre de l'Académie de Prusse... Faut-il réserver à l'Académie française un salon d'honneur où le buste de Diderot, à côté de ceux d'autres grands réprouvés, porteront l'inscription ciselée sur celui de Molière : rien ne manque à sa gloire, il manquait à la nôtre... ?

Denis BUICAN ■

Professeur à l'université de Paris X, Nanterre.
Ancien professeur de l'université de Bucarest.
Enseigne aujourd'hui au Collège de France.

VIE PRATIQUE

AUDIOVISUEL

LE GRAND ÉCRAN DE TÉLÉVISION EN PUZZLE

► Une forme originale de grand écran de télévision a été imaginée dès 1981 par Graig Schreiber, un Américain résidant aux Pays-Bas : il assemblait plusieurs téléviseurs ordinaires en les empilant comme un jeu de cubes, puis les couplait à un ordinateur programmé de telle manière que chaque récepteur diffuse un fragment d'image. Une grande image était ainsi réalisée par le jeu d'un vaste puzzle. Depuis, le procédé a été perfectionné et une société hollandaise a été créée pour son développement commercial, la société Kreon Screen International BV.

La taille de l'écran global réalisable selon cette technique dépend du nombre de téléviseurs utilisés. Toutefois, la firme déconseille les écrans plus petits que $1,8 \times 2,4$ m, soit 16 téléviseurs, car l'image serait alors médiocre, à cause d'une trop faible résolution optique de l'ensemble. Le plus grand écran réalisé mesure près de 5 m et compte 64 moniteurs.

Les images qui peuvent ainsi être diffusées sont les mêmes que les images destinées à un seul téléviseur. Mais l'ordinateur traite le signal vidéo, le numérise, sépare les valeurs du signal correspondant à chaque fragment d'image du puzzle,



puis les distribue aux téléviseurs correspondants.

Le procédé assure une image lumineuse (3,5 fois supérieure à celle que permet un téléprojecteur), avec une bonne définition. Un écran de 7 m de base procure une vision optimale à 17 m et l'image peut être vue dans un angle de 120° par rapport à l'axe.

Le Kreon Screen est destiné à de nombreuses applications : enseignement, démonstrations, projections de films en circuits fermés

dans des expositions, des grands magasins, des parcs d'attraction, etc...

Le prix d'une installation varie évidemment avec les dimensions de l'écran. Il faut compter avec un minimum de 130 000 F le mètre carré (livraison 14 semaines au moins après la commande, garantie : 6 mois après mise en fonctionnement).

Renseignements en France : Mme Hélène Entremont, 2 allée de la Coudraie, 77400 Pomponne.

CINÉMA

FILM EN RELIEF POUR ÉCRAN GÉANT

► Le premier film en relief stéréoscopique destiné à être projeté sur un écran de grandes dimensions sera présenté au Festival du cinéma de Vancouver (Canada) en 1986.

Ce film, conçu sur le thème des transports, sera programmé au nouveau théâtre de la place du Canada et utilisera le procédé IMAX. Celui-ci fait appel à une pellicule de 70 mm

de large défilant horizontalement afin de permettre l'enregistrement d'images larges de $70 \text{ mm} \times 46 \text{ mm}$ de haut.

Un tel procédé avec écran IMAX a déjà été installé il y a quelques mois au Musée national de la photographie, du cinéma et de la télévision, dans le Yorkshire, en Grande-Bretagne.

ERRATA. La société SCOP nous précise que le prix du projecteur Elna Omnigraphic (S. & V. n° 801, page 171) est de 2 980 F et non 2 680 F comme indiqué. Le n° de téléphone de la société CS Protection, qui fabrique le "sur-verrou" CX-1, est le 838 62 22, et non le 828 62 22 comme imprimé en page 151 de notre n° 802 (juillet 1984). Nous prions nos lecteurs et les personnes incommodées par ces coquilles de bien vouloir nous en excuser.

EMPORTEZ LE BASKET EN VACANCES

► Un seul panier démontable, léger et peu coûteux suffit pour s'adonner à la pratique de ce nouveau jeu sportif qu'est le "Baby-basket".

Comme son nom l'indique, ce jeu s'inspire directement des règles du basket-ball. Le principe du jeu est donc simple. Il consiste, comme au basket, de lancer ou de mettre le ballon dans le panier quand on se trouve, bien sûr, en situation d'attaquant.

Les dimensions du terrain (sable dur, gazon, asphalte) sont variables. Une seule condition : il faut que le panier soit au centre de deux cercles concentriques, un cercle de

0,60 m de rayon autour du panier, représentant la zone interdite, un second cercle à rayon variable (4 m environ).

Le ballon "officiel" est en caoutchouc, il pèse 300 g et mesure 20 cm. Mais on peut utiliser le ballon de "Mini-basket" ainsi que les ballons de plage ou même un ballon de mousse.

Le panier peut être placé à une hauteur variable (de 1 m à 2,45 m) grâce à son tube télescopique.

Le "Baby-basket" n'est pas destiné à la compétition, mais cela ne l'a pas empêché d'être accepté sous la bannière de la "Fédération française de basket-ball". Poids : 3 kilos avec



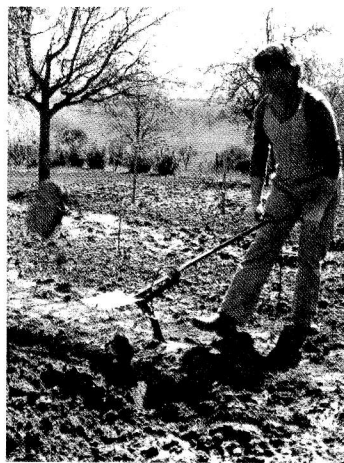
la boîte d'emballage

Prix : 300 F environ. Pour tous renseignements : Equipement sportif "Gymnova", 16 bd Faldherbe, 13012 Marseille, tél. (91) 87 14 08.

JARDINAGE

UNE BÊCHE "AUTOMATIQUE"

► Voici une bêche destinée à ceux qui n'ont pas l'habitude de bêcher eux-mêmes leur jardin : la bêche à ressort "Terrex", avec sa pédale et son guidon, soulage en effet l'effort musculaire et évite de se baisser. Le



corps reste dans la position verticale naturelle, il suffit d'enfoncer la bêche jusqu'à ce que sa pédale prenne appui sur le sol, puis pousser le guidon en avant pour décoller la motte de terre et enfin ramener à soi et vers le sol pour soulever et la retourner. Le plus difficile pour un jardinier traditionnel est peut-être de s'y habituer... Mais que d'effort économisé.

Prix moyen : 316 F TTC. Pour tous renseignements : Outils Wolf, rue de l'Industrie, 67160 Wissembourg, tél. (88) 94 14 99.

ALIMENTS POUR SPORTIFS

POUDRES ET CROQUETTES POUR SPORTS DIFFICILES

► Ski de grand fond, marathons urbains, alpinisme, expéditions à haute altitude, yachting en haute mer... autant d'activités où l'on ressent le besoin d'aliments équilibrés puissamment énergétiques, ultra-légers au transport, emballés de manière à rester inaltérables. Il y a belle lurette que, pour ce faire, les sucres du cyclotouriste ou le sandwich du randonneur se trouvent dépassés.

Cette année, une marque spécialisée dans la diététique, Nergisport, lance sur le marché une panoplie complète d'aliments ultra-légers (dont quelques-uns existaient la saison précédente mais individuellement) en même temps qu'elle crée une fondation destinée à encourager des expéditions à caractère sportif. Une boisson (goût citron) destinée à fournir le dextrose, est enrichie en vitamines B1, B2, B5, B6. Poids du sachet à dissoudre dans de l'eau : 35 grammes. Une autre, à goût de menthe, réalise l'apport en sels minéraux (sachet 25 grammes). La croquette-barre "5 vitamines", avec fruits et céréales pour effort musculaire intense, "regonfle" également en vitamines B2, B5, B6, PP. Le biscuit au germe de blé, lui, fait concurrence au pain d'épices.

Mais si l'on tient à un aliment tout à fait original, ne ressemblant à rien de classique, il existe plus fort : le sachet ALD, nouveauté 1984 pour expéditions, poudre à diluer dans l'eau pour effort de longue durée (glucides, vitamines, sels minéraux et protéines). Ou, de plus en plus

fort, les protéines en poudre venues du lait et du soja.

Il y a gros à parier qu'ainsi enrichis de vitamines-poudres diverses, le système digestif parfumé à la vanille, la menthe et le citron, nous parviendrons à l'étape sans crampes (même d'estomac) : les tests sur nous-mêmes l'ont confirmé. À l'arrivée, pourtant, nous nous sommes trouvés bien d'un apport protéines-glucides-chlorate de sodium et poivre, qui se nommait "entrecôte marchand de vin", très appréciée pour le moral...

Fabricant : Diététique et Santé S.A. BP 106, 31250 Revel.

►► **Deux nouveautés sur les avis d'échéance d'assurance automobile.** Le montant du bonus ou du malus qui affecte la prime est désormais évalué en coefficient et non plus en pourcentage : pour un conducteur bénéficiant d'un bonus de 40 %, par exemple, le pourcentage se traduira par un coefficient de 0,60. D'autre part, seront indiqués le nombre des accidents causés ou subis par le titulaire du contrat au cours des 5 années précédentes, ainsi que la part de responsabilité retenue. Ce relevé donnera la situation de tous les "conducteurs habituels" déclarés dans le contrat : l'adolescent conducteur habituel de la voiture familiale pourra ainsi, le cas échéant, prouver sa bonne conduite au moment où il souscrira un contrat pour son compte personnel et échapper à la surprime imposée aux jeunes conducteurs.

UN NOUVEAU RÉSEAU DANS LA RÉPARATION RAPIDE

► Après les pots d'échappement et les amortisseurs, le vitrage des automobiles a donné naissance à un nouveau réseau de réparation instantané, sans rendez-vous, ouvert 7 jours sur 7 et parfois 24 h par jour : Assurpose.

Justification de ce réseau : seul un spécialiste peut stocker et poser l'ensemble des pare-brise de voitures de tourisme, de poids lourds et cars de toutes sortes. Pour un même véhicule, les fabricants de verre tendent en effet à diversifier la gamme des produits qu'ils proposent : l'utilisateur a ainsi le choix entre le pare-brise trempé, le feuilleté clair, le feuilleté teinté, le feuilleté dégradé, sans parler des pare-brise spéciaux, chauffants ou avec antenne incorporée, ou des lunettes arrière chauffantes.

Par ailleurs, le verre feuilleté ayant été rendu obligatoire en France depuis 1983 sur les voitures neuves, le parc automobile passe progressivement du verre trempé au verre feuilleté.

Or le verre feuilleté — constitué de deux feuilles de verre collées de part et d'autre d'une feuille de plastique — est plus fragile à la pose que le verre trempé, il peut même "filer" comme un bas de soie.

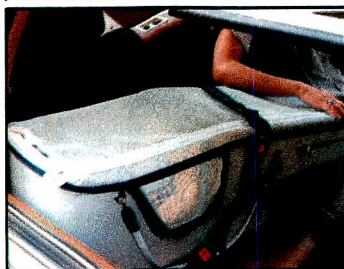
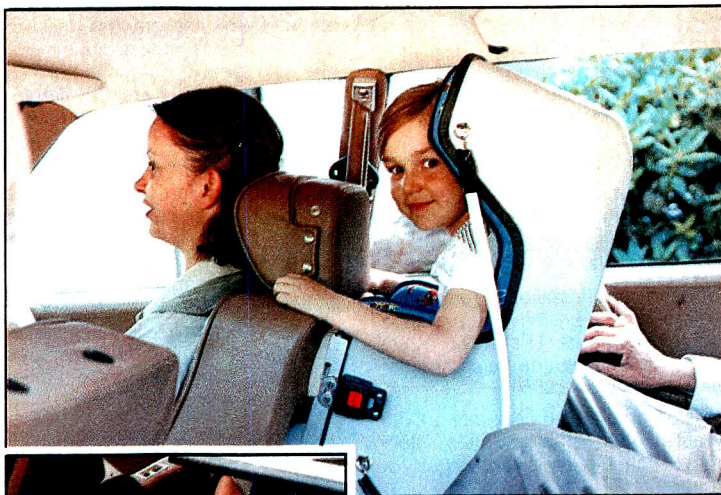
Et puis sont apparus les pare-brise collés. De plus en plus fréquents, et bientôt montés par tous les constructeurs sur une partie de leur gamme, leur pose ne peut être le fait que de l'homme de l'art.

Le réseau Assurpose ne limite pas son activité aux seuls pare-brise. Il s'est spécialisé dans tout ce qui a trait au vitrage des véhicules : pose de toit ouvrant panoramique en verre, transformations de véhicules utilitaires, vans, camping-cars, vitrage sur mesure d'engins de chantiers et d'engins agricoles, etc.

Il distribue en outre sa propre gamme d'accessoires : déflecteurs de portière, becquets, visières arrière, rideaux pare-soleil. Enfin, les stations Assurpose sont équipées pour effectuer le tatouage anti-vol.

Liste des stations Assurpose sur simple demande auprès de : Assurpose, BP 264, 69152 Decines cedex.

UN SIÈGE-BÉBÉ DE HAUTE SÉCURITÉ



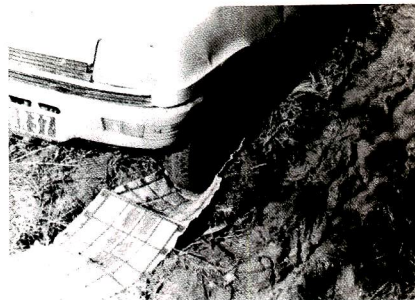
► La Société nouvelle de puériculture (S.N.P.) a mis au point une nouvelle génération de sièges qui met bébés et jeunes enfants (jusqu'à 15 kg et 1 m) à l'abri des chocs et des projections de toutes sortes. Baptisé "Coconbul", ce siège amortit les chocs frontaux, mais aussi les chocs latéraux et arrières. L'amortissement de l'énergie cinéti-

que en choc frontal s'effectue sur la plus grande surface possible, grâce à un amortisseur composite de 15 cm situé en avant, et un "bouclier" fixé derrière le dossier du siège avant. La position dans laquelle se trouve l'enfant lui permet de participer au voyage en étant, de plus, à la portée de la main de sa mère. "Coconbul" s'adapte à tous types de véhicules et s'installe en moins de deux minutes, sans rien abîmer. Lorsque l'enfant est absent, seul le bouclier fixé derrière le siège avant subsiste, la place arrière se trouve ainsi totalement libérée. Prix moyen : de 800 F à 1 100 F. Pour tous renseignements : Société nouvelle de puériculture, 8 avenue de Dallas, 21109 Dijon cedex, tél. (80) 71 56 12.

AUTOMOBILE

DÉSEMBOURBEZ-VOUS !

► La société Production A.C.B.-France vient de mettre au point un nouveau produit simple et efficace qui permet de dégager sans fatigue les roues embourbées de votre voiture. Au départ ce produit est conçu avec l'association d'une bande en non tissé "Bidim", à une grille thermoplastique. L'ensemble forme le "roll-band", c'est-à-dire un chemin de roulement qui évite au véhicule de patiner. En effet, le non-tissé permet de tasser le sol meuble sous les roues ; il ne laisse passer ni la boue, ni le sable, ni la neige. La grille, elle, assure la rigidité du chemin de roulement et l'accrochage du pneu. Pour dégager le véhicule, donc, il



suffit de poser les "roll-band" devant les roues et de rouler dessus. Prix : 150 F environ Pour tous renseignements : C.E.V.L., domaine de Beauvais, 37230 Luynes.

PREMIER CÂBLAGE EN FIBRES OPTIQUES EN URSS

► Si les projets des pays occidentaux en matière de radio et de télévision sont bien connus, ceux de l'URSS sont moins souvent évoqués.

Ce pays n'en possède pas moins des programmes d'implantation. Ainsi le câblage par fibres optiques a commencé dans la ville de Moscou.

Une première installation relayant le central de télévision à un groupe d'habitations rue Uralskaya a été réalisée et le câblage de ce quartier sera achevé en 1985.

Des programmes de câblage ont été établis pour d'autres cités, dont Kiev, Riga, Gorky, Ulyanovsk et Voronej.

Dans le domaine de la radio, d'autre part, l'URSS vient d'expérimenter la première station d'émission par codage numérique d'un son de haute fidélité. Celle-ci devrait lui permettre d'émettre à longue distance sans interférences.

UN PULVÉRISATEUR SOLAIRE

► Ce pulvérisateur portable de façon confortable grâce à une dossière souple et galbée, qui ne pèse que 4 kg, permet de désherber sans fatigue cultures, parcs et jardins, quelles que soient leur surface et leur topographie (terrains accidentés).

L'alimentation en énergie du "H2S" est assurée par des photopiles solaires. Module (3 W), batteries (1,2 Ah/6V), convertisseur, élévateur de tension et régulateur de charge sont intégrés au pulvérisateur lui-même. Autonomie de l'ensemble : 12 heures. Largeur de traitement : 1,4 mètre, pour une vitesse d'avancement de 4 km/h.

La même firme propose un pulvérisateur portable spécial pour le traitement des plantations ou arbustes contre les insectes, champignons et autres nuisances, le "C8S". Autonomie de trois heures et demie à neuf heures suivant l'ensoleillement. Largeur de traitement : 4 mètres pour une vitesse d'avancement de 4 km/heure.

Prix : 1 536 F le H2S, comme le



C8S. Pour tous renseignements : Société nouvelle d'électronique solaire, 32 quai du Mas d'Hours, 30140 Ales Cedex, tél. (66) 30 24 25.

PHOTO-VIDÉO

6 APPAREILS ET 2 FILMS NOUVEAUX

► Plusieurs firmes viennent de lancer des appareils et des produits pour la photographie mais tous ne seront pas disponibles en France cet été.

Dans le domaine des appareils compacts, tout d'abord, Olympus propose le TRIP AF, un 24 x 36 très léger, entièrement automatique pour l'exposition du film et pour la mise au point. Il est équipé d'un objectif Zuiko 3,5/35 mm à 4 lentilles et d'un viseur à simple cadre. Cet appareil très simple reçoit les films les plus courants, c'est-à-dire les films de sensibilités moyennes (100/21° à 400/27° ISO).

Konica a présenté un modèle un peu plus perfectionné, l'Autofocus AA-35, qui revient à un format abandonné depuis quelques années, le 18 x 24 mm. L'appareil comporte les mêmes automatismes. Il possède en outre l'entraînement motorisé du film et un flash électronique incorporé. Son objectif, un Hexacon 4/24 mm, correspond approximativement à un 50 mm en 24 x 36. Le Konica AA-35 reçoit les mêmes films que l'Olympus mais permet d'obtenir 2 fois plus de vues puisque les images sont de 18 x 24 mm.

Dans le domaine des reflex 24 x 36 sont apparus les Minolta X 300 et Nikon FG-20. Tous deux sont des modèles populaires, simples et bien entendu automatiques. Tous deux ont la sagesse d'être également semi-automatiques ce qui, éventuellement, laisse l'opérateur libre de choisir les conditions d'exposition. Sur le Nikon FG-20 cette intervention est aussi possible par programmation d'une correction automatique dans les limites de 2 diaphragmes. Les deux boîtiers peuvent recevoir les films les plus sensibles, jusqu'à 3 200/36° ISO. L'obturateur assure les vitesses de 1-1/1 000 s (jusqu'à 4 s sur le Minolta). Ces boîtiers reçoivent la gamme des objectifs et des principaux accessoires de leurs marques et ils peuvent être couplés à un flash électronique.

Chez Pentax, c'est à une diversification des matériels qu'on assiste. Tout d'abord, la firme japonaise lance un appareil moyen format, le Pentax 645 (4,5 x 6 cm). C'est un modèle professionnel à objectifs, magasins et verres de visée interchangeables (le viseur est un prisme). Deux cellules au gallium (GaAsP) et un obturateur électro-

nique à rideaux (15 à 1/1 000 s) permettent les réglages automatique et manuel de l'exposition. Parmi les autres caractéristiques, mentionnons la possibilité de surimpression et l'automatisme de l'exposition au flash.

Dans le domaine de la vidéo, Pentax lance une caméra miniature (conçue par RCA), le Video Movie CCD-G5. Elle a la taille d'un appareil photo 6 x 6 (genre Hasselblad), est dotée d'un analyseur d'image du type CCD-MOS et équipée d'un petit viseur électronique. Son prix sera de l'ordre de 8 000 F et l'appareil pourra être connecté aux magnétoscopes portables, notamment les nouveaux Pentax PV-R 1 000 A et Minolta V-770 S (non disponible en France pour l'instant).

Dans le secteur des surfaces sensibles, enfin, deux nouveautés. Tout d'abord, L'Agfachrome 64 S film inversible de 64/19° ISO vendu sans le prix du traitement (même caractéristique que l'Agfachrome CT 64 vendu prix du traitement compris). Pour la photo instantanée, ensuite, Polaroid a commercialisé un film Polaroid 600, version améliorée du film 600 vendu jusqu'ici.

PHOTO INSTANTANÉE : LE PUBLIC BOUDE

► Ces chiffres, établis par Kodak-Pathé à Paris, montrent l'évolution du marché photographique en France jusqu'à l'aube de 1984.

Les ventes d'appareils, tout d'abord, baissent depuis 1979 mais essentiellement à cause de la chute des modèles pour la photo instantanée. En 1983, leurs ventes ont porté sur 310 000 appareils, soit 31 % de moins que l'année précédente. L'ensemble des appareils 24 x 36 (905 000) et chargeurs (865 000) reste lui en légère hausse sur 1982 (3 % pour les 24 x 36 et 2 % pour les chargeurs). Mais, ici encore, l'évolution s'est trouvée influencée par deux types d'appareils : les 24 x 36 compacts (en forte hausse) et les modèles à disque (qui ne font qu'arriver). Les ventes de reflex 24 x 36, en particulier, sont en baisse.

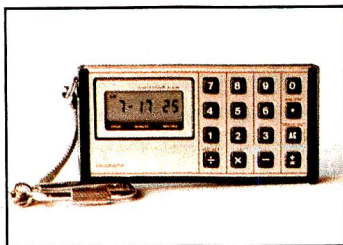
Les ventes de films quant à elles, reflètent un peu l'évolution de celles des appareils, avec moins d'ampleur cependant puisqu'elles correspondent à la consommation du parc d'appareils existant (c'est-à-dire, un peu plus de 20 millions en France en 1983). La consommation de pellicules photographiques a été évaluée à 73,6 millions pour 1983, soit 3 % de plus qu'en 1982. Mais cette progression concerne surtout le négatif couleur (49 millions, soit 6,5 % de plus). Les ventes de films pour diapositives (12,6 millions) sont à peine stables. Les autres ont fortement diminué : 6,1 millions soit 6 % de moins en noir et blanc ; 5,9 millions, soit 11 % de moins en photo instantanée.

Le sens le plus évident de cette évolution, c'est la nette régression de la photo instantanée. Elle s'explique en partie par le fait que ni les appareils, ni les films ne sont fabriqués en France, mais sont importés des États-Unis (une bonne partie de Hollande en ce qui concerne Polaroid). Ils ont donc été fortement pénalisés par la hausse du dollar (certains films déjà cher voilà deux ans, ont vu leurs prix presque doubler).

Est-ce à dire que la photo instantanée est condamnée ? Probablement pas, car de nouveaux progrès sont possibles et les fabricants ont commencé à diversifier leurs produits, tant pour les amateurs (Ektaflex Kodak) que pour les arts graphiques (Copyproof Agfa et, chez Polaroid, diapositive instantanée et nombreux films spéciaux).

CALCULETTES À TOUT FAIRE

► Il y a peu de choses que les calculettes d'aujourd'hui ne savent pas encore faire : elles parlent, font de la musique, enregistrent et classent votre fichier de numéros de téléphone, marchent à la lumière du soleil, reproduisent les lettres de l'alphabet lorsque vous les dessinez sur leur clavier, vous préviennent d'un bip-bip sonore lorsqu'un indésirable essaie de vous en déléster, donnent l'heure et la date, vous réveillent le matin ou vous rappellent vos

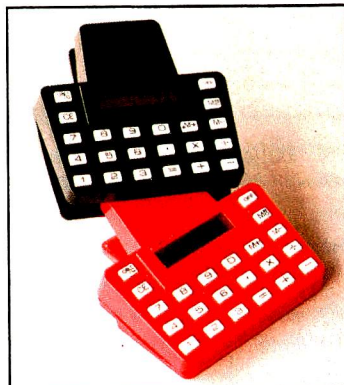


rendez-vous, etc. Voici quelques menus services supplémentaires.

La calculette porte-clés. Elle assume également, bien entendu, les mêmes fonctions qu'une calculette normale, et elle peut se fixer sur le tableau de bord de votre voiture grâce à son support auto-collant. Prix : 160 F environ.

La pince calculatrice. Nul besoin de la chercher dans vos poches, ou de la tenir d'une main pour pianoter vos opérations de l'autre : elle s'agrippe à votre bloc-notes et s'y maintient grâce à son ressort d'acier. Prix : 90 F environ.

Conversions pratiques. En plus d'effectuer les 4 opérations classiques, elle vous donne, si vous lui fournissez le cours de l'argent du



pays qui vous intéresse, l'équivalent dans la monnaie de votre choix. Elle effectue également les conversions de longueurs et de poids entre le système métrique et le système britannique. Ainsi, nul besoin de règles de trois fastidieuses pour savoir combien vous coûtera le kilo de fraises marquées 0,8 £ la livre sur un marché de Londres ou 1,5 \$ la livre à San Francisco ! Prix : 180 F. Pour tous renseignements : Dune, 12-14 rond-point des Champs-Élysées, 75008 Paris.

SPORTS

UN BRACELET AMORTISSEUR DE CHOCS

► Les effets des ondes de choc qu'on subit obligatoirement quand on pratique des sports tels que le tir ou le tennis, et qui se répercutent essentiellement sur le poignet, le bras et le coude, accentuent généralement la fatigue physique du sportif, ce qui ne permet plus une récupération aussi rapide dans la continuité de l'effort.

L'"astuce" technique du bracelet "shock-Watch" réside dans le métal liquide (mercure) contenu dans son dôme incassable qui, étant plus "réceptif" que les nerfs sensitifs de la main et du bras absorbe en quelque

sorte ces ondes de choc et permet de les atténuer. C'est ce que précise le distributeur de ce produit en France, mais cela ne veut pas dire grand-chose. Il s'agit plutôt, d'une part, de l'inertie du mercure, métal lourd, qui absorbe la quantité de mouvements due au choc ; d'autre part des vibrations générées dans ce même métal, et qui se trouveraient en opposition de phase avec celles déclenchées par le choc dans les os du membre concerné.

Prix : 300 F environ. Pour tous renseignements : TEDD, 78810 Feucherolles.

UN PETIT VENTILATEUR CONTRE LES PETITES MAUVAISES ODEURS

► Pour éliminer les odeurs, désagréables (odeurs de cuisine, d'égout, de moisi, de cigarettes, etc.), la société Calor a réalisé un appareil de traitement actuellement commercialisé sous la désignation Renov'Air Calor 5910-02. Dans un boîtier cylindrique, cet appareil comporte essentiellement un ventilateur à 2 vitesses qui envoie l'air aspiré à travers un filtre composé d'éclats de charbon actif et de silica-gel imprégné de CA-90 pris entre deux couches de fibres de synthèse. Ce filtre arrête les impuretés et les particules comme les poussières et les pollens.

Le système est efficace si la pièce ne fait pas plus de 20 m³ ou s'il est placé près d'une source de pol-

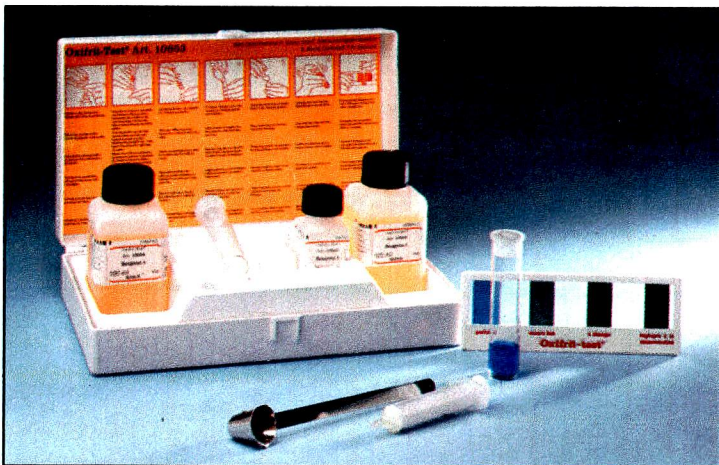


lution. Une pastille-témoin indique quand le filtre est usé (filtre de recharge : 25 F).

L'appareil peut, en plus, diffuser un parfum au choix : senteurs boisées, fraîches ou florales. A cet effet, au-dessus du filtre peuvent être disposés de 1 à 6 pétales donnant ces senteurs (15 F pièce). Enfin, en été, il est possible d'utiliser un pétale à la citronnelle pour éloigner les moustiques.

Prix moyen : 180 F, chez les revendeurs de la marque.

VÉRIFIEZ LA QUALITÉ DE VOS HUILES DE FRITURE



► Au cours de leur utilisation, les huiles de friture, quelle que soit la nature du corps gras utilisé, s'oxydent en formant des produits nocifs : les triglycérides oxydés (TGO). Lorsque la teneur en TGO atteint 25 %, l'huile est "usée" et ne présente plus les caractéristiques nécessaires à une bonne hygiène alimentaire.

Bien que cela soit couramment pratiqué, l'examen de la couleur et de l'odeur de l'huile ne permettent pas de déterminer sa toxicité : ce que l'huile craint le plus est la surchauffe, qui provoque sa dégradation plus rapidement sans pour autant que cela soit toujours décelable par les critères visuels ou organoleptiques. Au contraire, bien utilisée, filtrée, jamais surchauffée, l'huile peut servir beaucoup plus longtemps, même si elle a acquis une coloration prononcée.

D'où l'intérêt de l'Oxifrit, un véritable petit laboratoire qui permet, en moins d'une minute, de contrôler la qualité des huiles de friture et indique leur degré d'usure, ainsi que leur teneur en produits nocifs.

La méthode d'analyse est celle qui

est utilisée dans les laboratoires agréés, le nouveau coffret simplifiant l'analyse : il suffit de comparer la couleur de l'huile après l'avoir testée avec des réactifs suivant une échelle de quatre couleurs. Chaque couleur correspond à une indication : bleu, le corps gras est parfait ; vert, il est encore bon ; ocre vert, il est souhaitable de le changer ; marron, il est impropre à la consommation.

Le coffret d'analyse Oxifrit contient une cuillère métallique pour prélever l'huile, une seringue pour doser le réactif, une échelle colorée en plastique inaltérable, 3 flacons de réactifs stables plus d'un an. Il permet d'effectuer 60 analyses et coûte 347,50 F (prix des 3 flacons de réactifs de recharge : 135,20 F), ce qui, sur la première année (amortissement du coffret), représente un coût moyen par analyse de 4 F, puis de 2,25 F les années suivantes (amortissement de la seule recharge).

Pour tous renseignements : Laboratoires Merck-Clevenot, Division Chimie, B.P. n° 8, 94130 Nogent sur Marne.

PHOTO

3 FILMS COULEUR CHEZ 3M

► Suivant ses concurrents de l'industrie photochimique, la firme 3M vient à son tour de renouveler l'éventail de ses films négatifs en couleur en lançant les Color Print HR 100, 200 et 400. Les lettres HR désignent la haute résolution de ces émulsions comparée à celle des anciens films. Le grain est plus fin et

les couleurs plus pures.

Les sensibilités des trois films sont respectivement de 100/21 ISO, 200/24° et 400/27° ISO. Ils sont disponibles en 35 mm et, pour le type 200, en disque.

Pour tous renseignements : 3M-France, boulevard de l'Oise, Cergy-Pontoise Cedex.

58 MILLIONS DE MAGNÉTOSCOPES À LA FIN DE L'ANNÉE ?

► Selon les experts de l'industrie électronique, le parc mondial des magnétoscopes atteindra 58 millions d'appareils au 31 décembre 1984. Les pays disposant du plus grand nombre d'appareils seront les USA (15,95 millions), le Japon (12,6), le Royaume-Uni (7,65), la RFA (5,45), la France (2,1) et le Canada (1,8).

Mais les pays les mieux équipés se classent différemment : Singapour (63 % des foyers possédant un téléviseur), Japon (40,3 %), Etats-Unis et Royaume-Uni (40 %), Hong Kong (39,5 %), Venezuela et Australie (31,4 %), Philippines (30,4 %), RFA (25 %), Suède (22,6 %). La France suit beaucoup plus loin avec 12 %.

PHOTO

PROTÉGEZ VOS FILMS CONTRE LES RAYONS X

► Dans notre dernier numéro, nous avons attiré l'attention de nos lecteurs photographes voyageant par avion sur le risque de voilage de leurs pellicules lors du contrôle des bagages par rayons X. Avec les films de très haute sensibilité, de 1 000/31° à 1 600/33° ISO, le voile peut même être apparent dès le premier voyage (surtout si ces films sont utilisés en doublant la sensibilité).

La société Posso vient de mettre sur le marché des boîtes de protection dont les parois arrêtent le rayonnement nocif dans une proportion suffisante pour la protection des films de haute sensibilité.

Toutefois, à cause de l'effet cumulatif des expositions successives aux rayons X, il est toujours prudent de ne pas multiplier les passages d'une même émulsion à des contrôles (voir *Science & Vie* n° 783), la protection assurée par les boîtes ARX Posso n'étant pas totale.

Ces boîtes mesurent 38 x 55 x 90 mm et peuvent recevoir soit 3 cartouches 135 (format 24 x 36), soit 2 pellicules 120 (formats 6 x 6 et 6 x 9).

Prix : 45 F la boîte environ. Pour tous renseignements : F. Benoit, c/o Posso SA, 12 avenue d'Italie, 75624 Paris Cedex 13.

BRANCHEZ UN MICRO-ORDINATEUR SUR LE FILM DE LA TÉLÉ

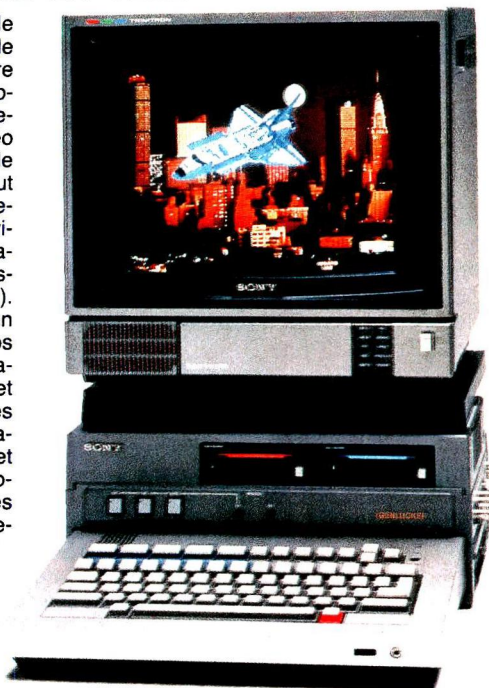
► Un nouveau pas vers le mariage de la vidéo et de l'informatique vient d'être réalisé par la firme japonaise Sony avec le lancement de l'ordinateur-vidéo SMC 70G ; c'est en effet le premier appareil qui peut se synchroniser directement avec une source vidéo (magnétoscope, caméra, lecteur de vidéodisque, régie de la télévision). Aucun interface, aucun correcteur de base temps n'est nécessaire. L'ordinateur SMC 70G permet d'incruster sur des images vidéo, des textes, des graphiques ou des dessins et de les animer. La superposition des deux types d'image est immédiatement enregistrable sur cassette vidéo.

Les possibilités du SMC 70G sont très vastes. Textes et dessins sont réalisables en 16 couleurs par commande au moyen d'un clavier à 72 touches ou par simulation sur une tablette graphique. Les données programmées sont enregistrées sur disquette de 3,5 pouces.

L'ordinateur permet encore l'enchaînement de pages de textes ou de dessin par effet de volets.

Selon le logiciel, 4 sortes de définitions peuvent être obtenues :

- 160 x 100 points, 16 couleurs et mémorisation de 4 pages d'écran vidéo ;
- 320 x 200 points en 4 couleurs ;



● 640 x 400 points en noir et blanc. Les divers logiciels couvrent tous les besoins vidéo (graphique, génération de caractères, effets spéciaux).

L'ordinateur comporte une mémoire centrale 64 koctets et une mémoire d'écran vidéo de 64 koctets également. Il mesure environ 39 x 15 x 48 cm et pèse 9,3 kg.

Le SMC 70G sera disponible courant septembre. Pour tous renseignements : Sony-France, 19 rue Mme de Sanzillon, 92110 Clichy.

RADIO

UN TUNER POUR LES ÉMISSIONS TRANSMISES PAR SATELLITE

► La firme Kenwood a présenté le prototype du premier tuner destiné à la réception de la radio qui sera transmise en même temps que la vidéo par satellite.

L'onde radio de 12 GHz reçue par l'antenne parabolique sera transformée, par un convertisseur de l'antenne, en une première fréquence de 1 GHz ; cette fréquence de 1 GHz sera alors fournie via un câble à un tuner interne pour radio-diffusion par satellite.

Le tuner (c'est le cas du Kenwood)

convertira la haute fréquence de 1 GHz en une seconde fréquence intermédiaire dont un microprocesseur séparera les signaux vidéo et audio. Le signal vidéo sera ensuite transmis, tel quel, à un moniteur de télévision, tandis que le signal audio-numérique sera traité par un décodeur et un convertisseur qui restitueront un signal analogique ordinaire, le seul compatible avec un amplificateur et un haut-parleur. Pour tous renseignements : Trio-Kenwood, 5 bd Ney, 75018 Paris. ■

juin (plus tard cette année à cause du printemps pluvieux). Et l'apport des géniteurs au CEMAGREF est entre les mains des pêcheurs honnêtes.

- Il faut les stocker en bonne santé. Malheureusement, l'esturgeon est un poisson très fragile, qui ne supporte ni les chocs, ni l'émersion prolongée. Une femelle de 2 m et 80 kg pêchée au large de Roscoff n'a pas survécu à 3-4 jours de stockage. Et les mâles, très vigoureux, s'abîment en se débattant dans les filets. A Donzacq, on estime à une dizaine de jours le délai raisonnable de stockage dans les bassins où l'eau de source est en permanence à 17°C.

- Il faut obtenir les ovules au bon stade de maturité et avoir le sperme au même moment, puisqu'on ne sait pas encore le garder par congélation (mais l'INRA s'en occupe). Une façon de connaître le stade de maturité des ovules est d'en faire cuire un échantillon ; les ovules cuits sont coupés en deux. On observe alors au microscope la position du petit trou laissé par le noyau car celui-ci migre vers la périphérie au cours de la maturation. Personne n'a pu nous dire si cet indice peut servir à apprécier la qualité du caviar !

- Il faut enfin que la fécondation réussisse et que les alevins survivent jusqu'à 4-5 grammes, poids auquel, selon l'objectif initial, ils seraient relâchés dans l'eau. Il faut donc bien maîtriser les conditions en bassin d'élevage. Ce n'est pas encore évident. Ainsi, par exemple, lorsque nous avons visité la pisciculture de Donzacq, les chercheurs étaient confrontés à un problème de pression de gaz dans l'eau qui retournait sur le dos un nombre impressionnant de petits *baeri*. Sur les milliers de larves nées ce printemps, il restait environ 7 000 alevins de 4-5 g en juillet.

L'un après l'autre, les obstacles de ce genre doivent être résolus. En 1981, le stade de fécondation du *sturio* a été maîtrisé : un mâle et deux femelles avaient été capturés ; une césarienne sur la femelle a fourni 700 ovules environ qui ont été fécondés. Malheureusement aucun des petits alevins gris-bleu au ventre argenté n'a survécu longtemps. Depuis, aucune reproduction n'a été obtenue, soit que le CEMAGREF n'ait eu que peu de mâles (en 82), soit que la fécondation n'ait pas réussi (en 83), soit que les deux sexes n'aient pas été disponibles au même moment (en 84).

Pour améliorer ces résultats en demi-teinte, les recherches demandent à être soutenues. Pour P. Williot, c'est le personnel avant tout qui est insuffisant.

Puis, il faut un centre d'alevinage dont la construction est prévue dans le budget de 11 millions de F, et il faut, de toute évidence, améliorer les techniques de reproduction et d'élevage

et, enfin, poursuivre l'étude de l'espèce dans son milieu naturel. Les observations scientifiques les plus récentes sur l'esturgeon datent en effet de 20 ans ! Et on ne connaît encore rien des deux premières années de la vie de l'esturgeon et de la répartition dans l'estuaire des juvéniles en fonction de leur âge et des saisons. Soulignons que l'effort déployé pour améliorer l'environnement doit comprendre des mesures spécifiques pour faciliter la vie de l'esturgeon et notamment installer des systèmes qui permettent aux poissons de remonter les barrages. Le contrat de plan prévoit d'affecter 20 millions de F au financement d'échelles à poissons mais les esturgeons, contrairement aux saumons, ne savent pas sauter d'un palier à l'autre, aussi faut-il leur aménager des ascenseurs sur les côtés des barrages.

L'hypothèse de départ de la DRAE est la production à court terme d'un million d'alevins relâchés dans l'estuaire de la Gironde. Si l'on table sur le retour de trois quarts d'entre eux pour le frai, on peut espérer produire 15 t de caviar. C'est donc 8 MF pour la chair (200 t à 40 F le kilo) et 9 MF pour le caviar (15 t à 600 F le kilo) que le programme esturgeon pourrait nous rapporter. De plus, pour la pêche et l'aquaculture, la fabrication des filets (les anciennes crécacqueyres), la préparation du caviar, l'afflux touristique qui en découlera, le plan prévoit la création d'un demi-millier d'emplois.

Ainsi selon les conseillers régionaux, le futur caviar girondin nous économiserait des devises. Mais peut-on s'y fier ? Nos importations se chiffraient certes autour de 27 MF en 1982, 35 MF en 1983, ce qui correspond à une trentaine de tonnes. Mais ces chiffres, comme le caviar, sont à prendre avec des pincettes. Les importateurs sont d'une discrétion absolue sur le sujet. Quant aux chiffres de la douane, en ce qui concerne le tonnage importé, ils sont assez fantaisistes, les confusions entre les grammes et les kilogrammes se glissant souvent dans les déclarations des importateurs. Ceux-ci ne sont certainement pas les premiers à désirer l'arrêt de leur activité, même si les caisses de caviar, importé en boîtes de 2 kg environ, subissent un droit de douane de 12 % pour le caviar iranien et de 30 % pour le russe, et une TVA de 33 %.

D'ailleurs, Christian Petrossian, fils et neveu des frères qui, en 1920, renouaient les liens entre l'Occident et la nouvelle URSS en commandant par téléphone leurs premières boîtes de caviar, refuse aux ovules de la femelle *sturio* l'appellation caviar. Si la chair de l'esturgeon commun, très fine, doit forcer le respect, ses ovules ne sont, selon lui, que des "œufs d'esturgeon", comme ceux des treize autres espèces d'*Acipenser*. Son explication est que la mer Caspienne, fermée, biologiquement riche et peu salée (17-18 pour mille contre 33-35 pour mille dans l'océan Atlantique), offre des conditions uniques. Le caviar (*ikra* en russe) est préparé dès que le poisson est pêché, soit à bord des "usines flottantes" (ou bateaux-laboratoires), soit dans des pêcheries où les estur-

changement continu. Le pas minimal d'un synthétiseur est important à connaître : il peut aller de 1 kHz (franchement trop grand) à 10 Hz (très bon). 100 Hz est une bonne valeur courante pour un récepteur de trafic. Parfois, et notamment en bande latérale unique, on a besoin d'un réglage encore plus fin : les meilleurs récepteurs disposent d'un RIT (*Receiver Incremental Tuning*, accord fin analogique), qui permet d'ajuster la fréquence de façon continue entre deux pas successifs.

La nature même d'un synthétiseur permet, par l'intermédiaire d'un microprocesseur, toutes sortes d'acrobaties. On peut sélectionner, par exemple, le pas du synthétiseur, ce qui permet un passage plus rapide d'une bande à l'autre (comme c'est le cas dans le récepteur Icom ICR 70). Certains récepteurs, surtout professionnels, ont un pas variable : plus vous tournez vite le bouton d'accord, plus le pas augmente : le balayage est encore plus rapide (Racal RA 1792). Autre méthode d'accord : les touches de montée/descente en fréquence. Il suffit de laisser le doigt sur la touche choisie pour que la fréquence varie continuellement (Sony ICF 2001 ; Kenwood R 2000, Japan Radio NRD 515). Enfin, il reste l'introduction de la fréquence chiffre par chiffre à l'aide d'un clavier numérique. Le balayage automatique, présent sur certains postes grand public, ne sert pas à grand-chose en ondes courtes. Mais les mémoires peuvent être utiles pour rechercher rapidement une station connue sur toutes les fréquences où elle est susceptible de se trouver, par exemple, ou pour comparer les conditions de propagation dans différentes bandes. Ultime avantage des circuits associés au synthétiseur : ils peuvent commuter automatiquement les filtres de bandes utilisés à l'entrée du récepteur, éliminant ainsi une opération manuelle ; ils commandent aussi l'affichage numérique de la fréquence, qui a presque entièrement remplacé le bon vieux cadran d'un bout à l'autre de la gamme des récepteurs.

D'autres dispositifs ingénieux permettent de rendre intelligibles les stations les plus rebelles. Le PBT (*Passband Tuning*, accord par sélectivité variable), qui opère entre deux fréquences intermédiaires, permet de prendre la portion du spectre qui sort d'un des filtres fréquence intermédiaire, et qui contient à la fois le signal désiré et des signaux perturbateurs, et de la promener le long de la fenêtre que constitue le filtre suivant : selon que le signal brouilleur se trouve plus haut ou plus bas que le signal désiré, on rogne sur le haut ou le bas de la bande passante pour rejeter le brouilleur au-delà de celle-ci. Combiné avec l'ECSS, voire avec des filtres commutables, le PBT permet de traiter un signal sur mesure. Toujours dans les étages fréquence intermédiaire, un filtre "notch" sert à combattre les sifflements qui peuvent se produire lorsque deux stations se chevauchent. Concrètement, en ajustant le "notch", on déplace un puits de fréquence le long de la bande

passante : quand il est aligné sur la porteuse parasite, le battement gênant est fortement atténué.

Quelques autres perfectionnements. Le CAG (contrôle automatique de gain, AGC en anglais), combat l'évanouissement périodique des signaux reçus, dû à la propagation ionosphérique. Il est présent sur tous les récepteurs, mais l'intérêt est de pouvoir modifier sa constante de temps, ou de pouvoir le mettre hors circuit afin d'extraire les derniers micro-volts de sensibilité du récepteur. Les limiteurs de bruits agissent, eux, avec une efficacité variable, contre les bruits de type impulsionnel : les parasites d'allumage ou le radar soviétique "OTH b" à longue portée (dont les écouteurs d'ondes courtes reconnaissent bien les parasites caractéristiques). Le silencieux ou "squelch", surtout utilisé en FM, rend le récepteur totalement silencieux tant qu'un signal d'une force réglable n'est pas détecté : il sert à éliminer le bruit de fond gênant en l'absence d'émission.

Comment comparer les performances de deux récepteurs ? Les fabricants de matériel grand public ne les indiquent en général pas. Quant aux tableaux de performances fournis avec les engins de plus haut niveau, ils sont difficiles à interpréter, ne serait-ce que parce que chaque mesure, pour être significative, doit être accompagnée d'un nombre impressionnant de paramètres. Prenons la sensibilité, par exemple. Elle se mesure couramment en microvolts. Mais une sensibilité de 0,5 μ V, ça ne veut rien dire. C'est 0,53 μ V pour quel type de modulation ? SSB, AM, FM ? Pour combien de décibels de rapport signal plus bruit sur bruit ? Pour quelle bande passante ? Pour quel pourcentage de modulation en AM ? Et le plus vicieux : de quel genre de volts s'agit-il ? S'agit-il d'une force électro-motrice ou d'une différence de potentiel ? Le second type de mesure donne des résultats deux fois plus optimistes...

Mais que les réfractaires aux microvolts et aux décibels-mètres se rassurent, cependant : un coup d'œil sur le Sony ICF 7600 D ou sur l'Eska RX 12 PL, que nous présentons par ailleurs dans cet article, les convaincra qu'il n'est nul besoin de jongler avec l'électronique pour accéder aux ondes courtes. Dès à présent, le matériel existant a ouvert la voie de l'écoute au grand public ; les ondes courtes ne sont plus un ghetto de techniciens. Demain, cette tendance ne fera sans doute que s'accroître. Déjà, les pays de l'U.I.T. débattent d'une conversion progressive des émetteurs à la bande latérale unique, qui améliorera grandement la réception. Déjà, grâce aux circuits PLL ECSS, on commence à parler de qualité musicale en ondes courtes, alors qu'on se contentait jusqu'ici d'espérer une compréhension correcte de la voix. L'avenir est aux récepteurs intelligents, munis de micro-processeurs intégrés, qui choisiront automatiquement la meilleure fréquence disponible, grâce à des données transmises par l'émetteur en même temps que la modulation.

geons sont amenés vivants dans des barges-piscines. Toutes les pêcheries du pourtour de la mer Caspienne étaient autrefois aux Russes qui gardèrent en concession les pêcheries du sud avant de les laisser à l'Iran en 1953 (production annuelle des pêcheries iraniennes = à 200 tonnes environ).

Toutefois, jusqu'à l'arrivée au pouvoir de Khomeiny, le savoir-faire et le personnel de ces pêcheries étaient encore en partie soviétiques.

Ce personnel c'est avant tout le *master*, rare mot resté anglophone dans la langue russe actuelle. C'est lui qui surveille les opérations, depuis l'ouverture du ventre blanc de la femelle esturgeon jusqu'à la mise en boîte du caviar. Sur la bête assommée, une incision rapide et précise permet de plonger les mains pour sortir délicatement la masse plus ou moins foncée des précieux ovules. Les œufs sont doucement roulés sur un tamis pour être débarrassés des membranes. Le *master*, de son œil exercé, a repéré la couleur, l'origine, et la maturité de ces œufs qui déterminera le taux de salage. D'une main experte, il va alors additionner le sel (3 à 5 % du poids des œufs) qui conservera le caviar en parfait état et lui donnera ce petit assaisonnement idéal pour relever son goût exquis. C'est encore le *master* qui dégustera le premier le "cru" de la récolte, en compagnie des importateurs sérieux venus sur place vérifier à la fin de chaque pêche (printemps et automne) l'état et la fraîcheur de leur commande. Inutile de préciser que le caviar doit être manipulé le moins possible, tant il est fragile. Tout ce rituel artisanal de préparation qui évoque nos maîtres de chais, ne pourra jamais être automatisé. Reste à savoir si, dans le cas où l'on parviendrait en France à restaurer le parc d'esturgeons et à produire du caviar en quantités commerciales, et aussi à acquérir le tour de main russe, notre caviar vaudrait le russe ou l'iranien. La matière première a-t-elle fondamentalement le même goût?

Le goût du caviar dépend d'abord de la femelle d'origine, de son âge et de l'espèce à laquelle elle appartient..., (la couleur, elle aussi, varie selon l'espèce et selon les individus. Ainsi le caviar clair, dit blanc ou gris impérial, qu'offrait le shah d'Iran à son entourage, n'est autre que du caviar de poissons albinos).

● Le beluga (le plus cher, autour de 4 500, bientôt 5 000 F le kg) a des grains larges, variant du gris clair au noir, très fragiles. Il est fondant, très doux, "discret" et riche en saveurs. Peut-être est-ce dû à sa composition, puisque c'est le plus humide : 57 % d'eau. Il contient 15 à 16 % de matières grasses et 25 à 26 % de protéines.

● L'oscietre (aux environs de 3 000 ou 3 500 F le kg) a des grains allant du jaune doré au brun, un peu moins gros que le beluga, un peu plus durs et très agglutinés. Il a un petit accent parfumé de noisette. Son humidité est d'environ 55 %, son

taux de matières grasses, de 16 à 17 %, et son taux de protéines, de 25 à 27 %.

● Le sevruga (le moins cher, autour de 2 600 ou 3 000 F le kg) va du gris clair au gris foncé. Ses grains sont moins agglomérés et son goût, plus accentué, reste plus longtemps dans le palais. Il est plus franc, plus "fumé" sans doute à cause de son taux plus élevé en matière sèche (47 %) et notamment en protéines 28 %. Matières grasses : 13 à 18 %.

● Le caviar pressé, moins cher, est, comme son nom l'indique, un concentré des œufs des différentes variétés. Il faut 4 kg d'œufs environ pour faire un kilo de caviar pressé. C'est un mets très riche : 100 g de caviar pressé apportent 340 kilocalories contre 240 pour 100 g de caviar naturel. Dommage que le caviar soit si cher car sa valeur nutritive dépasse celle de la viande de bœuf et il est plus riche en vitamine D, A et B et en lécithine que beaucoup d'aliments.

● Le caviar pasteurisé, un peu plus cher que le naturel, se conserve plus longtemps : 6 à 8 mois mais sa saveur est également moins nuancée et il est plus sec.

● Le caviar de la Gironde est un caviar aux grains plus petits. Fade ou fin selon les goûts, il a 50 % d'humidité, 29 % de protéines et 14 % de matières grasses.

Mis à part le sel, et en fonction des marchés d'exportation, le caviar peut également être préparé avec, comme conservateur, l'acide borique et ses sels naturels au taux de 2 à 5 pour mille. Sans danger aucun à cette dose, (plus faible que celle que l'on trouve dans des aliments plus courants comme la betterave) et pour la quantité de caviar que l'on consomme, cet additif est toléré en France, mais interdit aux Etats-Unis, qui n'importent que du caviar pur sel ou pasteurisé.

Dans son conditionnement d'origine, le caviar peut se garder un an. Mais dans les boîtes rondes ou les petits pots que l'on achète au détail, il ne se conserve pas plus d'un mois (sauf le pasteurisé). Encore faut-il le mettre au frais, entre 0 et 2 °C et non à la température ambiante comme son classement en semi-conserve pourrait le laisser entendre. Les boîtes étant très remplies, l'air est chassé quand elles sont refermées, ce qui en assure l'étanchéité. Un large joint de caoutchouc maintient la boîte fermée. Le caviar doit être très peu manipulé et consommé dès l'ouverture de la boîte. Aux Etats-Unis et dans les pays scandinaves, n'importe quelle pâte d'œufs de poissons teintés ou non (œufs de mulot, saumon, lompe, corégone...) est appelée *Kaviar*.

En France, la dénomination caviar ne peut s'appliquer qu'aux œufs d'esturgeons. Mais ce n'est pas encore suffisant pour certains importateurs qui font la distinction entre caviar et œufs d'esturgeons. Pour notre esturgeon commun, la controverse pourra être relancée si le "Plan-Caviar" girondin réussit.

Marie-Laure MOINET ■

PIERRES SYNTHÉTIQUES

(suite de la page 90)

exécuter une contre-expertise. Il suffit de penser à la quantité de copies conformes à peu près indécrochantes qui circulent en matière d'armes anciennes, de monnaies antiques ou de meubles d'époque.

Pourtant, les pierres de synthèse n'ont pas atteint une énorme diffusion, et cela pour deux raisons : la pesanteur du circuit commercial qui va des mines au joaillier, tous ayant intérêt à vendre du "naturel", et la coutume qui veut qu'on achète naturel. Ce véritable conditionnement, qui fait la fortune de quelques-uns et la grosse dépense du plus grand nombre, a limité la production des pierres de synthèse. Or qui dit production limitée dit prix élevé : les belles pierres de synthèse, nous allons le voir en les considérant tour à tour, ne sont pas données.

Commençons par le rubis : les plus belles pièces naturelles peuvent atteindre 400 000 F par carat — le carat, unité de masse "pro" ; en réalité, tout bonnement deux décigrammes : 1 carat = 0,2 g. En synthèse Verneuil, 100 F le carat ; en synthèse sophistiquée : jusqu'à 30 000 F/carat pour les plus beaux. Ceux-là viennent surtout des USA (Chatham ou Kashan) ou d'Autriche (Knischka) et ils sont parfois très, très difficiles à distinguer des cristaux naturels, même avec un équipement sérieux. Les rubis Verneuil — tout aussi beaux à l'œil — sont par contre assez faciles à repérer ; aussi sont-ils achetés par certains grossistes du sud-est asiatique et revendus comme vrais à des touristes qui croient avoir fait la bonne affaire en achetant 5 000 F un rubis de 20 000 qui en coûte en réalité 500.

Le saphir naturel, lui, est beaucoup moins coûteux : 50 000 F/carat pour les plus belles pierres. En synthèse Verneuil : 100 F/carat. En synthèse affinée, 4 000 F/carat (Chatham).

L'émeraude, très rare en pièce parfaite, va jusqu'à 70 000 F/carat. Par synthèse en solution (Gilson, Chatham) 4 000 F/carat.

Le diamant, lui, reste à part dans la mesure où les cristaux de synthèse sont minuscules et ont exclusivement un usage industriel : meules, abrasifs, trépan, outils diamantés, etc. Ici, le cristal de synthèse est supérieur aux fragments naturels car il est plus homogène et ne présente pas les points faibles dus au concassage des pierres impropres à la joaillerie. Les deux tiers des diamants industriels viennent d'ailleurs de la synthèse mise au point par Hall à la General Electric. Ce procédé, nous l'avons vu, permet cependant de faire des cristaux de taille normale mais en y mettant beaucoup de temps. Du coup, semble-t-il, leur prix rejoindrait celui des diamants naturels. On peut d'ailleurs se demander s'il n'existerait pas d'autres procédés moins crus que la presse à quatre branches pour mettre dans le bon ordre les atomes de carbone : c'est là un problème de physique cristalline dont nous laissons la réponse aux spécialistes.

Renaud de LA TAILLE ■

GALAXIE

(suite de la page 27)

Marseille, l'Américain Francis Drake et le Soviétique Igor Páriiski ont fini par découvrir la source de rayonnement extrêmement intense dans cette direction. Elle fut baptisée Sagittarius A.

Puis, lorsque le pouvoir de résolution des radio-télescopes devint un peu meilleur, on s'aperçut que cette radio-source se décompose en deux, et qu'une troisième, Sagittarius B2, se cache dans les parages. Cette dernière, on le sait aujourd'hui, renferme au moins sept nuages épais d'hydrogène et de poussières, sa masse total s'élevant à quelque 3 millions de masses solaires.

Les rayonnements émis par les radio-sources Sagittarius A furent analysés avec soin. Le noyau galactique fut ainsi identifié à la radio-source Sagittarius A-ouest, une des deux composantes de Sagittarius A, dont les coordonnées équatoriales sont égales à 17 h 42'29", soit 28°59'48". Bientôt Beklin et Neugebauer découvrirent une source infrarouge intense, IR 16, coïncidant avec Sagittarius A-ouest. Il n'y avait plus de doute, le noyau de notre Galaxie se trouvait bien là. Mais quelles étaient sa structure et sa composition ?

Il semblerait que le noyau galactique soit un amas de plusieurs millions d'étoiles rassemblées dans un volume de 0,5 parsec de rayon. Cela est en soit déjà suffisamment extraordinaire. Dans une sphère d'un rayon deux fois plus grand centrée sur le Soleil, on ne trouve qu'une seule étoile : le Soleil lui-même. Et dans un volume 8 fois moindre, des millions d'étoiles se presseraient ! Imaginez des étoiles de toutes les tailles et de toutes les couleurs, des géantes et des naines, des bleues, des blanches et des rouges qui s'effleurent, se heurtent peut-être et de toute manière interagissent violemment les unes avec les autres sans répit.

Et ce n'est pas tout. Si l'on s'approche plus près du centre, on rencontre une source radio supercompacte dont le rayon est inférieur à 1,5 milliard de kilomètres, soit à peu près la distance Soleil-Saturne, alors que sa masse fabuleuse avoisine les 5 millions de masses solaires. C'est là le véritable noyau galactique, le cœur de la Galaxie, et peut-être, qui sait, sa raison d'être. Des masses de gaz ionisé tourbillonnent autour de lui, accompagnées d'essaims d'électrons qui tournent en hélice autour des lignes de force de son champ magnétique intense. Des rayons gamma, X, UV infrarouges et des ondes radio nous parviennent de ce noyau.

Mais quelle est la véritable nature de ce cœur impétueux ? Nul ne sait. Peut-être renferme-t-il un "trou noir", ogre invisible qui, en avalant des tonnes et des tonnes de matière interstellaire, crache une énergie formidable ? On ne saurait le dire ! La réalité dépasse parfois les plus audacieuses des imaginations...

Anna ALTER ■

diplômes de langues UN ATOUT PROFESSIONNEL

anglais, allemand, espagnol, italien, russe, grec

Dans tous les secteurs d'activité, la pratique utile d'au moins une langue étrangère est devenue un atout majeur. Pour augmenter votre compétence, assurer votre promotion, votre reconversion, quelle que soit votre situation, vous avez donc intérêt à préparer un diplôme professionnel, très apprécié des entreprises :

- **Chambres de Commerce Étrangères**, compléments indispensables aux emplois du commerce international.

- **Université de Cambridge (anglais)**, pour les carrières de l'information, publicité, tourisme, hôtellerie, etc...

- **B.T.S. Traducteur Commercial**, formation complète au métier de traducteur ou interprète d'entreprise.

Langues & Affaires (Établissement privé) assure des formations complètes (même pour débutants) à distance, donc accessibles à tous, quelles que soient vos occupations quotidiennes, votre lieu de résidence ou votre niveau actuel.

Enseignements originaux et individualisés, avec progression efficace et rapide grâce à l'utilisation rationnelle de moyens audiovisuels modernes (disques, cassettes...). Cours oraux facultatifs à Paris. Service Orientation et Formation.

Documentation gratuite à Langues & Affaires, service 4164, 35, rue Collonge 92303 Paris-Levallois. Tél. : 270.81.88.

BON D'INFORMATION

à découper ou recopier et renvoyer à

L. & A., service 4164, 35, rue Collonge 92303 Paris-Levallois. Veuillez m'adresser gratuitement et sans engagement votre documentation complète.

NOM :

Prénom :

Adresse :



CONTROL DATA

Le grand constructeur
de super-ordinateurs forme

ANALYSTE-PROGRAMMEURS

Bac (+2 de préférence)

INSPECTEURS DE MAINTENANCE

(baccalauréat non requis)

Pour recevoir une documentation sur les conditions d'admission et sur les larges possibilités d'emploi dès la sortie des cours, retourner ce bon à :

INSTITUT PRIVÉ CONTROL DATA

Bureau 120 - 59, rue Nationale
75013 Paris - Tél. (1) 584.15.89

Nom

Adresse

Age

NIVEAU D'ÉTUDES : niveau bac ☐ bac ☐
études sup. ☐ Autres

INTÉRESSÉ PAR COURS D'INSPECTEUR
DE MAINTENANCE en 26 semaines à Paris
seulement ☐

INTÉRESSÉ PAR COURS D'ANALYSTE-
PROGRAMMEUR en 19 semaines à Paris ☐
à Marseille ☐ à Nantes ☐ à Lille ☐

UN MÉTIER LA COMPTABILITÉ

La comptabilité intègre
les techniques de pointe
et offre des postes clefs
très bien rémunérés.

**15 jours
d'essai gratuit**

Profitez de l'expérience de
l'E.P.A. pour **préparer chez vous un
diplôme officiel de comptabilité :**

CAP - BP - BTS - CPECF - DECS

Renseignez-vous au plus vite sur les **avan-
tages offerts aux étudiants de l'E.P.A. :**
financement par la formation continue,
début des études à tout moment, à tout âge,
à tout niveau...

Brochure chez vous
sous 48h (1) 293.11.11

École Préparatoire
d'Administration

VOTRE PROGRAMME
DE TRAVAIL
PAR ORDINATEUR



Sans engagement recevez la
doc. gratuite L 511

M Pr.

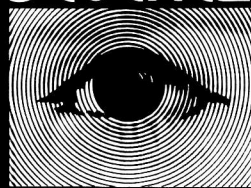
Adr.

N(e) le Tél.

Niv. d'études

École Préparatoire d'Administration
6, rue de Léningrad 75008 Paris
Enseignement privé à distance

DEVENEZ



PHOTOGRAPHE

Sans quitter votre emploi, l'Institut Spécial
d'Enseignement par Correspondance (organism-
me privé), vous prépare à ces brillantes carri-
ères : photographe de mode, de publicité, de
presse et de reportage. Demandez notre bro-
chure gratuite à : I.S.E.C. (serv. F1), 11, Fau-
bourg Poissonnière, 75009 Paris.
Pour la Belgique : 176, Boulevard Kleyer
4000 Liège. Tél. 041/52.60.98

BON pour recevoir
notre brochure gratuite

Nom

Adresse

..... code postal

Ville

on vous juge sur votre culture

A tout moment de votre existence, une culture insuffisante constitue un sérieux handicap, tant dans votre vie professionnelle que sociale ou privée : rencontres, réunions, discussions, conversations...

Pourtant, vous aimeriez, vous aussi, rompre votre isolement, participer à toutes les discussions, exprimer vos opinions, affirmer votre personnalité face aux autres et donc assurer votre progression matérielle et morale. Car vous savez qu'on vous juge toujours sur votre culture !

Aujourd'hui, grâce à la **Méthode de Formation Culturelle accélérée de l'I.C.F.**, vous pouvez réaliser vos ambitions.


Cette méthode à distance, donc chez vous, originale et facile à suivre, vous apportera les connaissances indispensables en **littérature, cinéma, théâtre, philosophie, politique, sciences, droit, économie, actualité**, etc., et mettra à votre disposition de nombreux services qui vous aideront à suivre l'actualité et l'information culturelles.

Des milliers de personnes ont profité de ce moyen efficace et discret pour se cultiver.

Documentation gratuite à :


INSTITUT CULTUREL FRANÇAIS
Service 3612 35, rue Collange
92303 Paris Levallois (Etabl. privé)
Tél. 270.73.63

**des techniques servies
par des hommes**



**ARMÉE DE TERRE
INFORMATION**

ECRIRE A : DPMAT BCE-
SERVICE SV
37, BD PORT ROYAL
75998 PARIS ARMÉES



Des bons métiers qui offrent de nombreux débouchés

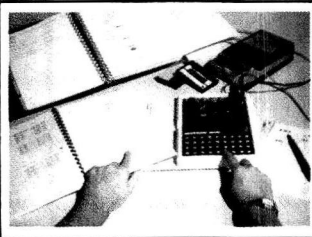


INFORMATIQUE

B.P. Informatique diplôme d'Etat.
Pour obtenir un poste de cadre dans un secteur créateur d'emplois. Se prépare tranquillement chez soi avec ou sans Bac en 15 mois environ.

Cours de Programmeur, avec stages pratiques sur ordinateur.

Pour apprendre à programmer et acquérir les bases indispensables de l'informatique. Stage d'une semaine dans un centre informatique régional sur du matériel professionnel. Durée 6 à 8 mois, niveau fin de 3^e



MICROPROCESSEURS

- Cours général microprocesseurs/micro-ordinateurs.

Un cours par correspondance pour acquérir toutes les connaissances nécessaires à la compréhension du fonctionnement interne d'un micro-ordinateur et à son utilisation. Vous serez capable de rédiger des programmes en langage machine, de concevoir une structure complète de micro-ordinateur autour d'un microprocesseur (8080-Z80). Un micro-ordinateur MPF 1B est fourni en option avec le cours. Durée moyenne des études : 6 à 8 mois. Niveau conseillé : 1^{er} ou Bac.



ELECTRONIQUE "84"

- Cours de technicien en Electronique/micro-electronique. Ce nouveau cours par correspondance avec matériel d'expériences vous formera aux dernières techniques de l'électronique et de la micro-electronique. Présenté en deux modules, ce cours qui comprend plus de 100 expériences pratiques, deviendra vite une étude captivante. Il représente un excellent investissement pour votre avenir et vous aurez les meilleures chances pour trouver un emploi dans ce secteur favorisé par le gouvernement. Durée : 10 à 12 mois par module. Niveau fin de 3^e

MICRO- INFORMATIQUE

Cours de BASIC et de Micro-Informatique.

En 4 mois environ, vous pourrez dialoguer avec n'importe quel "micro". Vous serez capable d'écrire seul vos propres programmes en BASIC (jeux, gestion...). Niveau fin de 3^e.

INSTITUT PRIVÉ
D'INFORMATIQUE
ET DE GESTION

92270 BOIS-COLOMBES
(FRANCE)

Tél: (1) 242.59.27

Pour la Suisse:
16, avenue Wendi - 1203 Genève



IPIG

Envoyez-moi gratuitement et sans engagement votre documentation N° X 3602
sur: L'INFORMATIQUE ☐ LA MICRO-INFORMATIQUE ☐ LES MICROPROCESSEURS ☐
L'ELECTRONIQUE ☐

Nom _____ Prénom _____

Adresse _____

Ville _____

Code postal _____ Tel _____

ÉCOLE UNIVERSELLE page 156
59, boulevard Exelmans - PARIS (16°)

Veillez m'adresser votre notice n° 228 (designez les initiales de la brochure qui vous intéresse).

NOM

ADRESSE

INSTITUT PRIVÉ CONTROL DATA page 158
59, rue National - 75013 PARIS

Veillez m'envoyer gratuitement et sans engagement, votre brochure sur l'institut

NOM

ADRESSE

ÉCOLE PRÉPARATOIRE D'ADMINISTRATION page 158
6, rue de Leningrad-75384 PARIS Cedex 08

Veillez m'adresser votre brochure gratuite L.511

NOM

ADRESSE

LANGUES ET AFFAIRES page 158
35, rue Collange - 92303 LEVALLOIS

Veillez m'envoyer gratuitement et sans engagement votre documentation serv. 4164.

NOM

ADRESSE

ETMS page 160
3, rue Thénard - 75240 PARIS Cedex 05

Veillez m'envoyer votre brochure gratuite SV 4.08

NOM

ADRESSE

INSTITUT CULTUREL FRANÇAIS page 159
35, rue Collange - 92303 LEVALLOIS

Veillez m'envoyer gratuitement et sans engagement pour moi, votre brochure n° 3612 (ci-joint 2 timbres pour frais d'envoi)

NOM

ADRESSE

I.S.E.C. (serv. F 1) page 158
11, Faubourg-Poissonnière - PARIS (9°)

Bon pour recevoir notre brochure gratuite.

NOM

ADRESSE

I.P.I.G. (organisme privé) page 159
(Institut privé d'informatique et de gestion)
92270 BOIS-COLOMBES

Bon pour une documentation N° 3602.

NOM

ADRESSE

UNIVERSALIS page 6
11, Fg-Poissonnière - 75009 PARIS

Bon pour une documentation gratuite n° 17 sans engagement et sans frais.

NOM

ADRESSE

C'EST SYMPA D'ÊTRE CELIBATAIRE

C'est bien mon avis. Et j'ai envie de faire partie d'un vrai club, dynamique, pour danser, pour voyager, pour créer, pour échanger mes idées...

Un club pour être libre, libre avec des milliers d'amis. Je voudrais donc en savoir plus sur EUROCLUB.

Nom :

Tél. :

euroclub
39, quai d'Anjou - 75004 PARIS
1 634.20.22

DEVENEZ UN TECHNICIEN DIPLOMÉ DANS LES FILIERES D'AVENIR

BP Informatique
BTS Electronique
Electricité

Formation assurée par des Ingénieurs hautement qualifiés.

Autres formations :
Radio-Hifi.
TV-Magnétoscope.
Chimie. Froid.
Automation. Aviation.

Veillez m'adresser gratuitement (pour l'étranger joindre 40 FF) la documentation concernant les formations suivantes :

Nom : Prénom :

Adresse :

ETMS Ecole Technique Moyenne et Supérieure de Paris
Enseignement privé à distance
3, rue Thénard - 75240 Paris Cedex 05
Tél. : 634.21.99

INFORMATIQUE ELECTRONIQUE

BAT-BOCHETIER 00

SV4.08

**DES JEUX
POUR TOUT L'ÉTÉ**

Faites bronzer vos méninges avec **jeux & stratégie**

Dans quel ordre faut-il placer horizontalement ces groupes de lettres pour former verticalement quatre mots de quatre lettres?

A P R E

1

E R S E

2

R E I S

3

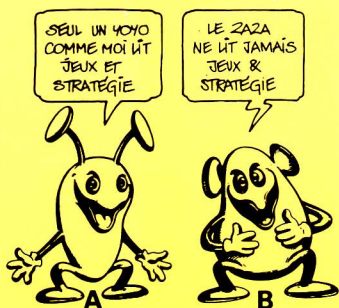
M A I N

4

Barrez les nombres dans quatre cases pour que la somme des nombres restants dans chaque rangée et chaque colonne soit la même.

15	10	19	9
12	12	20	12
17	18	9	9
12	16	5	23

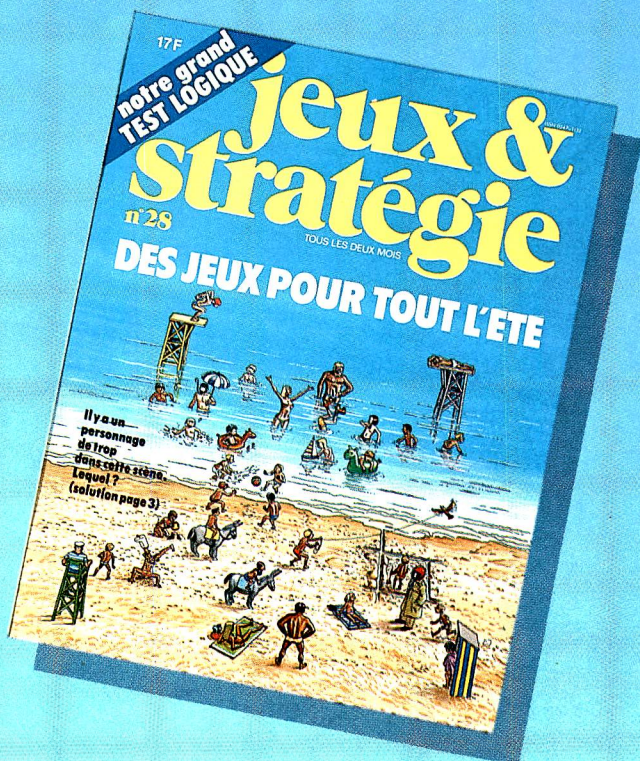
Les Zazas mentent toujours; les Yoyos disent toujours la vérité. Une seule de ces espèces lit *Jeux & Stratégie*: laquelle?



Vive les vacances!

Le numéro d'été de *Jeux & Stratégie* vient de sortir, avec plein de jeux inédits pour toutes les vacances. Préparez votre seau, votre pelle et des allumettes, et plongez dans un super-wargame à jouer sur une plage de sable! Attention de ne pas vous égarer dans Féodédal! Un grand labyrinthe d'aventure que vous trouverez dans ce nouveau *Jeux & Stratégie*. Et, encarté dans le magazine, un wargame prêt-à-jouer: la bataille navale d'Aboukir. Pour faire travailler vos neurones pendant que vous vous reposez, *Jeux & Stratégie* vous propose des pages et des pages de casse-tête et de tests logiques.

A vous de jouer!
Bonnes vacances avec
Jeux & Stratégie.



**jeux &
stratégie**

en vente partout

LA NUIT CÔTÉ **SCHWEPPING,**

C'EST AUTRE CHOSE.

