

SCIENCE & VIE

MENSUEL

N° 815 AOÛT 1985

PIRATERIE AÉRIENNE: LES AÉROPORTS DE DEMAIN

Protéines
sur
mesure

L'avion
invisible
nous a survolé

Vol de voitures :
triomphe de
la calculette

MEDITERRANÉE:
MER MORTE EN L'AN 2000 ?

14/50 F

N° 815

SUISSE 4,50 FS
CANADA 32,50
BELGIQUE 105 FB
ESPAGNE 350 Ptas
MAROC 14,5 Dh
TUNISIE 1,45 DT

ISSN 0151 0282

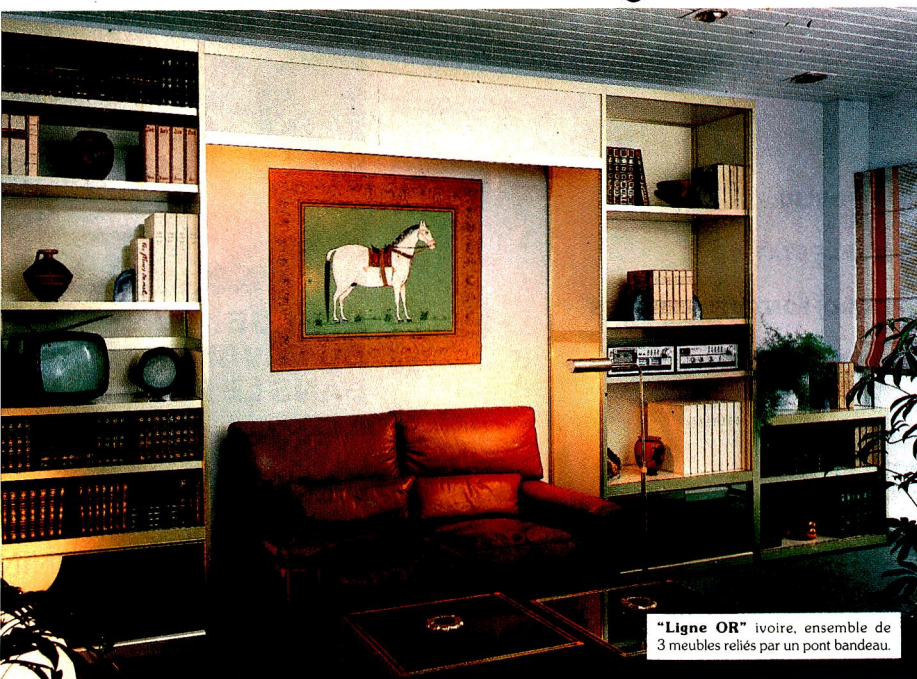
Oh, oh,
Oh, oh!



Maitre Kanter fait Chanter la Fête.

La maison des BIBLIOTHEQUES

**20 magasins
exclusifs
dans toute la France**



"Ligne OR" ivoire, ensemble de 3 meubles reliés par un pont bandeau.

450 modèles

Du meuble individuel... aux grands ensembles...

La Maison des Bibliothèques, c'est votre bibliothèque en parfaite harmonie avec le style de votre intérieur, les dimensions et la disposition de vos espaces à aménager, le nombre et le format de vos ouvrages à protéger et à ranger... Les 2 prestigieux ensembles photographiés ici, ont été composés par deux de nos clients en utilisant parfaitement les multiples possibilités et facilités que nous vous offrons dans tous nos magasins ou par correspondance : 450 modèles, 12 lignes et styles, 53 coloris, teintes ou essences de bois... Projets d'aménagements gratuits et immédiats, plans de financement et crédits personnalisés, reprise en cas de non convenance, livraisons à domicile sans supplément. La Maison des Bibliothèques - 30 ans d'expérience en Europe - c'est très vite chez vous, du petit meuble au grand ensemble... de vraies bibliothèques à des prix imbattables.

450 modèles vitrés ou vitrables, juxtaposables sans aucune fixation murale, démontables, déménageables.



Ligne Noire : 32 modèles - 5 hauteurs - 3 largeurs - 2 profondeurs - 6 coloris.

PARIS

61, rue Froidevaux. Paris 14^e

Magasins ouverts le lundi de 14 h à 19 h et du **mardi au samedi inclus** de 9 h à 19 h sans interruption.
RER : Denfert-Rochereau - Métro : Denfert Rochereau - Gaité - Edgar Quinet - Autobus 28-38-58-68 - SNCF : Gare Montparnasse.

BORDEAUX 10, rue Bouffard.
tél. (56) 44.39.42.

CLERMONT-FERRAND
22, rue G. Clemenceau.
tél. (73) 93.97.06.

DIJON 100, rue Monge. tél. (80) 45.02.45.

GRENOBLE 59, rue Saint-Laurent.
tél. (76) 42.55.75.

LILLE 88, rue Esquermoise.
tél. (20) 55.69.39.

LIMOGES 57, rue Jules-Noriac.
tél. (55) 79.15.42.

LYON 9, rue de la République
(métro Hôtel de Ville Louis Pradel).
tél. (7) 828.38.51.

MARSEILLE 109, rue Paradis
(métro Estrangin). tél. (91) 37.60.54.

MONTPELLIER 8, rue Sérane (près gare).
tél. (67) 58.19.32.

NANCY 8, rue Piétonne St-Michel.
(face St-Epvre).
tél. (8) 332.84.84.

NANTES 16, rue Gambetta.
(près rue Coulmiers).
tél. (40) 74.59.35.

NICE 8, rue de la Boucherie (Vieille Ville).
tél. (93) 80.14.89.

POITIERS 42, rue du Moulin-à-Vent.
tél. (49) 41.68.46.

RENNES 18, quai Emile Zola (près du Musée).
tél. (99) 79.56.33.

ROUEN 43, rue des Charrettes.
tél. (35) 71.96.22.

SAINT-ETIENNE 40, rue de la Montat.
tél. (77) 25.91.46.

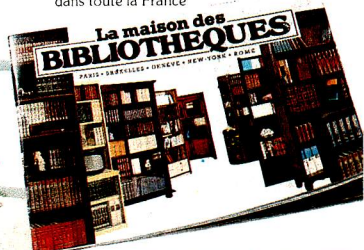
STRASBOURG 11, rue des Bouchers.
tél. (88) 36.73.78.

TOULOUSE 1, rue des Trois-Renards
(près place St Sernin).
tél. (61) 22.92.40.

TOURS 5, rue Henri-Barbusse
(près des Halles). tél. (47) 61.03.28.

ouverts du mardi au samedi inclus

Vente directe par correspondance
dans toute la France



CATALOGUE GRATUIT

en renvoyant ce bon à :

LA MAISON DES BIBLIOTHEQUES
75680 PARIS CEDEX 14 SV 39

Veillez m'envoyer sans engagement
votre catalogue complet et le TARIF.

M. Mme Mlle _____

Prénom _____

Adresse _____

Code postal _____

Ville _____

(facultatif) Tél. _____

Profession _____

Catalogue par téléphone 24 h sur 24
Répondeur Automatique

(1) 320.73.33

● SAVOIR

L'IMAGE DU SAVANT DANS LE PUBLIC

PAR FRANÇOISE HARROIS-MONIN

LA MÉDITERRANÉE DANS UN SALE ÉTAT

PAR EDGAR GÄRTNER

ASTROPHYSIQUE : LES OGRES QUI FONT DES MIRAGES

PAR ANNA ALTER

CANCER : TROIS GRANDS COUPS

PAR PIERRE ROSSION

PROTÉINES SUR MESURE

PAR ALEXANDRE DOROZYNSKI

LE LANGAGE VRAI DES ÉMOTIONS FAUSSES

PAR ALEXANDRE DOROZYNSKI

UN SOUS-MARIN ATOMIQUE, MAIS DE POCHE

PAR JEAN-ALBERT FOËX

TIMIDE RETOUR DES PHOQUES SUR NOS CÔTES

PAR ISABELLE BOURDIAL

ÉCHOS DE LA RECHERCHE

DIRIGÉS PAR GERALD MESSADIÉ

■ POUVOIR

LES AÉROPORTS FACE AU TERRORISME

PAR JACQUELINE DENIS-LEMPEREUR

L'AVION "INVISIBLE"

PAR SERGE BROSSÉLIN

MICRO-ÉLECTRONIQUE : LA NAISSANCE D'UNE PUCE

PAR HÉLÈNE GUILLEMOT

LES PÊCHERS AU RÉGIME SANS SOL

PAR MARIE-LAURE MOINET

DUNES : LA CHIRURGIE ESTHÉTIQUE

PAR MARIE-LAURE MOINET

VOITURES SOLAIRES : DES MONSTRES D'ÉCONOMIE

PAR THIERRY EMPITAS ET ADRIANO CIMAROSTI

ÉCHOS DE L'INDUSTRIE

DIRIGÉS PAR GÉRARD MORICE

DES MARCHÉS À SAISIR

▲ UTILISER

AUTOMOBILE : LA CALCULATRICE DÉJOUÉ LE VOLEUR

PAR RENAUD DE LA TAILLE

LA BATAILLE DU TÉLÉVISEUR MURAL

PAR ROGER BELLONE

MICRO-ORDINATEURS : CANDIDE ESSAIE LE PX-8

PAR PIERRE COURBIER

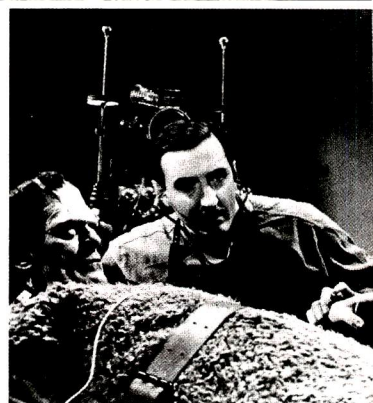
"SCIENCE & VIE" A LU POUR VOUS

LES JEUX

PAR PIERRE AROUTCHEFF, PIERRE BERLOQUIN,
DANIEL FERRO, RENAUD DE LA TAILLE ET HENRI-PIERRE PENEL

ÉCHOS DE LA VIE PRATIQUE

DIRIGÉS PAR ELIAS AWAD



9

14

24

28

32

40

46

48

51

L'IMAGE DU SAVANT DANS LE PUBLIC

A l'écran, le petit
ou le grand, la science
et les savants sont
des "méchants".

par F. HARROIS-MONIN

9



58

68

78

86

94

106

109

114

LA NAISSANCE D'UNE PUCE

Un miracle
technologique qui
permet d'installer un
million de composants
sur une pastille de
moins d'1 cm².

par H. GUILLEMOT

116

120

124

128

132

151

78

SO

VOITURES SOLAIRES : DES MONSTRES D'ÉCONOMIE

La distance
Lille-Marseille
couverte avec
un seul litre
d'essence
à 24 km/h de
moyenne : c'est
possible...

Mais cela coûte
encore très cher !
par T. EMPTAS
et A. CIMAROSTI

■ 106



DUNES : LA CHIRURGIE ESTHÉTIQUE

Quand les dunes se dégradent, les plages et l'arrière-pays sont menacés par la mer, le vent et le sable. Pour les réparer, il faut en connaître les processus de formation et de destruction.

par Marie-Laure MOINET

■ 94



SCIENCE & VIE

PUBLIÉ PAR **EXCELSIOR PUBLICATIONS S.A.**
CAPITAL SOCIAL : 2 294 000 F - DURÉE : 99 ANS
5 RUE DE LA BAUME - 75008 PARIS - TÉL. 563 01 02
PRINCIPAUX ASSOCIÉS : **JACQUES DUPUY, YVELYNE DUPUY, PAUL DUPUY**

DIRECTION, ADMINISTRATION

PRÉSIDENT : **JACQUES DUPUY**
DIRECTEUR GÉNÉRAL : **PAUL DUPUY**
DIRECTEUR ADJOINT : **JEAN-PIERRE BEAUVALET**
DIRECTEUR FINANCIER : **JACQUES BEHAR**

REDACTION

RÉDACTEUR EN CHEF : **PHILIPPE COUSIN**
RÉDACTEUR EN CHEF ADJOINT : **GERALD MESSADIÉ**
CHEF DES INFORMATIONS :
RÉDACTEUR EN CHEF ADJOINT : **JEAN-RENÉ GERMAIN**
RÉDACTEUR EN CHEF ADJOINT : **GERARD MORICE**
SECRÉTAIRE GÉNÉRAL DE RÉDACTION : **ELIAS AWAD**
SECRÉTAIRE DE RÉDACTION : **DOMINIQUE LAURENT**
RÉDACTEURS :

MICHEL EBERHARDT
RENAUD DE LA TAILLE
ALEXANDRE DOROZYNSKI
PIERRE ROSSION
JACQUES MARSAULT
FRANÇOISE HARROIS-MONIN
SVEN ORTOLI
JACQUELINE DENIS-LEMPEREUR
MARIE-LAURE MOINET
OLIVIER POSTEL-VINAY
ANNY DE LALEU

ILLUSTRATION

ANNE LÉVY
PHOTOGRAPHE : **MILTOS TOSCAS**

DOCUMENTATION

CATHERINE MONTARON

CONCEPTION GRAPHIQUE

bill butt
DENIS RAVIZZA

MAQUETTE

CHRISTINE VAN DAELE
ASSISTANT : **LIONEL CROOSON**

CORRESPONDANTS

NEW YORK : **SHEILA KRAFT** 115 EAST 9 STREET - NY 10003 - USA
LONDRES : **LOUIS BLONCOURT** 16, MARLBOROUGH CRES- CENT LONDON W4. 1 HF
TOKYO : **MARIE PARRA-ALÉDO** - THE DAILY YOMIURI 1-7-1 OTEMACHI CHIYODA-KU - TOKYO 100

SERVICES COMMERCIAUX

DIRECTEUR COMMERCIAL : **OLLIVIER HEUZÉ**
MARKETING - DÉVELOPPEMENT : **PATRICK SPRINGORA**
ABONNEMENTS : **ÉLIZABETH DROUET**
ASSISTÉE DE **PATRICIA ROSSO**
VENTE AU NUMÉRO : **BERNARD HÉRAUD**
ASSISTÉ DE **MARIE CRIBIER**
BELGIQUE : **A.M.P.** - 1 RUE DE LA PETITE-ISLE 10.70 BRUXELLES

RELATIONS EXTERIEURES

MICHELE HILLING

EXPORTUNITES

GHISLAINE DICHY - POSTE 212

PUBLICITE

EXCELSIOR PUBLICITÉ - **INTERDECO** - 67 CHAMPS-ÉLYSÉES - 75008 PARIS - TÉL. 225 53 00
DIRECTRICE DU DÉVELOPPEMENT :
MICHELE BRANDENBURG
CHEF DE PUBLICITÉ : **FRANÇOISE CHATEAU**
ADRESSE TÉLÉGRAPHIQUE : **SIENVIE PARIS**
NUMÉRO DE COMMISSION PARITAIRE : 57284



BVP

A NOS LECTEURS

○ COURRIER ET RENSEIGNEMENTS :
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 50 F (étranger 55 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 ch. bancaire, ch. postal ou mandat-lettre libellé à l'ordre de Science & Vie.

A NOS ABONNÉS

Pour toute correspondance relative à votre abonnement, envoyez-nous l'étiquette collée sur votre dernier envoi. Changements d'adresse : veuillez joindre à votre correspondance 2,10 F en timbres-poste français ou règlement à votre convenance. Les noms, prénoms et adresses de nos abonnés sont communiqués à nos services internes et organismes liés contractuellement avec Science & Vie sauf opposition motivée. Dans ce cas, la communication sera limitée au service des abonnements. Les informations pourront faire l'objet d'un droit d'accès ou de rectification dans le cadre légal.

LES MANUSCRITS NON INSÉRÉS NE SONT PAS RENDUS.

COPYRIGHT 1984 SCIENCE & VIE
CE NUMÉRO DE SCIENCE & VIE A ÉTÉ TIRÉ À 428 000 EXEMPLAIRES



ENTREZ DANS L'AN 2000

ARMÉE DE TERRE INFORMATION

BROCHURE SUR DEMANDE :
BUREAU CENTRAL DES ENGAGES SV
37, BD PORT ROYAL 75998 PARIS ARMEES

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 3718 35, rue Collange
92303 Paris Levallois (Etabl. privé)
Tél. 270.73.63

ABONNEZ-VOUS A

SCIENCE & VIE

1 AN
12 Numéros
166 F
2 ans: 320 F

1 AN / 12 Numéros
+ 4 Hors Série

230 F
2 ans: 445 F

ÉTRANGER

BENELUX 1 an simple 1100 FB
1 an couplé 1550 FB
EXCELSIOR PUBLICATIONS B.P. N° 20 IXELLES 6
1060 BRUXELLES

CANADA 1 an simple 35 \$ Can.
1 an couplé 50 \$ Can.
PERIODICA Inc. C.P. 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 240 F
1 an couplé 320 F
Commande à adresser directement à
SCIENCE & VIE.
Recommandé et par avion nous consulter.

BULLETIN D'ABONNEMENT

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

• Veuillez m'abonner pour:

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

Nom

Prénom

Adresse

Code postal

Ville

Pays

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

SV 815

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:

diplômes de langues UN ATOUT PROFESSIONNEL

anglais, allemand, espagnol, italien, russe, grec

Dans tous les secteurs d'activité, la pratique utile d'au moins une langue étrangère est devenue un atout majeur. Pour augmenter votre compétence, assurer votre promotion, votre reconversion, quelle que soit votre situation, vous avez donc intérêt à préparer un diplôme professionnel, très apprécié des entreprises:

- **Chambres de Commerce Etrangères**, compléments indispensables aux emplois du commerce international.

- **Université de Cambridge** (anglais), pour les carrières de l'information, publicité, tourisme, hôtellerie, etc...

- **B.T.S. Traducteur Commercial**, formation complète au métier de traducteur ou interprète d'entreprise.

Langues & Affaires (Etablissement privé) assure des formations complètes (même pour débutants) à distance, donc accessibles à tous, quelles que soient vos occupations quotidiennes, votre lieu de résidence ou votre niveau actuel.

Enseignements originaux et individualisés, avec progression efficace et rapide grâce à l'utilisation rationnelle de moyens audiovisuels modernes (disques, cassettes...). Cours oraux facultatifs à Paris. Service Orientation et Formation.

Documentation gratuite à Langues & Affaires, service 4361, 35, rue Collange 92303 Paris-Levallois. Tél. : 270. 81. 88.

BON D'INFORMATION

à découper ou recopier et renvoyer à

L. & A., service 4362, 35, rue Collange 92303 Paris-Levallois.
Veuillez m'adresser gratuitement et sans engagement votre documentation complète.

NOM:

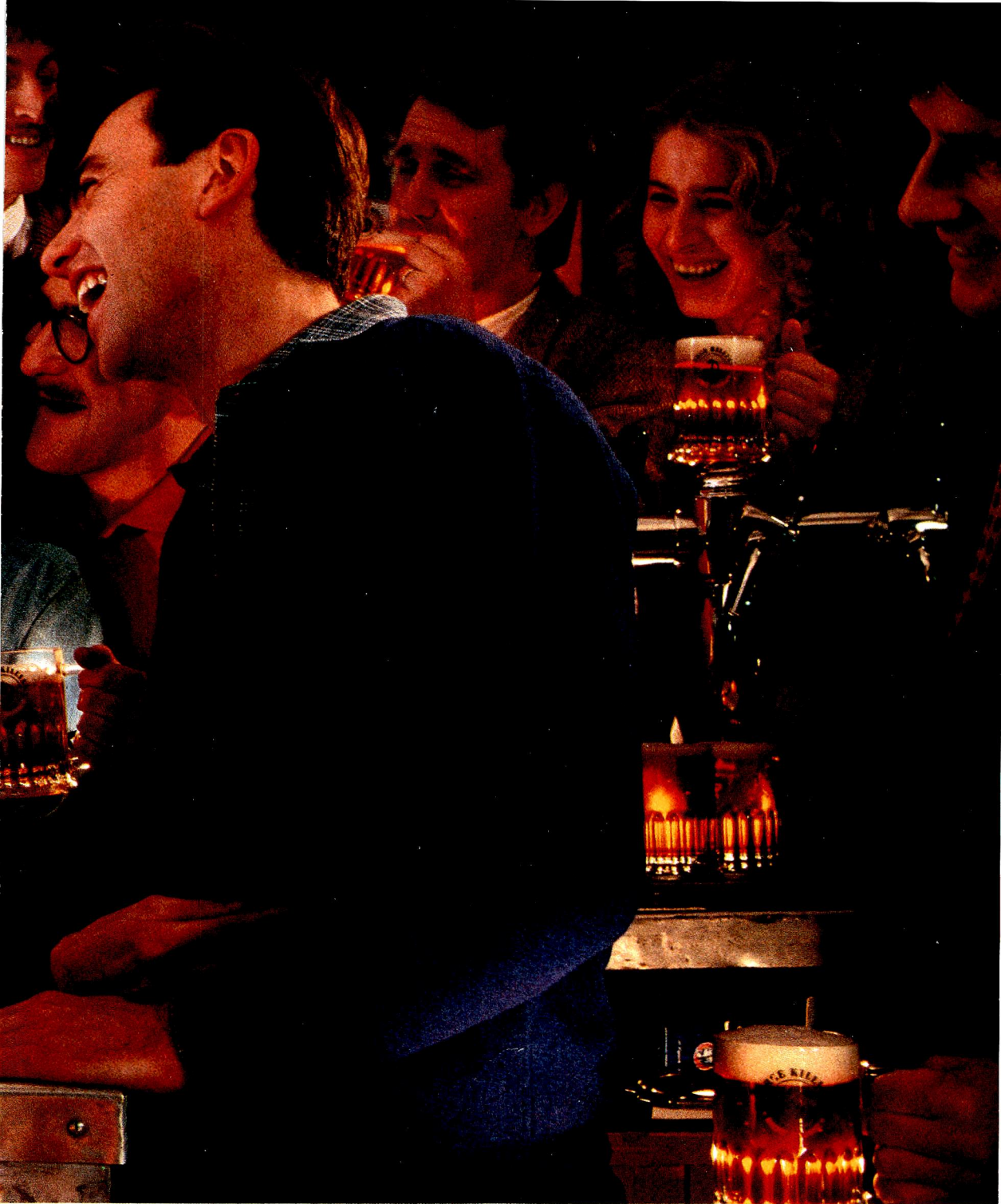
Prénom:

Adresse:



« Oui, c'est bien lui, ici. Chez nous. George Killian lui-même, le gentleman-brasseur à la casquette. »

Et sa bière rousse coulera pour tous !



GEORGE KILLIAN va jouer... Ça y est, il a lancé les dés ! Alors aussitôt sa bière rousse coule à flots, la mousse déborde. Les rires fusent. Les bonnes histoires aussi : c'est vraiment bon de se retrouver entre amis quand cette sacrée bière rousse est de la partie...



GEORGE KILLIAN'S
La bière rousse



HCM

GITANES

Allumettes Seita en vente dans les bureaux de tabac.

L'IMAGE DU SAVANT DANS LE PUBLIC

PLUS ON REGARDE LA TV, PLUS ON A UNE ATTITUDE NEGATIVE face à la Science.

Et le niveau d'éducation du téléspectateur n'y change rien. Il faut bien reconnaître que les films américains et les bandes dessinées françaises ne font guère un joli portrait du savant.



Un savant plutôt fou, c'est l'image que nous donne Jerry Lewis dans le film Dr Jerry et Mr Love dont le titre original Nutty Professor est encore plus explicite.

Quelle image le public se fait-il donc des savants ? Comme il n'en voit guère, il les imagine tels que les lui représentent les feuilletons de télévision et les films de cinéma. Et, curieusement, plus on regarde la télévision et l'on va au cinéma, moins on a d'estime pour les savants.

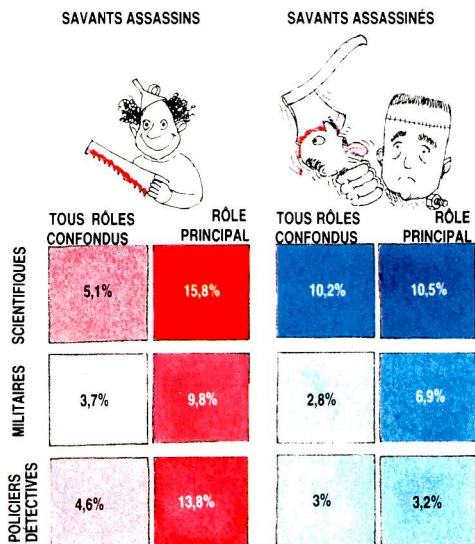
C'est ce qui ressort d'une étude sur la télévision américaine, menée pendant deux ans par le Pr George Gerber, de l'université de Pennsylvanie, et présentée à la dernière conférence annuelle de l'AAAS (1). Ses conclusions d'ailleurs s'appliquent aussi à notre pays, puisque, en 1984, selon le service d'Observation des programmes, Antenne 2 a diffusé 279 heures de séries en provenance des U.S. sur 504 heures de feuilletons, TF1 en a projeté 210 heures sur 446 et FR3 44 heures sur un total de 44. Collectant les traits prêtés aux scientifiques de fiction par le petit écran, le Pr Gerber réalise le portrait-robot psychologique suivant : solitaire, passionné, pas séduisant physiquement, rarement vraiment "fou", mais "bizarre", et plus âgé que les autres personnages de fiction, médecins, policiers ou journalistes. Détail : il n'est pas de nationalité américaine. Pour 5 savants plutôt bons et vertueux, on en compte un qui est un méchant.

Cette dernière proportion semble favorable, elle l'est en fait beaucoup moins que pour les médecins : 19 bons pour un méchant, qui est elle-même moins favorable que pour les policiers : 40 bons pour un méchant. La même disproportion affecte les réussites et les

(1) American Association for the Advancement of Science.

échecs: 2 savants qui réussissent pour un qui échoue, mais 5 médecins qui réussissent pour un qui échoue et 8 policiers qui réussissent encore pour un qui échoue. A noter encore que les savants meurent beaucoup à l'écran: 10 % succombent dans l'action, bien plus que pour les militaires (6,9 %), les policiers et les détectives (3,2 %)!

À L'ÉCRAN, LA PROFESSION DE SAVANT EST BIEN HASARDEUSE



▲ S'ils ont le rôle principal, les scientifiques sont des assassins dans 15,8 % des cas, contre 9,8 % pour les militaires... Et ils sont tués dans 10,5 % des cas, contre 3,2 % pour les policiers.

Le public en est-il affecté ? Le Pr Gerber soumet, pour le savoir, les 5 questions que voici à un échantillon de 1 600 personnes (échantillon représentatif de la population):

- La science modifie-t-elle trop

vite les modes de vie ?

- Permet-elle de vivre plus sainement, plus confortablement, plus facilement ?
- Permet-elle de distinguer le bien du mal ?
- Pose-t-elle plus de problèmes qu'elle n'en résout ?
- Et son développement va-t-il permettre à quelques spécialistes de contrôler nos vies ?

Si le téléspectateur répondait non aux première, quatrième et cinquième questions et oui aux deux autres, son attitude était considérée comme 100 % positive; mais s'il répondait non aux deuxième et troisième questions et oui aux trois autres, son attitude était considérée comme négative et se voyait gratifiée d'un zéro. Les différentes combinaisons possibles entre les réponses permettaient d'échelonner les notes de 0 à 100. Et l'on a trouvé que, plus un téléspectateur est assidu, plus son opinion de la science est médiocre, et cela quels que soient son âge, son sexe ou son niveau d'éducation.

La lecture de magazines spécialisés et la consommation d'émissions scientifiques n'y changent rien; pis: c'est parmi les téléspectateurs dont le niveau d'éducation est le plus élevé et ceux qui lisent le plus de publications scientifiques que l'on trouve le plus de gens qui ont une mauvaise idée de la science. Est-ce bien la fréquentation de la télévision qui est en cause ? Les gens cultivés n'ont pas une mauvaise idée de la science, justement parce qu'ils la

connaissent ? Nenni: s'ils ne regardent pas ou regardent peu la télévision, leur opinion de la science est plutôt bonne. S'ils la regardent, ils n'en ont pas meilleure opinion que les autres. C'est bien la télé qui est en cause (*voir dessin 1*).

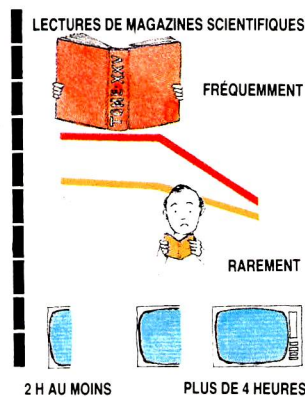
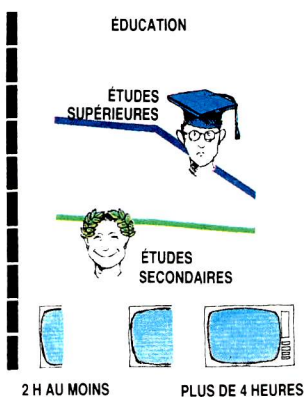
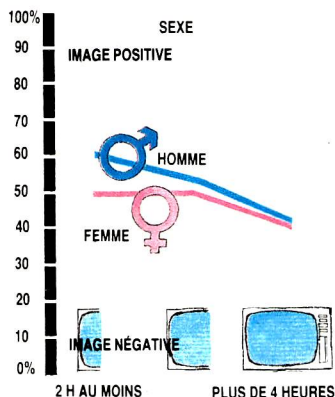
Si la science est desservie par la télé, en est-il de même des savants ? Nouveau questionnaire, sous forme de propositions à accepter ou rejeter:

- Les savants font des travaux dangereux;
- Ils ne s'amuse pas dans la vie;
- Ils ne se marient pas;
- S'ils le font, ils s'occupent peu de leur famille;
- Ils se comportent de façon bizarre;
- Ils sont fréquemment non-américains;
- Ils ne sont pas religieux;
- ils ne pensent qu'à leur travail;
- Ils ne s'intéressent qu'à la connaissance pure, sans se soucier des conséquences de leurs découvertes.

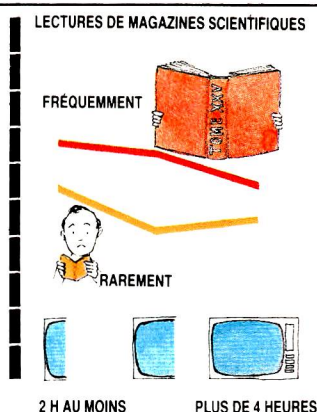
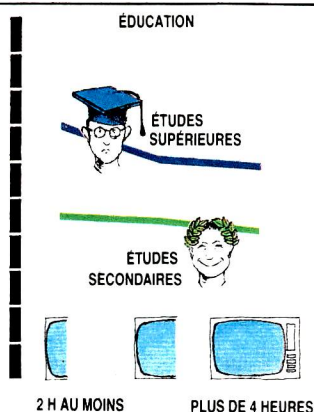
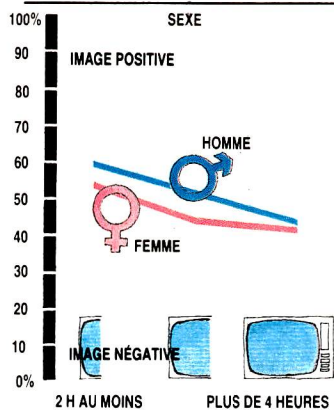
Là aussi, les réponses furent notées de 0 à 100, 0 pour le négatif absolu (oui à toutes les questions), 100 pour le positif. Et une fois de plus, on constata que, toutes catégories confondues, comme plus haut, plus un téléspectateur est assidu, plus son opinion du scientifique est médiocre. Pas d'influence non plus des lectures scientifiques sérieuses (*voir dessin 2*).

L'équipe du Pr Gerber a aussi cherché à déterminer si les té-

1. Le téléspectateur face à la science.



Dessins G. Maré



2. Le télé-spectateur face aux savants.

l'éspectateurs étaient plus enclins que d'autres à souhaiter limiter les activités des savants.

Troisième questionnaire: les savants doivent-ils être autorisés à faire des recherches qui:

- permettraient à l'homme de vivre plus de 100 ans?
- créeraient de nouvelles formes de vie végétale ou animale?
- mèneraient à la découverte d'extraterrestres?
- permettraient aux savants de décider du sexe des enfants à venir?

Comme plus haut, les réponses ont reflété un rapport constant entre la consommation de feuilletons télévisés et le sentiment qu'il faut contrôler les activités des savants (**voir dessin 3**).

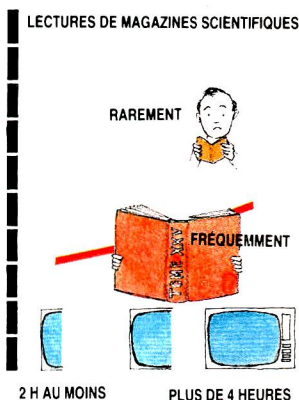
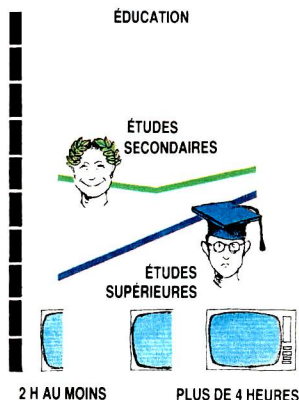
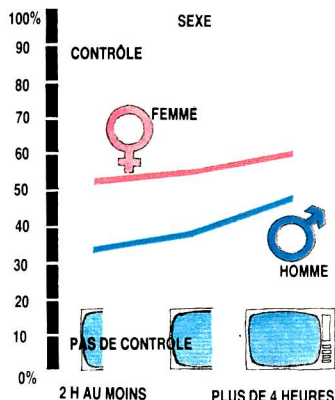
Conclusion évidente du Pr Gerber: «Les feuilletons télévisés, les films, tendent à renforcer les images populaires de la science et des savants et rendent le public plus critique et

négatif à l'égard de la recherche.» Et la consommation de films de fiction détruit l'effet favorable des lectures scientifiques vraies. Même effet des films de cinéma proprement dit, à cette différence près qu'on enregistre une variation de l'image du savant dans le temps. Deux autres études, menées par le Pr George Comstock, de l'université de Syracuse, Etat de New York, le confirment.

Ces études passent en revue 4 541 films diffusés entre 1939 et 1976, puis 2 240 diffusés entre 1977 et 1984. Elles analysent la façon dont les «innovations ont été représentées à l'écran». «Nous avons retenu pour nos recherches, explique le Pr Comstock, les innovations pour lesquelles l'inventeur était présent à l'écran, et celles qui influençaient le déroulement de l'action.» La seule participation d'armes sophistiquées de dispositifs futuristes, de machines exotiques ne suffisait pas. Les

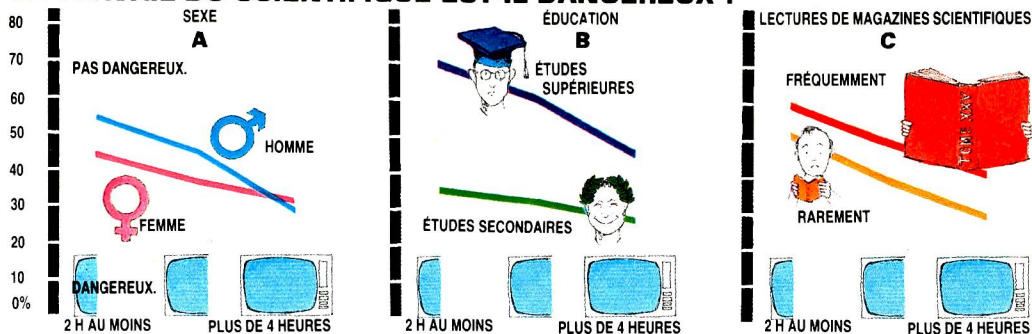
gadgets qui truffent les films de James Bond n'étaient pris en compte dans l'étude que s'ils avaient été mis au point au cours du film et s'ils modifiaient le cours des événements. Les inventions ne font guère florès entre 1939 et 1976: on ne les retrouve que dans 162 des 4 541 films étudiés, soit dans moins de 4 % des pellicules. Et là, les trois quarts des inventeurs représentés sont des savants (médecins inclus) qui travaillent seuls ou presque, ce qui confirme l'image du savant solitaire. Neuf savants sur dix sont des hommes, les femmes ne faisant leur apparition que dans le courant des années soixante-dix; la moitié seulement d'entre eux est composée d'Américains et on n'y trouve aucun Noir. Les inventions médicales, les plus fréquentes, représentent 33 % du total.

Ce schéma général ne change guère de 1977 à 1984, si ce n'est que le taux d'invention évoqué



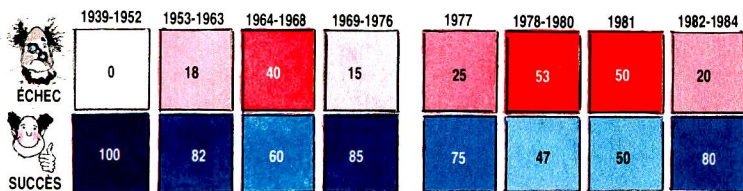
3. Faut-il contrôler les travaux des savants?

LE TRAVAIL DU SCIENTIFIQUE EST-IL DANGEREUX ?



Le simple fait de regarder la TV distord l'opinion du téléspectateur. Plus il reste devant son écran, plus il pense que le savant effectue des recherches dangereuses, et cela quel que soit son sexe (tableau A), son niveau d'études (tableau B), qu'il lise ou non des revues scientifiques (tableau C).

LE MIROIR DU MORAL AMÉRICAIN



Au cinéma, lorsque l'Amérique va bien, les innovations réussissent, comme durant la période de l'après-guerre et le règne du président Reagan (1982-1984). Lorsqu'au contraire tout va mal, les innovations ont tendance à échouer comme ce fut le cas durant la guerre du Vietnam (1964-1968) et la présidence de Jimmy Carter (1978-1980).

LES SAVANTS MALTRAITENT LES AUTRES

INNOVATION	PREMIÈRE ÉTUDE 1939-1976				SECONDE ÉTUDE 1977-1984			
	CHERCHEUR	MÉDECIN	ENSEIGNANT	INGÉNIEUR	CHERCHEUR	MÉDECIN	ENSEIGNANT	INGÉNIEUR
NÉGATIVE	54	28	43	33	60	37	0	100
POSITIVE	26	22	29	33	15	50	100	0
ACTION	16	0	14	33	25	0	0	0
CONTRÔLE	4	50	14	0	0	13	0	0
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100

Dans les films, si les inventions sont le fait de chercheurs, elles ont plus de chances d'avoir des conséquences négatives pour les autres que si elles ont été mises au point par des médecins ou des enseignants. Entre 1939 et 1976, 54 % des innovations enfantées par les savants sont néfastes, 26 % sont bénéfiques, 16 % modifient le cours de l'action, et 4 % aboutissent à une prise de contrôle par le scientifique. A noter qu'entre 1977 et 1984, c'est la profession d'ingénieur qui est mal vue puisque tout ce qu'il entreprend est négatif, contrairement à l'enseignant.

baisse encore, puisqu'il tombe à 3,2 %, les inventions médicales (25 %) accusant un léger retrait par rapport aux inventions techniques (33 %).

Mais l'image des inventions varie : de la Seconde Guerre mondiale aux années immédiates de l'après-guerre, c'est-à-dire jusqu'en 1952, les conséquences des inventions sont représentées en majorité comme positives : 75 % d'entre elles sont louables et toutes réussissent. Dans 43 % des cas, leur succès est dû aux qualités personnelles des inventeurs. Mais, de 1964 à 1968, le taux de succès des inventions louables tombe à 60 % et, bizarrerie, ces succès ne doivent rien aux qualités personnelles des savants. « Tout se passe comme si, commente le Pr Comstock, la guerre mondiale avait inspiré au cinéma une représentation positive de la science, tout comme d'une société mue par les bons sentiments personnels. C'est la morale de l'effort, du bien public et de la valeur personnelle. »

Mais, dans les années soixante, celles où l'Amérique est en guerre au Vietnam et est déchirée par les conflits raciaux, les films représentent un monde où la majorité des inventions visent à faire le mal et où la valeur personnelle de l'inventeur est négligeable.

La seconde tranche de films, 1977-1984, confirme ce schéma. De 1977-1980, l'Amérique affronte une récession et perd

confiance dans ses institutions et son président, Jimmy Carter : le cinéma offre une image négative de la science. Mais dès qu'en 1981 et sous l'administration Reagan la confiance revient, le cinéma redevient positif à l'égard de la science.

Il n'existe pas en France d'études comparables, si ce n'est celles du Centre national de recherches scientifiques (CNRS), d'il y a un an. Analysant l'image du savant dans les bandes dessinées pour enfants, le CNRS en trouve en fait trois : selon J.-P. Dalbéra (actuellement au ministère de la Culture) : « Un premier type de savant, au visage rond et au regard ingénu, un deuxième aux traits anguleux et au nez aquilin, et un troisième, humaniste, libérateur, animé par l'esprit de justice et de défense de la civilisation occidentale. » Premier type : Nimbus, Cosinus, Tournesol ; deuxième : Septimus, Miloch, Espérandieu ; troisième : Mortimer, de Champagnac.

Et ces stéréotypes se retrouvent-ils dans les définitions du savant par les enfants ? Pour le savoir, la Commission culturelle de l'Association des personnels du CNRS demande à 150 enfants de 10 à 14 ans (CM2, 6^e, 5^e, 4^e et 3^e) de répondre par écrit à la question : « Qu'est-ce qu'un savant ? »

Et l'on constate que, pour les jeunes aussi, le savant est un solitaire et un ambitieux. « Son cerveau est plein d'images folles, il veut commander la Terre » (Stéphanie, 12 ans) ; « Un savant, ça me fait penser aux explosions et aux bombes » ; « C'est un fou dangereux » ; « Ils nous compliquent l'existence... » Christophe, 11 ans a rendu une copie ornée du seul dessin d'une porte sur laquelle il a écrit en majuscules « DÉFENSE D'ENTRER ».

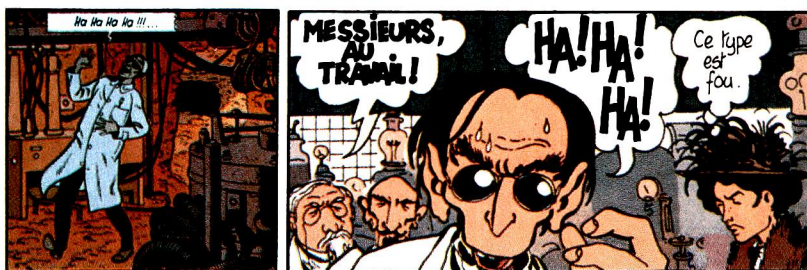
Dans l'ensemble, il n'y a pour les jeunes que de bons ou de mauvais savants et il y a plus de mauvais que de bons. La bande dessinée française dessert donc autant la science que la télévision et le cinéma américains.

La science mérite-t-elle tant d'indignité ?

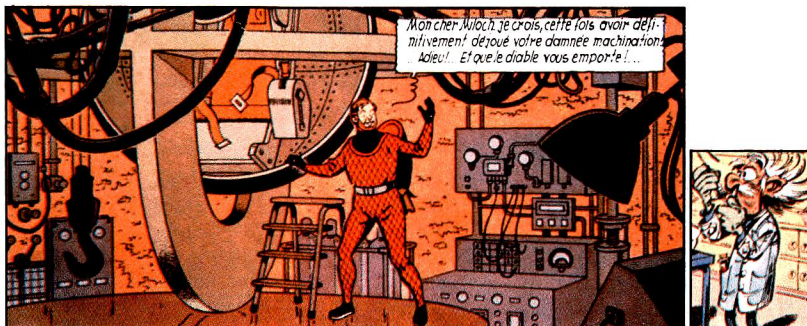
TROIS IMAGES DU SAVANT



Tournesol, le distrait ;

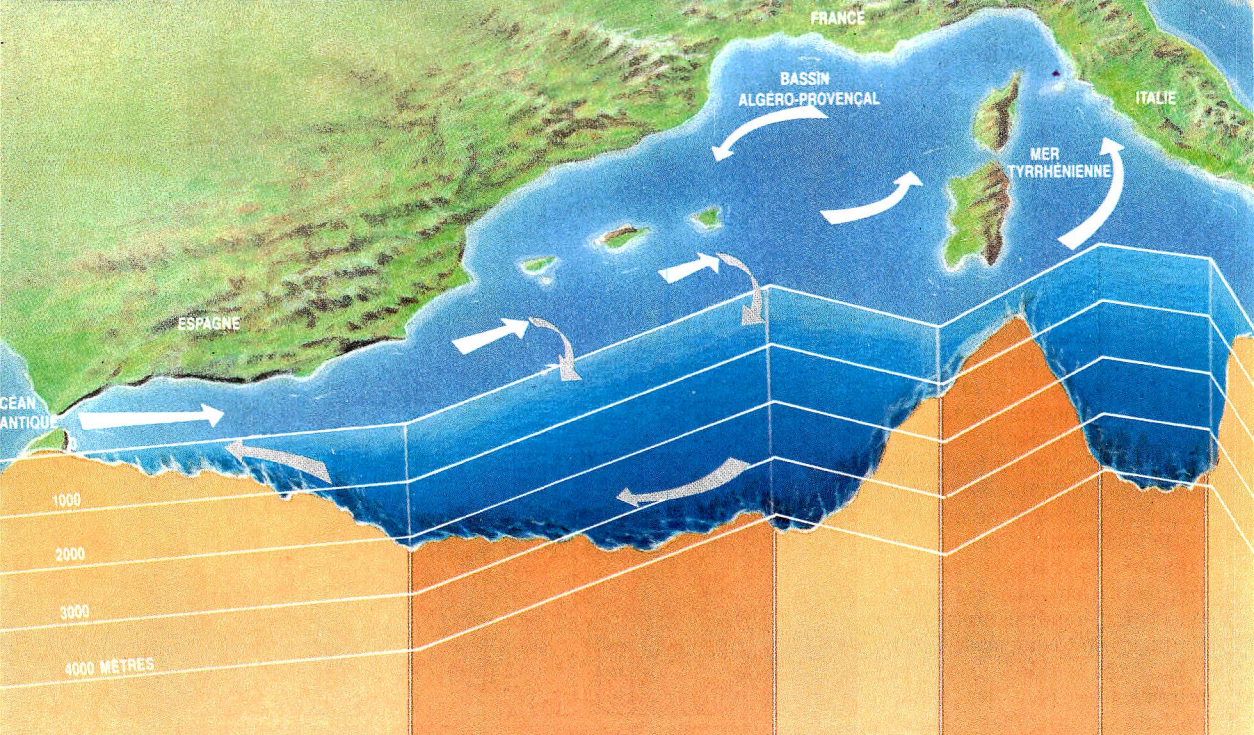


Miloch, Dieuleveult et Espérandieu, les fous ;



Mortimer et le comte de Champagnac, les humanistes.

LA MÉDITERRANÉE



LES REJETS INDUSTRIELS ET DOMESTIQUES AURONT

RAISON DE LA GRANDE BLEUE, même si sur le front bactériologique elle se défend vaillamment. Les scientifiques sont sur la brèche, les gouvernements restent en retrait, l'opinion publique est en vacances.

Situation inimaginable à l'orée de l'an 2000 : plus de 90 % des eaux usées évacuées par les riverains vont dans la mer la plus prestigieuse de l'histoire et du monde, sans le moindre traitement. Aucune des grandes agglomérations de la côte n'est en effet équipée d'une station d'épuration, dont seules disposent certaines villes balnéaires. *Mare Nostrum* reçoit ainsi en permanence les déjections de quelque 125 millions d'êtres humains, la population sédentaire de ses rives, nombre qui est doublé l'été par le tourisme. Or, ses eaux ne se renouvellent, grâce au brassage avec celles de l'Atlantique ⁽¹⁾ à tra-

vers le détroit de Gibraltar, que tous les 180 ans environ.

Notre Méditerranée semble donc destinée à devenir sous peu un cloaque immonde. Qu'en est-il en réalité ? Certes, la proximité des égouts des grandes villes n'invite guère à la baignade. Mais dans l'ensemble, les eaux demeurent limpides : le disque de Secchi ⁽²⁾ reste souvent visible jusqu'à 45 m de profondeur.

Les apparences sont corroborées par l'analyse bactériologique réalisée d'année en année devant les stations balnéaires : les résultats sont meilleurs que pour les côtes de l'Atlantique, de la Manche et de la mer du Nord. Comment expliquer cette ré-

lative pureté ? Où sont donc passés les germes contenus dans les excréments de tant de millions d'hommes ?

La disparition partielle des bactéries fécales est due à une auto-épuration marine, constate le Dr Aubert, directeur du Centre d'océanographie médicale (CERBOM) de Nice. Un processus de désinfection particulièrement efficace en Méditerranée. Les bactéries terrigènes (d'origine terrestre, par opposition aux souches marines) survivent dans l'eau de mer surtout en se nourrissant des substances organiques apportées par les égouts et les fleuves. Or, ici, ces matières se déposent rapidement sur le fond, où elles se

La circulation particulière des eaux méditerranéennes (flèches) explique qu'elles restent claires en dépit des 360 000 t de phosphates et du million de t de nitrates que nous y déversons chaque année. Ces matières organiques, au lieu de

DANS UN SALE ÉTAT



NOMBRE D'HABITANTS

- PLUS DE 400 000
- 100 000-400 000
- 10 000-100 000



NOUS SOMMES 125 MILLIONS À LA POLLUER

L'homme étant l'élément pollueur numéro 1, il est logique de commencer un exposé du problème méditerranéen par la géographie humaine. Ce bassin reçoit les eaux usées, en presque totalité non traitées, de quelque 125 millions de riverains permanents, additionnés des 100 à 150 millions de touristes qui le visitent chaque année (on attend 200 millions de vacanciers en l'an 2000). Les déjections de toute cette population entraînent une pollution microbienne importante des eaux ; 97 % des coquillages sont inconsommables à l'état cru. Les cartes publiées dans cet article sont tirées d'une étude du Programme des Nations unies pour l'environnement sur les polluants d'origine tellurique que reçoit chacune des dix unités régionales (I à X) de la Méditerranée.

rester en suspension à faible profondeur, nourrissant le plancton et entraînant sa surabondance, ce qui opacifie les eaux, sont précipitées au fond par les courants : une partie sédimente et est digérée par des bactéries ; l'autre est "exportée" vers l'Atlantique.

trouvent immobilisées par l'absence de grands courants ascendants.

La destruction des germes terribles en milieu marin n'est nullement le fait de la salinité des eaux ou de l'action ultra-violette du soleil ; cet effet bactéricide est principalement imputable, dit le Dr Aubert, à la sécrétion d'antibiotiques par le phytoplancton, notamment par certaines algues unicellulaires, diatomées et péridiniens, dans les zones pélagiques (c'est-à-dire en haute mer), par des bactéries benthiques (vivant sur le fond, dans les sédiments), ou par des algues supérieures près du littoral.

Par malheur, cette opération

PRINCIPALES
INDUSTRIES
POLLUANTES

INDUSTRIES
CHIMIQUES

TANNERIES-
CUIR

METALLURGIE-
SIDERURGIE

RAFFINERIES
ET TERMINAUX
PETROLIERS



POLLUTION INDUSTRIELLE : VIVE LA CRISE !

Alors que l'urbanisation du pourtour méditerranéen tend à s'égaliser, du fait de la croissance rapide des populations d'Afrique du Nord et d'Asie Mineure, l'industrie restera encore assez longtemps concentrée sur les côtes nord-ouest. Les principaux centres sont Valence et Barcelone en Espagne, Fos-Marseille en France, Livourne, Mestre-Priest en Italie, Athènes-Le Pirée en Grèce. Si la pollution industrielle semble avoir diminué récemment, ce n'est pas grâce à des mesures écologiques, mais simplement à la suite d'une baisse de l'activité industrielle due à la crise. Ainsi, la fermeture pour raison économique de l'usine Montedison à Livourne a mis fin aux rejets des "boues rouges" dans le golfe de Gênes.

naturelle d'assainissement soufre plusieurs cas d'exception. Car la même théorie peut aussi expliquer pourquoi certains germes pathogènes, tels les salmonelles⁽³⁾ et les vibrions septiques et chloriques⁽⁴⁾, parviennent quelquefois à survivre en eau de mer, et même à y gagner en virulence. L'action antibiotique des organismes marins est inopérante dans deux situa-

tions précises. D'abord quand les germes responsables de maladies sont ingérés par des animaux pluricellulaires, les moules par exemple, qui se nourrissent principalement en filtrant des micro-organismes. Aux endroits infectés par les effluents d'égouts, ces métazoaires marins peuvent stocker des quantités phénoménales de bactéries fécales. Certaines baies de Médi-

terrannée, en particulier celle de Naples, sont des foyers permanents de choléra. Doit-on s'étonner que, de tous les sites méditerranéens examinés par les organisations internationales de surveillance, près de 97 % sont contaminés, et que les coquillages crus y sont impropres à la consommation ?⁽⁵⁾

Deuxième exception : les bactéries présentes dans le sable des plages. L'actuelle classification de la salubrité des lieux de baignade est trompeuse, car elle repose uniquement sur des analyses au demeurant trop rares, des eaux⁽⁶⁾. C'est ce que démontre le Pr Augier, de l'université Aix-Marseille à Luminy, en collaboration avec le Dr Aubert. Il a recensé dans le sable des plages une abondance d'agents pathogènes d'origine fécale, champignons et bactéries, dont certaines très dangereuses.

La faculté auto-nettoyante de la Méditerranée, en matière bactériologique, a donc ses limites. Et celles-ci seront certainement dépassées dans un avenir proche, avec la démographie galopante de la région (au tournant du siècle, le pays méditerranéen le plus peuplé sera la Turquie) et

Le complexe de Fos-sur-Mer est le seul de tout le bassin méditerranéen qui soit doté de dispositifs anti-pollution sérieux.



Photo L. Choquer/Cosmos - Dessins F. Mathé

(3) Responsables chez l'humain d'infections généralisées comme la fièvre typhoïde, d'intoxications alimentaires, de gastro-entérites du nourrisson.

(4) Bacilles de la gangrène gazeuse et du choléra.

(5) Rapport du Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE), pu-

blié conjointement avec l'Organisation mondiale de la santé (OMS).

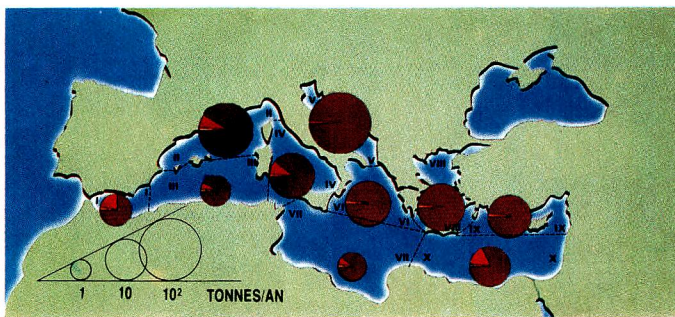
(6) Et encore, les tests ne prennent-ils pas en compte les indications de contami-

l'explosion touristique qui l'accompagnera — on attend 200 millions de vacanciers sur ses rives et ses îles en l'an 2000, pas loin de toute la population actuelle des Etats-Unis ! Or, la pollution microbienne n'est qu'un des aspects du problème. L'industrie et ses déchets en posent un autre. Pas encore immédiat, sauf déjà en certains points critiques et pour quelques produits toxiques déterminés : l'industrialisation a débuté tardivement dans ces régions et a été réfrénée de surcroît par la crise économique récente.

Cas exemplaire : le complexe de Fos-sur-Mer et de l'étang de Berre, qui dans l'esprit des concepteurs devait donner à la géographie industrielle française un centre de gravité moins défavorable à la moitié méridionale. Cet ensemble ambitieux n'a jamais atteint la capacité de production initialement prévue. Certaines implantations, comme Ugine-Aciers, y ont même carrément fermé.

En ce qui concerne l'activité actuelle, il faut reconnaître que c'est le seul complexe industriel de tout ce bassin maritime qui soit doté, grâce d'abord à l'insistance des écologistes et, par contrecoup, aux subventions de l'Etat et de l'Agence de bassin Rhône-Méditerranée (*), de dispositifs anti-pollution sérieux, avec des stations d'épuration propres aux différents types de fabrication, et des systèmes avancés de surveillance de l'eau et de l'air. Les usines y sont tenues de respecter dès leur mise en service des normes sévères. Les objectifs de réduction de la pollution, fixés en 1973, (abattement de 90 % de la charge polluante par rapport à la situation de référence de fin 1972), sont aujourd'hui atteints pour la DCO (*), les matières en suspension, les hydrocarbures, les phénols et le mercure.

Mais le temps relâche les mœurs, et il n'est pas sûr qu'on soit maintenant aussi exigeant envers les nouvelles entreprises, celles que le gouvernement, pressé par les syndicats, vou-



SOURCES
DE POLLUTION
MERCURIELLE

■ RIVIÈRES

■ DÉCHETS
INDUSTRIELS

■ DÉCHETS
MÉNAGERS

LE MERCURE : DES POISSONS DANGEREUX

Le mercure présente un problème potentiellement très grave pour les gros mangeurs de poissons méditerranéens, à commencer par les professionnels de la pêche eux-mêmes. Certaines espèces piscicoles sont contaminées au point d'être complètement inconsommables. Les résidus mercuriels sont en partie d'origine naturelle et proviennent des nombreux dépôts minéralogiques de ce métal dans le bassin méditerranéen ainsi que des éruptions volcaniques : les dernières projections de l'Etna ont déversé des quantités fantastiques de mercure dans les eaux. L'industrie, de son côté, est responsable, pour moitié, de ce type de pollution en Méditerranée.

draît attirer dans la région. Une société vient de s'installer qui fabriquera des carburants d'origine agricole utilisés comme additifs à l'essence en remplacement du plomb ; cette activité est potentiellement très polluante. Or, il existe aujourd'hui un certain vide juridique dans l'application des normes.

Même les installations déjà en place tendent à négliger ces normes. L'usine Atochem, pourtant signataire des accords de 1973, a déversé, l'an dernier, à plusieurs reprises, des quantités importantes de chlore dans la Durance, tuant une bonne partie de la faune piscicole.

Si la pollution d'origine industrielle paraît avoir, globalement, diminué ces dernières années, notamment dans le secteur du littoral entre St-Raphaël, Monaco et Gênes (*), on le doit moins aux mesures de dépollution qu'au marasme économique et à des fermetures d'usines pour cause de restructuration d'entreprises. Si Montedison, à Livourne, a cessé de déverser en mer ses 3 000 tonnes par jour de fameuses "boues rouges", résidus de métaux lourds très toxiques, c'est qu'elle a fermé l'unité de

production responsable, et uniquement par opportunité commerciale.

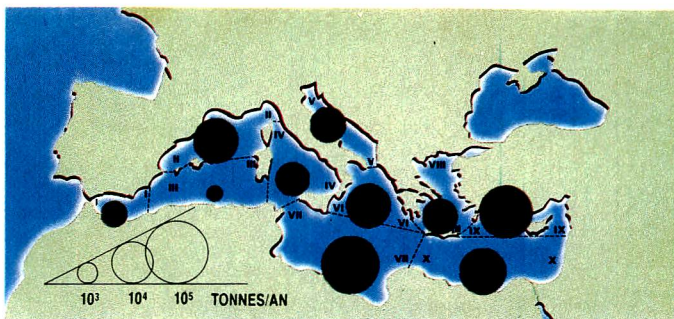
L'influence délétère de l'industrie reste cependant prépondérante. Elle prévaut même largement dans le bilan d'un bon nombre de polluants : huiles minérales, phénols, polychlorobiphényles (PCB), métaux lourds, qui ne compromettent pas encore trop dramatiquement, pour l'instant, l'écologie méditerranéenne et la santé humaine. Par contre, deux produits constituent dès à présent une menace sérieuse : le mercure et le pétrole.

La maladie de Minamata, au Japon, a sonné la première grande alerte mondiale contre les dangers des résidus mercuriels déversés dans les mers : entre 1950 et 1960, de nombreux pêcheurs de ce village de l'île de Kiusiu ont été victimes des sels de mercure concentrés dans le poisson, dont ils font leur principale nourriture. L'évaluation scientifique des risques sanitaires de cette pollution était encore tâtonnante ; le Dr Aubert et son équipe ont récemment développé des méthodes précises de prélèvement, de dosage et d'analyse qui mesurent enfin le phénomène de façon réaliste.

La Méditerranée reçoit plus de

nation bactérienne les plus valables, celles que donne l'analyse des peuplements benthiques, notamment de végétaux sous-marins comme les posidonies, véritables

"intégrateurs" de pollution, puisqu'elles ne témoignent pas seulement d'une souillure momentanée du milieu mais des conditions moyennes sur toute la durée de leur vie, →



À LA MERCI D'UNE MARÉE NOIRE

Bien que classée par accord international "zone spéciale", c'est-à-dire que tout rejet d'hydrocarbures y est interdit, et inaccessible aux pétroliers géants (voir à ce sujet "Science & Vie" n° 801, page 20), la Méditerranée est, au monde, la mer la plus polluée par le pétrole. 8 seulement des 17 terminaux pétroliers sont équipés pour le nettoyage des tankers, beaucoup de capitaines lavent leurs cuves en pleine mer. Les risques d'accidents pétroliers sont par ailleurs considérables, et une marée noire en Méditerranée serait une catastrophe écologique et économique encore plus grave que celle ayant eu lieu devant les côtes bretonnes.

mercure que les océans. Son bassin est riche en dépôts mercuriels. Il existe des gisements de mercure métallique et de cinabre (sel naturel de mercure, à usage de colorant) en Algérie, en Espagne, en Italie, en Turquie, en Yougoslavie; l'extraction minière dans ces pays représente environ la moitié de la production mondiale de mercure.

Les phénomènes naturels ajoutent leurs effets à celui de l'industrie des hommes. Les éruptions volcaniques jettent dans l'atmosphère des masses considérables de ce métal. Il y a aussi l'apport de mercure par l'érosion des roches, estimé à 32 tonnes par an, largement dépassé par les résidus des mines et des quelque 80 types d'industries utilisant ce produit. Ces activités introduisent dans la Méditerranée environ 90 tonnes de mercure chaque année.

Difficile de donner des teneurs en mercure statistiquement significatives pour les eaux du large, tant les fluctuations y sont démesurées en fonction du moment, de l'éloignement de la côte et de la profondeur. Par contre, à proximité des rejets industriels ou naturels, les niveaux de mercure sont impressionnants. L'équipe du Dr Aubert a relevé des teneurs dépassant largement 1 000 nanogrammes

par litre devant le delta du Rhône. On trouve, en maints endroits, des concentrations inquiétantes de mercure dans les sédiments, d'où elles peuvent facilement remonter.

Les herbes sous-marines, comme les posidonies et certaines algues rouges, sont de remarquables indicateurs de la pollution mercurielle littorale. Le poisson aussi: les thons et les sardines pêchés en Méditerranée contiennent jusqu'à 3 ou 4 fois plus de mercure que leurs congénères capturés dans l'Atlantique. Le thon est particulièrement atteint: la teneur en mercure de certains individus dépasse nettement le seuil critique de 0,7 mg par kg de chair fixé par l'OMS. Chez l'espadon, de consommation plus rare, c'est la population entière qui dépasse la norme acceptable. Le rouget barbet et le rouget de roche frisent la limite sans la transgresser.

Tous les composés du mercure ne présentent pas les mêmes risques sanitaires. Dans son état métallique, cet élément est assez vite éliminé par le corps humain. Par contre, sous sa forme organique, il se fixe sur le système nerveux central et cause des ravages irréversibles. Le mercure métallique stocké dans les sédiments marins

s'introduit dans la chaîne alimentaire grâce à l'activité des bactéries, qui le transforment en mercure organique, hautement toxique — le processus de méthylation biologique, où un radical méthyle se substitue à un atome d'hydrogène par l'action microbienne.

C'est ce mercure organique qui fut responsable de la haute teneur en thiométhyl-mercure des poissons de la baie de Minamata, dans laquelle une usine chimique envoyait directement du mercure. Bilan: 46 morts, 126 infirmes incurables, 19 enfants affectés de déficiences congénitales graves. Symptômes: parésie, algies des membres, anomalies visuelles et auditives, troubles de la déambulation, asthénie généralisée, dysarthrie, trémulations, céphalées, désordres mentaux, accidents pathologiques à la naissance.

Les instances internationales se sont émues — il y avait de quoi. Les organisations spécialisées de l'ONU recommandent aujourd'hui de ne pas dépasser la dose de 300 millions de grammes de mercure par semaine, pour un individu de 70 kg — soit la valeur hebdomadaire d'une portion de thon et de deux repas et demi de rougets d'origine méditerranéenne. Le Français "moyen" reste en deçà de cette limite et ne court donc pas de risque; il mange essentiellement des poissons de l'océan, les poissons méditerranéens ne constituant guère que 4 % de sa consommation.

Mais le Français "moyen" est une fiction statistique. Il existe des groupes sociaux aux habitudes alimentaires hors norme: par exemple, les pêcheurs travaillant dans les zones à haute concentration de mercure, et qui consomment régulièrement une partie de leur prise. Ou, simplement, les bouillottes de thon. Le Dr Aubert cite le cas d'un vagabond, embauché par un thonier marseil-

Dessins F. Mathé

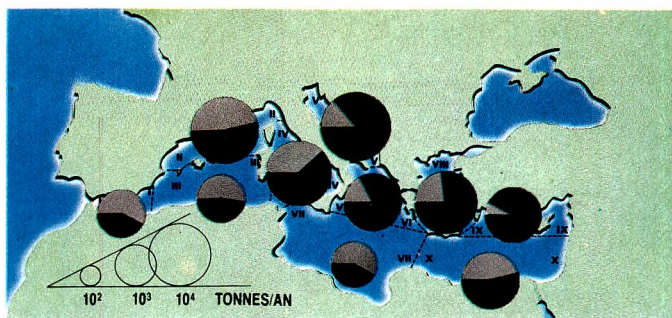
lais, et qui, faute d'autres ressources, s'est nourri exclusivement de thon frais. Au bout de quelques mois, cet homme de 25 ans a été hospitalisé pour une polynévrite périphérique, compliquée, au niveau psychiatrique, d'un état confusionnel.

Le cas des pêcheurs de Cagliari, au sud de la Sardaigne, est encore plus tragique, parce que collectif. Ils mangent chaque semaine jusqu'à 4 kg de poissons, pêchés dans une lagune contaminée par les rejets d'une usine pétrochimique. D'où des infirmités et des troubles neurologiques présentant clairement tous les symptômes de la maladie de Minamata.

Dix-sept espèces méditerranéennes ont un taux moyen de mercure qui excède les normes internationales : thon blanc et rouge, roussette, congre, vive, sar, labre, serran, sole, merlan, rouget, pageau, crabe, chimère, langoustine, raie, espadon. Les deux dernières présentent une teneur en mercure quatre fois supérieure à la dose admise. Les gens de la mer qui consomment chaque semaine 2 kg de poisson, titrant en moyenne 1 mg/kg de mercure, absorbent dans ce même temps 2 mg de mercure méthylé, dont leur organisme fixe 80 µg.

A ce régime continu, les premiers symptômes de la maladie de Minamata apparaissent au bout de sept ans, la mort survient après vingt ans. Chez les populations littorales, qui mangent six fois moins de produits de la mer que les professionnels de la pêche, les premières manifestations du mal sont plus tardives, mais tout aussi irréversibles.

En prenant la posidonie comme indicateur de pollution mercurielle, le Pr Augier avait constaté que les environs de nombreux ports de plaisance, bien qu'éloignés de toute industrie polluante, étaient extrêmement contaminés par le mercure. Une enquête en a révélé la source : les peintures anti-fouling pour la protection des coques de bateaux, destinées à



LE FACTEUR LE PLUS MENAÇANT : LES DÉTERGENTS

A côté des transformations mécaniques du littoral, surtout les aménagements touristiques, ce sont les détergents anioniques, composants principaux des lessives, qu'il faut incriminer dans la destruction progressive de la végétation benthique, constituée notamment de posidonies, qui jouent un rôle primordial dans l'équilibre écologique de la Méditerranée. Le déversement croissant de détergents, surtout par les populations pauvres du bassin, est aujourd'hui le facteur de pollution le plus menaçant. L'introduction de lessives biodégradables n'a rien réglé du tout : elles sont beaucoup plus toxiques que les détergents persistants.

combattre l'incrustation et la prolifération d'organismes marins sur la carcasse. Ces produits utilisaient le mercure, lequel, reconnu dangereux, a été remplacé par l'étain, lui-même interdit depuis le début de cette année. On utilise maintenant des peintures à base de cuivre, incorporant des traces de cyanure. Le cuivre est un alguicide employé depuis longtemps dans l'entretien des piscines. Or, le cuivre détruit irrémédiablement, en brûlant leurs feuilles, les herbiers sous-marins formés par les posidonies.

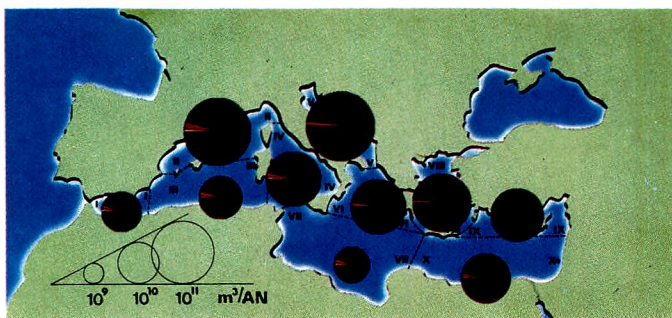
Aussi inquiétante qu'elle soit, ce n'est pas la pollution mercurielle qui fera oublier la pollution pétrolière en Méditerranée, aujourd'hui la mer la plus souillée par les hydrocarbures. Ceci en dépit d'une convention internationale qui la classe "zone spéciale", avec interdiction de tout rejet (voir *Science & vie* n°801, page 20). L'ONU estime à 120 000 tonnes la quantité d'huiles minérales déversées annuellement dans ces eaux. Certains organismes avancent le chiffre de 800 000 tonnes. Avec 5 % seulement de la surface des mers, la Méditer-

ranée se paie 35 % du trafic mondial des pétroliers, malgré la nette diminution de la circulation maritime depuis la vogue des super-tankers, obligés par leur taille à contourner l'Afrique.

Des dix-sept terminaux pétroliers situés sur le pourtour de la Méditerranée, huit seulement sont équipés pour assurer le nettoyage des citernes de ces cargos. Plus d'un capitaine préfère faire, illégalement, son propre ménage en haute mer, plutôt que passer des journées dans les files d'attente devant les quelques centres capables de traiter le "slop", mélange d'huiles et d'eaux résiduelles qu'il faut évacuer des cuves. Les pays riverains ont signé bon nombre de conventions et de traités ; le respect des accords est une autre histoire.

Deux tankers sont entrés récemment en collision dans le détroit de Messine. Deux ont explosé devant un terminal espagnol. Les risques d'accidents pétroliers en Méditerranée sont élevés. Seule une chance extraordinaire a valu à cette mer, pratiquement fermée, d'être jusqu'ici épargnée par une marée noire.

Mais on peut monter plus haut dans l'échelle des périls écologiques. Toute proportion gardée,



LES DURS APPORTS EN EAU DOUCE

La carte indique, pour chaque entité régionale établie par l'étude du PNUE, la part respective des apports en effluents domestiques, en résidus industriels, et en eaux douces. Celles-ci comprennent principalement des fleuves, plus ou moins pollués, ou très pollués comme le Rhône et le Pô, mais aussi les eaux de ruissellement, qui entraînent des fertilisants chimiques nocifs pour la vie marine. Les cours d'eau étant rares sur la rive sud, la Méditerranée y reçoit beaucoup moins de matériaux terrigènes.

Les peintures anti-fouling pour bateaux de plaisance, destinées à débarrasser les coques des algues et des coquillages qui s'y accrochent, sont un facteur de pollution des ports de plaisance (ici celui de Porquerolles) et de leurs environs.

et pour l'instant encore, la pollution pétrolière demeure moins sérieuse pour l'écosystème méditerranéen que l'attaque par une autre classe de produits : les détergents. Or le pétrole et les détergents sont ligüés dans leur action destructrice du milieu. On sait que pour diluer et dissoudre les hydrocarbures répandus — accidentellement ou non — sur la mer, et pour en accélérer la biodégradation, on utilise des dispersants, qui sont des corps tensio-actifs, autrement dit des détergents. Or, le pétrole devient réellement dangereux pour la flore et la faune lorsqu'il se

combine aux détergents ; ceux-ci permettent en effet la pénétration des fractions toxiques du pétrole dans les cellules vivantes.

La synergie des détergents et des résidus pétroliers est d'ailleurs responsable du recul de la pinède sur les côtes provençale, ligurienne et toscane⁽¹⁰⁾. Ces polluants sont chassés vers la terre par les embruns ; en détruisant la couche cireuse imperméable (cuticule) qui protège les aiguilles des conifères, ils rendent les arbres vulnérables au sel marin (cette action synergique peut d'ailleurs servir de

modèle d'explication du dépérissement de la forêt en Europe septentrionale — voir *Science & Vie* n° 799, page 72).

La Méditerranée s'appauvrit en poissons. La productivité piscicole, déjà médiocre par rapport à l'océan, à cause du manque de nourriture, décrit plus haut, a encore baissé considérablement ces dernières décennies. Beaucoup de pêcheurs professionnels ont dû abandonner leur activité. Dans certaines régions, la pêche commerciale est rangée définitivement au placard des souvenirs historiques. Les raisons : la régression quasi générale de l'herbier sous-marin, le peuplement végétal de l'infralittoral (jusqu'à 38 m de profondeur) qui compense la pauvreté du phytoplancton et sert de frayère à de nombreuses espèces de poissons.

Le recul de cette végétation benthique (les posidonies), qui joue un rôle clé dans toute la vie des eaux méditerranéennes, est le triste résultat de l'aménagement touristique des rivages, pour une bonne part, et en très grande partie aussi de la pollution chimique des eaux par les détergents, d'origine domestique pour l'essentiel.

Globalement, la Méditerranée reçoit quelque 60 000 tonnes de détergents par an. Le Nord est pour l'instant le plus touché, mais cette pollution est un des rares domaines où le Sud rattrape son "retard", la consommation des lessives se développant considérablement dans les régions pauvres.

Mais pourquoi une telle affaire autour de 60 000 tonnes de détergents perdus dans 4 000 000 km³ d'eau, et de "biodégradabilité supérieure à 90 %", comme le certifie l'emballage ? Le danger semble à première vue bien diffus, mais ce n'est pas l'avis de Gérard Monnier-Besombes⁽¹¹⁾ qui, le premier, a réussi à cultiver la posidonie *in vitro* et à tester sur elle la nocivité des détergents. Il note d'abord qu'à ce jour tous les tests se sont déroulés en eau douce ; dans le milieu marin, ces



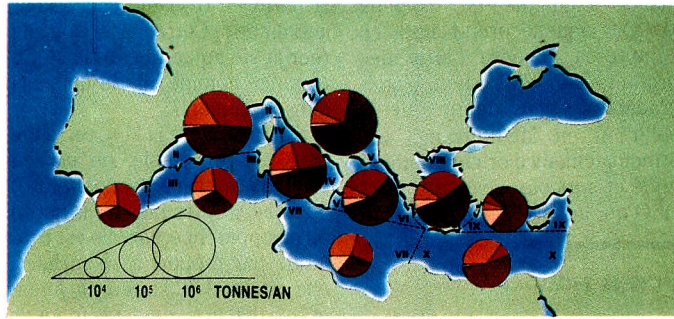
produits mettent beaucoup plus de temps à être détruits par les micro-organismes — jusqu'à 5 mois ! En outre, l'augmentation du degré de biodégradabilité implique presque toujours une augmentation de la toxicité des fragments résultant de la dégradation.

En observant le comportement des divers matériaux issus des émissaires d'égout, ce chercheur a noté que, contrairement à la plupart des polluants, qui sédimentent très vite, les détergents flottent à la surface et souvent dérivent vers le large. Les produits de la biodégradation tombent alors sur le fond et peuvent se poser sur les feuilles des posidonies, qu'ils brûlent, en s'attaquant surtout, pense-t-on, aux membranes et au système enzymatique des végétaux.

Monnier-Besombes a pu déterminer au laboratoire que des concentrations infimes, de l'ordre de 100 ppb (une seule molécule de polluant pour un milliard de molécules d'eau), ralentissent la croissance des posidonies. A partir de 250 ppb/jour, les feuilles flétrissent et se décolorent. Pour rendre inoffensif les 5 tonnes de détergents que le grand collecteur de Marseille évacue quotidiennement dans l'anse de Cortiou, il faudrait 100 000 000 m³ d'eau pure !

La plupart des rejets d'eau douce en Méditerranée proviennent des fleuves, surtout du Rhône et du Pô, les principaux porteurs de pollution, et à un degré moindre, mais non négligeable, de l'Ebre, du Llobregat, du Nil, de l'Adige et du Tibre. On juge ici tout l'inconsistance de la politique de l'environnement menée par nos pouvoirs publics, qui ont dépensé des centaines de millions pour dépolluer les industries de Fos, sans s'occuper des industries en amont qui polluent le Rhône, dont l'embouchure est contiguë au complexe de Fos.

Globalement parlant, le littoral nord reçoit une charge polluante



LES POLLUANTS ORGANIQUES

La "demande biologique en oxygène" (DBO) mesure la quantité de polluants biodégradables qui se déversent dans le milieu. Les charges en DBO, très variées selon les régions, sont dues principalement à des produits d'origine domestique et à l'agriculture dans les zones à forte érosion. L'eutrophisation, autrement dit l'asphyxie des eaux par l'apport de matière nutritive (phosphates et nitrates), ne constitue heureusement pas un grand risque pour la Méditerranée, qui est par nature oligotrophe, c'est-à-dire pauvre en sels nutritifs et donc pauvre en plancton.

très supérieure à celle du sud et de l'est de la Méditerranée, où les cours d'eau sont rares. Le bassin nord-ouest, auquel appartient la France (zone II sur la carte des entités régionales définies par le PNUE), absorbe à lui seul près du tiers de la charge polluante totale. L'Adriatique est également très affectée.

A noter que la quantité d'eau douce apportée chaque année à la Méditerranée par les fleuves et les précipitations reste en moyenne largement inférieure à la quantité d'eau évaporée. Sans l'apport des eaux de l'Atlantique, elle serait complètement asséchée en l'espace de 2 000 ans (cela lui est déjà arrivé il y a 5 ou 6 millions d'années).

On peut se demander si la Méditerranée ne connaîtra pas bientôt le sort qui est déjà celui du Léman, le plus grand lac d'Europe, et qui menace aussi le secteur sud, très plat, de la mer du Nord. Le Léman est en permanence "engraissé" par les phosphates que déversent les ménages (avec leurs détergents), l'industrie (avec ses effluents chimiques), l'agriculture (avec ses engrais synthétiques dont une partie est lavée par l'érosion et finit dans le lac).

Ces rejets de phosphates fertilisent la flore aquatique et engendrent le développement sauvage du plancton, dont la prolifé-

ration transforme les eaux en bouillon de culture végétale. Tous ces organismes meurent et tombent dans le fond, où ils ont besoin d'oxygène pour se décomposer en éléments susceptibles d'être réintroduits dans le circuit de la vie sous-marine. Les premiers dépôts absorbent pratiquement toute la réserve d'oxygène disponible ; les suivants ne trouvent plus assez de "gaz vital" en dissolution pour accomplir leur recyclage biologique.

L'eau se charge alors de particules imparfaitement décomposées, inassimilables par la faune lacustre et qui forment une masse polluante, salissante, irréductible. C'est le phénomène d'eutrophisation (un milieu eutrophe — littéralement : riche en substances nutritives — se caractérise par la rareté de son oxygène et la surabondance de sa matière organique). Bref, les eaux ne respirent plus⁽¹²⁾.

Et si la Méditerranée était, elle aussi, menacée d'asphyxie ? On pourrait l'imaginer au vu des charges de polluants organiques biodégradables qu'elle est obligée de digérer, et dont la décomposition microbienne consomme énormément d'oxygène. C'est pourquoi on exprime la quantité de ces polluants par leur demande biologique en oxygène (DBO), ou encore par leur de-

SOURCES
DE POLLUANTS
BIOGRADABLES

■ RIVIERES

■ EAUX DE
RUISSELLEMENT
(AGRICULTURE)

■ DECHETS
INDUSTRIELS

■ DECHETS
DOMESTIQUES

de la posidonie et de son milieu par des composants de détergents synthétiques, université d'Aix-Marseille, 1983.

(12) L'eutrophisation favorise aussi la pol-

lution mercurielle : en augmentant le taux de matières organiques dans les sédiments, elle entraîne un accroissement de l'activité des bactéries, et par suite la méthyla- →

mande chimique en oxygène (DCO), laquelle prend aussi en compte la majeure partie des produits chimiques non biodégradables. Etant donné que la pollution en Méditerranée est principalement d'origine domestique et agricole, c'est surtout la DBO qui importe ici ; elle reflète

la perte en oxygène causée par la pollution. Cette perte va-t-elle tuer la vie aquatique de la Méditerranée comme elle le fait déjà dans le Léman ?

Si l'on regarde la Méditerranée dans son ensemble, on est en droit d'être, à ce propos, plutôt optimiste. Cette mer n'est petite qu'en apparence, car elle est profonde par rapport à sa surface : elle atteint 1 429 m en moyenne et 5 000 m de profondeur maximale dans la fosse hellénique. Avec une superficie de moins de 3 millions de km², elle contient quand même plus de 4 millions de km³ d'eau. Par rapport à cette masse, les 2,5 millions de tonnes de DBO ou les 7,8 millions de tonnes de DCO, prennent des proportions moins catastrophiques que ne le suggèrent ces chiffres au premier abord.

Comment la Méditerranée s'y prend-elle pour garder une eau bien oxygénée et claire ⁽¹³⁾, alors que nous lui envoyons chaque année 360 000 tonnes de phosphates et un million de tonnes de nitrates ? Si ces substances étaient admises à s'accumuler en Méditerranée, leur apport serait un facteur énorme d'eutrophication, et les eaux seraient ren-

dues opaques par l'abondance du phytoplancton. Or, la Méditerranée est, en matière de micro-organismes végétaux, un semi-désert.

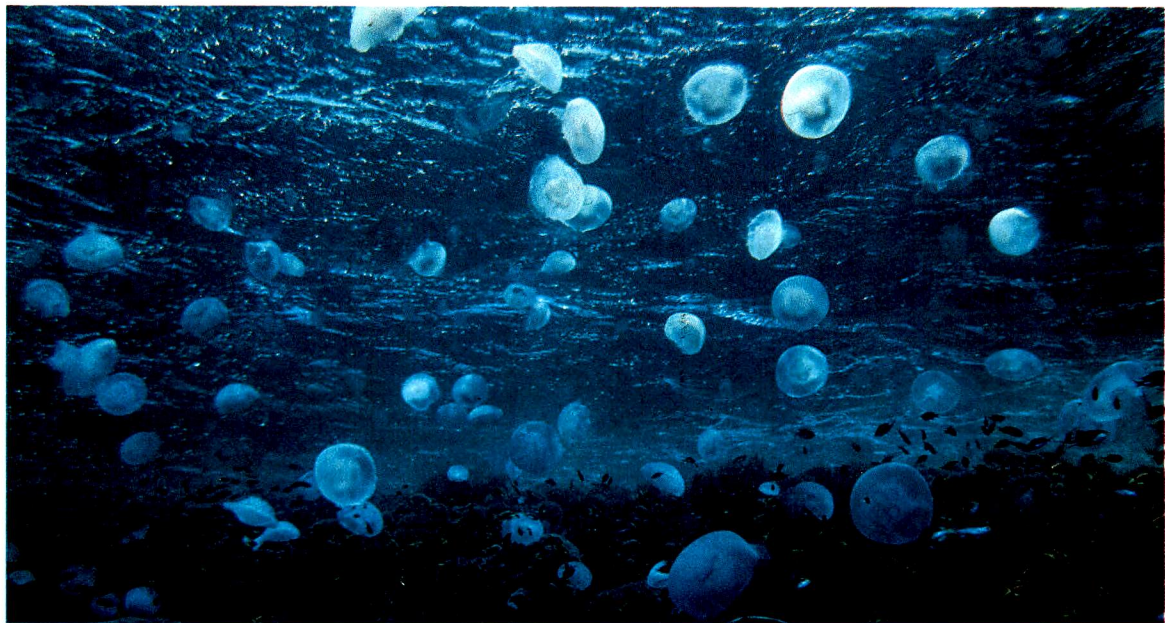
Ce paradoxe s'explique par les particularités de la circulation de ses eaux (**voir dessin pages 14-15**), dont les mouvements descendants l'emportent largement sur les courants ascendants. Aussi les éléments nutritifs se trouvent-ils beaucoup plus souvent au fond que dans les couches supérieures recevant la lumière, où ils pourraient être assimilés par les organismes végétaux grâce à la photosynthèse.

Schématiquement, les choses se passent de la façon suivante : l'entrée des eaux de l'Atlantique, moins salées que celles de Méditerranée, se fait en surface ; ces eaux subissent une évaporation importante, qui augmente leur salinité sans pour autant accroître leur poids spécifique lorsqu'elles restent chauffées. Ce n'est qu'en cours de refroidissement hivernal que leur densité croissante les entraîne vers le fond. Les masses d'eau repartent par le détroit de Gibraltar en profondeur ; elles ont la salinité normale de la Méditerranée, soit

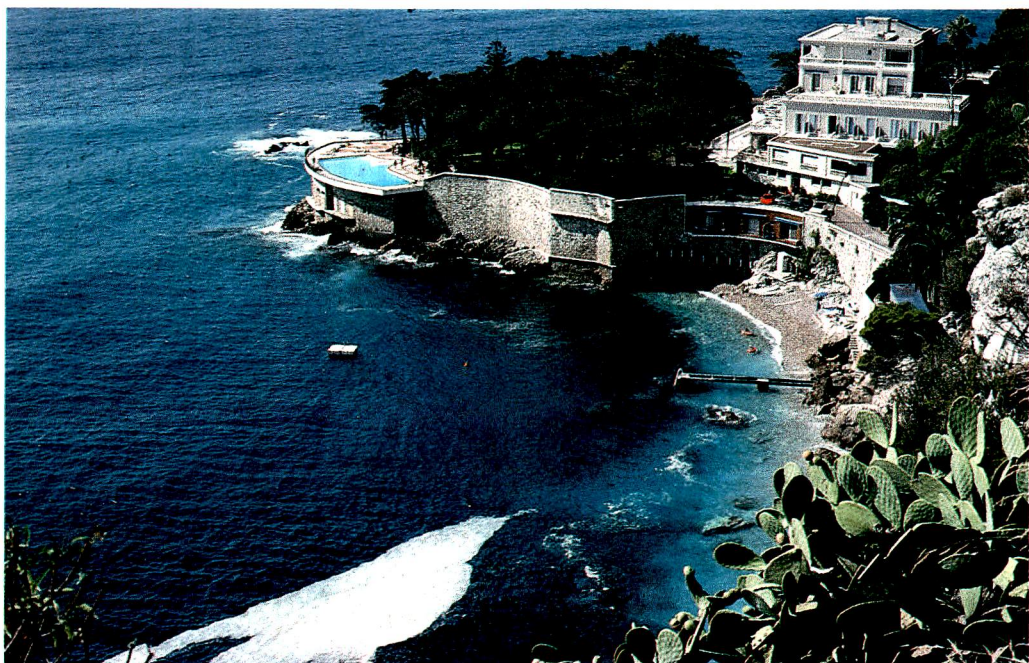
LE TEMPS DES MÉDUSES

On constate depuis quelques années, en Méditerranée, une prolifération monstrueuse des méduses, ces redoutables cnidaires gélatineux aux cellules urticantes dont le contact provoque d'insupportables brûlures. Sous la poussée de cet événement, l'ONU a même dû réunir un aréopage d'experts à Athènes, en 1983. On s'explique mal la raison de cette pullulation, mais un faisceau de présomptions permet d'incriminer l'accumulation de polluants dans certaines zones du bassin, favorisée par de longues périodes de conditions météorologiques anticycloniques, et qui aurait déclenché dans les colonies de polypes une réaction à l'encontre des polluants, un réflexe de survie chez l'espèce se traduisant par une natalité forcée.

Une autre hypothèse avance le fait de la disparition progressive des tortues de mer, prédateurs des méduses. Car les tortues, tout comme certains poissons, avalent de grosses quantités de matières plastiques que les équipages des navires jettent par-dessus bord. On trouve de plus en plus de restes d'objets en plastique dans l'estomac des poissons, des tortues et des cétacés. Ce matériau polluant détruit aussi les herbiers sous-marins, en étouffant les peuplements de posidonies.



Photos Pitch - D.R.



L'actuelle classification de la salubrité des lieux de baignade peut être trompeuse car elle repose uniquement sur l'analyse d'échantillons d'eau de mer, alors que l'on a enregistré dans le sable des plages une abondance de champignons et de bactéries d'origine fécale, dont certains sont très dangereux.

38,4 pour mille, et véhiculent environ trois fois plus de phosphates que les eaux de l'Atlantique qui entrent en surface.

La Méditerranée exporte donc des substances nutritives vers l'océan; celles qui ne sont pas ainsi évacuées, sédimentent et sont digérées par des bactéries vivant au fond. Leur remontée vers les couches exposées à la lumière se trouve contrariée par la thermocline, limite entre les eaux chaudes de la surface, pouvant approcher 30°C, et les eaux constamment fraîches (13°C) du fond.

Le brassage entre des eaux de différents niveaux n'intervient éventuellement qu'en hiver sous l'influence de vents froids (tel le Mistral dans la partie nord-ouest), qui peuvent alors provoquer la remontée des matières fertilisantes, et donc des poussées du phytoplancton. Plus l'hiver est rigoureux, plus importante sera la productivité du phytoplancton et, par voie de conséquence, celle du zooplancton et des espèces piscicoles. Notre dernier hiver, si meurtrier pour la végétation terrestre, a donc été plutôt bénéfique à l'écosystème marin de la région.

La nature, il faut bien l'admettre, est aujourd'hui la seule protectrice de l'écologie méditerranéenne, l'homme se cantonnant dans son rôle de pollueur. La croissance industrielle ne pourra que noircir le tableau. Les Etats riverains ne se sont guère intéressés, jusqu'ici, qu'aux problèmes de pollution affectant le tourisme. Pour rassurer les vacanciers, on commence à construire de grandes usines d'épuration le long des côtes espagnole, française, italienne.

La plupart ne sont que des trompe-l'œil. On le voit bien à l'exemple de la station actuellement en cours de montage à Marseille. Alors que la raison technique voudrait qu'on traite séparément, par des procédés distincts, les résidus industriels et les effluents urbains, tout ici va être mélangé dans une installation gigantesque dont l'efficacité est très contestée par de nombreux spécialistes.

La première tranche des travaux ne comporte qu'un traitement mécanique et physico-chimique des eaux. La deuxième,

qui prévoit de mettre en œuvre des opérations biologiques, est dans les limbes, faute d'argent. Sa réalisation est plus que problématique. La première unité, qui entrera en service dans plusieurs années seulement, sera incapable d'éliminer de façon sensible les détergents, ennemi numéro un de l'équilibre écologique méditerranéen. Du fait d'un traitement unique des eaux usées domestiques et des déversements industriels, elle fabriquera des boues de mauvaise qualité, qui seront incinérées plutôt qu'utilisées au bénéfice de l'agriculture.

C'est uniquement en abaissant considérablement ses normes de salubrité des eaux de baignade, que l'Italie, de son côté, a pu conjurer la catastrophe économique qu'aurait provoqué la fermeture de quarante stations touristiques de l'Adriatique, dont les eaux profondes sont extrêmement polluées.

Les Méditerranéens ont l'énorme chance d'avoir une mer capable d'absorber davantage de polluants que toute autre mer. Mais il n'est jamais bon de pousser sa chance trop loin; les dons de la nature, aussi, ont leurs limites. ●

LES OGRES

QUI FONT DES MIRAGES

LE COSMOS EST PLEIN DE FANTASIE.

NON SEULEMENT il contient des ogres dévoreurs d'étoiles, mais encore ceux-ci, les trous noirs, s'amuse avec les lois de l'optique et la relativité et multiplient les images des quasars, comme des prestidigitateurs de foire...

Tels des chameliers dans le désert, depuis deux ans, au début de l'été les astronomes clament qu'ils voient des mirages dans l'immensité du désert, mais il s'agit bien du désert céleste. L'an dernier, une équipe signale que le quasar 2016 + 112 à la droite de l'étoile brillante Altair, de la constellation de l'Aigle, semble dédoublé sous l'effet d'un mirage. Cette année cinq Français, G. Wlérick de l'Académie des sciences, C. Vanderriest, J. Schneider, G. Lelièvre et H. Sol, démontrent à leur tour que les trois quasars, répertoriés dans le catalogue de Palomar Green sous le matricule 1115 + 080, ne sont qu'un seul et même objet céleste.

Dédoublément une année, reproduction en trois exemplaires la suivante, le phénomène se multiplie et prend de l'ampleur. La canicule n'y est évidemment pour rien.

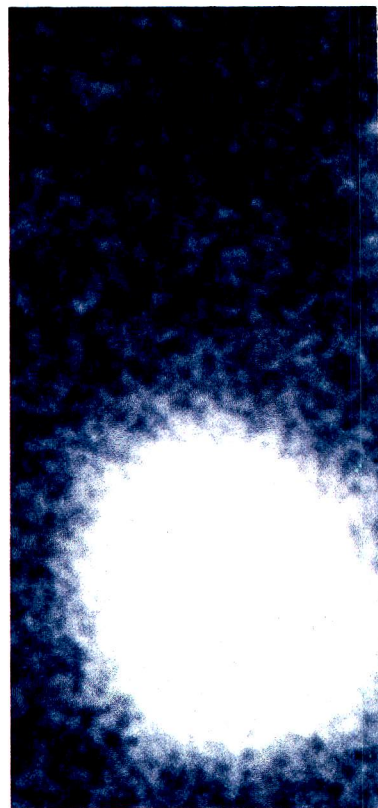
Ces mirages s'inscrivent dans le cadre des théories de la relativité d'Einstein ; ils sont dus à la gravitation. Recourbant sensiblement les rayons lumineux d'un objet céleste, elle crée donc ce curieux effet d'optique.

L'idée que la lumière puisse subir l'influence de la gravité comme un corps matériel ne date pas d'aujourd'hui : dans *L'exposition du système des mondes*, publié en 1796, Laplace mentionne déjà l'existence pos-

sible d'astres invisibles parce que suffisamment massifs pour que rien ne puisse échapper à leur emprise gravitationnelle, pas même leurs propres rayons lumineux. Sans preuve aucune, il entrevoit ces astres obscurs que 150 ans plus tard on appellera trous noirs. Il eût pu aussi imaginer les mirages gravitationnels.

Mais au XVIII^e siècle, un ascendant quelconque de la gravitation sur les rayons lumineux est inconcevable. La "théorie ondulatoire", à l'honneur au XIX^e siècle, confortera les physiciens dans cette opinion. Constituée uniquement d'ondes immatérielles, la lumière n'est pas censée obéir aux mêmes lois que la matière. Les forces gravitationnelles, impuissantes sur elle, ne peuvent infléchir son cours, encore moins la bloquer. Les astres invisibles de Laplace tombent peu à peu dans l'oubli.

En 1916, Einstein publie *Les lois de la relativité générale* et bouscule le fatras des idées reçues. Max Planck vient de mettre en évidence le fait que les ondes électromagnétiques, et la lumière en particulier, ne peuvent être diffusées ou absorbées que sous forme de grains discrets, appelés quantas. Einstein saute le pas et assimile ces quantas à de véritables corpuscules, connus aujourd'hui sous le nom de photons. La masse de ces particules est nulle, ce qui ne les empêche pas d'être



pleines d'énergie. Or, en vertu du principe d'équivalence, le fameux $E = mc^2$ qui établit une correspondance entre masse et énergie, les photons, comme les particules possédant une masse, doivent être assujettis à la gravitation.

Einstein en revient donc à l'idée de Laplace sur l'influence de la gravitation sur la lumière. Un exemple extrême de cette action est le trou noir. Il se crée lorsque la matière est concentrée au maximum, confinée dans un espace réduit, au point qu'aucune radiation ne puisse plus échapper à son attraction gravitationnelle infiniment intense, pas même les ondes électromagnétiques. Ce nouvel état de la matière est

Photo Vanderriest - Wlérick - Horville

donc totalement invisible. Mais l'influence de la gravitation sur la lumière donne également lieu à des phénomènes beaucoup plus subtils. La théorie de la relativité générale tolère qu'en passant à proximité d'une masse imposante, pour ne pas dire astrono-

lentille gravitationnelle.

Dès 1936, Einstein avait prédit l'existence de mirages gravitationnels. Seulement à l'époque, l'Univers connu était trop étiqué et on ne connaissait pas d'objet céleste suffisamment lointain et brillant pour que le phénomène fût perceptible. Pessimiste, le grand homme estima vain de poursuivre ces mirages, et dans un article publié en 1937, il écrivit : « Il n'y a pas beaucoup de chance d'observer un jour le phénomène. »

Au début des années 1960, la découverte des lointains quasars ouvre des horizons insoupçonnés. Dans le visible, ces objets célestes ressemblent à s'y méprendre à des étoiles. Mais le spectre de ces objets quasi-stellaires (quasars) est tout à fait inhabituel, étant complètement décalé vers le rouge.

En attribuant ce décalage à un effet Doppler (augmentation de la longueur d'onde perçue par un observateur dont la distance à la source émettrice augmente), on estime que ces objets célestes s'éloignent de nous à des vitesses voisines de celles de la lumière. Or, plus vite un astre nous fuit, plus il est lointain. Les quasars se trouvent donc aux confins de l'Univers visible. Le plus lointain d'entre eux observé à ce jour, est à quelque 10 milliards d'années-lumière.

Si on arrive à voir ces astres à de telles distances, c'est parce qu'ils se manifestent par une activité intense, convertissant quotidiennement l'équivalent de quelques centaines d'étoiles en énergie pure.

Les quasars expriment leur "agressivité" dans différents domaines de longueurs d'ondes, crachant des rayonnements superénergétiques par bouffées. Sujets à de terribles sautes d'humeur, leur luminosité peut varier sur des périodes allant de quelques minutes à quelques mois. Au maximum de leur forme, ils brillent avec une

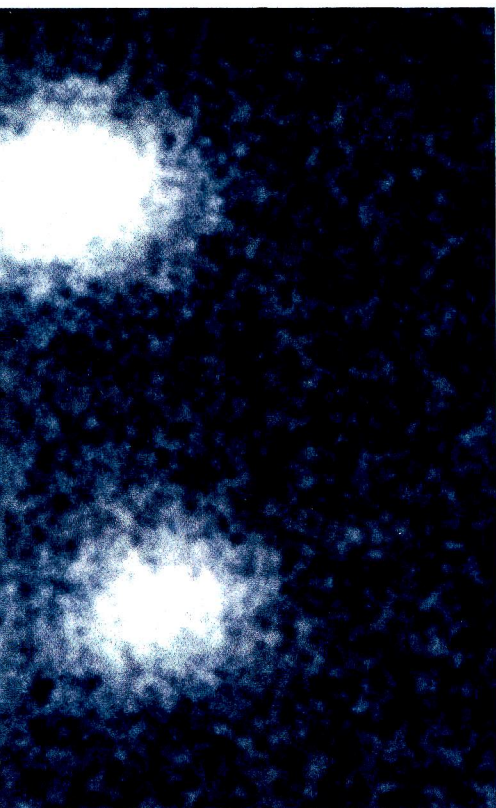
énergie équivalente à celle de dix mille galaxies ordinaires réunies.

Les rayons lumineux des quasars lointains et brillants, sur leur long trajet pour venir jusqu'à nous, rencontrent fatalement des masses astronomiques. Ce serait bien le diable si quelques-unes d'entre elle n'arrivaient pas à détourner certains d'entre eux pour donner lieu à des mirages.

Dès le début des années 1960, les astronomes se lancent à la poursuite de ces mirages. A peu près à la même époque, ils partent aussi à la chasse aux trous noirs. A la base, un même souci : tester la relativité générale sur ses prévisions. En 1977, après vingt ans de recherches actives, ils repèrent, dans la constellation du Cygne, un couple suspect. Un compagnon invisible se livre à des actes de violence sur une petite étoile. Avec son champ gravitationnel intense, il lui arrache de la matière, la déshabille de ses couches extérieures et cela dans une grande rumeur de rayons X. Cela s'explique aisément. La matière extorquée brutalement, tombe sur l'agresseur et s'accélère à tel point qu'elle atteint des vitesses voisines de celle de la lumière. Des phénomènes de friction font monter la température du gaz à plus de dix millions de degrés et la majeure partie de l'énergie s'évacue sous forme de rayons X. L'affaire est claire. Reste seulement à identifier le mystérieux astre invisible, baptisé Cygnus X1.

En étudiant le mouvement de l'étoile visible sur laquelle il s'acharne, on estime sa masse à 8 masses solaires ; bon poids ! Seul un trou noir peut être aussi lourd et exercer une pareille tyrannie gravitationnelle sur sa compagne sans se faire repérer.

Depuis, plusieurs autres candidats au titre de trou noir sont apparus. Parmi les sources X observées par le satellite européen *Exosat*, déjà on en recense une quinzaine. Et ce n'est pas tout. En fait chaque fois que l'on constate quelque part dans l'Uni-



Le triple quasar
PG 1115+080
n'est qu'un mirage. Il s'agit en fait d'un seul et même objet céleste, que l'on voit triplé sous l'effet du champ gravitationnel d'une galaxie ou d'un trou noir interposés entre le quasar et nous (voir dessins page 27).

mique, les rayons lumineux soient détournés du droit chemin et, en se courbant, produisent des mirages gravitationnels. L'observateur voit alors l'astre dont les rayons ont été ainsi déviés, pas tout à fait à sa place.

Pis : si la masse défectrice est de faible dimension, l'astronome, sain d'esprit et à jeun, voit double ou multiple. En effet, dans ce cas deux faisceaux de rayons lumineux issus de l'astre éloigné peuvent passer sans problème de part et d'autre de l'objet céleste défecteur et au lieu d'un astre on en voit deux ou plusieurs (voir dessins page 27). Les images sont par ailleurs amplifiées et c'est pourquoi on appelle l'astre défecteur une

vers de la violence que l'on n'arrive pas à s'expliquer, la tendance actuelle est de la mettre systématiquement au compte d'un trou noir. Invisible, capable théoriquement de tous les délits, cet objet céleste est le bouc émissaire idéal. Si les quasars sont anormalement brillants, c'est la faute d'un trou noir qui leur ronge les entrailles, si les galaxies de Seyfert émettent des jets de gaz ionisé, c'est encore la faute des trous noirs... Bref, hier encore introuvables, aujourd'hui ils sont partout.

Le dernier en date a été démasqué au cœur même de notre Galaxie. Le tintamarre de rayons X et gamma qu'on entend dans la direction de la constellation du Sagittaire, où se trouve précisément ce cœur, laissait présager qu'un trou noir géant se cachait là. Pendant près de 14 ans, les britanniques Donald Lyndon-Bell, de l'observatoire royal de Greenwich, et Martin Rees, de l'université de Cambridge, ont alerté l'opinion publique. Mais c'est seulement en mai dernier que plusieurs physiciens et astronomes de l'université de Californie à Berkeley ont apporté une preuve formelle de son existence.

Huit années durant, ils ont surveillé sa cachette, dans l'infrarouge aussi bien que dans le domaine des longueurs d'onde radio. Les observations infrarouges révèlent qu'il se passe bien quelque chose d'insolite à cet endroit car des volutes de gaz très chaud tourbillonnent tout autour. Dans les colonnes de notre honorable confrère britannique *Nature*, les traqueurs font part de leurs conclusions : le trou noir, installé confortablement au centre de notre galaxie, se porte comme un charme ; il prend des repas réguliers et sa masse s'élève à environ 4 millions de fois celle du Soleil. Le monstre ne risque-t-il pas d'engloutir notre Galaxie entière en un temps record ?

Pas dans l'immédiat. L'ogre est encore chétif, et il déchiquète les étoiles avant de les avaler. Les débris stellaires forment autour de lui une mousse gazeuse, créant ce qu'on appelle un disque d'accrétion. La matière échauffée dégage une certaine pression de radiation qui ralentit la déglutition du trou noir en s'y opposant. Ce régime imposé ralentit sa croissance, et il ne ronge notre Galaxie qu'à petit feu.

Plus tard, quand il aura grandi et que sa masse dépassera les dix millions de masses solaires (limite de Laplace), le rythme de ses repas va s'accélérer. Car alors il avalera ses proies tout rond, sans autre forme de procès. Aucune pression de radiation ne s'y opposera et il pourra sans contrainte satisfaire son appétit démesuré. Tout ira alors plus vite. En un peu plus d'un milliard d'années, son poids va se multiplier par dix, passant de dix millions à 100 millions de masses solaires. Toutefois, notre Soleil, relégué à la périphérie de notre Galaxie, ne devrait pas compter au nombre des victimes.

Rien ne presse cependant. Et avant de donner l'alarme, déjà faudrait-il s'assurer que l'objet céleste en question est bien un trou noir. Plusieurs antennes, celles de Westford, Mass, Green Bank (W. Va), Fort Davis (Tex.) et Gladstone, ainsi que les 27 antennes du "Very Large Array" à New Mexico, se sont relayées, surveillant en permanence sa planque. Les résultats de l'enquête radio, publiés également dans *Nature*, montrent que l'astre se camoufle derrière des nuages de poussière, dans un réduit plus petit que l'orbite de Saturne. Pour rester confiné dans cet espace, il doit obligatoirement avoir une petite carrure. Étant donné sa faible taille, sa masse imposante et l'énergie qu'il dégage autour de lui, il y a de fortes présomptions pour que ce soit effectivement un formidable trou noir. Cette fois, semble-t-il, les chasseurs d'astres invisibles tiennent un gibier de choix.

Les chasseurs de mirages ont dû attendre plus longtemps pour voir leurs rêves se réaliser. C'est en 1979 qu'ils surprennent pour la première fois un quasar blotti contre un autre qui lui ressemble trait pour trait. Toutes les raies spectrales de l'un sont identiques à celles de l'autre. Le même décalage vers le rouge, donc la même vitesse de fuite et la même distance. Lui et son double sont immédiatement répertoriés sous le matricule 0957 + 561, A et B, dans le catalogue du Palomar Green. Puis on les analyse sous toutes les coutures. Il pourrait s'agir d'un couple de quasars, dont les deux partenaires issus du même milieu et ayant évolué côte à côte auraient "détéint" l'un sur l'autre au point de se ressembler comme deux gouttes d'eau. Ou peut être sont-ce de vrais jumeaux ?

Dans la communauté astronomique en émoi, on discute encore de la nature du nuage qui s'interpose entre les deux quasars et nous absorbe leur faible lumière provoquant les raies spectrales sombres. Les avis sont partagés. Les uns pensent que ce nuage a été éjecté par l'un des quasars à la suite d'une explosion. D'autres imaginent que c'est un gaz fossile du big-bang. D'autres encore penchent pour l'hypothèse d'une galaxie ordinaire qui se trouverait par hasard sur la même ligne de visée, et empêcherait la lumière de passer avec son halo.

En fait, la nature de ce nuage importe peu. Quel qu'il soit, il ne peut rester immobile dans l'espace. Les différents points de sa surface bougent, chacun à leur rythme. Or, les quasars jumeaux sont suffisamment écartés l'un de l'autre pour que ces mouvements aléatoires se répercutent différemment sur les deux spectres. Donc, même s'il s'agissait de deux objets célestes identiques, leurs raies spectrales devraient être légère-

ment différentes. La similitude absolue des deux spectres ne s'explique aisément que par un mirage gravitationnel.

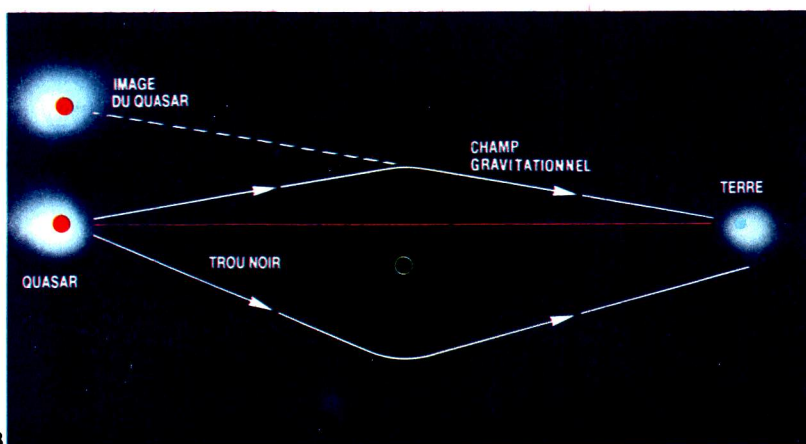
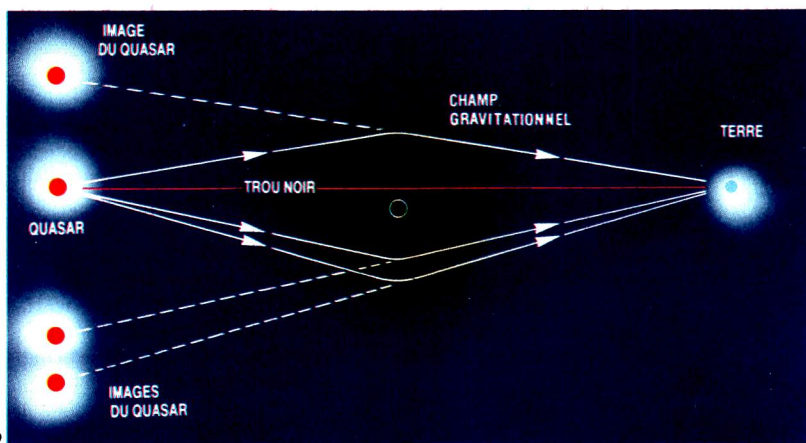
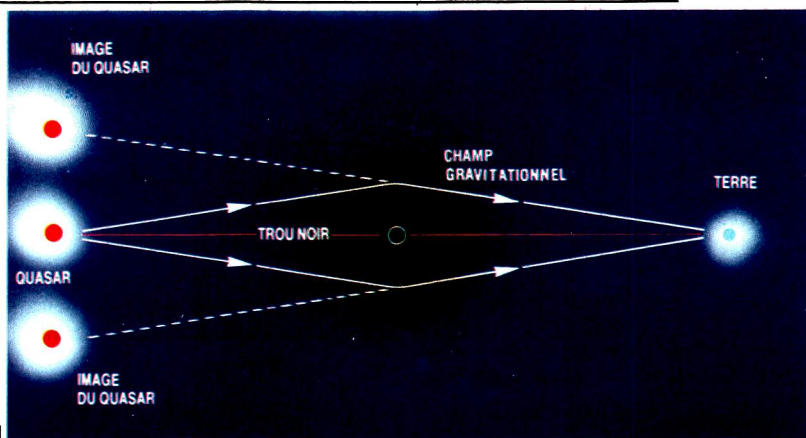
Le quasar double 0957 + 561 A, B est donc considéré comme le produit d'un mirage. La masse qui dévie sa lumière n'est probablement pas une galaxie unique. Il semble qu'elles se sont mises à plusieurs pour produire ce joli effet d'optique. Depuis, cinq cas de faux dédoublement ont été signalés dont celui de la constellation de l'Aigle, l'été dernier.

Cela devenait un peu monotone. Les astronomes français ont cassé la routine, en suivant l'évolution de l'éclat d'un triplet de quasars, le PG 115 + 080 découvert en 1981. Cet éclat varie au cours du temps, les écarts pouvant atteindre 30 %. L'équipe française a montré que ces variations s'étaient produites aux mêmes dates, prouvant ainsi que les trois images ont une origine unique. En réalité, selon le trajet que suit la lumière, le temps qu'elle met à nous parvenir peut varier de quelques jours. Les variations de luminosité devraient donc être légèrement décalées dans le temps.

Les Français ont surveillé les trois larrons de très près avec le télescope de 3,60 m de Hawaï, équipé d'une caméra électronique de Lallemand. Les éclats de ces objets célestes varient avec un déphasage inférieur à quelques semaines, conformément aux prévisions théoriques. Une telle coïncidence d'humeur ne peut être fortuite, elle ne s'explique pas lorsqu'il s'agit de trois objets célestes indépendants. Force est d'admettre qu'on est là en présence d'un mirage gravitationnel triple.

La masse déflectrice, elle, n'a pas encore été retrouvée. Peut-être est-ce un énorme trou noir invisible, qui serait mis en travers des rayons lumineux ?

Dans ce cas, le quasar triple ferait d'une pierre deux coups, en confirmant de deux manières différentes les théories de la relativité générale. D'un côté le mirage, de l'autre côté le trou noir.



COMMENT SE FORMENT LES MIRAGES GRAVITATIONNELS

Si un corps céleste massif (galaxie, trou noir) se trouve entre un quasar et nous, son champ gravitationnel intense courbe les rayons lumineux émis par le quasar. Cette "lentille gravitationnelle" donnera à l'observateur sur Terre une image double ou triple du quasar. La position de ces images et leur écartement dépendent de la position du corps céleste massif par rapport à l'axe Terre-quasar (trait rouge). Le corps massif aligné sur cet axe donne une image double (1). Le pouvoir de déflexion de la lentille gravitationnelle variant avec la distance au centre du corps massif, lorsque celui-ci est décalé (vers le "bas", par exemple) par rapport à l'axe Terre-quasar il provoque un dédoublement de l'image du "bas", donnant ainsi à l'observation un quasar triple (2). Un corps massif encore plus décalé fera passer les rayons du "bas" à large de la Terre, et on ne verra plus qu'une seule image décalée du quasar (3).

CANCER : TROIS GRANDS COUPS

DES CHERCHEURS AMERICAINS

DEMONTEMENT trois mécanismes fondamentaux du cancer, à quelques semaines d'intervalle.

Le plus troublant : certains globules blancs peuvent déclencher la maladie.

1980, année remarquable pour la cancérologie : c'est la découverte des premiers gènes du cancer dans les cellules humaines et animales (1). 1985, autre millésime mémorable. En quelques mois, trois équipes de chercheurs aux États-Unis obtiennent des résultats qui transforment radicale-

ment l'état de nos connaissances sur les mécanismes cancérogènes.

La plus spectaculaire sans doute de ces trois expériences a prouvé, sans équivoque et pour la première fois, que la cancérisation des cellules est bien le fait d'un gène. Réalisée par le Pr Douglas Hanahan, du Cold Spring Harbor Laboratory, elle a consisté à induire le cancer chez toute une génération de souris par l'implantation d'un "gène du cancer" dans les embryons.

Mais qu'est-ce donc qu'un gène du cancer ? Comme n'importe quel autre gène du patrimoine génétique, il s'agit d'un fragment d'acide désoxyribonucléique (ADN), un support biochimique de l'hérédité et composant majeur des chromosomes. Un gène du cancer est normalement silencieux, c'est-à-dire qu'il n'exprime pas sa fonction carcinogène et demeure inoffensif au sein de la cellule.

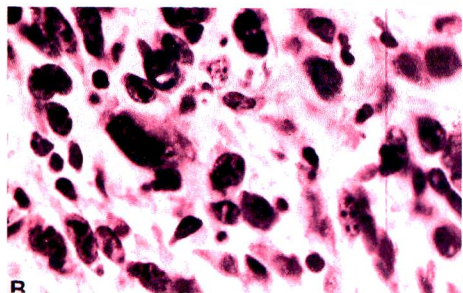
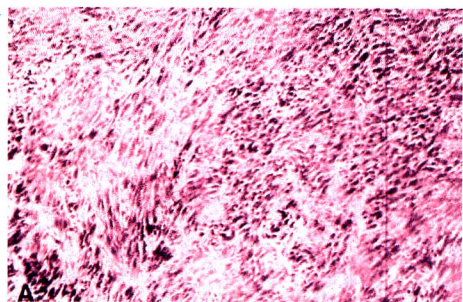
Mais il peut à tout moment de la vie, se réveiller, devenir actif, bouleverser le fonctionnement de la machine cellulaire et déclencher la néoplasie qui est le propre du cancer. Ce réveil inopiné du gène est la conséquence d'une mutation, modification biochimique provoquée le plus souvent par l'action de substances cancérigènes ou par celle de radiations ionisantes. Le gène du cancer devient alors oncogène (du grec *onkos*, tumeur), c'est-à-dire ca-

pable de provoquer ou de favoriser l'apparition de tumeurs, notamment malignes. Mais attention : des quelque 500 000 gènes que comporte notre bagage génétique, tous ne sont pas des oncogènes en puissance. Les gènes du cancer forment une classe très particulière, occupent une place spéciale sur les chromosomes, et sont les seuls à pouvoir déclencher un cancer lorsqu'ils sont modifiés.

On a jusqu'ici identifié, dans l'ensemble du patrimoine génétique humain, une trentaine de gènes du cancer ; il pourrait en exister au total une cinquantaine. Nous en possédons tous un ou plusieurs, à l'état latent. Et chacun de ces gènes est spécifique d'une forme de cancer donnée.

Il est probable qu'à l'origine, il y a quelques millions d'années, ces gènes appartenaient à des virus qui les ont par la suite transmis à l'homme et à l'animal, par contamination virale. Tout virus, porteur des caractères infectieux, est en effet composé d'un fragment d'acide nucléique capable de s'insérer sur des sites particuliers de l'ADN chromosomique de la cellule parasitée. Les gènes du cancer présents dans ces virus ont pu être introduits ainsi dans le génotype de notre espèce. Cette hypothèse est confirmée par l'existence de certains virus cancérigènes connus qui possèdent dans leur patrimoine des gènes dont la séquence est identique à celle des oncogènes humains et animaux (2).

Détail important, comme on va le voir tout de suite : ces oncogènes sont des gènes de structure, c'est-à-dire que leur rôle est de commander la synthèse des protéines produites par les cellules. Ils se distinguent en cela des gènes de contrôle (ou promoteurs) qui, situés en amont des



Les neutrophiles, variété de globules blancs, sécrètent une substance cancérigène capable d'induire un sarcome des fibroblastes ou cellules du tissu conjonctif. Les photos (1) et (2) représentent à faible (x 100) et à fort (x 630) grossissement des cellules de sarcome de souris dont la taille et la forme anormale des noyaux (taches noires) sont la preuve d'une cancérisation.

gènes de structure, commandent ou inhibent l'action de ces derniers.

Dans leur récente expérience, le Dr Hanahan et ses collaborateurs ont commencé par prélever chez un rat le gène de structure commandant la synthèse de l'insuline, ainsi que le gène de contrôle correspondant.

Ils ont ensuite sectionné ce couple de gènes pour les séparer, grâce à la "chirurgie" par les enzymes, véritables "bistouris" chimiques utilisés en génie génétique. Le gène de structure écarté, les chercheurs ont greffé, sur le gène de contrôle devenu libre, un oncogène extrait d'un virus, *Simian Virus 40*. Ce parasite, le SV 40 des cancérologues, a la particularité, d'où son nom, de transmettre le cancer aux singes, et accessoirement aux souris. Le virus en question possède en effet un oncogène, dit gène T, qui détermine la synthèse d'une protéine toxique, laquelle entraîne la cancérisation des cellules de l'animal infecté.

Curieusement, ces cellules malades deviennent alors "immortelles", c'est-à-dire qu'elles se multiplient in vitro à l'infini, là où la cellule normale est incapable de se diviser plus d'une trentaine de fois sans mourir. Chez les cancéreux, bien entendu, cette prolifération infernale cesse avec la mort du malade. Mais on peut continuer de cultiver ces cellules en laboratoire, *ad infinitum*, comme par exemple dans le cas célèbre des cellules infectées de Helen Lane, morte d'un cancer il y a 34 ans, et qui continuent allègrement à se diviser en milieu artificiel.

Le Dr Hanahan a donc injecté cet oncogène, greffé sur un gène de contrôle de l'insuline, dans des embryons de souris, issus d'ovules fécondés in vitro. Il a ensuite implanté ces embryons dans l'utérus de mères porteuses. Quelques semaines après la naissance, la partie viable de la portée est entièrement morte du cancer.

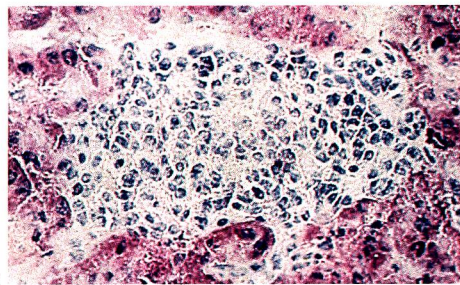
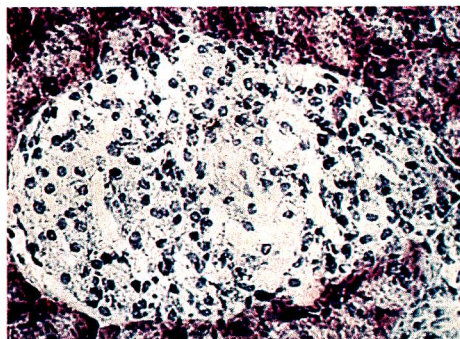
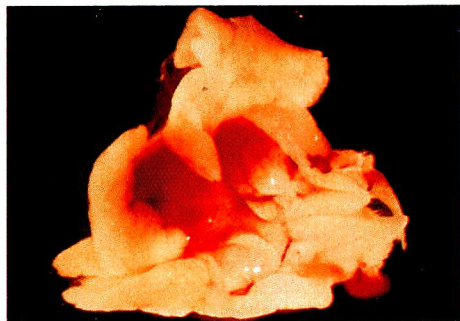
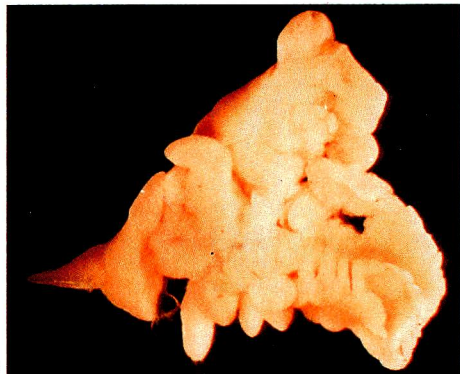
Les embryons auxquels on a inoculé le greffon génétique se trouvaient au tout premier stade de leur développement, c'est-à-dire qu'ils étaient, au moment de leur inoculation, composés d'une

cellule unique résultant de la fécondation d'un ovule par un spermatozoïde. Cette cellule embryonnaire, dans les entrailles de la mère porteuse, s'est ensuite multipliée normalement selon la loi de la division cellulaire; à chaque division, les deux gènes accolés, dont l'oncogène du SV 40, ont été transmis aux cellules filles, identiques du point de vue chromosomique à la cellule mère.

Sur les dizaines d'embryons de souris soumis à cette opération, la plupart sont morts-nés en fin de gestation, victimes de la technique opératoire, encore très expérimentale. Mais quatre sujets ont survécu. Leurs milliards de cellules contenaient toutes, bien entendu, les deux gènes en question. Ces animaux sont morts du cancer neuf à douze semaines après leur naissance. De leur vivant, ils étaient parfaitement en état de se reproduire et, si cette possibilité leur avait été laissée, ils auraient transmis l'oncogène à leur descendance, qui elle-même serait morte quelques semaines après la naissance.

Les deux gènes originellement greffés à l'embryon se sont exprimés, comme il fallait s'y attendre, au niveau du pancréas. L'oncogène, en effet, du fait de sa greffe avec un gène de contrôle différent du sien propre, n'était plus commandé par son "chef" naturel, mais par un autre, celui auquel obéit normalement le gène de l'insuline⁽¹⁾. Or, la zone de commandement de ce gène régulateur se situe dans le pancréas, plus précisément dans un amas cellulaire au sein de cet organe, les îlots de Langerhans, où l'on trouve deux types de cellules: les cellules bêta, responsables de la synthèse de l'insuline (hormone qui a pour fonction d'abaisser le taux de glucose dans le sang), et les cellules alpha, qui sécrètent le glucagon, hormone antagoniste de l'insuline et qui, elle, augmente au contraire la glycémie.

Dès lors, chaque fois que le taux de sucre dans le sang s'élevait chez les souris, le gène de contrôle se trouvait stimulé et, comme c'est son rôle, donnait ordre au gène de structure d'intervenir. Ordre reçu



Le cancer a pour origine un oncogène. Les études faites au microscope électronique montrent les ravages causés par un oncogène dans un pancréas de souris. La photo (3) représente des cellules normales du pancréas grossies 200 fois. La photo (4) représente ces mêmes cellules, mais cancérisées, le nombre en est plus faible, preuve qu'elles se multiplient n'importe comment. Leur teinte plus claire indique de graves anomalies du métabolisme. La photo (5) représente un pancréas normal, la photo (6) le pancréas une fois cancérisé.

(3) Voir "La souris qui a un gène d'homme", *Science & Vie* n° 797, février 1984.

(4) Voir "Contre le diabète, la greffe d'un gène", *Science & Vie* n° 810, mars 1985.

et exécuté. Mais on avait changé l'exécutant, c'est-à-dire le gène de structure : au lieu du gène normalement responsable des opérations de synthèse de l'insuline, c'était l'oncogène du SV 40 qui agissait. Il n'y avait donc pas production d'insuline, mais sécrétion d'une protéine cancérogène. D'où l'apparition de tumeurs dans le pancréas.

Toutes les cellules du corps de ces jeunes souris ayant hérité de ce même couple de gènes, on peut se demander pourquoi leur action s'est effectuée au niveau seulement des cellules bêta du pancréas, et non dans l'organisme entier. L'explication tient au phénomène de la différenciation cellulaire. Au point de départ de la vie, dans la cellule-œuf née de l'ovule fécondé, tous les gènes hérités par l'individu sont potentiellement actifs, et les cellules engendrées par divisions successives sont toutes identiques. On dit de ces cellules embryonnaires qu'elles sont totipotentes parce que la totalité de leurs gènes sont capables en puissance de s'exprimer, et indifférenciées, parce qu'aucune d'entre elles n'a encore de fonction spécialisée.

Mais la vie va bientôt exercer un choix. A ce moment de l'évolution de l'embryon, et dans chaque groupe de cellules prédestiné à former un organe aux fonctions déterminées, tous les gènes qui ne participent pas à ce rôle précis vont se trouver inactivés. Chaque cellule va suivre la voie pour laquelle elle est programmée, produire ses propres protéines, s'enfermer dans sa spécialité. En se multipliant, elle donnera des cellules également spécialisées. Ainsi donc, dans les cellules bêta du pancréas qui ont pour mission biologique de sécréter l'insuline, seul s'exprimera le gène chargé de la synthèse de l'hormone. On est encore très ignorant des mécanismes qui interviennent dans l'inhibition de certains gènes en faveur de ceux que la nature laisse s'exprimer dans une fonction donnée ; ces mécanismes, pense-t-on, se situent plutôt au niveau des gènes de contrôle qu'à celui des gènes de structure, ce qui est logique, les seconds étant sous la

dépendance des premiers.

Les travaux du Pr Hanahan prouvent bien que la cancérisation a pour origine la mutation d'un gène du cancer inactif en oncogène actif. Mais comment s'opère cette mutation ?

C'est justement le problème qui intéresse un deuxième groupe de chercheurs, dirigé par le Dr Mariano Barbacid, chef du laboratoire de biologie cellulaire du National Cancer Institute de Bethesda, dans le Maryland. Cette équipe a réussi, pour la première fois, à préciser la relation directe qui existe entre une substance cancérogène et les modifications malignes qu'elle détermine dans la cellule.

Tout a commencé il y a quelques mois lorsque ces chercheurs constatèrent que le cancer mammaire chez les rats apparaissait soixante jours après l'injection de méthylnitroso-urée. Ils établirent alors que les cellules tumorales possédaient toutes un type d'oncogène particulier : celui du *Rat Sarcoma Virus*, désigné par le sigle RAS (le sarcome est une tumeur maligne qui se développe aux dépens du tissu conjonctif). Il s'agissait donc d'un gène du cancer devenu oncogène sous l'action du produit chimique en question. Ce gène, découvert il y a quelques années chez le rat, a été retrouvé depuis chez l'homme, à la fois sous forme silencieuse et sous forme activée, donc comme oncogène, notamment dans des cellules cancéreuses du poumon, du gros intestin, de la vessie.

Le Dr Barbacid est parvenu à prouver que le gène RAS devient oncogène parce que le méthylnitroso-urée entraîne sa mutation au niveau du deuxième nucléotide du douzième codon. Pour mesurer la portée énorme de cette découverte, il faut se rappeler qu'un gène est un segment de l'ADN chromosomique formé d'une séquence de nucléotides contenant chacun l'une des quatre bases azotées suivantes : adénine, cytosine, guanine, thymine. Leurs initiales A, C, G et T sont les quatre lettres fondamentales de l'alphabet génétique ; l'ordre dans le-

quel elles sont disposées à l'intérieur du gène détermine le message de la protéine spécifiquement codée par ce gène. Toute cellule de l'organisme a le pouvoir de déchiffrer ce message mot à mot — le mot, ou codon, étant composé de trois lettres dont l'ensemble est aussi appelé triplet, unité d'information qui commande l'assemblage des acides aminés en protéines.

Chaque codon correspond à l'un des vingt acides aminés qui sont les constituants essentiels des protéines, molécules de base de tout tissu vivant. Ainsi, le triplet CTA code pour la sérine, TCG pour la leucine, CGT pour l'alanine, tous des aminoacides indispensables à l'homme et qui entrent dans la composition de nombreuses protéines. Ces codons déterminent donc l'alignement des aminoacides dans la chaîne protéique.

Le Dr Barbacid a établi que le méthylnitroso-urée avait faussé le message du gène en remplaçant la lettre G par la lettre A. Une "faute de frappe" qui a introduit un acide aminé aberrant au sein de la protéine. Il y a eu modification biochimique du code génétique, c'est-à-dire mutation du gène RAS. La protéine codée par le gène mutant était cancérogène. Grâce à cette découverte, on peut envisager maintenant de tester d'autres substances cancérogènes pour en connaître le mode d'action au niveau génétique.

Outre les matières chimiques, les cancérogènes peuvent être des rayonnements, mais aussi, et c'est l'objet de la troisième grande découverte de l'année, des substances sécrétées par l'individu lui-même. Aussi étonnant que cela soit, la preuve de cette autotoxicité a été apportée par le Pr Thomas Stossel, de l'unité d'oncologie du Massachusetts General Hospital, à Boston. Plus surprenant encore, ces substances cancérogènes sont produites dans l'organisme par des cellules normalement préposées à sa défense immunitaire : les polynucléaires neutrophiles, variété de globules blancs du sang. Curieux dévoilement de la nature, puisque cette sorte de leucocytes, tout comme

(suite du texte page 160)

Les étonnantes possibilités de la mémoire

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

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

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

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

Je demeurai stupéfait par un pareil tour de force et je cherchai vainement l'artifice qui avait permis de le réaliser. Mon ami me dit alors : "Ce que tu as vu et qui te semble extraordinaire est en réalité fort simple : tout

le monde possède assez de mémoire pour en faire autant, mais rares sont les personnes qui savent se servir de cette merveilleuse faculté".

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

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

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

L'adresse ?.. Méthode W.R. Borg, chez Aubanel, dpt 680 - 6, place St-Pierre, 84028 Avignon Cedex.

E. BARSAN

BON GRATUIT

A remplir en lettres majuscules en donnant votre adresse permanente et à retourner à :
Méthode W.R. Borg, chez Aubanel, dpt 680 - 6, place Saint-Pierre, 84028 Avignon Cedex, France, pour recevoir sans engagement de votre part et sous pli fermé "Les Lois Éternelles du Succès".

Nom _____ Prénom _____

N° _____ Rue _____

Code postal _____ Ville _____

Age _____ Profession _____

Aucun démarcheur ne vous rendra visite

PROTÉINES SUR MESURE

GEOMETRIE DANS L'ESPACE, MATHS.

CHIMIE, GENIE GENETIQUE et bien d'autres

sciences s'unissent dans la fabrication de protéines inconnues. On en fera des médicaments, des molécules électroniques, voire des machines-outils.

La chasse aux protéines est ouverte. Rayons X, ordinateurs, solvants chimiques, génie génétique — toutes les armes sont autorisées, jusqu'à la coûteuse et massive artillerie de la résonance magnétique nucléaire. Aucun permis n'est requis, mais il y a intérêt à disposer d'une haute technologie, d'une bonne dose d'imagination et d'ordinateurs puissants.

Le tableau de chasse, à ce jour, est encore maigre. Mais l'enjeu est énorme: il s'agit d'abord de faire des copies de protéines existant dans la nature. Ensuite, de les modifier, pour les adapter à des fonctions différentes. Et enfin, de construire de toutes pièces des protéines artificielles, destinées à des rôles inédits, que ce soit en thérapeutique humaine, en industrie, en agriculture, pour l'extraction de minéraux de résidus de pétrole ou la production d'énergie.

Les protéines, en effet, détiennent un extraordinaire capital d'informations. Elles accomplissent dans la nature des travaux considérables et variés. Les enzymes, une grande classe de protéines, sont des catalyseurs agissant avec spécificité et rapidité pour scinder des substances chimiques ou, au contraire, pour les raccrocher les unes aux autres. Des enzymes interviennent à toutes les étapes de la vie, à commencer par la fixation du

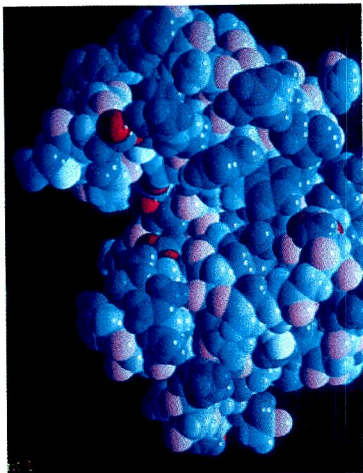
gaz carbonique par les organismes capables de photosynthèse.

Les hormones qui transmettent des messages chimiques dans notre organisme sont des protéines, et les anticorps qui protègent notre "soi" de l'agression en sont aussi. L'hémoglobine, qui "accroche" des molécules d'oxygène pour les transporter là où on en a besoin, est une protéine, comme le sont les neurotransmetteurs qui assurent la transmission des messages d'une cellule nerveuse à une autre.

Sans les protéines — en l'occurrence, encore des enzymes — même l'ADN, porteur des messages héréditaires du vivant, ne pourrait s'exprimer.

On pense que l'organisme humain contient une trentaine de milliers de protéines différentes; certains disent 20 000, d'autres 50 000; le fait même que ce chiffre soit controversé est une mesure de notre ignorance à leur sujet. « En ce qui concerne les protéines, disait il y a quelques années un biologiste, nous sommes comme des autochtones qui regardent un Boeing passer dans le ciel et qui essaient de deviner quel est le nombre et la nature des pièces qui sont entrées dans sa fabrication. »

Tout cela change rapidement. On a identifié la formule de nombreuses protéines et, mieux encore, leur structure dans



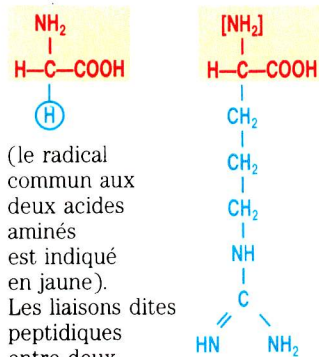
l'espace, qui détermine en grande partie leur fonction. Quelques protéines synthétiques sont utilisées en médecine. On a même créé de toutes pièces des protéines qui n'existent pas dans la nature.

Mais ce n'est qu'un début, et modeste. Une véritable bataille s'organise à l'échelle internationale pour déterminer les molécules dont la maîtrise ouvrira de nouvelles perspectives non seulement aux chercheurs scientifiques, mais aussi aux entreprises commerciales: protéines à usage thérapeutique, pour réparer les tissus nerveux, combattre l'athérosclérose et diverses maladies dégénératives, neutraliser les toxines ou induire une immunité contre virus et bactéries, sont au premier plan; protéines à usage agricole ou industriel, pour réaliser des réactions chimiques complexes ou remplacer les engrais par le soleil et l'air, objectifs désormais plausibles; on entrevoit même l'usage de protéines pour l'extraction d'hydrocarbures et de métaux, y compris, qui sait? l'extraction, grâce à l'extraordinaire spécificité de certaines protéines, de l'or, qui se trouve en grande quantité mais à faible concentration dans les océans...

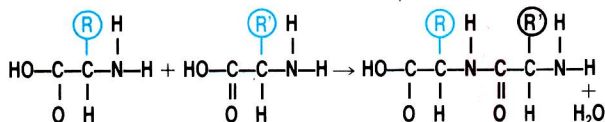
Que sont ces protéines, que nous avons plutôt l'habitude de considérer comme des éléments de notre alimentation — abondantes dans le bifteck, moins nombreuses dans les frites?

Protéines, polypeptides et peptides sont faits des mêmes éléments de base, les acides aminés. A noter que l'on confond souvent les trois, ce qui n'est pas surprenant, car la différence entre peptides, polypeptides et protéines est tout d'abord quantitative. Tous sont constitués par l'enchaînement d'acides aminés. On utilise le terme "peptide" lorsque quelques acides aminés sont associés par des liaisons peptidiques, et de "polypeptides" lorsque l'enchaînement de plusieurs acides aminés se répète séquentiellement. On appelle "protéine" un enchaînement de plus de 200 acides aminés (il n'y a pas de règle précise au sujet de ce nombre).

On connaît plus d'une centaine d'acides aminés, mais 20 seulement entrent dans la composition des protéines naturelles. Tous les acides aminés sont caractérisés par un "squelette" commun amino (-NH₂) carboxyle (COOH), lié à un atome de carbone central, dit carbone α. Ce "squelette" est relié à une chaîne variable d'un acide aminé à un autre. Par exemple, les formules de deux acides aminés, glycine et arginine, sont :



en jeu les fonctions amine (NH) et carboxy (C = O). Un petit peptide fait de deux acides aminés sera donc :



(La liaison peptidique est indiquée en rose. Le R symbolise la chaîne secondaire.)

La gastrine, enzyme digestive, est un peptide formé d'un enchaînement de 34 acides aminés, et l'angiotensine I, qui intervient dans le contrôle de la pression artérielle, un peptide de 10 acides aminés. L'hémoglobine du sang est une protéine de 574 acides aminés.

Chaque acide aminé peut se présenter sous l'une ou l'autre de deux configurations isomériques, c'est-à-dire ayant la même composition atomique, mais avec une conformation spatiale différente. Les isomères G (gauche) sont à peu près l'image miroir des isomères D (droite), mais, curieusement, tous les acides aminés qui entrent dans la composition de protéines naturelles sont des isomères G, à l'exception de la glycine, qui est un isomère D. On ne connaît pas les raisons de cet état des choses, mais on suppose qu'il est tout simplement le résultat du hasard : lors de la formation des premières protéines entrant dans la composition de créatures vivantes, il y a quelques trois milliards d'années, ce sont des isomères G qui se sont trouvés inclus dans les acides aminés et qui ont abouti à des protéines. Ce "choix" s'est imposé pour toutes les protéines qui ont évolué par la suite. (Un des intérêts de l'ingénierie des protéines est de pouvoir substituer des isomères D aux acides aminés G des protéines naturelles, modifiant ainsi leurs propriétés, ou de créer des protéines entièrement avec des isomères D).

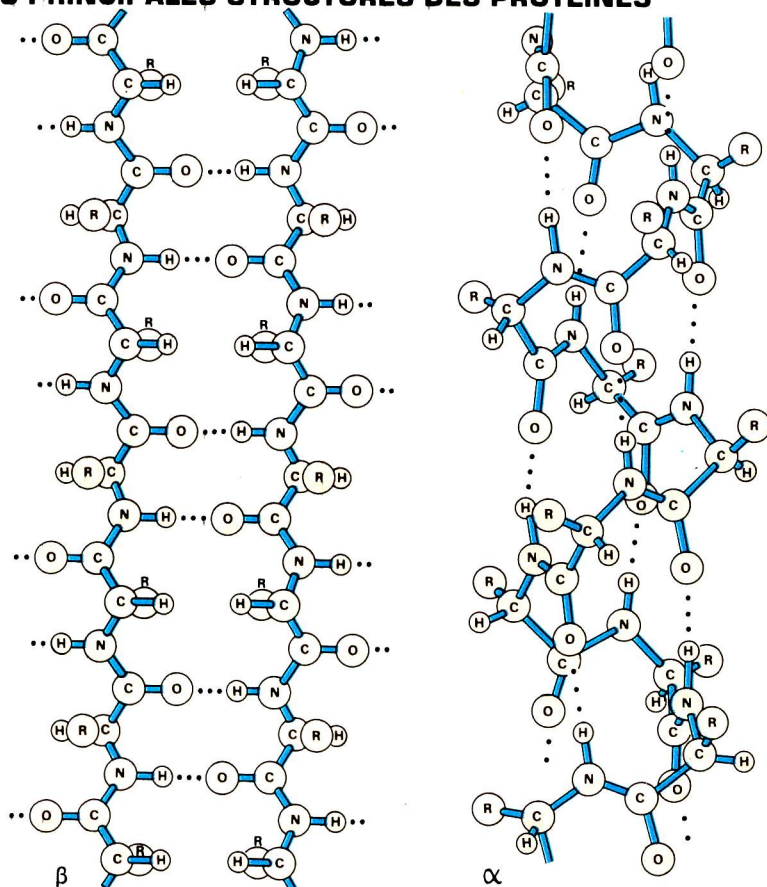
De nombreuses protéines sont des enzymes, les molécules qui catalysent les milliers de réactions biochimiques qui maintiennent la vie. Elles ont une action précise, sélective et rapide. D'autres protéines ont des fonctions structurelles dans les cellules, dont ils forment les "sque-

lettes", ou à l'extérieur de cellules, dans des réseaux de soutien de tissus, osseux ou tendineux par exemple. D'autres encore sont des hormones qui circulent dans le sang, livrant leur message à tel ou tel organe, des anticorps qui s'attaquent spécifiquement à des corps étrangers (antigènes) ou les composants de divers fluides organiques. En gros, les protéines représentent environ la moitié du poids sec de la plupart des cellules.

Les poids moléculaires des acides aminés qui forment les protéines varient de 75 daltons (somme des poids atomiques des atomes qui les composent) pour la glycine, à 204 pour le tryptophane (le poids moyen étant de 110 daltons environ). Les poids moléculaires de diverses protéines varient donc de quelques milliers de daltons pour les plus petites, jusqu'à plusieurs millions de daltons pour les plus grosses.

Les propriétés biologiques des protéines sont liées à leur structure primaire (la séquence des acides aminés qui les composent), mais aussi à d'autres caractéristiques. La plupart des protéines ne sont pas de longues chaînes linéaires, comme pourrait le suggérer leur séquence primaire, mais sont repliées et enroulées sur elles-mêmes (**voir dessins ci-après**) pour former des structures compactes. Une protéine d'une structure primaire donnée va d'elle-même prendre sa forme caractéristique pour remplir sa fonction biologique. Des liens d'hydrogène se forment entre les atomes d'oxygène et d'azote qui font partie de leur structure de base. Interviennent aussi les répulsions et les attractions entre les chaînes spécifiques de chaque enzyme, chaînes qui peuvent être hydrophiles ou hydrophobes, des "ponts" se forment aussi entre les groupes SH que contient un acide aminé, la cystine. Ces diverses associa-

HÉLICE ALPHA ET FEUILLET BÊTA, LES PRINCIPALES STRUCTURES DES PROTÉINES



Les protéines ne sont pas de simples chaînons d'acides aminés rattachés les uns aux autres. Ils ont une configuration spatiale résultant de repliements de la chaîne donnant son caractère unique à une protéine. Deux des principales configurations des protéines sont l'hélice α , et le feuillet β . Mais il y a de nombreuses variantes — feuillets antiparallèles, en méandre, en "motif grec", alternance d'hélices et de segments, formes de tonneaux et doubles tonneaux, etc. Dans nos deux dessins, le squelette de la protéine est indiqué en bleu. Les liens hydrogène sont indiqués par des points, et la lettre R indique le résidu caractérisant chacun des acides aminés. Ce sont là des structures dites secondaires, qui sont rendues encore plus complexes par d'autres forces repliant ces structures.

tions créent ce qu'on appelle la structure tertiaire d'une protéine. Parmi les structures les plus fréquentes, on trouve la configuration en hélice alpha (spirale) et le feuillet bêta (échelle dont les barreaux sont des liaisons hydrogène) (**voir dessins ci-dessus**).

Certaines protéines sont la combinaison de deux ou plusieurs polypeptides. Par exemple l'hémoglobine, protéine des globules rouges qui assure le transport de l'oxygène, est faite

de quatre polypeptides, deux spirales alpha et deux feuillets bêta. La forme définitive d'une protéine faite de plusieurs polypeptides est dite "structure quaternaire".

Dans la nature, les protéines sont fabriquées à l'intérieur des cellules par les ribosomes, "usines cellulaires" qui suivent les commandes qui leur sont transmises à partir de l'ADN, matériau héréditaire de tout être vivant contenu dans ses chromosomes, par l'ARN messager.

Grâce aux mutations qui se produisent au hasard dans le matériau génétique, les organismes vivants ont depuis toujours produit des protéines nouvelles — des milliers et des millions de molécules qui sont mises à l'épreuve aux cours des millénaires par la sélection naturelle. La plupart sont rejetées, étant inutilisables, voire nuisibles, mais certaines retenues parce qu'utiles et donc pouvant être introduites au cours de l'évolution dans le patrimoine génétique de diverses formes de vie.

Ce processus de mutation et de sélection continue certes aujourd'hui, mais il pourrait être accéléré et mis à profit si l'on pouvait prévoir, ne serait-ce qu'approximativement, la séquence et la structure d'une protéine nouvelle qui pourrait être utile. En effet, le nombre de modifications que l'on peut apporter à une protéine de taille moyenne (et *a fortiori* de grande taille) est quasiment infini. On a calculé par exemple que pour une "petite" protéine, faite d'une centaine d'acides aminés, le nombre de modifications possible est de l'ordre de 10^{130} ! Il est donc totalement impensable de faire des modifications au hasard sur des protéines comportant des dizaines ou des centaines de milliers d'atomes (comme on peut le faire pour des produits chimiques ne comportant que des dizaines ou des centaines d'atomes) et de faire des essais pour voir si telle ou telle modification peut être "utile".

Certes, on ne connaît pas encore les mécanismes ultimes de la biosynthèse naturelle par lesquels une chaîne protidique, synthétisée sur commande de l'ADN, se replie sur elle-même pour donner naissance à cette structure unique de protéine fonctionnelle ! Le repli se fait-il au fur et à mesure de la formation, selon un modèle préétabli, ou bien ne s'opère-t-il qu'une fois terminée la chaîne des polypeptides ? Mais il est théoriquement possible, une fois que l'on connaît la structure

tri-dimensionnelle et la fonction d'une protéine existante, de déduire quelles seront les transformations résultant de la substitution, l'addition ou la soustraction d'un ou de plusieurs acides aminés. C'est là l'objectif des chercheurs qui étudient ces conformations tri-dimensionnelles : trouver le raccourci qui permettra d'éviter de se fier au hasard pour la synthèse de protéines nouvelles.

Pour savoir ce que l'on veut synthétiser, on a recours à l'ordinateur, qui permet d'éviter des masses d'essais réalisés au hasard. Des ordinateurs à grande capacité de traitement, associés à des systèmes de représentation graphique à haute résolution, devraient pouvoir donner sur l'écran la configuration tri-dimensionnelle d'une protéine modifiée à partir des informations disponibles concernant la protéine originale. On pense que grâce à la conception assistée par ordinateur (CAMD, pour *Computer Assisted Molecular Design*), on pourra même concevoir sur écran des structures moléculaires adaptées à certaines fonctions.

Les gènes correspondant à une séquence et une structure désirées pourront être synthétisés par une machine informatisée et automatique, et introduits (clonés) dans des microorganismes ou des cellules en culture qui se chargeront de la fabrication. Le processus est comparable aux systèmes informatisés qui existent pour la conception et l'assistance à la production de machines-outils industrielles, si ce n'est qu'il s'agira là de machines-outils moléculaires, et que l'information sera introduite dans une cellule vivante qui se reproduit et fabrique avec précision l'"outil" demandé...

La recherche du "programme de fabrication" est certes bien complexe car, on l'a vu, les possibilités de modifications de

grosses protéines sont très nombreuses et s'il fallait toutes les explorer, même sur ordinateur, on y passerait des années. Il s'agit donc de programmer les ordinateurs pour économiser du temps, en tenant compte des données déjà connues, mais aussi de l'intuition et de l'expérience du chercheur.

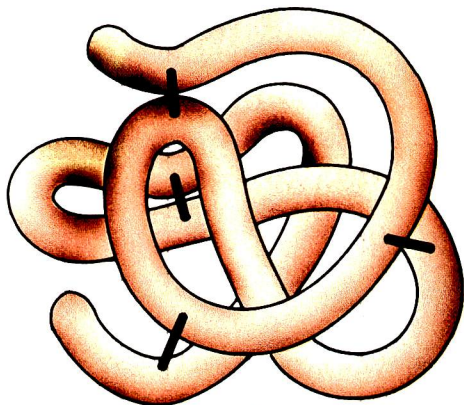
En somme, il faut tenter de déterminer, ne serait-ce qu'approximativement, quelles sont les modifications, parmi les millions que l'on peut apporter à une protéine, qui seront les plus susceptibles de provoquer l'effet recherché — par exemple, une plus grande stabilité à la chaleur, ou une activité catalytique plus rapide et plus efficace, ou encore une affinité avec une toxine, qui permettrait d'en combattre la nocivité... Mais pour cela, un ordinateur-comptable ne suffit pas.

En plus d'une connaissance de base évidente, celle de la séquence d'acides aminés d'une protéine et du mécanisme qui fait qu'elle se replie dans l'espace, il faut aussi avoir une certaine idée de la façon dont certaines modifications vont changer la structure de la protéine, surtout la configuration de son "site actif", qui intervient dans le rôle qu'elle joue, enzymatique, hormonal, immunitaire, etc.

Plusieurs approches, actuellement à l'étude, s'inspirent de travaux sur l'intelligence artificielle, de la simulation de vol par ordinateur, et des données acquises en biologie moléculaire. Elles ont été passées en revue lors de la récente assemblée annuelle de l'association américaine pour le progrès des sciences (AAAS), à Los Angeles.

L'une d'entre elles consiste à représenter une protéine, non pas comme une séquence d'acides aminés, mais comme un ensemble d'unités structurelles, dont chacune peut être traitée comme une entité isolée. Cette approche réduit le nombre de paramètres à examiner, permettant une approche plus globale et rationnelle. Le Pr Robert Lan-

À QUOI RESSEMBLE UNE PROTÉINE REPLIÉE



La structure d'une protéine dans l'espace est déterminée par les liaisons qui se produisent entre les chaînes des acides aminés. Ici, il s'agit de la ribonucléase, une petite protéine de 124 acides aminés, dont l'architecture bien connue est déterminée par quatre liaisons disulfides (S-S, en noir sur le dessin). Mais interviennent également des liaisons moins fortes, telles que les liaisons hydrophobes ou les liaisons hydrogène. On ne connaît pas tous les mécanismes de repliement des protéines, mais il y a des raisons de penser qu'aucune information complémentaire n'est nécessaire à la formation de cette structure et que toute l'information nécessaire au repliement de la chaîne est contenue dans la séquence primaire (et donc dans les gènes qui en déterminent la synthèse).

dridge, directeur du Computer Graphics Laboratory à l'université de Californie à San Francisco, tente actuellement de mettre au point un système de programmation qui repose sur de telles unités structurelles de la protéine.

Cette approche requiert une programmation tout à fait différente. Il ne s'agit plus de comptabiliser tous les acides aminés. L'objectif ultime est de prédire la structure spatiale d'une protéine à partir des unités structurelles qui la composent. « L'ordinateur, explique le Pr Landridge, ne vous dira pas si telle ou telle protéine sera un bon médicament ou une bonne enzyme ; seule la synthèse, suivie d'essais, pourra répondre à ces questions. Mais l'ordinateur pourra vous dire ce qu'il ne vaut pas la peine d'essayer. »

Landridge et d'autres chercheurs ont également visualisé la surface des molécules, formée

POUR VOIR LES PROTÉINES EN RELIEF SANS ORDINATEUR

Les illustrations de la page de droite représentant diverses protéines sont des couples stéréoscopiques. Pour reconstituer le relief à partir de chaque paire de photos, il faut et il suffit que chaque œil perçoive l'image qui lui est destinée, notre cerveau se chargera du reste...

Pour y parvenir plusieurs solutions sont possibles :

- La mise en place du couple dans un stéréoscope muni de lentilles. (Un tel instrument a été décrit dans *Science & Vie* n° 773, de février 1981.)

- L'observation directe sans aucun instrument. Notons qu'il s'agit d'une difficile gymnastique oculaire qui consiste à accommoder sur le plan de l'image tout en maintenant parallèles les axes optiques des deux yeux. Autrement dit, pour que chaque œil perçoive nettement chaque image et que la fusion stéréoscopique se produise, il faut contrarier des réflexes. Dans ces conditions, rares sont ceux qui y parviennent...

- Fabriquer un système qui isole chaque point de vue afin d'éviter au maximum les interférences. C'est cette dernière solution que nous avons retenue.

Quelques minutes suffiront pour fabriquer et assembler les deux tubes qui constituent notre stéréoscope. Du papier à dessin Canson (noir si possible) conviendra parfaitement. On commencera par découper deux

rectangles de 300 × 220 mm que l'on roulera de façon à obtenir deux tubes d'un diamètre de 58 à 60 mm (**notre photo**). Un petit morceau de ruban adhésif les maintiendra à la moitié de leur longueur et deux trombones à leurs extrémités. En outre, ces mêmes trombones serviront à assembler les deux tubes.

Il restera ensuite à respecter les conditions suivantes :

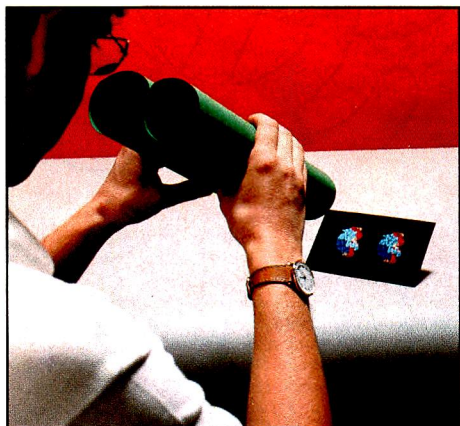
- Disposer *Science & Vie* sur un support quelconque de telle façon que le plan de l'illustration soit perpendiculaire aux axes optiques de l'instrument.

- Faire en sorte que la ligne théorique qui passe par les pupilles soit parallèle à la largeur de la page de la revue, faute de quoi le décalage en hauteur empêcherait la fusion des images.

- Centrer le mieux possible chaque tube en face de chaque vue.

- Eloigner l'extrémité inférieure du tube du plan de l'image jusqu'à la position où l'on peut accommoder aisément.

P.C.



par les atomes qui sont situés sur ses limites externes et donc accessibles à d'autres molécules. Un programme a été mis au point pour représenter graphiquement et en couleurs cette surface, sous forme de milliers de points correspondant chacun à un atome. Les résultats les plus spectaculaires ont été obtenus grâce à un système graphique en couleurs, à trois dimensions, permettant la rotation de la protéine dans l'espace. On peut ainsi voir la surface entière d'une petite protéine, une partie de la surface d'une grande protéine ou encore les parties de la surface de deux protéines en train de réagir entre elles. Les atomes des différents éléments se distinguent par leur couleur.

Le résultat est frappant : un voyage dans l'espace de l'infiniment petit qui ne va pas sans évoquer un voyage intersidéral. On ne peut s'en rendre compte en regardant une représentation à deux dimensions, comme dans les clichés que nous publions. Encore plus frappant est le

voyage retransmis sur un écran de télévision, où les protéines sont alternativement présentées de l'angle gauche et de l'angle droit. Un obturateur synchronisé fait que l'œil gauche du spectateur ne voit que les images successives de la protéine vue de gauche, alors que l'œil droit voit la même protéine vue de droite, le résultat étant une animation stéréoscopique de la protéine pendant qu'elle bascule sur l'écran, tel un vaisseau spatial multicolore et aux formes étranges.

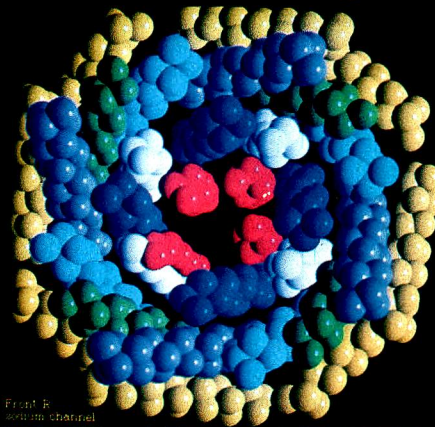
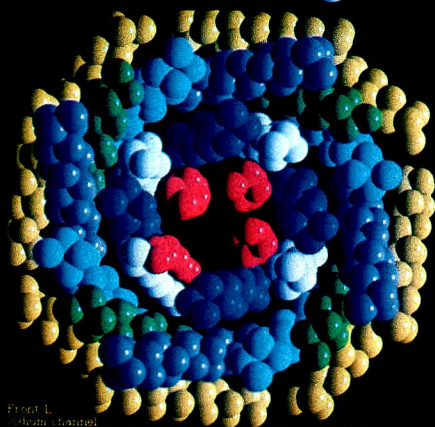
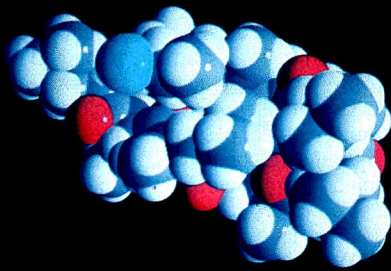
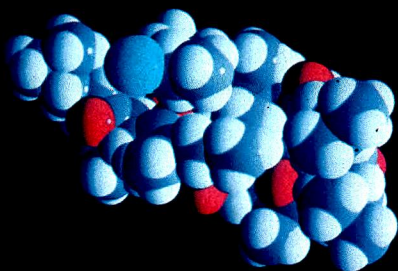
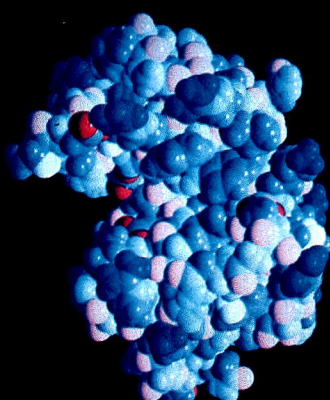
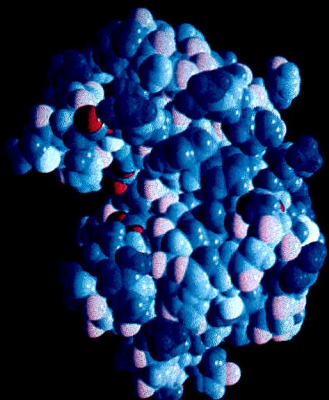
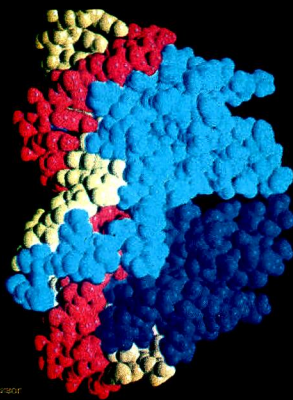
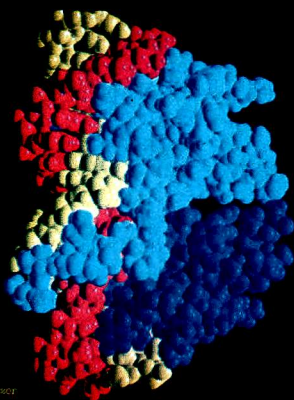
Un autre système de "graphisme moléculaire" est en cours de développement à la Division de recherche et technologie des ordinateurs (*Computer Research and Technology*) aux Instituts nationaux de la santé à Bethesda (Maryland). Richard J. Feldmann, directeur de la division, travaille avec tout un réseau d'ordinateurs qui permet au

chercheur de faire tourner sur l'écran une molécule hypothétique pour l'examiner sur tous ses côtés. Ce système lui a permis d'obtenir des images de protéines en trois dimensions. Les images sont obtenues sur deux écrans, la protéine étant vue sur chacun d'eux d'un angle légèrement différent. On peut donc en faire des diapositives stéréo, lesquelles, examinées avec des lunettes dont les verres sont de couleur ou de polarisation différente, donnent une image saisissante de la protéine en relief.

La dernière innovation introduite par le Dr Feldmann est une sorte de "manche à balai" (*joystick* — terme familier employé par les pilotes) en forme de T dont la position est calculée par l'ordinateur d'après la longueur de trois ficelles qui y sont reliées. En manipulant ce manche à balai, un chercheur peut pousser ou tirer sur la molécule qu'il voit sur son écran, pour modifier sa conformation spatiale.

Un autre chercheur, le Pr

(suite du texte page 38)



1. Structure cristallisée d'une partie d'une protéine qui sert de répresseur génétique. Un répresseur contrôle un groupe de gènes en s'attachant à une région bien définie de l'ADN pour bloquer la transcription de ces gènes. En collaboration avec le Dr Brian Matthews de l'Université de l'Orégon.

2. Lysozyme du blanc d'œuf de poulet. Le lysozyme est une enzyme qui dégrade les sucres complexes. En collaboration avec le Dr David Phillips de l'Université d'Oxford.

3. Structure cristallisée de la cyclosporine A. D'après les travaux du Dr Hans Peter Weber des laboratoires Sandoz, Bâle.

4. Structure cristallisée de la propellane. D'après les travaux du Dr Jim Silverton des Instituts nationaux de la santé des États-Unis. Une propriété particulière de cette molécule est sa fusion en forme d'anneau, ce qui implique une grande tension.

LE MARCHÉ DES PEPTIDES

Ces estimations, chiffrées en millions de dollars, du marché mondial pharmaceutique de divers produits peptidiques de synthèse obtenus par biotechnologie sont tirées des prévisions de Ruth Emyanitoff et H. Weinert, du Boston Biomedical Consultants, à Waltham, Massachusetts (USA).

ANNEE	1985	1987	1989
HORMONES POLYPEPTIDIQUES	5	70	250
INSULINE HUMAINE	100	150	150
HORMONE DE CROISSANCE HUMAINE	5	90	120
HORMONE DE REPRODUCTION	2	25	75
AUTRES HORMONES HYPOPHYSAIRES	1	15	50
FACTEURS DE STIMULATION (FACTEURS DE CROISSANCE) EGF, BDNF, NGF	5	30	70
IRM (MODIFICATEURS DES RÉCEPTEURS DE L'INSULINE, SOMATOMEDINES)	1	5	50
AUTRES	1	10	100
ENZYMES (EUROKINASE)	25	100	130
FACTEUR VII (COAGULATION) TPA, ETC.	50	75	100
AUTRES FACTEURS	1	5	15
INTERFÉRON ALPHA	25	50	150
INTERFÉRON BÊTA (CULTURE)	10	75	100
INTERFÉRON BÊTA (GÉNIE GÉNÉTIQUE)	1	10	25
INTERFÉRON GAMMA	15	35	75
AUTRES LYMPHOKINES	1	10	25
TOTAL	248	755	1 485

(suite de la page 36)

Bruce Erikson, de l'université Rockefeller à New York, s'attaque aux protéines de façon inédite par la synthèse totale de protéines qui n'existent pas dans la nature, et qui sont composées non seulement de plusieurs des vingt acides aminés "naturels", mais de leur image miroir (les isotopes D) ainsi que par d'autres acides aminés, qui ne sont pas codés par l'ADN et qui n'entrent donc pas dans la composition de protéines naturelles.

Erikson, en collaboration avec les Drs Jane et David Richardson de l'université Duke à Durham (Caroline du Nord), a construit de toutes pièces une protéine qu'il appelle la "bêtabelle", parce qu'elle a une structure tertiaire en forme de feuillet bêta, et parce que sa forme rappelle celle d'une cloche (*bell*).

Il s'est fondé, pour établir son "plan" de construction, sur la structure générale de protéines

(notamment des immunoglobulines, ou anticorps) tout en la simplifiant de façon à obtenir deux feuillets plats, composés chacun de trois rangées de huit acides aminés et d'une rangée de sept acides aminés, reliés entre elles. Les deux volets de cette structure sont identiques, ce qui facilite leur synthèse. Pour arriver à former cette structure, Erikson a dû alterner des acides aminés hydrophobes (qui repoussent l'eau) et des acides aminés hydrophiles (qui, au contraire, l'attirent). Les acides aminés qui font charnière sont des isotopes D de l'acide aminé proline (qui s'adaptent mieux à ce rôle que l'isotope G, "naturel").

Cette bêtabelle est, selon lui, une protéine simple qui permet une approche tout à fait nouvelle de l'étude de la structure spatiale des protéines en fonction de la séquence d'acides aminés qui les composent. Elle contient des sites qui peuvent être activés, et elle peut aisément être découpée et remodelée. On peut, en plusieurs endroits, y ajouter des acides aminés, naturels ou non, pour voir ce qui se passe. La molécule peut s'ouvrir (un peu comme une pince à linge), ce qui permet d'envisager d'introduire en son intérieur de nouvelles molécules pour réagir avec des sites récepteurs ou pour avoir une activité du type enzymatique.

Entre temps, de nombreuses équipes de chercheurs, en Europe comme aux Etats-Unis, continuent leur travail de "cartographie des protéines", qui devrait mener à la création d'un index des protéines humaines, comprenant la séquence, la structure et le rôle des diverses protéines, ainsi que la séquence des gènes qui en commandent la synthèse, et peut-être même la localisation des gènes sur tel ou tel chromosome dans la cellule humaine.

Seule une fraction des protéines humaines est aujourd'hui connue, mais depuis quelques années les techniques d'isolation et d'identification ont rapide-

ment progressé. L'électrophorèse, qui permet de séparer les protéines dont la migration est différente dans un champ électrique, bénéficie aujourd'hui de l'apport de l'électronique, notamment la visualisation sur écran de télévision, et de l'informatique. La chromatographie permet, elle, de séparer des protéines dans divers solvants. Les deux techniques sont associées pour déterminer la structure primaire des protéines grâce à leurs "empreintes digitales": une protéine est fragmentée par des enzymes, et les fragments sont d'abord séparés par électrophorèse, ensuite par chromatographie, donnant une série de taches (les empreintes digitales), chacune représentant un fragment de polypeptide avec suffisamment de précision pour qu'il puisse être distingué d'un autre fragment dont il ne diffère que par un seul acide aminé.

L'analyse des cristaux de protéine par diffraction des rayons X permet d'obtenir une information structurale globale et détaillée sous forme de courbes d'égale densité électronique qui sont tracées sur plexiglas et superposées pour reconstituer la maille d'une protéine cristallisée. Enfin, la résonance nucléaire magnétique (RMN) est devenue un outil efficace pour l'étude de la conformation des peptides de masses moléculaires moyennes (inférieures à quelques milliers) grâce à l'observation de changements d'orientation induits dans les noyaux atomiques par des champs magnétiques.

Les perfectionnements de l'instrumentation et les calculs théoriques qui visent à tenir compte des interactions de la molécule avec son environnement permettent de compléter progressivement le tableau des morphologies des peptides. De tels travaux sont en cours en France, notamment au Centre de biophysique moléculaire du CNRS à Orléans, et à Orsay, à Strasbourg, à Marseille. Ils portent en particulier sur les structures tridimensionnelles des protéines, mais les cher-

cheurs s'estiment en retard, faute de moyens suffisants. Les maths de haute volée et les gros ordinateurs sont indispensables quand on cherche à comprendre le mécanisme du repli de la chaîne des polypeptides. Mais d'ores et déjà on admet que ce repli se ferait sur le principe d'une dépense minimale d'énergie, propre à garantir une stabilité thermodynamique suffisante.

Reste aussi à observer que ce minimum est variable selon la structure de la protéine, donc qu'il en existerait de très nombreux niveaux. Que l'on songe simplement que chaque possibilité de structure d'une chaîne d'acides aminés constitue un modèle d'espace particulier à plusieurs dimensions (c'est ce que l'on appelle un hyper-espace) et que, pour une chaîne qui comporte une centaine d'acides aminés, on ne compte pas moins de cinq cents hyper-espaces ! Autant dire que le débroussaillage se fait aussi au jugé.

Quel avenir à tout cela ? La plupart des peptides actuellement utilisés en thérapeutique sont obtenus à partir d'organes issus d'hommes ou d'animaux. L'insuline pour le traitement du diabète est extraite du pancréas de porcs et de bœufs ; la calcitonine, qui abaisse la concentration du calcium et du phosphate dans le plasma et inhibe la résorption osseuse, du porc ou du saumon ; l'hormone de croissance humaine, pour traiter le nanisme, des hypophyses de cadavres humains (mais depuis peu elle est également fabriquée par génie génétique) ; les hormones gonadotropes, des urines de femmes ménopausées ou enceintes ; les facteurs de coagulation et les immunoglobulines, du sang humain.

Il y a déjà longtemps que les chimistes organiciens tentent de synthétiser des peptides et des polypeptides en "accrochant"

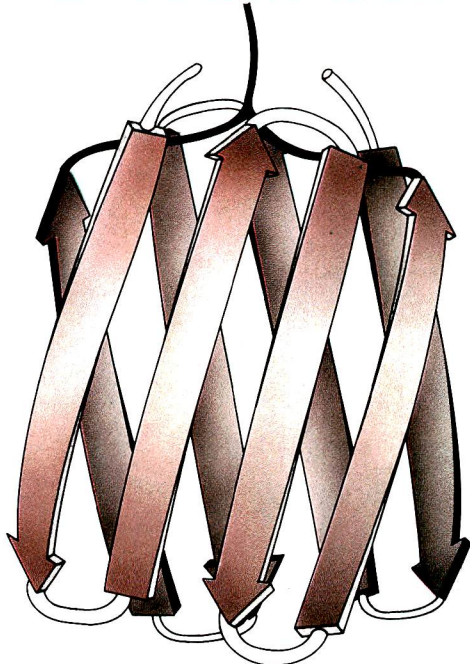
des acides aminés entre eux par la liaison peptidique. On peut déjà synthétiser industriellement la fraction active de l'ACTH (hormone sécrétée par l'hypophyse), la calcitonine humaine, la somatostatine, mais le nombre d'étapes de synthèse augmente en fonction de la complexité de la molécule (il faut, par exemple, 200 étapes pour la synthèse industrielle de la calcitonine). On s'accorde généralement pour dire que la limite pratique pour une synthèse industrielle totale sera atteinte avec des chaînes d'environ 20 à 30 acides aminés.

Les méthodes biologiques représentent indubitablement l'avenir. Elles mettent en œuvre la "greffe" des gènes correspondant à une protéine, greffe effectuée sur l'ADN de microorganismes ou de cellules de mammifères, et la culture de ces microorganismes ou cellules "clonés", qui produisent la substance désirée. Il reste encore des problèmes liés à la purification des produits, mais ils ne semblent pas insurmontables. On fabrique déjà aussi par génie génétique, de l'insuline, de l'hormone de croissance humaine, plusieurs genres d'interféron, une interleukine et des facteurs de coagulation du sang.

Grâce à une meilleure connaissance des protéines, la pathologie deviendrait compréhensible à l'échelle moléculaire. Les tissus pathologiques seraient identifiés par leurs protéines, et des thérapeutiques de remplacement élaborées pour pallier l'absence ou la malfonction de certaines protéines. On comprendrait avec plus de précision comment se manifestent les maladies héréditaires et de nombreuses maladies dégénératives. L'efficacité de diverses thérapeutiques pourrait être mesurée et peut-être même prévue avec précision.

Au-delà, les protéines, et notamment des enzymes artificiels, deviendraient des machines-outils de la biotechnologie. Des protéines seraient utilisées pour l'extraction de minéraux rares,

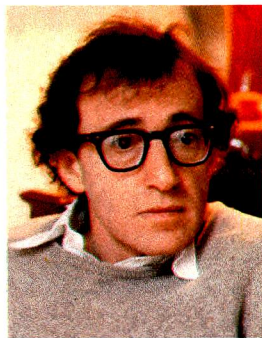
LA BÉTABELLINE, UNE PROTÉINE SYNTHÉTIQUE



Construite de toutes pièces par le Pr Bruce Erickson, elle est constituée d'un arrangement de deux feuillets composé chacun de quatre chaînons d'acides aminés (trois chaînons de huit acides aminés, et un chaînon de sept acides aminés) antiparallèles, c'est-à-dire reliés par des liens protidiques (indiqués en blanc). Les deux feuillets symétriques sont en outre reliés, comme deux feuilles d'un livre, par un lien synthétique (en noir). L'avantage de cette structure, bien plus simple que les protéines "en tonneau" naturelles, est qu'elle peut être synthétisée facilement, et qu'elle contient des sites internes pouvant être modifiés pour en changer la forme et les propriétés. Selon ce chercheur, l'ingénierie des protéines en est arrivée au point où l'on peut commencer à créer des protéines utiles ayant des propriétés inédites. On peut même utiliser des acides aminés qui n'entrent pas dans la composition des protéines naturelles.

de résidus de pétrole, pour la transformation de l'énergie solaire, et même pour la fabrication d'ordinateurs miniaturisés bien au-delà des capacités offertes par les circuits électroniques disponibles aujourd'hui. Ces "bio-ordinateurs" en sont encore aux toutes premières phases de la recherche, mais ils suscitent, en Europe, au Japon et aux Etats-Unis, un intérêt croissant et significatif du rapprochement qui se fait entre la biologie et l'informatique. La révolution protéique emboîterait alors le pas à la révolution génétique. ●

LE LANGAGE VRAI DES ÉMOTIONS FAUSSES



NOTRE VISAGE EST UN SEMAPHORE

COMMANDE, en dernier ressort, par plus de 80 muscles qui permettent d'exprimer chagrin, fatigue, tristesse, joie, colère. Ces expressions sont le produit involontaire de profonds bouleversements neurologiques. On vient de découvrir que si l'on feint, par des grimaces volontaires, ces divers sentiments, on provoque en "effet-retour" les divers bouleversements neurologiques qui, de cause, deviennent alors effet.

Dans *La lettre volée*, cette nouvelle sur l'art de tromper son monde par la fragrance du mensonge, Edgar Allan Poe décrit comment il arrive, par la mimétique, à lire dans l'âme d'autrui : « Lorsque je veux savoir combien quelqu'un est sage ou stupide, bon ou mauvais, ou quelles sont ses pensées du moment, je modèle mon visage pour l'accorder à l'expression du sien avec autant de précision que possible, et ensuite j'attends de voir quelles sont les pensées ou sentiments qui, comme pour égalier ou correspondre à cette expression, apparaissent dans mon esprit ou dans mon cœur. »

De tous les animaux, c'est l'homme qui possède le répertoire d'expressions le plus vaste. A moins qu'il s'agisse de tics, sans signification expressive, elles traduisent dans une forme visible tous les états affectifs, des plus simples aux plus complexes, que traverse l'individu. Un formidable appareil physiologique préside à cet affichage mouvant de nos émotions sur notre visage. Le nerf facial, un des plus importants de l'économie du corps humain, distribue des rameaux aux 88 muscles peauciers de la tête et du cou : leur contraction involontaire dessine l'humeur de nos traits. Comme si un marionnettiste génial compo-

sait à chaque instant l'expression de sa poupée grâce à un jeu subtil de 88 ficelles.

Nous savons interpréter ces messages faciaux chez les autres — avec une justesse toute relative —, selon que nous sommes plus ou moins physionomistes, bons psychologues ou non. Et nous participons très souvent dans nos propres sentiments à ceux qui apparaissent sur le visage d'autrui, grâce au mécanisme de l'"empathie" (1).

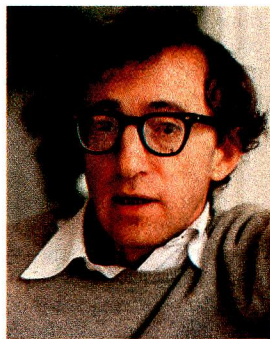
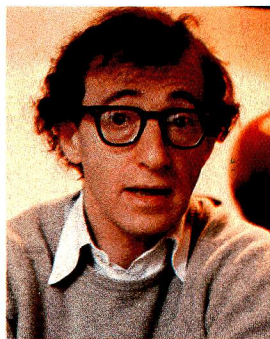
Mais les traits, comme la parole, sont capables de mentir. Nous savons tous, plus ou moins, simuler certaines émotions, cacher un sentiment sous l'apparence d'un autre. Le talent du comédien consiste même en cela. Avec de l'entraînement, on peut améliorer ses performances, projeter, sans les éprouver, toute une gamme d'états psychiques avec une grande vraisemblance et les faire partager aux autres. L'expression, comme le rire et le baillement, est contagieuse, elle constitue un véritable langage sans paroles, un mode de communication non verbale entre les êtres.

Mais attention : le "mensonge facial" n'est pas un jeu innocent,

sans danger psychologique pour le joueur. En mentant aux autres, on se ment aussi à soi-même : les gens qui toute leur vie "font semblant", pratiquent les "faux sourires" ou cultivent hypocritement une façade, finissent par avoir une personnalité perturbée. On ne triche pas impunément avec sa propre vérité ; et ce n'est pas une question de

L'homme du jour était le Dr Paul Ekman, professeur de psychologie à l'université de Californie à San Francisco, qui d'emblée a défini le fond du problème : « Lorsque nous assumons volontairement une expression universellement associée à une émotion donnée, nous provoquons des changements involontaires dans l'activité de

ficielle, il parvenait à provoquer, simultanément et sur un même visage, un air de tristesse profonde d'un côté, d'hilarité débridée de l'autre, ce qu'attestent les nombreuses photographies qui illustrent son traité. Selon lui, l'expression des émotions était universelle. L'humanité possède une sorte de "dictionnaire standard", valable pour les êtres



morale mais de neurologie ! La contraction volontaire des muscles, qui commandent l'expression recherchée, déclenche dans le système nerveux une série de changements organiques semblables à ceux qui se produisent quand l'émotion est véritablement ressentie. Le visage extériorise les mouvements de l'esprit, mais ceux-ci intériorisent de leur côté les phénomènes musculaires de surface. On éprouve alors, par un choc en retour, l'émotion qu'on entendait seulement simuler.

Bien sûr, on sait depuis longtemps que le physique et le psychique ont des effets réciproques à double sens : l'émotion suscite le geste, et inversement, on peut recréer l'émotion à partir du geste, en le mimant. Cette rétroaction, dont Edgar Allan Poe fait une description "littéraire", est un phénomène encore déconcertant des points de vue psychologique et neurologique. On a tenté d'en élucider certains aspects lors d'un symposium sur la psychologie de l'expression, qui s'est tenu en mai dernier à Los Angeles sous l'égide de l'Association américaine pour l'avancement des sciences.

notre système nerveux autonome. Ces changements sont spécifiques de l'émotion dont nous mimons l'expression. »

Les travaux du Dr Ekman⁽²⁾ et ceux d'autres chercheurs éclairent d'une lumière nouvelle un sujet qui n'avait guère avancé depuis la parution, il y a plus d'un siècle, de deux ouvrages qui servent encore de référence en la matière. Celui, d'abord, de Guillaume Benjamin Duchenne : *Mécanismes de la physiologie humaine, ou analyse électro-physiologique de l'expression des passions*, publié en 1862, premier essai d'une étude psychophysiologique des émotions⁽³⁾. Ensuite, un des chefs-d'œuvre de Charles Darwin : *L'expression des émotions chez l'homme et les animaux* (1872).

Duchenne a étudié les mécanismes de contraction musculaire par lesquels s'expriment les émotions. Il a tenté de reproduire celles-ci par l'excitation électrique de divers muscles (voir photos pages 42-43). Par ce genre de stimulation arti-

de toutes les races et de tous les temps, et qui définit selon des normes immuables la façon dont l'affectivité façonne les traits : « Tout être humain a la faculté d'exprimer tels sentiments par la contraction des mêmes muscles. »

Darwin s'est livré, quant à lui, à une étude comparative de l'expression des émotions chez divers peuples du monde, pour conclure, également, à son universalité. Il a observé aussi les expressions des animaux, dans lesquelles il a trouvé une certaine confirmation de sa théorie de l'évolution. Il s'est posé la question fondamentale sur la relation entre le psychique et ses manifestations somatiques : « Pourquoi différents muscles agissent-ils lors de différentes émotions ? Pourquoi, par exemple, une personne qui éprouve de la tristesse ou de l'anxiété relève-t-elle les parties internes de ses sourcils et laisse-t-elle tomber les coins de sa bouche ? » L'état d'avancement de la neurobiochimie, à l'époque, ne permettait pas encore une approche scientifique de ce problème.

Un médecin français, Israël Waynbaum, propose en 1906 une

En vingt minutes de conversation, plus de 200 micro-expressions peuvent se succéder sur le visage de votre interlocuteur. Ici Woddy Allen.

en, dans, et pathos, le sentiment, la souffrance. Ce terme est aujourd'hui plus précis que celui de sympathie, qui étymologiquement (du grec sun, avec) signifie la

participation à la souffrance d'autrui, mais dont le sens courant s'est beaucoup affaibli.

(2) Le Dr Ekman est mondialement connu

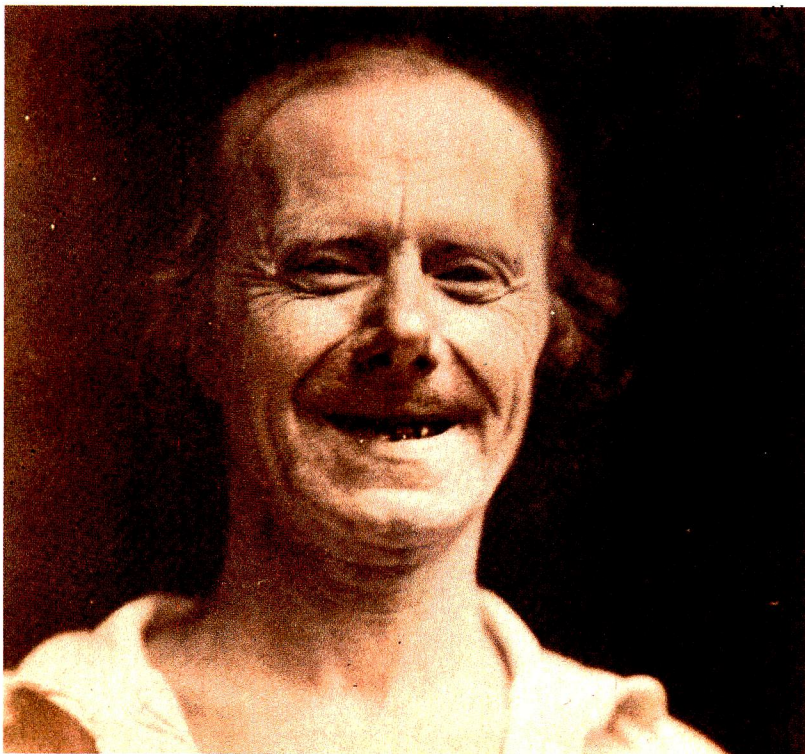
hypothèse originale dans sa *Physiologie humaine : son mécanisme et son rôle social*. Pour lui, les contractions musculaires qui déterminent les expressions du visage jouent un rôle important dans le contrôle de la circulation sanguine du cerveau. Les muscles faciaux, en se contractant, compriment certains vaisseaux contre la structure osseuse de la face. Quand nous rions, par exemple, la circulation veineuse est ralentie par les muscles sous-thyroïdiens qui pressent sur les veines jugulaires. Le sang tend à s'accumuler dans le cerveau, provoquant une congestion passagère qui colore le visage et induit une certaine euphorie. Les émotions "négatives" entraînent au contraire une anémie cérébrale transitoire et une désoxygénation des tissus qui ralentit les processus vitaux. Le rôle physiologique de l'expression des émotions serait donc de régler la circulation cérébrale, en augmentant ou en diminuant l'apport d'oxygène.

Le récent congrès de Los Angeles prouve que les phénomènes en cause sont bien plus complexes encore qu'on ne le pensait. Entre autres éléments nouveaux, le professeur Richard Davidson, psychiatre à l'université de Wisconsin, a établi que les zones spécifiques du cerveau sont excitées selon que les émotions éprouvées sont "positives" (joie, plaisir) ou "négatives" (tristesse, angoisse). L'électroencéphalogramme montre que les adultes et les enfants, soumis à des stimuli associés à des émotions "positives", ont une activité électrique accrue de la partie frontale gauche du cerveau, alors que les émotions "négatives" s'accompagnent d'une activation relativement plus importante de la partie frontale droite; dissymétrie confirmée par l'observation de malades victimes de lésions accidentelles du cerveau. Un dommage unilatéral de la partie antérieure gauche en-

traîne souvent des symptômes dépressifs, lesquels sont absents chez les patients atteints d'une lésion comparable de la partie droite.

On peut sourire de l'antique notion qui voyait dans l'hémisphère gauche du cerveau le siège des émotions, l'hémisphère droit étant plutôt le centre privilégié de la raison. Mais ne peut-

reflétaient, en l'occurrence, la peur, la colère, le dégoût, la tristesse, l'amusement, la surprise et le mépris. Ekman les a décomposés en mouvements de muscles bien distincts. Il a ensuite appris à des sujets, "cobayes" bénévoles, à imiter ces expressions en agissant volontairement, et successivement, sur chacun des muscles concernés.



on pas dire aujourd'hui que c'est la moitié droite du cerveau qui pleure, tandis que le rire est le propre de la moitié gauche!

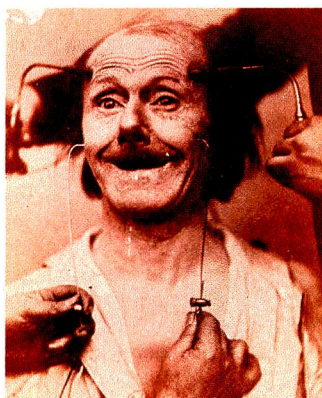
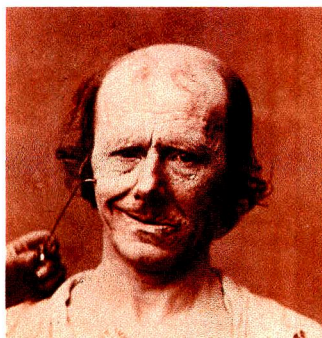
Paul Ekman a mis en évidence le phénomène encore plus curieux de la rétroaction ("feedback"). Une émotion donne involontairement lieu à une expression faciale; c'est une constatation banale; mais en retour, une expression faciale affichée volontairement déclenche une émotion. Une de ses expériences a consisté à analyser les mouvements faciaux de sept expressions parmi les plus courantes et les plus universelles, appartenant au "fonds commun" des attitudes du visage humain, et qui

Par exemple, pour mimer la peur, en levant les sourcils, en les rapprochant de l'axe médian du visage, en raidissant la paupière inférieure, en tirant les coins de la bouche vers l'extérieur tout en évitant de les relever.

Ces exercices ont été réalisés d'abord par des comédiens, donc des professionnels du mimétisme facial, ensuite par des "amateurs" tout-venant. Ekman a constaté que l'imitation d'une expression provoquait chez la grande majorité des sujets des modifications physiologiques comparables à celles qu'on décele chez les individus quand les émotions correspondantes

*Clichés extraits du premier traité d'étude psychophysio-
logique des émotions
(1872). Par électrostimulation des muscles du visage, l'auteur, G.-B. Duchenne, arrivait à "trafiquer" les expressions et, par exemple, à provoquer simultanément tristesse et hilarité sur un même visage.*

sont déclenchées par des images ou par un film. Bien plus, ces changements physiologiques — dans le rythme cardiaque, la respiration, la réactivité électrique de la peau, la tension musculaire — étaient spécifiques des diverses émotions, et d'une intensité aussi forte que les états provoqués par une émotion véritable.



Chose curieuse, lorsque, sous les directives de l'expérimentateur, le sujet met en action les muscles requis pour obtenir une expression donnée, il ne se rend pas compte lui-même — à moins qu'on lui présente un miroir — à quelle émotion correspond l'expression qu'on lui a demandé de prendre. Ainsi, 3% seulement des volontaires, à qui l'on indique certaines étapes mimiques à suivre, savent-ils, en fin d'expérience, que leur physionomie traduit la peur. D'autres émotions sont plus reconnaissables par ceux qui en simulent les traits extérieurs : la colère, le dégoût. Tous les sujets d'expérience, par contre, sont capables, intérieure-

ment, d'identifier les signes de joie quand ceux-ci transparaissent sur leur visage.

Tout le monde n'est pas également doué pour ce genre de gymnastique, précise le Dr Ekman. Certains individus ont un pouvoir de contrôle déconcertant sur leurs muscles faciaux, d'autres sont, une fois pour toutes, incapables de commander aux leurs. Bon nombre sont impuissants à contracter volontairement certains muscles qu'ils utilisent néanmoins pour des émotions vécues. Il y a même un nombre important de gens, a découvert Ekman, à qui il manque une partie des 44 paires de muscles faciaux alloués à notre espèce.

Certains de ces muscles sont définitivement rebelles à toute commande volontaire. Ekman les qualifie de "fiabiles" : ce sont en effet les "incorruptibles" de la musculature faciale, les organes qui ne se prêtent à aucune manipulation par leur propriétaire. Ils ne sont pas aux ordres de la volonté, ils obéissent seulement aux émotions spontanées, de manière réflexe. A vrai dire, on arrive parfois à les dompter à force d'entraînement. Peu de gens (10%) peuvent par exemple abaisser les coins de leur bouche sans actionner en même temps le muscle du menton ; chez ces mêmes personnes, pourtant, ces différents muscles agissent indépendamment, sous l'inspiration de la tristesse ou de la peine. Les muscles qui servent à rapprocher et à relever les extrémités externes des sourcils, s'ils ne sont pas absolument "fiabiles" chez tous les individus, méritent quand même une certaine confiance, la plupart des gens étant incapables de les utiliser de façon délibérée (Woody Allen est une exception, ce qui lui vaut parfois son air caractéristique de "chien battu" ; la question est naturellement de savoir si un acteur "veut" son expression, ou s'il la puise inconsciemment dans la vérité recréée de ses émotions).

Comment expliquer que les

muscles qui se contractent naturellement ne le fassent pas sous l'effet de la volonté ? L'explication est à chercher en amont, au niveau du système nerveux : la transmission nerveuse n'a pas la même origine dans les deux cas, elle n'emprunte pas les mêmes circuits. Cette particularité s'observe dans les atteintes du système nerveux central. Si la lésion implique le système pyramidal — le faisceau comprenant les grandes voies de la motricité —, le patient n'est plus en mesure de sourire à la demande ; si l'atteinte porte sur une autre région, il peut, artificiellement, « accrocher un sourire à sa face » en le voulant, par contre une stimulation plaisante laissera son visage impassible.

Certains chercheurs ont envisagé l'application thérapeutique de l'effet rétroactif — celui par lequel une émotion est déclenchée en réponse, non pas à une excitation d'ordre psychique, mais à une expression physique de la face, volontairement assumée par l'individu. Autrement dit, quand les contractions musculaires ne sont pas le résultat d'une situation affective, mais au contraire sa cause. Il est tentant, en effet, d'imaginer que ce processus à rebours pourrait être utilisé en psychothérapie, un peu comme la méthode Coué prétendant le faire en médecine, pour agir sur les états intérieurs en modifiant leurs signes extérieurs. Le sujet dépressif, par exemple, se façonnerait le "masque" du bonheur, de l'insouciance, pour atteindre rétroactivement, aux dispositions d'esprit correspondantes.

L'idée n'est pas ridicule en soi mais, remarque Paul Ekman, elle est pratiquement impossible à mettre en œuvre dans le traitement d'une personnalité perturbée. Le langage des expressions a un vocabulaire très complexe et son usage thérapeutique n'est pas du tout évident. Le sourire, par exemple, n'exprime pas quelque chose de ri-

(3) Duchenne fut un pionnier de la neurologie au XIX^e siècle, dont l'influence fut considérable, en France comme ailleurs. Il est à l'origine de l'électrophysiologie mus-

culaire et on lui doit la première description de plusieurs maladies.

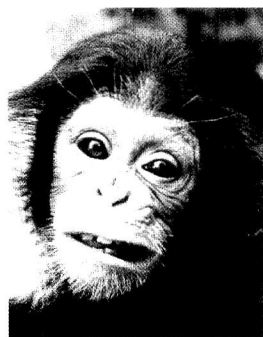
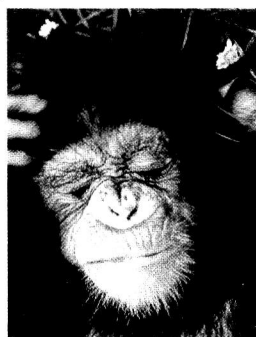
goureuusement défini ; il peut refléter une foule de sentiments différents ainsi que leurs multiples combinaisons et leurs intermédiaires : tristesse, mélancolie, joie, moquerie, ironie, dédain, et bien d'autres, les nuances de ces divers sourires étant fort difficiles à cataloguer.

De surcroît, on voit mal comment on obligerait un neurasthé-

peur, la colère, la haine, le dégoût, la tristesse, la détresse — appartiennent à tout le genre humain, indépendamment de l'âge, du sexe, de l'ethnie, de la culture.

Le bébé déchiffre dès la naissance les expressions de sa mère. Inversement, il sait déjà parler le langage mimique : mettez une goutte de citron sur

Le Dr Ekman a fait à ce propos des observations très étonnantes. Quand un Japonais regarde un film chargé de passion, et qu'il oublie le reste de la salle, il affiche les mêmes expressions sur son visage que les Américains placés dans des conditions identiques. Mais s'il est conscient des spectateurs qui l'entourent, ou s'il est accompagné par des



nique profond à placarder son visage d'un immense sourire extatique.

Nous sommes donc encore loin d'avoir pénétré toutes les complexités de la communication non verbale transmise par les expressions du visage. Une des zones toujours obscures est la façon dont nous percevons et interprétons ce langage facial chez les autres. On sait qu'il existe un groupe de neurones, dans la partie inférieure des lobes temporaux, qui ne réagissent qu'à une seule classe de stimuli : ils sont tout entier spécialisés dans la reconnaissance des visages⁽⁴⁾. La région amygdalienne, plus primitive, semble moduler cette perception en y ajoutant des tonalités émotionnelles. L'empathie nous permet d'entrer dans l'émotion d'autrui à travers l'expression de ses traits, que nous interprétons à la lumière de cette connaissance intuitive.

La faculté d'exprimer des émotions sur son visage, de même que celle de lire l'émotion dans les traits des autres, est un don inné, résultant d'une longue évolution. Les expressions essentielles — celles qui traduisent le bonheur, le plaisir, la

langue d'un nouveau-né, qu'il soit lapon, mongol, papou ou breton, sa figure réagira aussi nettement que le visage d'un adulte. L'origine évolutionniste des expressions humaines trouve une justification, sinon tout à fait une preuve, dans l'identité ou la ressemblance de nombreuses expressions chez l'homme et le primate.



On objectera que certaines ethnies, ou certains groupes culturels, expriment les mêmes émotions de façon apparemment différente. Le langage facial ne serait donc pas universel ? En y regardant de près, on constate, dans la plupart de ces cas, que l'expression innée a été dénaturée par les conventions sociales ou les habitudes culturelles. On cite volontiers, comme exemple d'une différence fondamentale, les traits impassibles et le sourire de circonstance des Orientaux devant des situations qui nous arracheraient, à nous Occidentaux, de toutes autres expressions. Mais le "sourire oriental" est une attitude imposée par la culture et l'histoire.

gens qui symbolisent l'autorité à ses yeux, il ne laissera pas transparaître ses émotions "négatives" : il plaquera sur ses traits le fameux sourire, en guise de masque.

Certaines expressions du visage, constate Paul Ekman, ne sont pas des reflets d'émotions mais de simples "signes de conversation" qui, comme les signes de ponctuation, marquent les moments du discours : les sourcils levés haut équivalent à un point d'interrogation, par exemple. D'autres mouvements de la face ont une fonction symbolique : le clignement d'un œil, le mordillement de la lèvre. Bien plus significatives sont les "micro-expressions", qui expriment véritablement des émotions mais de manière fugace ; elles passent le plus souvent inaperçues mais, pour l'observateur attentif qui sait les reconnaître, elles sont souvent très révélatrices. « En vingt minutes de conversation, dit Ekman, plus de 200 micro-expressions peuvent se succéder sur la figure de votre interlocuteur. Certaines sont si brèves qu'elles ne se remarquent pas ; il faut filmer le visage, le projeter au ralenti et s'arrêter sur l'image pour les déceler.

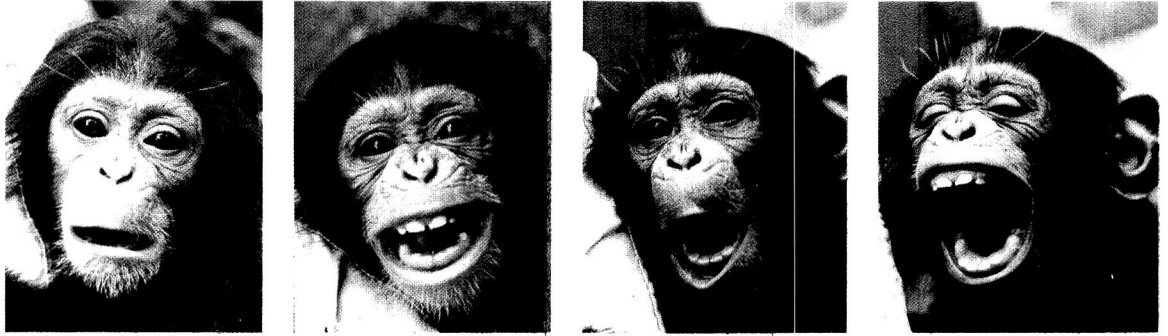
Elles traduisent souvent une tentative inconsciente de dissimuler la réalité affective.»

L'interception de ces messages inavoués constitue-t-elle un bon "détecteur de mensonge"? On peut sans doute conclure à une attitude trompeuse du faciès quand l'expression est incomplète, c'est-à-dire qu'il y manque des éléments dépendant des

Ekman, ne doivent en aucun cas être prises pour des règles absolues. Les vrais "faussaires de l'expression" sont fort habiles et expérimentés, capables de déjouer la perspicacité de leur interlocuteur, surtout si celui-ci n'est pas un physionomiste entraîné. Même les observateurs les plus avisés sont sujets aux erreurs. Et il faut se garder de

une peur panique de n'être pas cru alors qu'il dit la vérité. On tiendra pour l'expression du mensonge ce qui est l'expression de la peur d'être pris pour un menteur.

Le Dr Ekman, en passant, fait d'ailleurs un sort à ce détecteur électronique de mensonge — le polygraphe — qui prétend déceler les réactions physiologi-



muscles "fiabiles", que la majorité des gens sont incapables de commander volontairement. Une expression incomplète a des chances d'être volontaire, donc mensongère. Il existe quelques autres "trucs" pour déceler les expressions trompeuses. Une expression trop prolongée, de joie ou de surprise par exemple, est a priori suspecte; une expression vraie, accordée à une émotion réelle, ne dure généralement pas plus de 4 à 5 secondes. Se méfier aussi des mouvements asymétriques de la face. Il y a doute encore lorsque les expressions du corps et celles du visage sont désynchronisées: si le visage exprime la colère après que le poing ait frappé la table, l'authenticité de l'émotion est contestable. On peut être guidé aussi par les autres signes qui complètent les changements du faciès, comme la voix, souvent plus aiguë quand elle veut camoufler un sentiment, ou les gestes qui accompagnent la parole (très profusément, en particulier, chez les méridionaux) et qui, chez celui qui dissimule sa vérité, ont tendance à devenir moins fréquents et moins accentués.

Ces indications, précise le Dr

soupçonner quelqu'un lorsque l'"accent" de son langage facial ne correspond pas à celui de tout le monde. On peut exhiber les signes caractéristiques du mensonge tout en exprimant la vérité des sentiments. C'est le cas du phénomène que Paul Ekman appelle l'"erreur d'Othello".

On connaît cette tragédie de Shakespeare, dans laquelle le Maure accuse son épouse Desdémone de l'avoir trompé avec Cassio. Elle demande que celui-ci soit appelé pour témoigner de son innocence, mais Othello lui apprend qu'il l'a déjà fait assassiner. Il interprète la peur et la détresse de sa femme, à cette nouvelle, comme une réaction de douleur à la perte de Cassio, un aveu de culpabilité qui confirme sa jalousie. Le jeu d'expressions de Desdémone pourrait en effet s'expliquer de cette manière; en fait, il traduit un ensemble d'émotions tout à fait différent: elle s'est rendu compte qu'elle n'a plus aucun espoir de prouver sa fidélité et qu'elle va le payer de sa vie.

Une pareille "erreun judiciaire" peut se produire quand quelqu'un, soupçonné de mentir, est interrogé, peut-être avec l'aide d'un polygraphe, et qu'il a

ques qu'on voudrait caractéristiques du mensonge. Cet appareil, dit-il, peut conduire à des erreurs dans les deux sens, en incriminant un innocent ou en disculpant un coupable. Son emploi est courant aux Etats-Unis, non seulement dans les enquêtes criminelles, mais dans le filtrage du personnel par l'administration et dans les tests d'embauche de l'industrie. Le polygraphe est très sujet à l'"erreur d'Othello". En revanche, on peut apprendre à lui mentir: des employés du gouvernement engagés après examen polygraphique, se sont révélés être des espions. Il est bien connu des services secrets occidentaux qu'un pays de l'Est possède un centre qui entraîne les hommes à tromper cet appareil. « Il ne faut jamais oublier, rappelle Paul Ekman, que le polygraphe mesure des modifications physiologiques, il ne mesure pas la vérité. »

Ce psychologue s'est lancé il y a une vingtaine d'années dans des recherches sur les expressions faciales et leur mensonge, pour trouver une méthode susceptible d'indiquer au médecin psychiatre quand un patient se dérobe. Sujet crucial qui conditionne toute la relation théra-

Après l'homme, c'est le primate qui possède le registre d'expressions le plus étendu.

ATOMIQUE MAIS DE POCHE

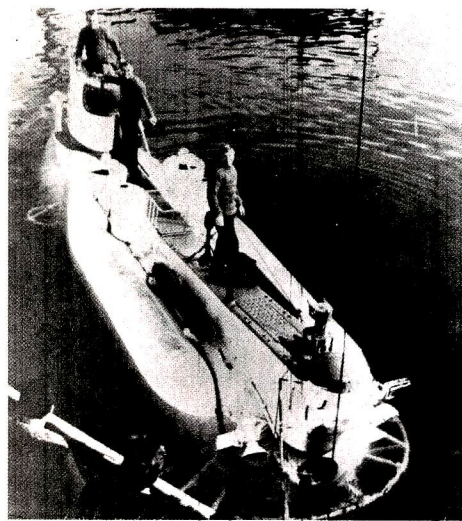
**IL FALLAIT UN "HELICOPTERE DE MER"
POUR LA GUERRILLA** sous-marine. C'est fait :

les Américains ont un mini sous-marin atomique capable de prodiges. Les Soviétiques, semble-t-il, ne seraient pas en reste.

Ils ne font guère de vagues, les nouveaux sous-marins ; ils n'en sont pas moins étonnants et appelés à jouer un rôle déterminant dans la préparation d'une éventuelle guérilla sous-marine.

Le plus impressionnant est le *NR 1* américain, premier sous-marin de poche à propulsion nucléaire que les spécialistes comparent aux navettes de l'espace. Pendant les années de mise au point, ses caractéristiques restèrent mystérieuses. Comme le mathématicien français Jean-Joseph Leverrier avait découvert

Le rival soviétique du *NR 1*, le *Sewer 2*, en service depuis une dizaine d'années.



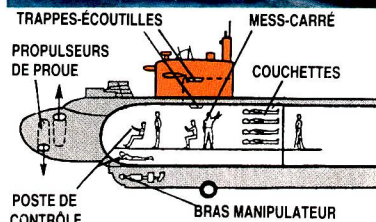
la planète Neptune sans jamais l'avoir vue, parce qu'elle perturbait la mécanique céleste, les observateurs savaient que le *NR 1* était opérationnel, sans qu'on en ait jamais de photos, car certaines opérations ne pouvaient être que son fait.

Nous l'avons établi (1) quand un missile air-air, considéré comme le plus performant des armements occidentaux, le *Phoenix AIM 54*, s'abîma avec son porteur, le chasseur F 14, en mer du Nord, au cours de manœuvres de l'OTAN.

Alors que l'on se demandait entre quelles mains risquait de tomber le missile perdu ultra-secret, il fut retrouvé, localisé, filmé par 500 m de profondeur et remonté, ainsi que son avion-porteur grâce à l'intervention d'un engin qui battait ainsi tous les records d'efficacité. C'était justement le *NR 1*.

Il avait démontré des capacités opérationnelles sans précédent et surtout la durée incroyable de l'autonomie en immersion que lui assure son moteur atomique.

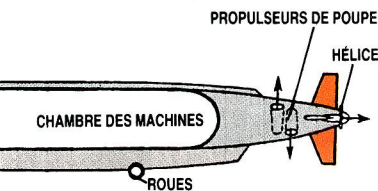
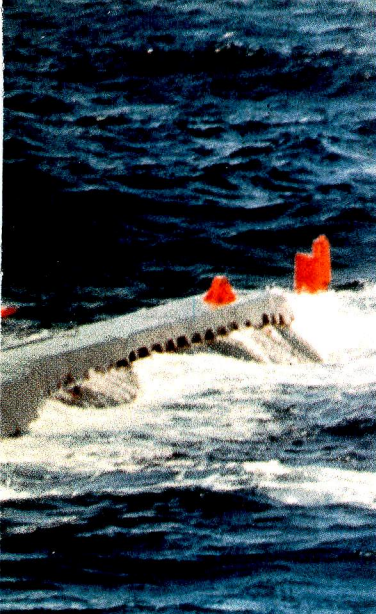
Ce moteur occupe près de la moitié de la place disponible dans la coque d'une vingtaine de mètres de longueur. Tout le personnel de la flotte US des sous-marins de poche et, en particulier, les équipages de l'*Alvin*,



de l'*Aluminaut*, du *Deepstar 4000*, furent consultés pour définir les améliorations indispensables à une plus grande habitabilité ; le confort physiologique et anatomique de l'équipage de 10 hommes était une préoccupation primordiale dans un véhicule dont les plongées pouvaient durer des semaines.

Le *NR 1* est doté de deux hélices de propulsion normale et de quatre propulseurs sous-tunnel pour manœuvres. Les gouvernails de plongée sont montés sur le kiosque et il est pourvu d'un gouvernail de direction conventionnel. Son équipement océanographique comporte des projecteurs et des caméras de télévision extérieurs, trois hublots à l'avant — exactement sous l'étrave — et un puissant bras de manipulation. Il peut se déplacer également en roulant sur le fond de l'océan. Sa maniabilité, déclare son commandant, est comparable à celle d'un hélicoptère.

On imagine sans peine qu'il donne aux Etats-Unis un atout que les Soviétiques ne sont pas



La photo ci-dessus est l'unique document disponible représentant le NR1. Dessous, un écorché synthétique. L'engin possède une souplesse unique à ce jour dans les marines occidentales, puisqu'il peut littéralement rouler sur les fonds marins. Il a d'ailleurs participé à la recherche de la boîte noire du Boeing d'Air India. C'est cette souplesse qui lui a permis d'effectuer la reconnaissance détaillée du relief sous-marin entre l'Écosse et l'Islande, à des fins dont il est difficile de dire si elles sont militaires ou océanographiques.

Qualifié de "sous-marins de recherche en mer profonde", avec un équipage de 5 hommes, le *Sewer 2* a fait preuve d'une bonne fiabilité depuis une dizaine d'années qu'il est en service.

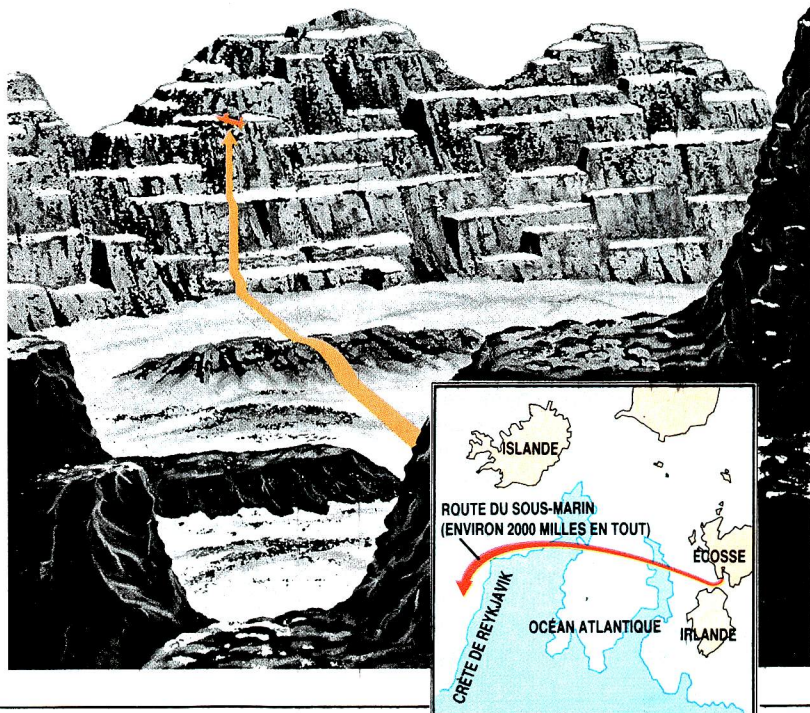
L'URSS a passé commande à une firme canadienne du gros œuvre d'un submersible dont la sphère, habitable par trois hommes, fut usinée en Suisse. Baptisé *Academik*, cet engin pour la plongée très profonde aurait des capacités voisines de celles du *Nautilus* français qui vient de réussir (14 mars 1985) sa plongée d'épreuve sans équipage, à une profondeur de 6 600 m et, avec équipage de trois hommes, à 5 800 m. Les performances de l'*Academik* ne semblent pas avoir été démontrées.

Au sujet de la plongée humaine, les *Izvestia* du 18 avril ont annoncé que quatre scientifiques soviétiques avaient passé 35 jours dans une station sous-

marine à 450 m de profondeur en mer Noire. On ne sait rien du mélange respiratoire utilisé par les médecins Dounikow et Souvorov et les ingénieurs Toutoubaline et Podymov. En tout cas, l'expérience et la profondeur indiquée attestent l'effort soutenu des Soviétiques pour n'être pas distancés dans la maîtrise de la plongée en saturation.

Enfin, les experts du *Jane's Fighting Ships* ont eu connaissance du lancement, fin 1982 à Leningrad, d'un petit sous-marin à propulsion nucléaire, l'*Uniform*. D'un tonnage réduit, à coque de titane, il apparaît apte à des missions spéciales. Dans l'arsenal de la guérilla des océans, le prestigieux *NR1* a peut-être déjà, donc un rival. La guerre des mers aussi serait chaude... C'est à bon escient que les experts de l'OTAN ont étudié attentivement un document publié dans une revue dépendant de la marine de la République démocratique allemande, illustrant le cas de figure d'une attaque de côte ennemie par une meute de petits sous-marins capables de lancer torpilles, missiles et mines et de transporter des commandos...

près de leur concéder sans rechigner. Mais où en sont les Soviétiques en la matière? Moins avancés dans la maîtrise des technologies, mais plus "entrepreneurs" dans l'entraînement pratique des commandos. La Suède rappela son ambassadeur en poste à Moscou quand fut publié (avril 1983) le rapport de la commission d'enquête sur les incursions des submersibles soviétiques dans les eaux territoriales suédoises. Le rapport révélait que pas moins de 6 sous-marins avaient opéré de conserve autour de la base navale de Musko, dans l'archipel et même le port de Stockholm. Les traces et indices recueillis par les plongeurs de la Marine suédoise fournissent une sorte de portrait-robot des submersibles utilisés, probablement des versions militaires du *Sewer 2*.



TIMIDE RETOUR DES PHOQUES SUR NOS CÔTES



INOFFENSIF, DELICAT, TIMIDE,
LE PHOQUE ETAIT MAL ARME pour résister
à la constante dégradation de nos côtes. Il y a un siècle,
il y en avait des milliers en Méditerranée, Manche
et Atlantique. A grand-peine, des zoologistes
en réacclimatent quelques dizaines en Bretagne et en
Normandie. Gardez donc votre sang-froid si,
un jour de promenade, un phoque vous suit au bistrot !

Le temps d'une vie humaine et neuf dixièmes de la population française de phoques, phoques gris, veaux marins et phoques moines (voir encadré) ont été décimés. Responsables de cette hécatombe : les pêcheurs qui ont vu en eux des concurrents dangereux et les ont chassés systématiquement car les phoques ont la détestable habitude de se servir de poisson dans les filets, et quand un pêcheur a perdu à la fois son poisson et son trémail, il se met évidemment en colère. Toutefois, le phoque gris, comme le veau marin, ne se nourrit pas

exclusivement de poissons à valeur commerciale, mais aussi de crustacés et poissons divers, au gré des rencontres.

Responsable aussi : l'aménagement du littoral, cause de pollution importante et de destruction des sites naturels de reproduction. Les phoques sont délicats et timides. Voués à disparaître à brève échéance, ils ont cependant été sauvés par quelques scientifiques décidés. En 1972, ceux-ci ont fondé, en accord avec la municipalité rochelaise, le Centre national d'étude des mammifères marins de La Rochelle (le CNEMM), et depuis 6 ans travaillent en relation

étroite avec le WWF (World Wildlife Fund). Le CNEMM recueille donc les phoques, mais aussi les baleines et les dauphins qui s'échouent sur les plages françaises. Ces animaux arrivent affaiblis, malades, souillés par les hydrocarbures qui polluent la mer, blessés par des hélices. Quant aux pinnipèdes, ce sont surtout de très jeunes phoques gris, qui proviennent des côtes anglaises. A peine sevrés, ces derniers sont abandonnés au moment où leur colonie se dissout, chaque année en été, un peu après la mise bas ; chassés, perdus, quelques-uns traversent la Manche et s'échouent chez nous.

Seuls quelques centres et associations en France sont compétents pour les soigner efficacement comme la très active Société pour l'étude et la protection de la nature en Bretagne (SEPNB). Ces organismes sont en rapports constants avec le CNEMM.

Ainsi, s'il vous arrive (on ne sait jamais), de tomber nez à nez avec un phoque au cours d'une promenade sur la plage, restez

lucide. L'animal n'est peut-être pas forcément échoué, mais tout simplement en cours de sieste digestive! Cependant, s'il a l'air amorphe, et s'il se laisse facilement approcher, prévenez alors rapidement le CNEMM, recueillez votre phoque pour un ou deux jours si nécessaire, en évitant prudemment les morsures, et surtout, ne le mettez pas dans votre baignoire! En effet l'animal est malade, en état d'hyperthermie, ce qui signifie plus simplement qu'il a froid. Il faut donc le garder au sec et éviter les chocs thermiques. Il est recommandé aussi de ne pas créer avec lui un lien affectif trop fort ou de l'héberger trop longtemps, ceci afin de parer aux retours imprévus...

Témoin le coup de fil surprenant que reçut la SEPNEB, par une belle journée d'automne: «Allo, il y a un phoque qui me suit. Il est actuellement à côté de moi dans la cabine téléphonique, que dois-je faire?»

L'animal était en fait un ancien hôte du Centre de soins de Brest, dont l'état avait nécessité des soins un peu trop longs. Relâché depuis peu et ayant repéré une silhouette humaine sur la plage, il s'était dépêché de la rejoindre et suivait fidèlement l'infortuné promeneur, dans l'espoir d'obtenir ainsi du poisson à peu de frais...

Les centres de soins veillent d'ailleurs à retenir les phoques juste le temps nécessaire pour les soigner. Ils les nourrissent de poissons vivants afin qu'ils gardent l'habitude de chasser, les marquent et les remettent systématiquement à l'eau en Bretagne, pour regonfler la petite population locale.

De 20 à 30 phoques s'échouent chaque année en France. La plupart sont des phoques gris, mais on rencontre aussi quelques veaux marins sur les plages de la Manche, que l'on relâche dans la baie de Somme. On sauve actuellement la moitié de ces mammifères, et le CNEMM a bon espoir d'améliorer ces résultats en poursuivant ses recherches sur la pathologie des

pinnipèdes.

Il dispose depuis l'été 1984 d'une infirmerie pour phoques où une vingtaine d'entre eux ont déjà pu être soignés efficacement. Ces rescapés pourraient permettre au CNEMM d'atteindre un objectif qui n'est autre que la reconstitution d'une véritable colonie capable de s'auto-entretenir. Cette infirmerie a été financée par le WWF grâce à la campagne d'un industriel de... la conserve!

En janvier 1984, en effet, d'Aucy lançait une opération de sauvegarde des phoques "français" et dans un premier temps offrait au WWF une somme de 100 000 F pour la cause de ces pinnipèdes. Puis l'entreprise réunit un somme d'argent équivalente au nombre de points récoltés sur les boîtes de conserve de sa marque, et envoyés par les consommateurs. En tout, 200 000 F furent ainsi remis en juin 1984 à Philippe Poirret, président du WWF. Une telle campagne a un impact publicitaire certain pour l'industriel impliqué. Elle offre aussi l'intérêt de sensibiliser l'opinion publique aux problèmes de survie de nos deux espèces de phoques.

En France, trois centres de soins, le CNEMM mis à part, sont habilités à recevoir des phoques blessés ou malades:

- Brest: à l'université, une antenne de la Société pour l'étude et la protection de la nature en Bretagne couvre un territoire qui s'étend du Cotentin à la Loire-Atlantique. Tél (98) 49 07 18.

- Allouville-Bellefosse, en Normandie: Centre de sauvetage en contact avec le Groupe mammalogique normand. Tél (35) 96 06 54.

- Dunkerque: extension de la SPA, ce centre recueille surtout des veaux marins. Tél (28) 64 14 63.

Il faut aussi savoir que les phoques bénéficient, en France d'une protection intégrale grâce à l'arrêté du 29 février 1980, qui interdit la destruction, la capture, la commercialisation ou la naturalisation de ces espèces. De plus, le préfet peut prendre des

LE MOINE, LE GRIS ET LE VEAU MARIN...



Le phoque moine, qui peut atteindre 400 kg, a disparu des côtes françaises méditerranéennes. Le dernier couple a été abattu, en Corse, il y a quelques années par des inconnus. Il reste dans le monde 500 à 1 000 phoques moines, près des îles grecques, en Turquie, à Madère et sur la côte saharienne de la Mauritanie.



Le phoque gris, qui pèse entre 200 et 300 kg, fréquente les côtes rocheuses battues. Son aire de répartition: les eaux tempérées et subarctiques de l'Atlantique Nord, près des côtes de l'Islande et des Féroé, celles de Norvège et de Murman, avec une prédilection pour les abords des Îles Britanniques, où il est très protégé. En France on en voit régulièrement entre les côtes bretonnes (près de l'île d'Ouessant et dans l'archipel de Molène) et le sud du golfe de Gascogne. Il ne constitue pas vraiment une colonie stable. Son faible effectif (quelques dizaines d'individus) explique l'irrégularité de sa reproduction. La population se maintient grâce aux jeunes animaux égarés qui proviennent de Grande-Bretagne.



Le veau marin, pesant entre 100 et 150 kg, aime les étendues sablonneuses comme celles de la baie de Somme. Son effectif a pourtant chuté, en un siècle, de 300 à une vingtaine d'individus.

mesures spécifiques favorisant la protection de leur milieu naturel. La circulaire du 8 janvier 1979 précisait déjà aux commissariats des communes côtières et aux Affaires maritimes que toutes les informations relatives à l'échouage des mammifères marins devraient être transmises au CNEMM. ●

ON A
L'ORGANISATION
QU'ON MÉRITE.



**SALON INTERNATIONAL
D'INFORMATIQUE, TÉLÉMATIQUE,
COMMUNICATION,
ORGANISATION DU BUREAU
ET BUREAUTIQUE**

journées professionnelles 18, 19, 20 septembre

SICOB 85

**CNIT PARIS-LA DÉFENSE
DU 21 AU 27 SEPT.
DE 9 H 30 A 18 H.
FERMÉ LE DIMANCHE 22
TÉL. : 261.52.42.**

informations sur Minitel à partir du 16 septembre
tél. 615.91.77 - code d'accès : SICOB

B5457

© PUBLICIS

FAITES LE POINT AVEC LES HORS SERIE DE SCIENCE & VIE

N° 136 - LA MEDECINE

N° 137 - AUX CONFINES
DE L'UNIVERS

N° 139 - L'AUTOMOBILE

N° 140 - LA POLICE
SCIENTIFIQUE

N° 144 - LES CATASTROPHES
NATURELLES

N° 145 - LES PREMIERES
ANNEES DE LA VIE

N° 146 - LA NOUVELLE
BOTANIQUE

N° 147 - LE SPORT
AU QUOTIDIEN

N° 148 - L'ESPACE :
LE NOUVEAU MONDE

N° 149 - LA PHOTO
IMAGES
SYNTHETIQUES

N° 150 -
LES MEDECINES
PARALLELES

N° 151 - AVIATION 85



BULLETIN DE COMMANDE

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

Nom

Prénom

Adresse

Code postal Ville

• NUMEROS HORS SERIE :

.....

soit numéros à 17 F l'un franco (étranger 22 F)

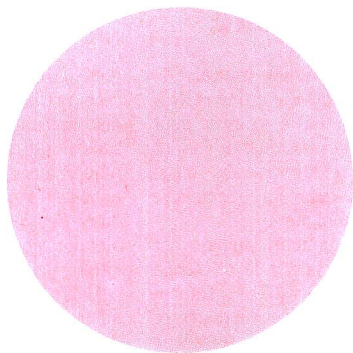
• RELIURES

Qté lots de 2 reliures au prix de 55 F
franco (étranger 60 F)

CI-JOINT MON REGLEMENT TOTAL DE F

par chèque à l'ordre de SCIENCE & VIE - BRED.
Etranger : mandat international ou chèque
compensable à Paris.

SV 815



GÉNÉTIQUE ET JUSTICE

BIOLOGIE OU GRAPHOLOGIE ?

Il semble regrettable que, dans une affaire criminelle qui occupe l'opinion depuis plusieurs mois, la justice n'ait pas fait appel à la génétique pour approfondir certaines données cruciales, alors qu'elle a longuement sollicité la graphologie (qui s'est révélée décevante).

Pourtant, des prélèvements de tissus qui seraient effectués sur les deux victimes permettraient d'établir un lien éventuel de parenté, parfois suggéré, jamais évidemment prouvé. Ce lien pourrait expliquer un comportement criminel particulièrement monstrueux, mais jusqu'ici incompréhensible. Car la génétique peut aussi servir à éclairer la justice légale, comme en Argentine elle a servi la justice humaine (voir *S. & V.* n° 814).

LES MÂNES DE CAMBRONNE

L'atmosphère freine la plupart des rayonnements des corps célestes. Le meilleur moyen de contourner cette censure est d'envoyer des instruments sur orbite. Le gouvernement français a volontiers accédé aux souhaits des astronomes en ce sens ; il a décidé la création d'un institut d'astronomie spatiale, qui dépendra de la faculté d'Orsay ; les budgets ont été votés.

Manquait un chef. Et c'est là que l'affaire devient piquante. Jean Audouze, actuel directeur de l'Institut d'astrophysique de Paris, pose sa candidature, officieusement tout au moins. Il lui semble ensuite que ses collègues n'agrèent point son ambition ; il se rétracte. Mais aucun candidat ne se présente à sa place. Les astronomes français estiment, toujours officieusement, qu'il faudrait être "mégalo" pour diriger un aussi grand institut ou, tout au moins, y prétendre. Le poste restant vacant, les responsables nomment un Anglais au nom d'archange, Gabriel.

Point de querelles de clocher dans le monde de la science. Après tout, pourquoi pas, on a bien confié Beaubourg-Pompidou à un Suédois et l'Opéra de Paris à un Américain, respectivement MM. Hulten et Bing. D'ailleurs, les Anglais rendent bien hommage à nos astronomes. A preuve, ils viennent de publier en traduction le grand atlas de l'astronomie de l'Encyclopaedia Universalis, œuvre collective réalisée par les meilleurs astronomes français et dirigée, à propos, par le même Audouze et Guy Israël, morceau de référence. N'est-ce pas là un exemple d'impartialité ? Oui, à cette différence près que les éditeurs ont omis de mentionner que l'ouvrage est traduit du français.

Comble de discrétion, les noms des auteurs ne figurent même pas au bas de chaque article, comme dans la version française : ils sont relégués en fin de volume, mêlés aux noms des traducteurs. L'astronomie y reconnaîtra les siens. L'ouvrage anglais s'intitule, plaisamment, *The Cambridge Atlas of Astronomy*. Pourquoi Cambridge ?

Afin sans doute de ne pas gêner les auteurs par un excès de tapage, les éditeurs anglais ont même omis

d'informer les auteurs français de l'intention de publier leur œuvre. Nos astronomes ont eu le mauvais goût d'être donc surpris quand ils ont trouvé leurs textes traduits quasi anonymement dans un exemplaire de l'Atlas britannique.

Nos excellents amis anglais ont aussi omis l'article sur le télescope du CFH, l'observatoire franco-canadien de Hawaï. Avec un diamètre de 3,60 m seulement, ce télescope réalise les meilleures résolutions du monde. Mais enfin, l'on sait que les Français sont nuls en science ; quant aux Canadiens... ! L'article sur le CFH a été remplacé par un autre sur les Canaries, où, justement, les Anglais construisent en même temps que les Français et les Allemands, un grand observatoire solaire. Très en avance sur le nôtre, il sera inauguré par la reine d'Angleterre cette année. Dans de telles circonstances, on conçoit aisément qu'en plus de l'honneur qu'ils ont fait aux astronomes français de traduire leurs articles, ils ne pouvaient décemment pas faire pardessus le marché la publicité pour le CFH.

A preuve que c'est bien un honneur que les Anglais nous ont fait de traduire nos astronomes, c'est que les textes de ceux-ci laissent beaucoup à désirer. Dans le *New Scientist* du 30 mai dernier, John Gribbin met en pièce *The Cambridge Atlas of Astronomy* ; il le trouve trop cher (£ 40, soit quelque 400 F), alors que l'éditeur l'offre à quelque 300 F en souscription jusqu'à la fin de l'année, il en trouve aussi le ton triste et "pédago", le style d'une lecture difficile et le texte truffé d'erreurs. Bref, selon M. Gribbin, l'ouvrage est « traditionnel, conservateur, réductionniste et presque entièrement consacré à l'astronomie d'observation et à notre voisinage immédiat ». C'est bien simple, comparé à la *Cambridge Encyclopaedia of Astronomy*, réalisée elle par des Anglais, des vrais, de Cambridge, cet Atlas ne vaut pas un sou. Quelle idée aussi d'aller prendre des textes français !

Mal aimés, donc, nos astronomes organisent dans leurs laboratoires des journées "portes ouvertes". Non sans succès, d'ailleurs, puisque, rien qu'à Meudon, les 11 et 12 mai der-

nier, 30 000 personnes se sont pressées à l'Observatoire, pour y admirer des instruments (qu'elles pensaient sans doute à la pointe de la technique, alors qu'ils venaient d'être époussetés pour la circonstance, car on ne peut plus faire d'observations à Meudon, pour cause de pollution déjà citée.

Mais enfin, il n'est pas douteux qu'une certaine mélancolie règne dans le monde de l'astronomie française, eu égard aux rapports délicats qui se sont donc tissés avec les Anglais. Les mânes de Cambronne hantent l'astronomie française. Ils hantent même tant qu'un malfaiteur s'est à plusieurs reprises introduit dans les locaux de l'Institut d'astrophysique de Paris pour en badigeonner les murs de la substance définie par le mot célèbre dudit Cambronne ! Il faut désormais montrer patte blanche pour être admis... **A.A.**

MÉDECINE

BRONZAGE ARTIFICIEL : NON

Ouelles produisent des radiations A ou B, les lampes à bronzer sont dangereuses, estiment les délégués de l'American Medical Association. Les ultraviolets artificiels sont très différents des naturels, déjà en eux-mêmes potentiellement nocifs.

Ils exposent la peau à des altérations dégénératives et précancéreuses, voire immunologiques, ainsi qu'à des dommages de la rétine. Pas de chance pour le faux bronzé : les pilules à bronzer sont aussi mises en question ! **Q.M.**

● **Une formidable éruption volcanique est imminente :** elle se produira au large de Rabaul, ville principale de la Nouvelle-Irlande, en Papouasie-Nouvelle-Guinée. Il s'agit d'un volcan sous-marin. Par ailleurs, on a découvert au large de la Californie un gigantesque volcan sous-marin, de 4 500 m de haut, au cratère de 10 km de diamètre, qui était en activité il n'y pas longtemps.

BOÎTE NOIRE

L'EXPLOIT DE SCARAB

Nous avons vu juste en disant (*Science & Vie*, août 1983, n° 791) que le *Scarab* est le plus performant des robots sous-marins actuels : c'est grâce à lui que l'on a retrouvé les boîtes noires du Boeing d'Air India par plus de 2 000 m de profondeur.

Robot : le mot est employé par commodité. Il s'agit en fait d'engins téléopérés ou de véhicules télécommandés. Caractéristique : ces engins sont inhabités. Conçus à partir de tâches définies à accomplir, ils sont télécommandés par câble ou par ondes acoustiques.

Plusieurs facteurs jouent en leur faveur. Ils peuvent descendre à des profondeurs inaccessibles aux plongeurs, travailler 24 h sur 24 avec des délais de mobilisation-démobilisation courts, une logistique en surface légère. Leur coût d'exploitation est modeste par rapport à l'environnement lourd réclamé par la plongée à saturation (hommes utilisant des mélanges respiratoires héliox ou hydrox) ou les petits submersibles habités.

Mis au point par la société Bell aux Etats-Unis, sa mission principale est définie par son sigle *Scarab* : *Submersible Craft Autonomous Repair And Burial*, soit appareil autonome submersible pour réparation et ensouillage. L'ensouillage est l'opération de creusement de tranchée pour enfouissement des câbles de communication reposant sur les fonds marins. C'est ainsi que le *Scarab* était loué par l'administration française des PTT pour accomplir un travail de maintenance utile et sans éclat.

Les requins bleus de la mer d'Irlande ont dû être bien surpris en voyant arriver cette étrange machine plongeante de 3 t, 4 m de hauteur, plus de 2 m de large, hérissée de projecteurs, d'antennes, de caméras, de propulseurs, de pinces et bras manipulateurs.

Les débris du Boeing étaient éparpillés sur une vingtaine de km², les boîtes noires ne mesurent que 80 × 25 cm. Mais le *Scarab*, qui réunit les derniers perfectionnements techniques en hydraulique, acoustique, électronique, télévision, utilise pour son travail habituel un système qui devenait en l'occurrence un atout



majeur. Quand il doit réparer un câble sous-marin, il le repère grâce à une tonalité spéciale émise par celui-ci qu'enregistrent ses capteurs de son. Or, on sait que, dans leur blindage à toute épreuve, les boîtes noires émettent un signal jusqu'à épuisement de leurs batteries.

D'autre part, quand il a identifié le câble, il est outillé pour le déterrer à l'aide de jets d'eau à haute pression, le saisir avec ses pinces articulées, le couper avec une scie circulaire afin de le remonter en surface.

Toutes ces capacités répondaient aux besoins de sa mission.

Au bout de l'ombilical qui le reliait au navire câblé français *Léon Thévenin* de la direction des Télécoms des réseaux extérieurs des PTT, le *Scarab* a donc ratissé les grands fonds à 200 m à l'heure. Il a fallu 8 jours pour que, le 9 juillet, il recueille et transmette aux techniciens à l'écoute des "tops" sonores, déjà très affaiblis, émis par une des boîtes noires. La seconde boîte a pu être localisée le lendemain.

Le repérage est une chose. Une autre, pour le robot, est celle de prendre position, saisir de lourds objets à deux km sous la surface, les transporter jusqu'au navire de soutien. Pendant que le *Scarab* opérait, à bord du *Léon Thévenin* le suspense était à son comble. Huit heures s'écoulèrent avant que le



fidèle robot, comme un chien de chasse, rapporte son gibier.

Théoriquement, la profondeur opérationnelle du *Scarab* est de 2 000 m. Pour accomplir son spectaculaire exploit et récupérer les deux boîtes il est descendu jusqu'à 2 300 m. La téléopération par grande profondeur a marqué des points. J.-A. F.

Le Scarab et une des deux boîtes noires du Boeing d'Air India

RÉVOLUTION VERTE POUR L'AFRIQUE NOIRE

« **C**e dont nous avons besoin, ce n'est pas de vos excédents de céréales, ce sont des engrais et des variétés adaptées à nos conditions de production », déclarait récemment, en France, le jeune ministre de l'Agriculture du Sénégal, Amadou Bator Diop. Les plantes de la révolution verte, blés nains, maïs hybrides et riz irrigables productifs, sélectionnées dans les centres internationaux de recherche où les Etats-Unis sont très présents — CIMMYT, pour l'amélioration du maïs et du blé au Mexique, et IIRI pour la recherche sur le riz aux Philippines — ont surtout été adoptées par les pays d'Amérique latine et d'Asie. Aussi, les Américains jugent-ils que la révolution verte n'est pas « passée » en Afrique et l'hebdomadaire *Science*, dans son second numéro de mars dernier, s'en émeut.

Son éditorial est un hymne aux nouvelles technologies (hybridation, transfert d'embryons, culture in vitro, génie génétique), susceptibles de fournir au continent défavorisé la clef de ses problèmes agricoles. Mais l'auteur, N.C. Brady, ne ferait-il pas là une confusion malheureuse ? La révolution verte, d'ailleurs critiquée parce que coûteuse en produits intermédiaires, n'a réussi que là où les hommes l'ont prise en mains. Il serait hérétique d'attribuer au seul matériel végétal nouveau l'acquisition de l'auto-suffisance alimentaire de pays « en voie de développement », tels que l'Inde. Brady ne rejette d'ailleurs pas l'analyse classique des maux africains : sécheresse, forte pression démographique (responsable du déclin de la production alimentaire par habitant), politiques gouvernementales à court terme, luttes intestines, manque d'infrastructures en milieu rural...

Mais visiblement son optimisme s'irrite des échos catastrophistes que renvoie la famine, pourtant réelle, dans le Sahel ; il préfère attirer l'attention sur les variétés de sorgho introduites au Soudan, résistantes à la sécheresse, deux fois plus productive que les variétés locales ; sur les variétés de manioc, trois fois plus productives ; sur les races bovines tolérantes aux trypanosomes, porteurs de la maladie du sommeil.

Les résultats prometteurs cités proviennent des quatre centres internationaux implantés en Afrique : l'ADRAO (Association pour le développement de la riziculture en Afrique de l'Ouest : WARDA pour les anglophones) au Libéria ; l'ITTA (Institut international d'agriculture tropicale) au Nigeria ; le CIPEA (Centre international pour l'élevage en Afrique) en Ethiopie et le LIRMA (Laboratoire international de recherche sur les maladies des animaux) au Kenya.

Ils font partie des treize centres affiliés au GCRAI (Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale) dont les principaux bailleurs de fond sont à majorité anglophone.

Et Brady de citer fièrement le montant de l'aide financière des Etats-Unis pour la seule recherche agricole : 85 millions de dollars en 1984. Toutefois, ce montant serait surestimé selon le ministère français de la Recherche.

Si les Etats-Unis s'intéressent de plus en plus à l'Afrique, la coopération française, elle, cherche au contraire à alléger son implantation en Afrique de l'Ouest au profit du Brésil, de l'Inde...

Elle peut s'honorer également de quelques victoires : les semences de palmiers à huile, largement diffusées en Malaisie et en Indonésie, les variétés de café Robusta à haute performance (3 t/ha, soit trois fois plus que les variétés traditionnelles) ; les cocotiers hybrides les plus productifs du monde, à la base du développement actuel de cette culture au Bénin, en Côte-d'Ivoire ; les bananiers résistants au Cercospora noir, maladie foliaire répandue au Gabon et qui menace le Cameroun, le Nigeria, la Côte-d'Ivoire ; les palmiers-dattiers résistants au Bayoud, maladie qui a déjà détruit au Maroc 10 millions de ces arbres, pivots des oasis ; les cocotiers "glandless", sans gossypol, pigment toxique qui rend inutilisable les protéines des graines classiques à des fins alimentaires pour l'homme ; la mise au point de vaccins contre diverses maladies du bétail, etc. Pour augmenter la productivité, les voies de recherche ne manquent pas. Contre la déforestation, le CNRS table sur "l'agroforesterie", concept scientifique récent, mais basé sur une tradition millénaire en Amérique tropicale, en Asie et en Océanie, qui est le développement simultané de nombreuses espèces végétales associées, occupant tout l'espace disponible.

Pour les terres arides, on mise sur des cultures nouvelles productrices de caoutchouc (guayule), d'huile (jojoba, courge, pourghère), de résine (gommier), de bois (leucaena, arbre à croissance rapide). Pour diminuer la dépendance vis-à-vis des engrais, on essaie de renforcer les associations symbiotiques permettant la fixation de l'azote de l'air. Les symbioses les plus connues sont celles des légumineuses avec les bactéries Rhizobium, mais il en existe aussi entre le riz, d'une part, et les algues bleues, ou une petite fougère aquatique, Azolla, d'autre part. Les chercheurs de l'Orstom (devenu Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération), à Dakar, ont également découvert les vertus d'une petite légumineuse, *Sesbiana rostrata* ; son utilisation comme engrais vert équivaut à l'apport de 100 unités d'azote à l'hectare, soit plus de 400 kg d'engrais. La coopération entre les paysans eux-mêmes, du Nord et du Sud, se renforce également. L'association AFDI (Agriculteurs français et développement international) mène depuis 1975 des microprojets en Afrique. D'ailleurs, le 4^e Congrès mondial des jeunes agriculteurs, tenu en 1984 pour la première fois dans un pays du Tiers-Monde, le Burkina-Fasso (ex-Haute-Volta), avait pour thème "le rôle de l'organisation paysanne dans le développement économique, social et culturel". Le défaut d'organisation des paysans est en effet l'un des maux principaux de l'Afrique. Aussi une aide internationale qui serait, selon les termes de Jacques Dessouter, expert agricole, un "véritable plan Marshall de la faim", à l'instar de l'aide américaine en nature qui a relancé notre agriculture après la Seconde Guerre mondiale, reste-t-elle encore un vœu pieux.

Une telle aide se heurte à la "balkanisation" de l'Afrique, tant dans le domaine politique que dans celui de la recherche internationale. **M.-L. M.**

ARCHÉOLOGIE

LES PHARAONS MANGÉS PAR LE SEL

Faudra-t-il un jour prochain surélever la totalité des territoires archéologiques égyptiens, comme il y a plusieurs années, et à grands frais, l'on suréleva le temple d'Abou Simbel en Haute Egypte ? Ce serait évidemment impossible, mais ce serait pourtant la seule manière de sauver de la destruction rapide l'un des ensembles historiques les plus précieux du monde. Car le sel est en train de détruire les monuments égyptiens.

Exemple : un tiers des fresques du tombeau de la reine Nefertari, la femme de Ramsès II, justement le constructeur d'Abou Simbel, ont été détruites en quelques années par les infiltrations de sel montées du sol, à Thèbes.

A Louxor, à Karnak et dans maints autres sites, bas-et-hauts-reliefs s'érodent à une vitesse déconcertante, les pierres sont altérées, s'effritent, les enduits tombent en poussière. On peut restaurer, certes, les bâtiments endommagés, mais on ne peut arrêter l'extension du phénomène qui est cause d'un désastre sans précédent

dans l'histoire de l'archéologie et, en tous cas, de l'égyptologie.

La cause en est tout simplement le fameux haut barrage, ouvrage à l'époque qualifié de pharaonique et construit par les Soviétiques sur la demande de Nasser et à la faveur de l'amitié égypto-soviétique, pour répondre aux besoins énergétiques de l'Egypte, mais peut-être aussi pour satisfaire aux ambitions nassériennes de grandeur. Le fameux haut barrage ou Sadd el Aali d'Assouan, achevé en 1970, a modifié le climat et le sous-sol égyptiens.

La pression de cette formidable masse d'eau a entraîné une élévation des nappes phréatiques, qui a dissout le sel sous-jacent à faible profondeur. L'irrigation intensive a accentué le phénomène, disséminant l'eau saumâtre dans des terres autrefois sèches. L'évaporation fait déposer des masses d'eau salée sur les monuments et, toujours sous l'effet de la chaleur, cette eau donne ensuite naissance à des cristaux de sel qui rongent les pierres quatre fois millénaires.

Le phénomène est évidemment irréversible, car on ne peut ni détruire le Sadd el Aali, à moins que certain projet fou d'un voisin belliqueux (le bombardement du barrage) n'y parvienne, ni faire rétrograder l'irrigation, essentielle au développement agricole de l'Egypte. Le budget égyptien de conservation des monuments a bien passé entre temps de 20 à 160 millions de francs, mais c'est bien peu en comparaison des sommes nécessaires à la restauration et à la protection des centaines de sites pharaoniques.

Dans deux siècles, selon certains experts, il pourrait ne plus rester grand-chose des merveilles léguées par les maîtres anciens de l'Egypte.

G.M.

● **Le Pacifique-Sud est un Eldorado** : un navire océanographique américain y a trouvé du pétrole, du cuivre, du platine, du zinc, du fer. De la Papouasie-Nouvelle-Guinée à l'Antarctique, des richesses énormes dorment sous la mer.

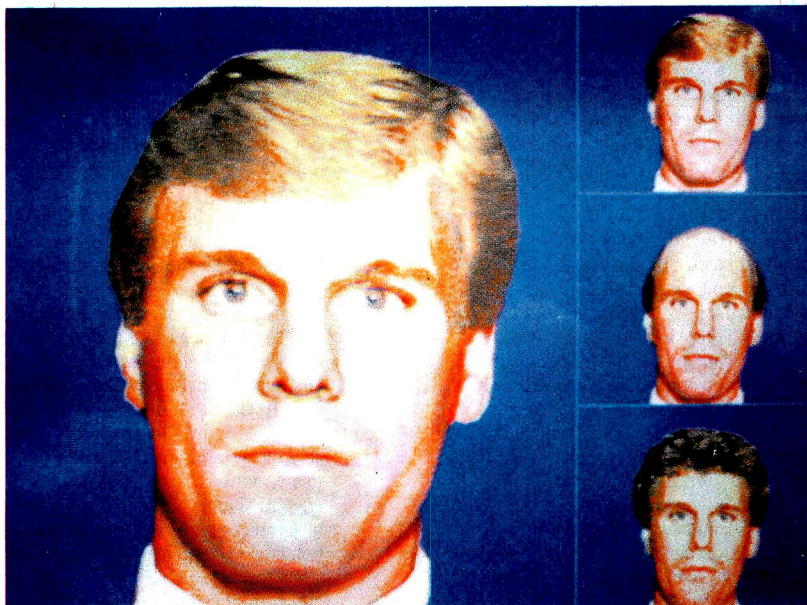
INFORMATIQUE

L'ORDINATEUR AU SERVICE DE LA MODE

Ce veston vous irait-il ? Et cette coiffure ? Les indécis pourront désormais répondre à ces questions frivoles grâce à un ordinateur, dit Cisco I, mis au point par Canaan Image Systems, société américaine. La méthode est simple : l'image du sujet est interprétée par l'ordinateur par combinaison avec celle de la coupe de cheveux ou du vêtement proposés, préalablement enregistrés.

Un coiffeur de Virginia Beach a poussé le raffinement jusqu'à faire emmagasiner par son ordinateur 4 096 tons différents et 16 valeurs de couleurs de cheveux. Le volume de la coiffure est aussi modifié à volonté par curseur. Ce développement de la fabrication d'images synthétiques, déjà utilisé par les urbanistes et les bureaux d'études aéronautiques, a également été adopté par une firme célèbre de produits de beauté.

G.M.



GANYMÈDE N'EST PLUS CE QU'IL ÉTAIT

Enfermé dans une salle de réunion pendant quinze heures, par la Société géologique de France, le petit monde de la planétologie française (une cinquantaine d'astronomes et de géophysiciens, plus le ministre de la Recherche et de la Technologie) a fêté son nouvel institut, l'INSU (Institut national des sciences de l'univers) : il a passé les planètes en revue et bousculé quelques certitudes.

L'une d'elles ne datait pourtant que de 1979 qui avait vu le passage des sondes Voyager, près de Jupiter, bouleverser 350 ans d'observations télescopiques. Ganymède, le plus gros des quatre satellites galiléens de Jupiter avec un diamètre de 2 640 km — les deux tiers de celui de la Lune — devenait, de morne boule de glace et de roche figée par sa petite taille, un monde à part entière, avec une tectonique des plaques à l'image de celle qui, sur la Terre, fait sortir le plancher océanique des fissures de la croûte : les dorsales.

Or, trois planétologues du Laboratoire de géologie dynamique interne de l'université d'Orsay, O. Forni, P. Thomas et P. Masson, ont expliqué qu'il fallait peut-être déchanter.

Ainsi, une calotte de 3 000 km de diamètre, Galileo Regio, dans l'hémisphère nord de Ganymède, est-elle entourée de fossés de plusieurs centaines de kilomètres creusés par l'affaïssissement de leur partie centrale et appelés par les géologues des "graben". On les croyait incurvés, autour d'un énorme impact météoritique que l'activité de Ganymède, supposée vigoureuse, aurait effacé. Las : les graben s'avèrent être linéaires.

Un autre indice d'activité tectonique était un cratère dont les deux moitiés semblaient avoir été écartées d'une dizaine de km par le rejet de magma d'une dorsale. Or ces deux moitiés n'ont pas le même rayon de courbure et appartiennent en fait à deux cratères, de 20 à 27 km de diamètre, se recouvrant partiellement.

Enfin, la croyance populaire voulait que les terrains sombres du satellite de Jupiter soient creusés de centaines de kilomètres de failles, rassemblées parallèlement par groupes d'une demi-douzaine, larges de 5 à 15 km, et que ces failles séparent

chacune des plaques tectoniques de 10 à 100 km de large.

Ces failles, ou sillons ("grooves"), ne seraient en fait que des phénomènes superficiels causés par la fissuration de la glace emplissant les graben. Les failles préexistantes, provoquées par les chutes de météorites, sont laissées intactes par les sillons, dont une analyse poussée des images montre qu'ils se prolongent sous les terrains clairs de Ganymède sans guère les affecter.

Il reste que les sillons recèlent un mystère. Leur formation durerait un million d'années, et exigerait que les terrains correspondants — de la glace en grande partie — soient restés partiellement liquides pendant 10 millions d'années, malgré la température ambiante (soit - 120°C).

De fait, ils sembleraient avoir été assez peu érodés, comme si les cratères météoritiques s'étaient enfoncés dans un sol fluide. Mais la chaleur nécessaire eût été suffisante à faire de Ganymède un objet réellement actif.

Un satellite de Saturne, Téthys, paraît par contre avoir gagné ses galons de "monde actif". Il semblerait que l'immense canyon Ithaca Chasma, qui couvre près de la moitié de sa circonférence, serait finalement plus ancien que le cratère de 400 km qui avait été, à l'origine, rendu responsable de sa formation, a affirmé James W. Head, de l'université de Providence (Etats-Unis). Téthys, qui n'a qu'un diamètre de 530 km, cache-t-il sous sa petite taille une vie troublée ?

S.C.

NEUROLOGIE

IL Y A BIEN UN ORGANE SEXUÉ DANS LE CERVEAU

Toutes les théories et hypothèses sur une expression physiologique, mesurable, d'une différence entre les sexes qui serait située dans le cerveau ont été jusqu'ici tournées en dérision.

Quand, il y a quelques années, on découvrit une différence dans la forme du corps calleux dans le cerveau des hommes et des femmes, puis encore, dans la forme d'un noyau suprachiasmatique, toujours dans le cerveau, on en inféra un peu vite qu'une différence morphologique ne signifierait pas grand-chose. Personne n'avait eu l'idée de mesurer les poids et les taux cellulaires de ces organes.

Deux Hollandais, Swaab et Fliers, de l'Institut néerlandais pour la recherche sur le cerveau, à Amsterdam, viennent, non seulement de trouver une troisième formation dimorphique (c'est-à-dire de forme différente selon le sexe) dans le cerveau, cette fois-ci dans la région préoptique de l'hypothalamus, mais encore d'en mesurer les poids et volume chez les hommes et les femmes. Il résulte de leurs travaux, publiés dans *Science*, que cette formation est plus de deux

fois et demie plus volumineuse chez les hommes que chez les femmes et qu'elle contient près de 2,2 fois plus de cellules.

Il serait toutefois prématuré d'en tirer des conclusions et surtout, d'en déduire que les hommes sont plus intelligents que les femmes, puisqu'on ne connaît pas encore la fonction de ce noyau. Tout ce qu'on en sait est qu'il est situé dans une région qui joue un rôle essentiel dans le comportement sexuel et dans la sécrétion de gonadotropine chez les autres mammifères. Il se pourrait donc tout simplement que ce noyau ne soit que le reflet des différences sexuelles entre hommes et femmes.

G.M.

● **Terminaux d'ordinateurs contre-indiqués en cas de grossesse**
91 sur 250 opératrices japonaises de terminaux ont accusé des problèmes anormaux durant leurs grossesses. 8 de ces femmes ont fait des accouchements prématurés, 8 autres des fausses couches et 5 ont mis au monde des enfants mort-nés. On n'a encore trouvé aucune base matérielle à ces phénomènes.

CYBERNÉTIQUE

VERS L'ORDINATEUR COLÉREUX...

Un ordinateur capable de réactions autonomes, non programmées, constitue l'une des perspectives les plus singulières de la recherche électronique. Comme l'on peut le deviner, il serait l'un des produits des noces de l'électronique, de la biologie et de l'électronique moléculaire, c'est-à-dire de l'utilisation de molécules d'origine biologique dans la construction de systèmes électroniques.

Le Pr John Albery, de l'Imperial College de Londres, vient ainsi de mettre au point un modèle rudimentaire d'un tel ordinateur : il s'agit d'un appareil équipé d'enzymes et capable de déterminer par réaction chimique la teneur en alcool d'un gin et tonic, par exemple. L'appareil comprend un tube en métal muni à une extrémité d'une membrane perméable ; sous la membrane se trouvent des enzymes spécifiques sensibles à l'alcool. La réaction des enzymes déclenche un signal électrique transmis à un mini-ordinateur par des électrodes. Pratiquement, certes, cela n'a guère beaucoup plus d'intérêt qu'un classique alcoomètre ; théoriquement, cela ouvre des horizons infinis.

On peut ainsi imaginer, en médecine, un appareil qui détecterait le taux d'alcool dans le sang ou de sucre dans les urines, ou encore d'adrénaline, d'hormones sexuelles, voir d'anticorps ou de cellules cancéreuses dans tel ou tel tissu.

Si l'on va plus loin, on peut imaginer un ordinateur capable de faire une scène à tel sujet qui aurait mangé trop de sucre ou bu trop de vin... Et pourquoi pas, à quelqu'un qui dirait des bêtises !

L'occasion est bonne pour rappeler que l'objectif ultime fut décrit et même réalisé dans les années cinquante, par un autre Anglais, trop souvent méconnu, Ashby, inventeur d'un système qu'il appelait "homéostat" et qui n'était en fait qu'un ordinateur rudimentaire associé à un système comportant plusieurs possibilités de réactions chimiques, toutes dépendantes de la température ambiante et du degré d'hygrométrie de l'air. Les opérations de l'homéostat variaient donc constamment en fonction de paramètres aléatoires.

Cette invention passa alors quasi-

ment pour une coquecigru. Un tiers de siècle plus tard, les Japonais investissent quelque 30 milliards de centimes dans la recherche dans ce domaine.

L'un des intérêts de l'électronique moléculaire, en effet, est qu'elle permet de pousser encore plus loin la miniaturisation : au lieu d'avoir, par exemple, un micron d'espacement entre les électrodes d'une puce, on peut n'avoir que 0,2 micron.

De plus, les molécules présentent un grand intérêt : elles s'organisent elles-mêmes en structures, sans intervention externe, alors que les silicons doivent être fabriqués selon des processus rigoureusement contrôlés. Enfin, si l'on pouvait utiliser à plein les capacités d'emmagasinement, de réplication et de transmission de l'ADN, c'est par milliards que l'on pourrait stocker les informations dans une puce.

Bien évidemment, le développement de l'électronique moléculaire imposerait une refonte intégrale des théories et des techniques de l'information. Plusieurs spécialistes et notamment des Américains, estiment qu'il faudra bien une trentaine d'années avant que l'on arrive à produire des ordinateurs moléculaires performants.

Néanmoins, il est possible, voire probable que le plein avènement de l'électronique moléculaire soit facilité dans une certaine mesure par des réalisations plus modestes, telles que des senseurs à usage médical, implantables sous la peau et incorporés aux micro-pompes déjà utilisées : à partir du moment où telle ou telle substance dans le sang ou le plasma atteindrait un taux anormal, trop bas ou trop haut, la micro-pompe serait automatiquement activée. Ce qui éviterait de donner des médicaments en continu, comme le font actuellement les micro-pompes à insuline, indépendamment des besoins variables de l'organisme.

Bref, on évolue vers l'"organicisme" des ordinateurs, déjà annoncée par de nombreux spécialistes et, puisque nous avons déjà évoqué la science-fiction, vers la réalisation des cyborgs imaginés voilà également trente ans, individus bien humains, mais dotés de systèmes leur permettant de s'adapter à des conditions et

des milieux très différents du nôtre : températures très basses ou très hautes, pressions atmosphériques anormales, etc.

Alors sans doute il faudra craindre que les nouveaux ordinateurs soient sensibles aux infections, par exemple à une épidémie de grippe ! **G.M.**

REGRETS

ORDINATEURS POUR LA RECHERCHE : LAPSUS À DOUBLE DÉTENTE

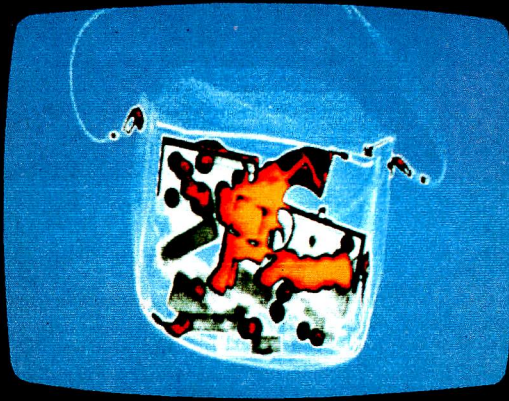
Dans notre article "Ordinateurs : les chercheurs crient misère" (juin 1985), nous avons écrit à tort que le Mini 6, mini-ordinateur imposé par notre compagnie nationale Bull à divers organismes de recherche, était une machine américaine de marque Ridge sur laquelle Bull mettait son étiquette.

Les connaisseurs auront rectifié d'eux-mêmes : le Mini 6 est bien une machine d'origine américaine, mais elle fut conçue par Honeywell et non par Ridge.

Mutatis mutandis, la signification est la même : notre compagnie nationale parvient à imposer en milieu scientifique des machines dont elle n'est pas le concepteur, et qui ne sont pas utilisées par les chercheurs dans leur pays d'origine.

Pourquoi avons-nous écrit "Ridge" ? Parce que cet autre mini-ordinateur est, précisément, une machine américaine sur laquelle Bull appose son étiquette. La compagnie française l'a rebaptisée SPS 9 et la propose à un prix deux à trois fois supérieur à son prix aux Etats-Unis. Alors que le Mini 6 n'est pas considéré par les chercheurs comme adapté aux problèmes du calcul scientifique, le Ridge présente un réel intérêt sur le plan graphique. Mais ses performances théoriques ne correspondent pas à ses performances réelles : conçu en principe pour être utilisé par huit personnes en même temps, il n'est pleinement efficace que pour un seul utilisateur à la fois. **O.P.V. ●**

LES AÉROPORTS FACE AU TERRORISME



Devant la vague de terrorisme, on renforce les mesures de sécurité sur les aéroports : sacs à main passés aux rayons X, bagages examinés par les gendarmes juste avant le décollage, vigiles au pied de l'avion durant l'escale.



L'EVIDENCE L'A MONTRE DE FAÇON

TRAGIQUE: FACE A des terroristes déterminés, les aéroports actuels sont des passoires. Il est possible et nécessaire de les rendre plus sûrs, mais il faudra y sacrifier du temps, de l'argent et du confort. Il y faudra aussi plus de technique.

11 juin: détournement du Boeing 727 de la compagnie jordanienne Alia par des terroristes qui le font ensuite exploser à Beyrouth. 14 juin: détournement du Boeing 727 de la TWA, qui se pose à Beyrouth après deux allers et retours Beyrouth-Alger et assassinat d'un passager américain. 19 juin: explosion d'une bombe de forte puissance à l'aéroport de Francfort (3 morts, 44 blessés). 23 juin: explosion du Boeing 727 d'Air India: (329 morts). 23 juin encore, explosion d'un conteneur à bagages à l'aéroport de Narita-Tokyo: (2 morts, 4 blessés). 1^{er} juillet: explosion de deux bombes à Madrid, l'une devant les bureaux TWA et British Airways (1 mort, 24 blessés), l'autre, provoquée sous contrôle car découverte à temps, devant les bureaux d'Alia. 1^{er} juillet encore: explosion d'une valise piégée à Fiumicino-Rome (15 blessés). Bilan d'une vingtaine de jours: 336 morts, 85 blessés.

Rien ne va plus dans les voyages aériens. Piraterie et terrorisme nous ont ramené aux pires jours des pirates barbaresques d'il y a trois siècles. Trois raisons: les transports aériens sont l'orgueil des grandes puissances qui attire la malveillance des minorités "agissantes"; puis, les sinistres aériens font l'objet d'une publicité qui sert la cause de ces minorités; enfin, la sûreté dans les aéroports est à revoir.

Cette sûreté aérienne semblait jusqu'ici satisfaisante. Après les "années insouciantes" de l'après-guerre, les premiers actes de piraterie aérienne d'après-guerre — le tout premier

remonte déjà à 1948, le premier effectué en France remontant seulement à 1973 (!) — incitent les aéroports en premier lieu à se munir de deux systèmes techniques qui semblent donner satisfaction pendant une quinzaine d'années: les magnétomètres portables, dits "poêles à frire", et les portiques de détection d'objets métalliques (armes blanches et à feu) par lequel les passagers sont priés de passer, puis les appareils à rayon X par lesquels sont passés les bagages à main.

Rien qu'à Roissy, en 1984, ces systèmes ont permis de prendre 450 fusils et carabines, 678 pistolets et revolvers, 17 616 pièces de munitions et d'explosifs et 9 896 armes blanches et "divers".

Puis on a resserré les programmes de fonctionnement des aéroports. Pour qui a pris l'avion dans les années cinquante, par exemple pour aller du Bourget au Caire, les aéroports de l'époque étaient une joyeuse foire où les parents allaient accompagner les voyageurs en partance jusqu'au pied de la passerelle, leur confiant juste avant de monter dans l'avion des cadeaux divers...

Par la suite, même l'accès aux terrasses fut interdit à Orly, nouvel aéroport, et l'architecture de Roissy, construit après Orly, a dû tenir compte encore plus étroitement des contraintes de sécurité.

Entre temps, la détermination des pirates et terroristes s'est également renforcée. 15 tentatives de détournement entre 1948 et 1957, 83 dans la seule année 1970. Même si l'on est tombé à 28 en 1984, c'est encore trop. D'autant plus qu'il ne s'agit

plus seulement de détournements, mais de prises massives d'otages dont la vie est mise en danger et quelquefois même sacrifiée (que l'on se souvienne de l'affaire d'Entebbe, qui motiva l'intervention d'un commando israélien).

Les deux systèmes techniques cités plus haut se sont révélés susceptibles de défaillance, soit par la faute d'un manque de vigilance des personnels chargés de les faire fonctionner, soit par complicité, soit encore parce que les pirates se sont frottés à la technique. Ainsi, un revolver emballé dans du papier d'aluminium auquel on a donné la forme d'un séchoir à cheveux passe sans encombre aux rayons X. Un revolver emballé dans certain plastique passe également en toute impunité par un portique.

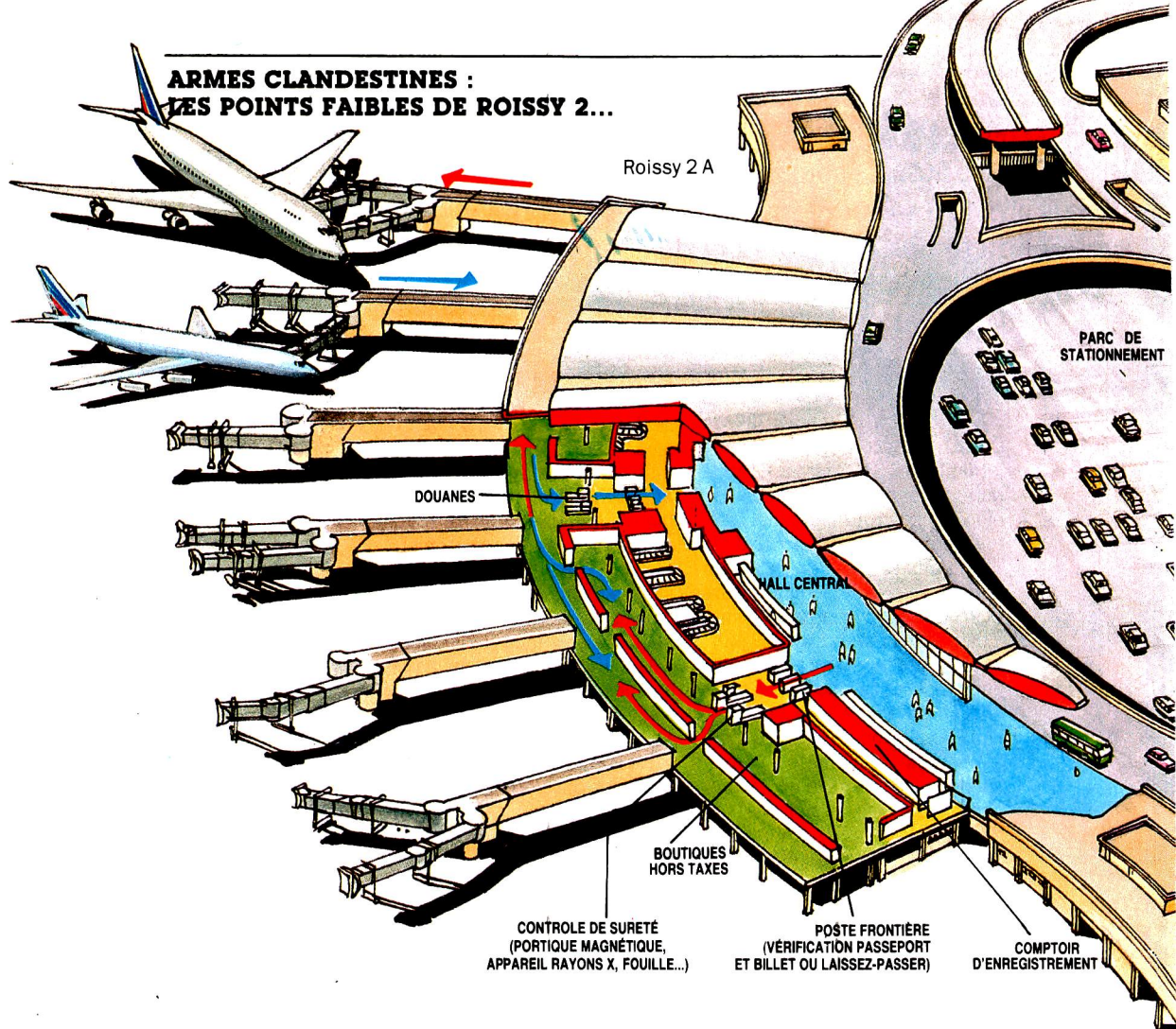
Des études américaines indiquent que la vigilance des opérateurs d'appareils à rayon X baisse déjà au bout de 20 minutes, par ennui et fatigue.

En ce qui concerne les tentatives de destruction d'un avion en plein vol, les risques se révèlent plus sérieux qu'on a bien voulu le croire autrefois. Il suffit, sur certaines compagnies et dans certains aéroports, de prendre le billet pour une destination donnée, de faire normalement enregistrer ses bagages, parmi lesquels on aura placé une bombe à retardement, puis de quitter tranquillement l'aéroport. L'avion s'envole avec la bombe, et c'est un attentat tel que celui du Boeing d'Air India.

Il n'existe dans aucun aéroport au monde de fouille systématique des bagages de soute "avant" l'embarquement. Une telle pratique retarderait considérablement, pense-t-on, l'enregistrement des passagers. Mais plusieurs services aéroportuaires et, en France, les Douanes, disposent d'appareils de détection à rayon X destinés à ces bagages: on voit apparaître sur les écrans tout fil métallique suspect qui annoncerait la présence d'un détonateur, puisque ce fil doit être métallique, doit résister à la chaleur et doit avoir

(1) Le tout premier dans l'histoire de l'aviation eut lieu au Pérou, en 1931: il visait à répandre des tracts par la voie des airs.

ARMES CLANDESTINES : LES POINTS FAIBLES DE ROISSY 2...



au moins 5 mm² de section.

On voit également apparaître les armes, notamment les armes à feu, et la drogue, qui se présente le plus souvent en sachets ou en paquets assez caractéristiques.

Mais l'examen des bagages n'est pas systématique, pour la simple raison qu'il n'y a pas assez de ces appareils : 4 à Roissy 1 ; 4 à Roissy 2 ; 2 à Orly-Sud ; 2 à Nice ; et 1 en cours d'installation à Lyon. Le terroriste a donc encore des chances, et le passager, des risques, car c'est par centaines de milliers que les valises s'envolent chaque jour des aéroports français, et tous les aéroports du monde ne sont pas munis de ce système.

Actuellement, l'examen radio-

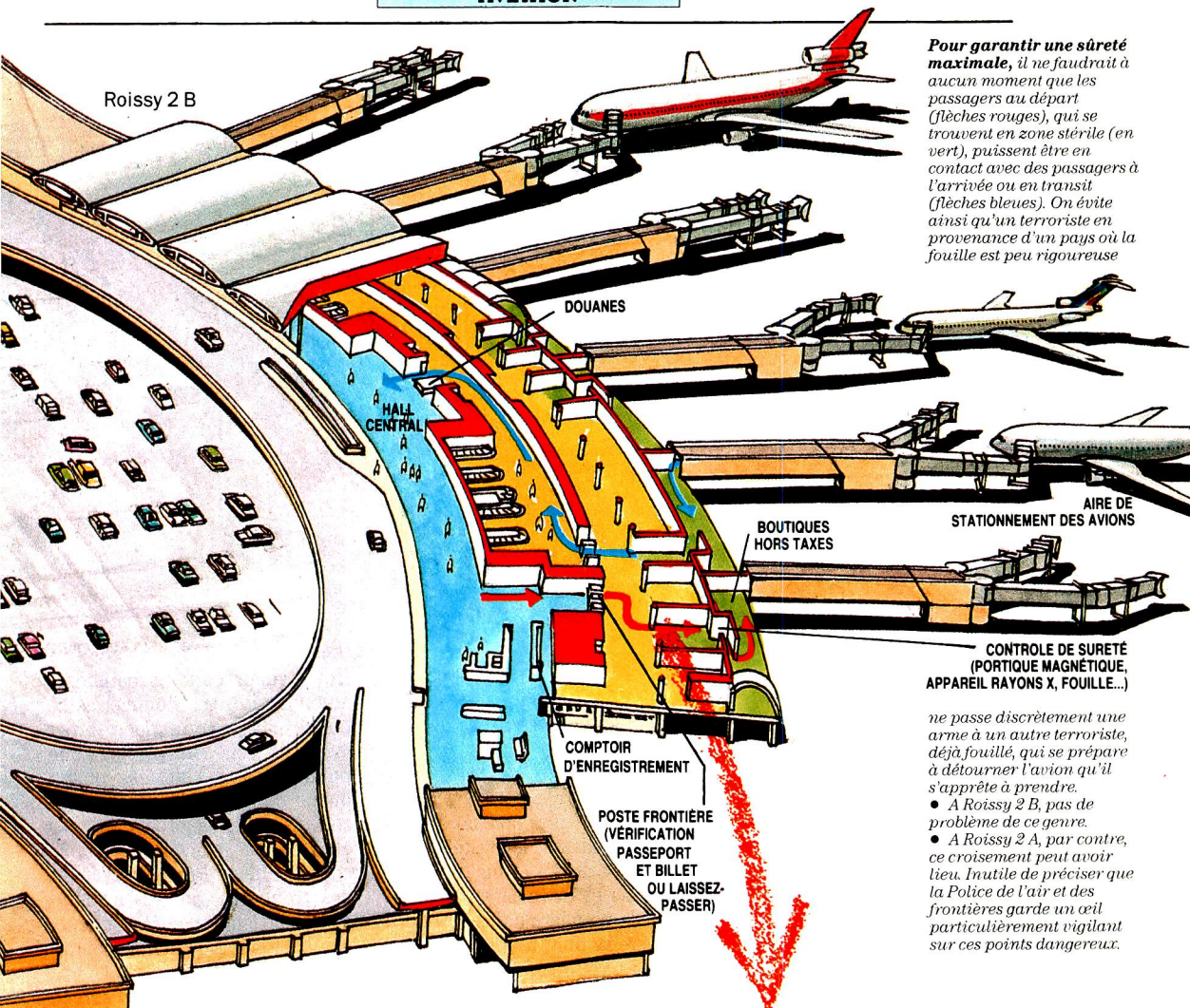
graphique des bagages de soute est réservé aux vols "sensibles" de lignes telles que El Al, Turkish Airlines ou Korean Airlines ou, depuis peu, Air India. Quand on trouve un bagage suspect, on le fait généralement exploser avec un canon à eau.



n fait certes mieux en matière de détection, comme on le verra plus loin.

Mais, dans plusieurs aéroports, dont Roissy et Orly, on estime à juste titre que le chien est aussi le meilleur ami du voyageur aérien. Ce qui est exact, car un chien peut repérer, selon son dressage, des odeurs de drogue ou des vapeurs d'explosifs. Mal-

heureusement, un odorat de chien cela s'use aussi, puis un chien ne sait pas toujours désigner le bagage suspect. Et quand son aboiement indique qu'il a décelé quelque chose, on ne l'écoute pas toujours, comme on l'a vu à Montréal : un chien avait bien décelé quelque chose de suspect dans les bagages du Boeing d'Air India, mais on n'en a pas tenu compte ; on a simplement écarté trois valises suspectes, par peur de retarder le vol. Plus tard, les responsables ont déclaré qu'ils n'auraient jamais dû laisser décoller cet avion... Mais il n'y a que deux chiens à Orly et il y en aura bientôt deux à Roissy, ce qui est bien peu pour des centaines de milliers de valises !



Pour garantir une sûreté maximale, il ne faudrait à aucun moment que les passagers au départ (flèches rouges), puissent être en contact avec des passagers à l'arrivée ou en transit (flèches bleues). On évite ainsi qu'un terroriste en provenance d'un pays où la fouille est peu rigoureuse

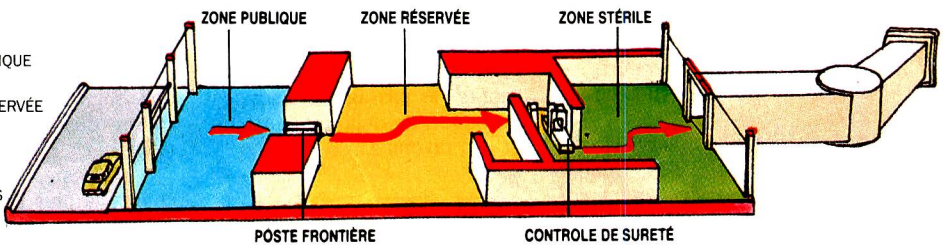
ne passe discrètement une arme à un autre terroriste, déjà fouillé, qui se prépare à détourner l'avion qu'il s'approprie à prendre.

- A Roissy 2 B, pas de problème de ce genre.
- A Roissy 2 A, par contre, ce croisement peut avoir lieu. Inutile de préciser que la Police de l'air et des frontières garde un œil particulièrement vigilant sur ces points dangereux.

EN BLEU : ZONE PUBLIQUE

EN JAUNE : ZONE RÉSERVÉE (PASSAGERS ET PERSONNELS)

EN VERT : PASSAGERS AU DÉPART



Donc, la technique destinée à assurer la sécurité n'est pas sans faille ; elle n'est plus suffisante.

Second aspect de la sécurité, l'organigramme de fonctionnement de l'aéroport. Il n'est pas question, pour des raisons évidentes, de passer ici en revue le mode de fonctionnement de tous les aéroports du monde et de la circulation à leur intérieur.

Tenons-nous-en donc à ceux de Roissy et d'Orly, qui ne sont certes pas les moins sûrs.

Ces deux aéroports sont des sortes de petites villes avec des frontières et pas d'habitants : plus de 1 500 ha pour Orly, plus de 3 000 pour Roissy, avec une population migratoire permanente de 20 000 à 30 000 personnes. Par Orly par exemple,

transitent 50 000 passagers par jour en moyenne, soit 3 000 par heure en temps normal, 5 000 aux heures de pointe, plus les personnes qui les accompagnent, soit 8 000 par heure en tout.

Le personnel aussi est imposant : 25 000 personnes à Orly, dont la majeure partie (15 000) appartient aux compagnies aériennes basées sur l'aéroport.

... ET SURTOUT DE ROISSY I

Plus encore qu'à Roissy 2 A, des contacts dangereux (décrits dans la légende page 67)

peuvent s'établir entre les passagers qui partent (flèches rouges) et ceux qui arrivent (flèches bleues) dans un même satellite, la zone stérile (en vert) commençant à l'entrée du couloir mécanique.

plus le personnel de l'Aéroport de Paris, soit encore 3 000 personnes.

Pour se faire une idée du reste de cette population, on peut faire le décompte suivant :

- personnel lié aux activités commerciales de l'aéroport, restaurants, boutiques, hôtels, soit 2 500 ;
- personnel des services publics, Douanes, Police, Gendarmerie, PTT, services de santé, soit 2 000 ;
- personnel travaillant au fret aérien et ne faisant pas partie des compagnies aériennes déjà citées, soit 1 500 ;
- personnel des sociétés de sous-traitance s'occupant de l'entretien des avions ou d'entreprises industrielles implantées à proximité de la zone de fret, soit 1 500.

Tout cela, donc, en plus du personnel des compagnies et du

personnel aéroportuaire. Ce monde suivant le système des "trois × huit" (trois fois huit heures) et travaillant surtout le jour, la population des aéroports tombe, la nuit, à 500-1 000 personnes. On imagine sans trop de peine que des puissances ténébreuses trouveraient aisément dans tout cela quelques complices qui voudraient bien passer une arme ou une grenade "après" le passage des services de police, au-delà des portiques et des rayons X.

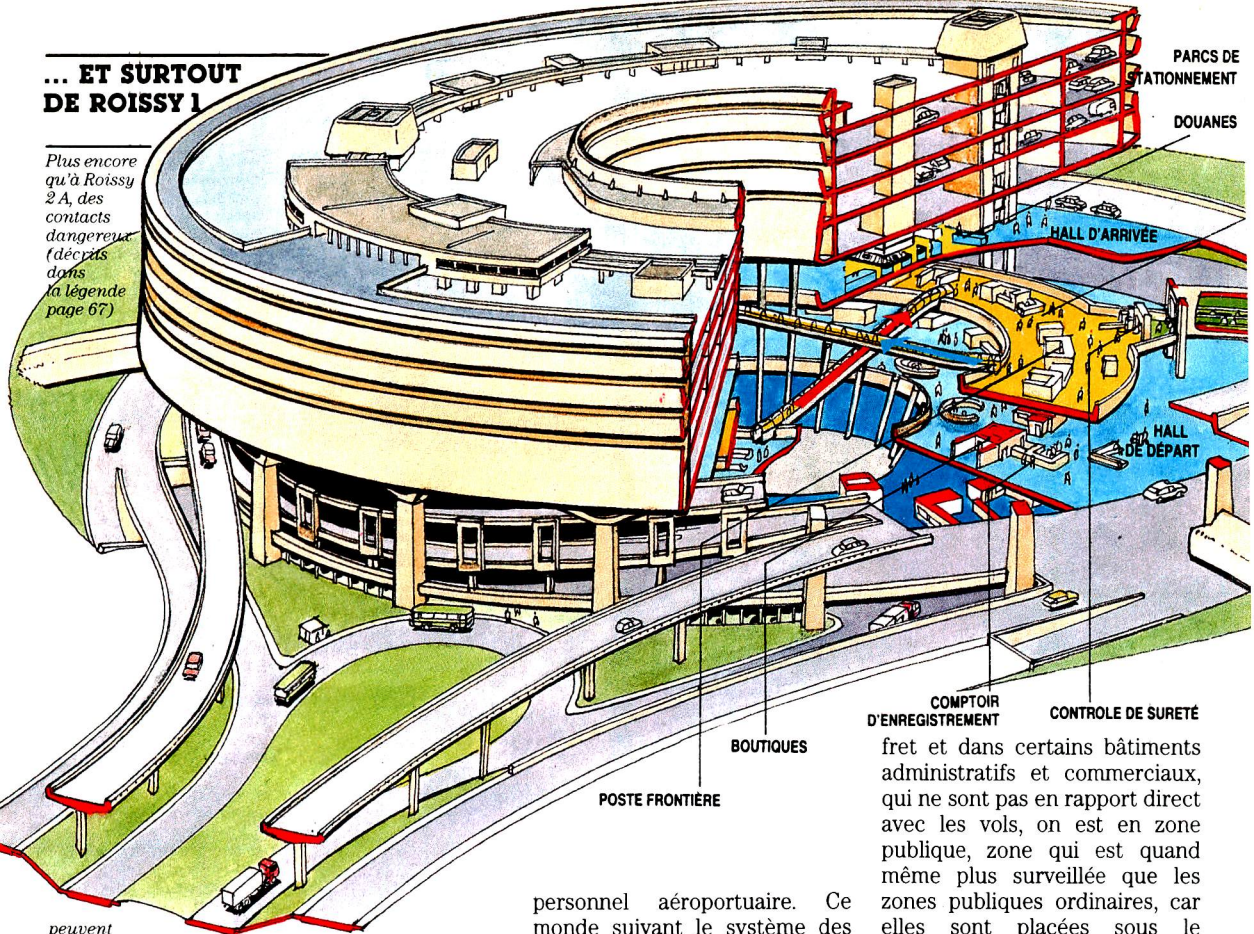
Mais comment donc circule ce personnel ? Question cruciale autant que complexe. Il y a, dans les deux aéroports, des zones d'activité où l'on peut circuler librement, d'autres où l'accès est réglementé. Dans les halls centraux des aérogares, les parcs de stationnement et les routes de la voie publique, ainsi que sur une partie du secteur du

COMPTOIR D'ENREGISTREMENT CONTROLE DE SURETÉ

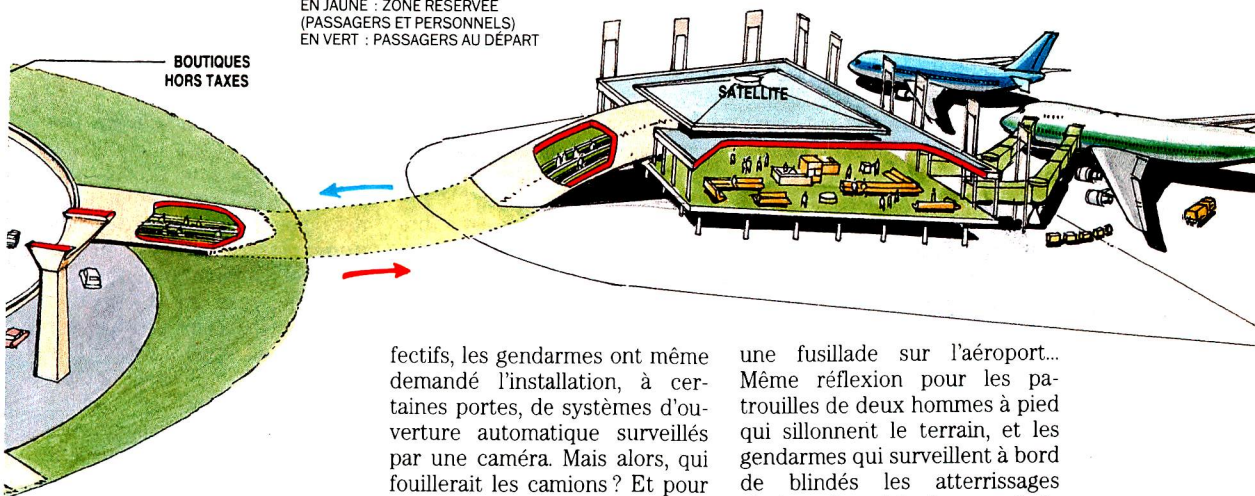
fret et dans certains bâtiments administratifs et commerciaux, qui ne sont pas en rapport direct avec les vols, on est en zone publique, zone qui est quand même plus surveillée que les zones publiques ordinaires, car elles sont placées sous le contrôle de la Police de l'air et des frontières, qui est évidemment particulièrement vigilante, puisqu'il s'agit d'un centre névralgique.

C'est dans la zone réservée que doivent se faufiler les pirates et terroristes éventuels qui voudraient s'approcher des avions ou passagers, soit pour placer des bombes à bord, soit pour glisser des armes à des complices.

A l'origine, cette zone, qui couvre la plus grande partie de l'aéroport, fut créée pour des raisons douanières et en raison du danger qu'il y a à circuler près des pistes. Elle est entourée de dizaines de kilomètres de grillages, mais, première observation, ce grillage n'est pas électrifié. A Orly, il y a des agriculteurs sur le terrain ; à Roissy, les "taxiways", ces voies par lesquelles l'avion va de l'aérogare même à la piste d'envol et de la piste d'atterrissage à l'aérogare,



EN BLEU : ZONE PUBLIQUE
EN JAUNE : ZONE RÉSERVÉE
(PASSAGERS ET PERSONNELS)
EN VERT : PASSAGERS AU DÉPART



passent au-dessus de routes ; un terroriste armé d'un lance-grenades, par exemple, pourrait s'y terrer.

Les pistes, taxiways, aires de stationnement, bâtiments et hangars des compagnies sont sous la surveillance de la Gendarmerie des transports aériens. Une centaine de gendarmes, aidés par une autre centaine de jeunes appelés du contingent, se partagent les 3×8 , ce qui fait qu'il y en a en permanence 50 à 80. Leurs logements sont situés sur l'aéroport, ce qui fait aussi qu'en cas de coup dur ils arrivent sur les lieux en quelques minutes, observe le lieutenant-colonel Baud, qui les dirige. D'autant qu'il est toujours possible de faire appel à la Gendarmerie mobile, voire au GIGN. Mais 50 à 80 hommes, ce n'est pas assez, ou du moins, ce ne l'est plus.

Ce sont les appelés qui contrôlent les accès de la zone réservée, soit 7 portes à Orly et 8 à Roissy ; à raison de deux par guérite, ils ne doivent laisser passer que les véhicules munis d'une plaque circulaire de 20 cm de diamètre, jaune pour Orly, blanche pour Roissy, et les piétons munis d'un badge ou d'un laissez-passer.

Mais là non plus ce n'est pas assez. Devant leur manque d'ef-

fectifs, les gendarmes ont même demandé l'installation, à certaines portes, de systèmes d'ouverture automatique surveillés par une caméra. Mais alors, qui fouillerait les camions ? Et pour le moment, deux hommes résisteraient-ils à l'assaut d'un commando suicidaire ?

Certes, une ou deux voitures de gendarmerie, avec deux ou

une fusillade sur l'aéroport... Même réflexion pour les patrouilles de deux hommes à pied qui sillonnent le terrain, et les gendarmes qui surveillent à bord de blindés les atterrissages d'avions "sensibles" au seuil de piste, ainsi que ceux qui gardent un avion en stationnement (c'est ce qui s'appelle le "filtrage statique", devenu quasiment per-



trois hommes à bord, patrouillent en permanence sur l'aéroport, équipées de trois systèmes différents de liaison radio :

- avec toutes les gendarmeries limitrophes ;
- avec les gendarmeries des aéroports de la région parisienne ;
- et avec la tour de contrôle, dont la surveillance s'étend à tout le terrain ; ce n'est pas assez non plus, sauf, dans le cas où un camion kamikaze réussirait à franchir un accès, à envisager

manent ces temps-ci).

La zone réservée s'étend au cœur de l'aérogare ; là, elle est placée sous le contrôle de la Police de l'air et des frontières ; elle se superpose à la zone internationale sous douane ; c'est là, entre autres, que sont réglés les problèmes d'immigration et de dédouanement de marchandises. Pas assez de monde une fois de plus : pour assurer cette police à Roissy, à Orly et au Bourget. Le commissaire divisionnaire Le Cornec ne dispose que d'un peu

Pour pénétrer, par l'un des sept accès, dans la zone réservée d'Orly, il faut montrer patte blanche aux gendarmes. Mais toutes les voitures sont-elles fouillées !

plus de 1 200 hommes, dont 750 à Roissy et au Bourget ; de 450 à 500 à Orly. Or, il lui en faudrait une centaine de plus. Pour lui prêter renfort, on a néanmoins commis une trentaine de CRS à Roissy, ce qui n'était autrefois qu'occasionnel. Dans un aéroport de province comme Nice, il y a 200 policiers, à Marseille, 300, l'effectif total de la Police de l'air et des frontières ne dépassant pas 5 000 hommes et femmes, dont 2 500 pour les aéroports. Il en faut nettement plus.

Pourquoi plus ? Parce que c'est cette police qui, en plus de ses attributions habituelles, filtre les passagers et les personnels qui franchissent l'enceinte de la

mené la durée de 5 à 3 ans, pour resserrer le contrôle.

Ces badges et laissez-passer ne permettent pas tous l'accès aux mêmes zones de l'aire réservée.

- Ceux qui portent la lettre P donnent accès à la zone passagers, c'est-à-dire jusqu'à l'avion ;
- T, à la zone trafic, c'est-à-dire aux aires de stationnement des avions ;
- E, à la zone entretien, c'est-à-dire aux hangars où sont révisés les avions ;
- F, à la zone fret ;
- M, à la zone mouvement, c'est-à-dire aux pistes de décollage et d'atterrissage.

sent les derniers contrôles de police, avec fouilles éventuelles (quand un portique fait retentir le bip-bip révélateur) et elles comprennent la salle d'embarquement et les avions.

Mais les aéroports n'ont pas été construits dans une époque aussi critique que celle-ci ; les zones stériles comportent donc des points faibles (**dessins pages précédentes**), où les passagers en partance qui ont passé le dernier contrôle sont en contact avec ceux arrivant sur un autre vol. Ainsi, à Roissy 1, le contrôle s'effectue avant le tapis roulant qui mène au satellite, lequel dessert, lui, plusieurs vols. Un terroriste en partance pour New York, par exemple, pourrait y donner rendez-vous à un complice arrivant d'un aéroport mal surveillé et portant armes et grenades. De même, à Orly, il arrive que les passagers de vols intérieurs, non fouillés, soient en contact avec des passagers de lignes internationales.

La Police de l'air et des frontières connaît d'ailleurs bien ces points-là et les soumet à un contrôle particulier ; nous n'aurons donc pas donné ici une bonne idée aux terroristes ; mais enfin, il est possible de déjouer parfois la surveillance de toute police. A Roissy 2, en tous cas, l'architecte a entièrement revu les plans établis en 1972 et les a adaptés aux contraintes nouvelles de sécurité. En réalité, seul Roissy 2 B offre le maximum de sécurité (**voir dessin page 60**) ; il faudrait réaménager tous les autres aéroports français sur son modèle ; et il faudrait, bien sûr, réaménager beaucoup d'aéroports internationaux...



Plateaux-repas, journaux, et marchandises détartrées sont montés à bord sans fouille préalable.

zone réservée. On a dit plus haut quelle foule ils doivent donc filtrer : 7 millions de gens par an ! Ce sont les policiers qui distribuent les badges et les laissez-passer après enquête auprès de divers services de police, et qui filtrent les passeports, cartes d'embarquement et billets des passagers. Vaste boulot !

15 000 personnes possèdent un badge, simple carte de plastique avec photo d'identité, rien que pour Roissy, 35 000 pour Orly ! La population d'une petite ville ! Il est vrai qu'on en a ra-

En dépit de la rigueur évidemment accrue de la Police de l'air et des frontières sur l'attribution des accès à ces différentes zones, le personnel porteur de ces badges et laissez-passer n'est jamais soumis à fouille ni contrôle ; seulement à la vérification du document. Là encore, il y a donc vulnérabilité relative de la sécurité.

A l'intérieur de la zone réservée, il existe un territoire restreint que les professionnels appellent "zone stérile" ; il commence là où les passagers subis-

Reste enfin le bas de l'infrastructure : le service des escales. Car, par le haut, ne rentrent que les passagers, l'équipage et les bagages à main. Tout le reste (plateaux-repas, journaux, boissons, couvertures) passe par le bas. Un long-courrier qui vient de franchir l'Atlantique, par exemple, fait au

moins deux heures d'escale (une heure suffit pour les vols européens). L'avion arrive au bloc et est positionné au contact de l'aérogare. On le branche sur un groupe de génération électrique et, lorsqu'il fait trop chaud ou trop froid, à un système de climatisation. On débarque les passagers et, simultanément, on décharge les bagages de soute et le fret.

A partir de ce moment, on ne peut plus pénétrer dans l'avion par le haut. Une porte vitrée, bloquée par un système magnétique, l'isole dès l'entrée de la passerelle télescopique. Deux ou trois personnes de l'organisme du Commissariat hôtelier, le "catering", déchargent alors à l'aide d'un camion-élévateur amené à la hauteur de l'avion les reliefs des repas, la vaisselle sale, ainsi que les cigarettes, foulards, alcools vendus hors taxes. Tous ces objets sont rangés à l'intérieur de petits conteneurs (plombés pour les marchandises hors taxes).

Lorsque l'avion est vide, il faut le nettoyer. C'est le tour des femmes de ménage au nombre d'une dizaine qui empruntent la passerelle télescopique, et travaillent environ une heure.

Pendant ce temps-là, un technicien vérifie l'appareil. Purge de plein, vérification d'huile, etc... La visite s'effectue surtout à l'extérieur, ce technicien discutant avec le mécanicien-navigant des éventuels problèmes techniques à signaler. De temps en temps, il y a une pièce à changer. S'il s'agit d'une grosse pièce, l'avion peut prendre 3 heures de retard !

Sous l'avion, un camion fait la vidange des toilettes tandis qu'un autre camion-citerne refait le plein d'eau. Sur un Boeing 747, on doit embarquer 200 à 250 l d'eau. Ce n'est rien à côté des quantités colossales de carburant que le géant va avaler. 200 000 l sur un DC-10 pour 9 heures de vol, soit 200 t. Tout un réseau de pipe-lines souterrains parcourt le sous-sol de l'aérogare ; il suffit de connecter un tuyau flexible d'un côté, à une bouche située sur le sol, et de

l'autre côté sous l'aile de l'avion pour que le camion-pompe situé entre les deux fasse le plein.

Quand l'avion est propre, on le recharge. On commence par le fret, qui est amené sous l'avion par un train de petits chariots tirés par un petit tracteur, le tractiste. Un système élévateur permet de charger les conteneurs, qui épousent la forme de la carlingue, ou les colis sur palettes, dans la soute. Autour d'un gros porteur, il y a environ une dizaine de manutentionnaires sous la surveillance d'un technicien de l'aéroport qui veille à ce que l'opération d'escale se déroule normalement. A Roissy et Orly, seules les compagnies Air

conteneurs qui assureront le ravitaillement à bord. Des piles de journaux sont entassés à côté. Les plateaux-repas ont été préparés par l'une des trois compagnies qui s'occupent de la restauration dans les aéroports parisiens. Air France, Air Inter (une filiale des Wagons-Lits) ou Trust Forte House, une société anglaise. Sur un Boeing 747, on embarque jusqu'à 4 t de matériel en tout genre destiné aux passagers.

A 30 minutes du départ (à H - 30), commence là-haut l'embarquement des passagers, après toutefois une visite complète de l'appareil par l'équipage. « Dorénavant, je regarde partout,



France, Air Inter et UTA se chargent d'organiser leurs escales. Les autres compagnies font appel à l'Aéroport de Paris, qui se charge de toute l'opération.



n charge également les bagages des passagers.

Pour un Boeing 747, il peut y avoir jusqu'à 15 gros conteneurs remplis de valises. Simultanément, le camion-élévateur du Commissariat hôtelier amène les petits

là où autrefois je n'avais pas l'idée d'aller voir », nous confiait un commandant de bord. A 3 minutes du départ, les portes de soutes sont fermées et le technicien de l'escale, qui a supervisé le chargement de soute, donne au commandant de bord le devis de poids du chargement. C'est la *load sheet*.

Si tout va bien, on ferme les portes de l'avion, on débranche les circuits d'alimentation électrique et le pilote demande à la tour de contrôle l'autorisation de mise en route. Le gros tracteur

Le personnel non plus n'est pas fouillé.

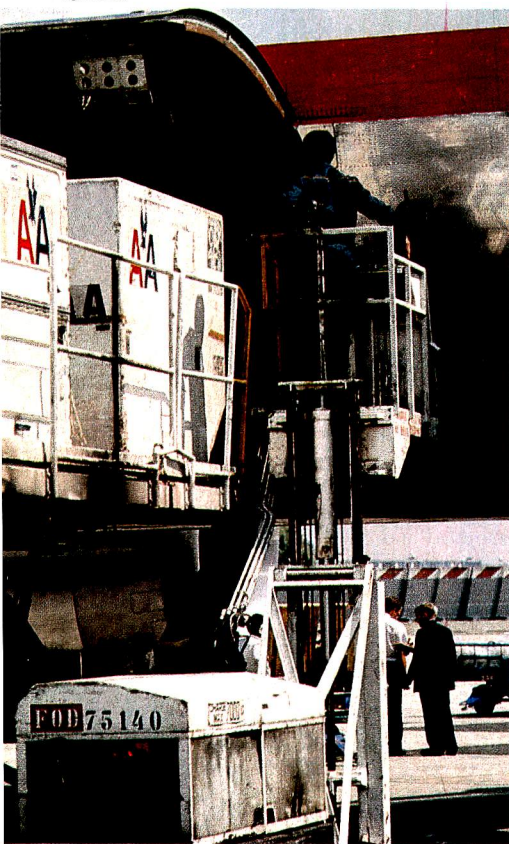
CONTRÔLES X : TROP PEU D'APPAREILS EN FRANCE

Voici la liste des appareils à rayons X réservés aux bagages à main qui sont installés sur les aéroports français :

Roissy 1 : 9 appareils
Roissy 2 : 14 appareils
Orly sud : 7 appareils
Orly ouest : 1 appareil
Lille : 1 appareil
Strasbourg : 2 appareils
Mulhouse : 2 appareils
Lyon : 2 appareils
Marseille : 5 appareils (1 autre de prévu)
Monaco : 1 de prévu
Nice : 1 appareil
Toulouse : 2 appareils
Bordeaux : 3 appareils
Ajaccio : 1 appareil
Bastia : 1 appareil

Les conteneurs de bagages sont la plupart du temps embarqués dans la soute sans être passés aux rayons X.

attaché à l'avant de l'appareil, pousse alors l'avion pour le mettre dans l'axe du taxiway. Et l'avion décollera bientôt avec, peut-être, caché dans un recoin ou au milieu de tous les objets qu'on y a entassés, un engin meurtrier.



Car, comme on l'a vu plus haut, aucune des personnes qui gravitent autour de l'avion au moment de l'escale n'est contrôlée. Pas plus que les objets qui montent à bord. Tout le système repose sur la confiance que l'on a dans le personnel engagé. La plupart des gens qui interviennent ont leurs bases sur le terrain même; ils viennent travailler soit avec un petit tracteur, ou en camionnette, ou encore à pied.

A l'heure des repas, il y a bien une cinquantaine de personnes qui se déplacent à pied sur le terrain sans que personne vérifie si elles sont bien à leur place. Au moment de l'escale, il y a presque une quarantaine de personnes sous l'avion. En plus du technicien de coordination, chargé de surveiller les opérations, les compagnies envoient fréquemment 2 ou 3 de leurs représentants pour suivre l'escale. Les charters n'ont généralement personne. Par ailleurs, certaines compagnies ont décidé de se doter de vigiles qui, au pied de l'avion, assurent la sécurité. C'est le cas notamment d'American Airlines.

Inutile de préciser qu'il y a, là aussi, maintes possibilités pour des gens décidés à s'infiltrer. Mais c'est encore les bagages de soute qui inquiètent le plus les responsables de la sûreté, car le contrôle en est irrégulier et souvent incomplet, tout simplement à cause de leur nombre : un millier pour un Boeing 747 !

Le fret, lui, pose moins de problèmes, car un terroriste ne sait jamais sur quel avion tel colis va embarquer. Alors, à moins qu'il veuille frapper au hasard... De toute façon, c'est une règle absolue, les colis et marchandises de fret restent un minimum de 24 heures dans les hangars avant d'être chargés. Cette mesure est récente et repose sur le fait qu'il est difficile de régler la minuterie d'une bombe de façon précise au delà de 24 h. Lorsqu'on a un doute, toutefois, notamment pour le fret en provenance d'Israël, on peut mettre les colis dans une chambre de décom-

pression; certaines bombes (mais de moins en moins) sont en effet réglées pour exploser à une certaine altitude.

Les bagages de soute, en revanche, n'attendent pas d'avoir eu le temps d'exploser avant le départ. Ce sont les valises des passagers. Elle sont sous la responsabilité des douaniers.

Au total 6 points faibles :

- le contrôle des passagers ;
- celui des bagages à main ;
- celui des bagages de soute ;
- celui du personnel de l'aéroport ;
- celui des zones stériles ;
- et celui de l'infrastructure du service d'escale.

Une bande de terroristes a encore des chances de placer une bombe à retardement dans les conteneurs de repas ou sous un siège, avec la complicité du personnel...

Les aéroports ressemblent encore trop à des passoires.

Que faire ? D'abord installer de nouveaux portiques. Il y en a 7 à Roissy 1 (1 par satellite) et une quinzaine à Roissy 2. Les modèles actuels peuvent détecter des masses aussi faibles que 5 à 15 g de métal ; ils sont toutefois réglés de manière à ne pas sonner pour la moindre baguette ou montre, car on estime qu'une grenade ou un revolver ont une masse plus grande (mais on commence à fabriquer des pistolets en plastique, dont le canon ne comporte que 18 g d'acier). Mais ce type de portique n'est pas infailible. Il offre une sensibilité un peu moins grande à certains endroits et comporte même des trous dans la détection, qu'un terroriste les connaissant avec précision pourrait utiliser à son profit.

Lil coûte 30 000 F. Il existe une version perfectionnée qui, grâce à un micro-ordinateur, peut reconnaître différents types de métaux, acier, aluminium, cuivre, ainsi que les feuilles métalliques, ce qui est précieux car plus de 99 % des armes sont en acier. Ce modèle,

fabriqué en Allemagne par Valon (il n'existe pas de fabricant français), coûte 40 000 F. On va d'ailleurs en installer prochainement une trentaine à Roissy et Orly.

Il existe par ailleurs un autre type de portique, très perfectionné, capable, cette fois, de détecter les explosifs, mais il coûte 260 000 F. Il pourrait surtout servir à contrôler les bagages de soute.

On peut ensuite améliorer le système de radiographie des bagages à main : les modèles actuels, qui coûtent environ 300 000 F, fabriqués par les firmes Balteau (Belgique), Scanray (U.S.) et Heimann (RFA), Balteau approvisionnant les trois quarts du marché des aéroports français, sont fiables... à la condition que le personnel opérateur soit bien formé et ne se fatigue pas, on l'a dit. On peut surtout en installer absolument partout : à Orly-Sud, il y a encore des salles d'embarquement qui n'en sont pas équipées et où l'on pratique la fouille manuelle. Et sur les vols domestiques, il n'y en a qu'un sur trois qui soit soumis à ce genre de vérification. Or, un terroriste peut embarquer sur un vol Paris-Marseille et exiger que l'avion soit détourné de l'autre côté de la Méditerranée.

On doit encore systématiser le contrôle par rayons X des bagages de soute, totalement insuffisant à l'heure actuelle, en multipliant les appareils et en les doublant du type de portique capable de reconnaître les explosifs mentionné plus haut. Les chiens douaniers n'auraient alors plus qu'à flairer la drogue (4 t de haschisch, 145 kg d'héroïne et 135 kg de cocaïne saisis en 1984 par les douaniers à Roissy, qui ont par ailleurs consacré 15 000 h de travail au contrôle des bagages de soute, selon M. Torrès, chef de la Division de surveillance).

Mais on tiendra quand même compte du fait que, si dans 90 % des cas les explosifs sont fabriqués de façon artisanale, ne sont pas purs et dégagent donc suffisamment de vapeurs pour être

détectés⁽²⁾, le plastic américain et le TNT soviétique sont très difficiles à détecter, parce que très purs. Peut-être faudrait-il alors recourir au système adopté depuis quelques mois par des compagnies telles que American Airlines, Delta, Austrian Airlines, Egyptair, Cyprus : la reconnaissance des bagages par chaque passager au pied de l'avion : pas de bagage embarqué qui ne soit dûment identifié. Depuis lors, quand il y a des bagages en trop, une camionnette de la gendarmerie équipée d'un appareil à rayons X est appelée sur les lieux. Doublant le système de numérotage des bagages actuellement en vigueur à l'enregistrement des passagers, cette pratique⁽³⁾ renforcerait sérieusement la sécurité.

Le problème des bagages en transit peut aussi être résolu. Actuellement, un passager qui a, par exemple, embarqué à Nice à destination de Washington, peut très bien interrompre son vol à Paris, tandis que ses bagages suivent le circuit normal et sont embarqués sans être à nouveau réenregistrés ; un terroriste pourrait donc laisser une bombe à retardement aller de Paris à Washington. Aux États-Unis, certaines compagnies obligent donc les passagers en transit à réenregistrer leurs bagages ; c'est un système qui doit être systématisé.

Problème attendant : celui des bagages égarés dit "rush", et qu'il faut réacheminer : un terroriste n'aurait aucune peine à se procurer des étiquettes et à fabriquer de la sorte un bagage fictif... Là aussi, un délai en salle isolée pendant au moins 24 h permettrait d'éliminer un risque : le bagage exploserait au sol.

L'organigramme des zones stériles doit être révisé de manière à isoler les passagers en partance de ceux qui débarquent. C'est indéniablement compliqué, mais faisable.

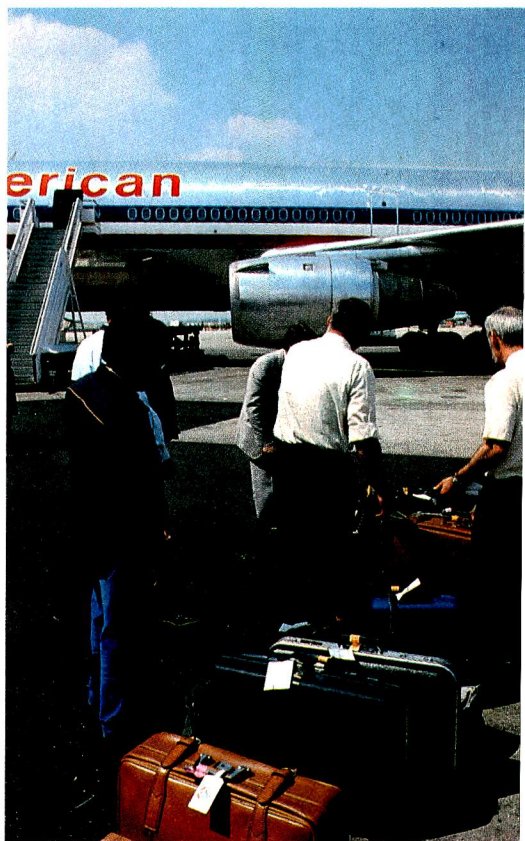
Depuis le drame de la TWA à

Beyrouth, tout le personnel navigant et celui des compagnies qui ne monte pas à bord est soumis à des fouilles ; or, il doit être possible d'étendre ce contrôle à la totalité du personnel de maintenance pour augmenter le coefficient de sécurité. Qui peut garantir qu'un groupe de terroristes ne parviendrait pas à souder un employé afin qu'il place des armes sous tel ou tel siège ?

Les Américains, fortement sensibilisés par les récents incidents, proposent d'appliquer dans leurs aéroports la fouille au corps des passagers, la fouille ouverte des bagages à main et l'interdiction aux non-voyageurs de pénétrer dans les aéroports, afin d'éviter le risque, bien réel, qu'un terroriste dépose une bombe au comptoir ou, comme on l'a vu à Orly il y a quelques années, ouvre le feu sur les passagers en partance pour telle ou telle destination.

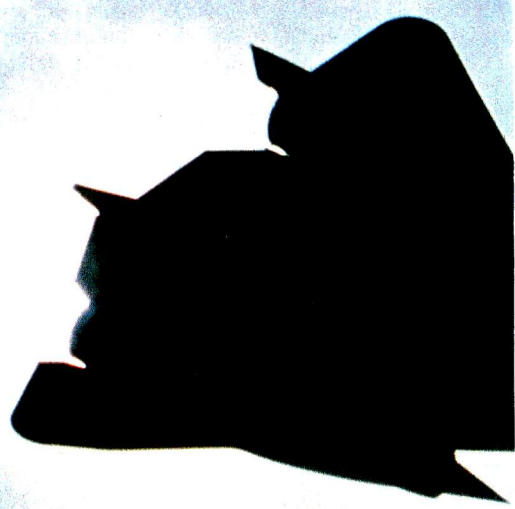
(suite du texte page 158)

Certaines compagnies exigent désormais que chaque passager vienne reconnaître ses valises au pied de l'avion avant de les embarquer en soute.



vain l'appareil. Ainsi en est-il du nitrozilène contenu dans l'après-rasage, du musc artificiel dont on se sert dans les parfums et du nitrobenzène contenu dans les dissolvants.

(3) Le nombre d'enregistrements de bagages doit correspondre exactement au nombre de passagers.



L'AVION



Le SR-71, premier avion "furtif" à se manifester, après avoir pénétré en profondeur l'espace aérien d'un pays pourtant militairement avancé (la France) sans être repéré par le réseau radar. Le SR-71 vole à 30 000 m d'altitude environ, probablement à plus de Mach 3,5.

DOUBLEMENT INVISIBLE! ON NE LE VOIT PAS DANS LE CIEL, mais on ne le voit pas non plus sur terre. Il n'était pas au Salon du Bourget, et aucun journal n'a publié sa photographie. Engin le plus impressionnant d'une nouvelle race d'avions de guerre, le super-bombardier ATB est ultrasophistiqué, ultra-secret et représente l'extrême pointe de la technologie aéronautique militaire. *Science & Vie* vous révèle tout ce qu'il a découvert sur ce fantôme du ciel.

Plus mystérieux encore que les OVNI (objets volants non identifiés), l'avion "invisible" traverse périodiquement les colonnes des journaux et des revues, où des chroniqueurs à l'affût tentent de percer ses secrets. En revanche, ce "Fantomas" des airs se montre si discret sur les pistes et dans les salons aéronautiques que bien des gens doutent, sinon de sa réalité, du moins de son existence actuelle.

A l'intention de ces sceptiques voici deux anecdotes, dont nous garantissons l'authenticité, et qui toutes deux prouvent non seulement que les avions "invisibles" existent, mais que, depuis quelques années déjà, ils sont parfaitement opérationnels.

La première affaire a eu lieu en 1980. Un beau matin de cette année-là, un SR-71 américain, avion de reconnaissance à haute altitude construit par Lockheed, réussit à pénétrer profondément dans l'espace aérien français sans être repéré par les radars de détection installés sur notre territoire. Il est même probable que nous n'aurions jamais rien

"INVISIBLE"

su de cette incursion si un problème majeur n'avait contraint l'appareil à manifester sa présence. Il semble, d'après les informations dont nous disposons, que le plus sophistiqué et le plus rapide des avions de reconnaissance jamais produits dans le monde (plus rapide, en tout cas, et volant beaucoup plus haut que son homologue soviétique, le MIG-25), a eu un problème de carburant, le pilote se rendant soudain compte qu'il n'en aurait pas suffisamment pour rejoindre sa base de destination. Dès lors, un ravitaille-

ment en vol s'imposait, mais, pour cela, le SR-71 devait redevenir "visible", afin de faciliter les manœuvres d'approche et de rencontre avec l'avion-citerne.

L'affaire, à l'époque, ne fut pas ébruitée et, aujourd'hui encore, elle n'est connue que d'un très petit nombre d'experts militaires. On peut toutefois se demander si elle ne fut pas à l'origine d'un rapport secret — dévoilé par la suite par le quotidien parisien *Le Matin* — dans lequel le chef d'état-major de l'armée de l'air attirait l'attention du gouvernement sur le fait que le réseau STRIDA (le réseau militaire français de détection radar) était "vulnérable aux contre-mesures électroniques de dernière génération"; en clair: était franchissable par certains engins ultra-perfectionnés.

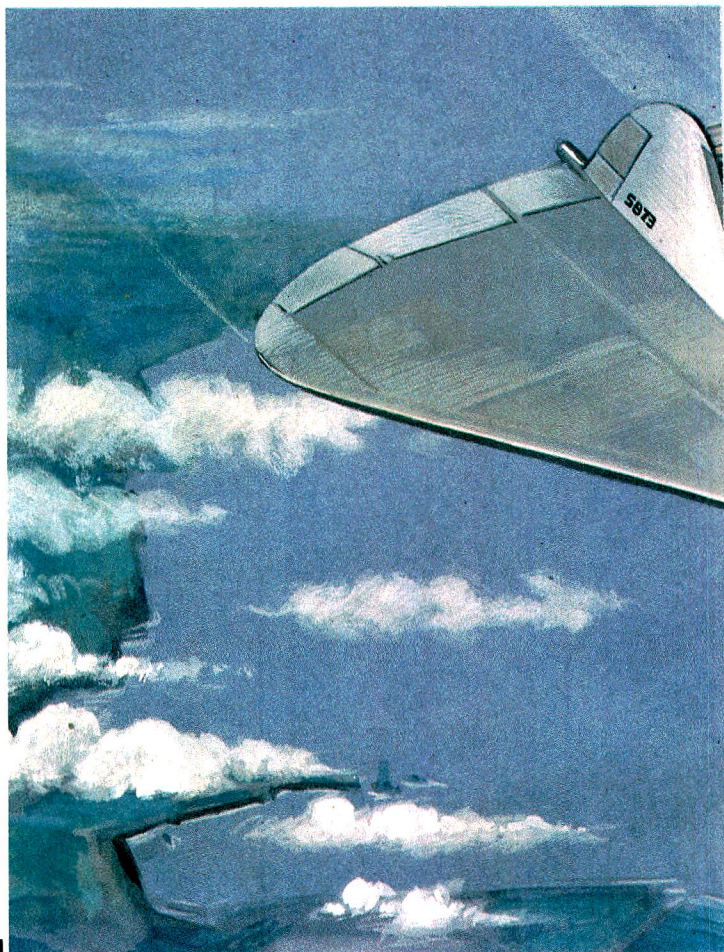
La seconde affaire remonte à l'été 1983 et met également en scène un appareil de reconnaissance de l'US Air Force. Mais, cette fois, l'avion n'échappe pas à la surveillance de nos radars. Lorsqu'il entre dans l'espace aérien français, il est aussitôt repéré et rapidement "habillé" (expression du jargon aéronautique militaire signifiant que toutes les caractéristiques de l'appareil ont été déterminées

Le F-19, l'un des trois nouveaux avions "invisibles" top-secret programmés par les Amé-



ricains. Relativement petit, il pourrait être embarqué à bord d'un C-5 Galaxy pour des missions de reconnaissance et de suppression des systèmes de détection ennemis.

par l'observation radar): étant donné l'altitude et la vitesse auxquelles il évolue, ce ne pouvait être qu'un TR-1, c'est-à-dire un avion de reconnaissance tactique construit par Lockheed dont la silhouette n'est pas sans rappeler celle de l'U-2, le célèbre avion-espion américain dont un exemplaire fut abattu au-dessus de Sverdlovsk par un missile sol-



air soviétique.

Le pilote du TR-1 en question ne cherche d'ailleurs pas à se défilier, même s'il se montre particulièrement discret. Visiblement, il a reçu pour consigne de limiter les échanges radio au strict minimum. Ne révélant ni son point de départ ni sa destination, il indique en revanche les points de report jalonnant l'itinéraire qu'il doit emprunter au-dessus du territoire français, et les heures de passage à la verticale de ces points. Route et horaire seront scrupuleusement respectés.

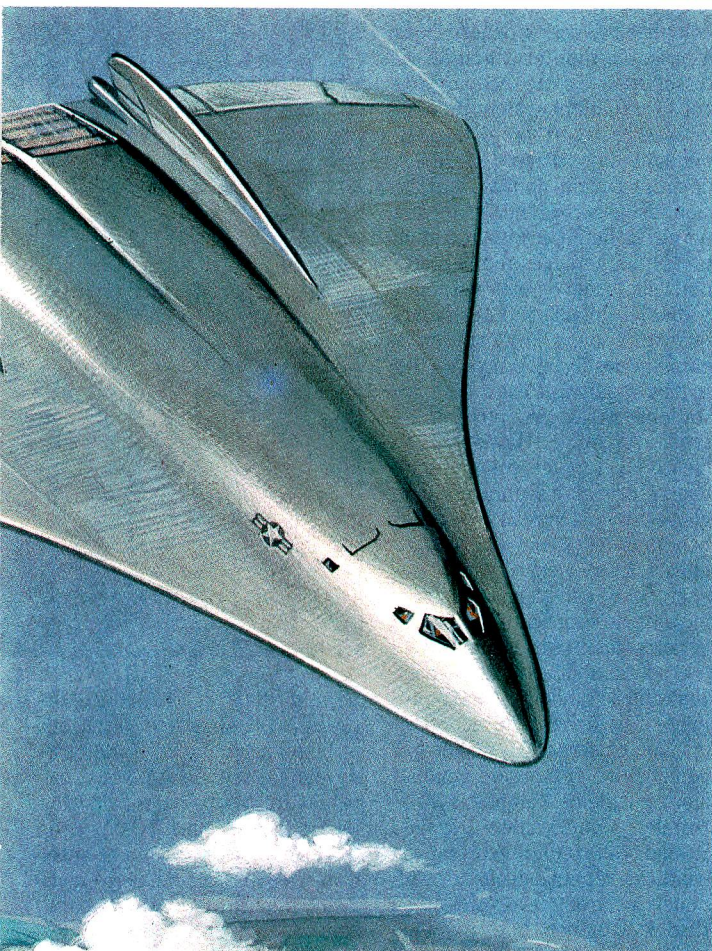
En somme, tout se déroulera normalement jusqu'à ce que l'avion atteigne les côtes de la Méditerranée. Mais, tandis qu'il se dirige vers l'Afrique du Nord, tout en demeurant dans la zone de détection des radars français,

l'appareil disparaîtra subitement des écrans de contrôle!

On imagine aisément la réaction des opérateurs au sol: c'est la stupéfaction. Que s'est-il passé? L'hypothèse d'une explosion en vol ne peut pas être retenue, car, dans ce cas, les débris de l'avion disloqué, surtout les plus gros (tronçons de fuselage ou morceaux d'aile), auraient réfléchi pendant leur chute les signaux radar. Plusieurs tentatives seront faites pour entrer en communication avec le TR-1 disparu. En vain. Non seulement l'avion de reconnaissance s'est transformé en avion fantôme, mais il est également devenu muet.

Les autorités américaines, rapidement mises au courant, apaiseront l'inquiétude des contrô-

Photo Avions Marcel Dassault - Bréguet Aviation
Dessins C. Lacroix



leurs français, sans pour autant assouvir leur curiosité: « Ne vous en faites pas, leur dira-t-on, la mission se déroule comme prévu. Tout va bien à bord, et il est normal que l'appareil ait disparu de vos écrans... » Comprenez qui pourra!

Aux dernières nouvelles, le TR-1 à éclipses se serait rendu au-dessus du Tchad pour une mission de reconnaissance photographique.

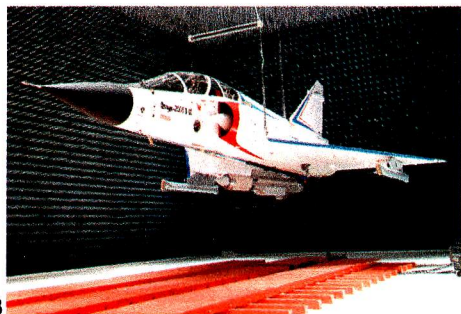
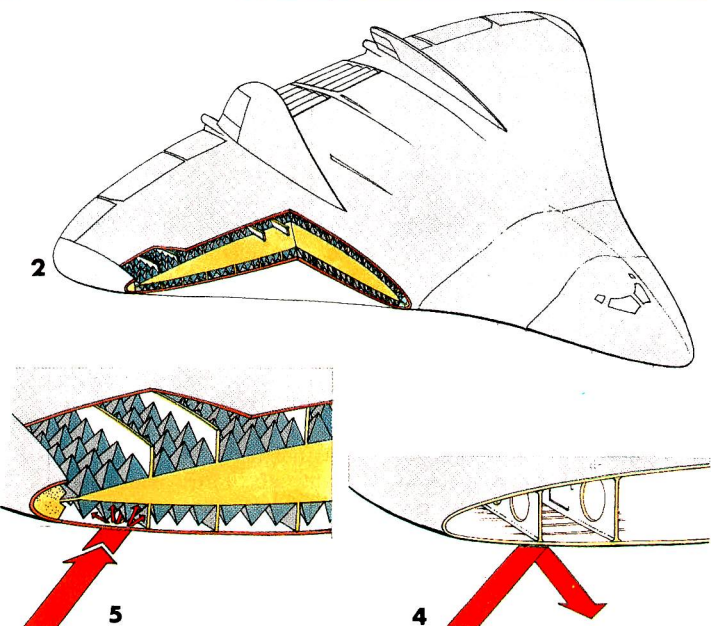
Pas plus que la précédente, cette curieuse affaire ne fut rendue publique. Seuls quelques spécialistes en furent avisés, qui en conclurent que: 1° les Américains, de toute évidence, étaient parvenus à maîtriser la technologie dite "stealth" (littéralement: furtif; *by stealth* = en tapinois), laquelle consiste à

(suite du texte page 72)

LE SUPER-BOMBARDIER ATB : PLUS GROS QU'UN 747 ET POURTANT "INVISIBLE"

L'ATB, bombardier stratégique programmé pour 1991 (1) serait un très gros appareil: (180 tonnes) destiné à intervenir en profondeur en territoire ennemi. Tout, sur ce super-bombardier, serait prévu pour le dissimuler aux radars adverses.

Sa cellule serait tapissée des mêmes cônes ou pyramides en mousse spéciale (2) des parois des chambres anéchoïdes (3) absorbant les ondes électromagnétiques lors des essais (ici sur un mirage



2 000 B) sur les équipements de guerre électronique. Les ondes radar émises du sol — et réfléchies par les avions ordinaires (4 — flèche rouge), qui sont ainsi détectés — sont ici dispersées et absorbées (5).

Une peinture spéciale, également absorbante, renforcerait encore la "discretion" de l'ATB.

Tous les angles et arêtes, zones particulièrement réfléchissantes des ondes radar, ont été systématiquement arrondis.

Enfin, les tuyères de sortie des gaz, en perpendiculaires sur le dessus de l'appareil (1), tromperaient les systèmes de détection infrarouge au sol.

soustraire un avion à la détection des radars ; 2° cette technologie, contrairement à ce que l'on pensait, n'était pas réservée à des appareils d'un type entièrement nouveau, encore en cours d'études, mais qu'elle était d'ores et déjà mise en œuvre sur des avions d'apparence conventionnelle et en service depuis plusieurs années, comme le SR-71 ou le TR-1.

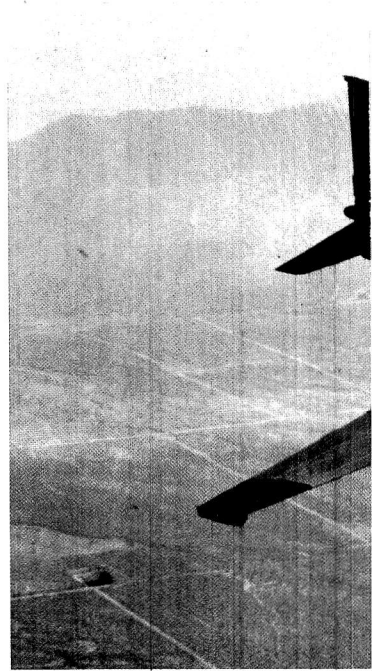
Nous voici donc au cœur du problème : l'avion "invisible" existe, et depuis plus longtemps peut-être que ne le laissent supposer les rares incidents qui l'ont trahi. Si, actuellement, la technologie "*stealth*", autrement dit le camouflage électronique, est surtout l'apanage des avions de reconnaissance ou, pour parler plus crûment, des avions-espions, il ne fait pas de doute qu'il ne s'agit que d'une étape en forme de banc d'essai, et que l'objectif à plus long terme est de mettre au point toute une panoplie d'appareils capables aussi bien de surveiller l'adversaire que de le frapper dans ses œuvres vives, sans qu'il puisse disposer, grâce à une détection lointaine, d'un sursis suffisant pour organiser sa défense. Car la véritable raison d'être des avions "invisibles" se situe là : ne pas être détectés, ou l'être le plus tard possible, afin que joue au maximum l'effet de surprise.

Les premières recherches concernant le camouflage électronique datent de la fin des années 50. Elles représentaient à l'époque un nouvel épisode de l'éternelle compétition entre le glaive et le bouclier, c'est-à-dire entre un système d'arme quelconque et la manière de le contrer. Depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale, en effet, les radars étaient devenus si performants que pratiquement aucun engin évoluant dans le ciel ne pouvait leur échapper. Il fallait de toute urgence trouver un moyen de réduire les risques de détection.

Ce moyen, les militaires le découvrirent avec les pénétrations à basse altitude et à grande vitesse. Grâce à cette technique de vol, les radars pouvaient de nouveau être tenus en échec, et, pendant une dizaine d'années environ, l'avion donna l'impression d'avoir regagné le terrain perdu. La défense, cependant, ne tarda pas à réagir contre cette nouvelle forme de menace : pour pallier les défaillances des radars terrestres dans la détection à basse altitude, elle inventa les radars volants, c'est-à-dire les stations radar aéroportées de type AWACS, Hawkeye ou Nimrod. Du même coup, le bouclier reprenait l'avantage sur le glaive, et les bureaux d'études des grandes firmes aéronautiques relançaient leurs recherches sur les meilleurs moyens de soustraire un avion à la perspicacité des radars.

C'est en août 1980 que l'avion "invisible" franchit pour la première fois le mur du secret et que son existence fut portée à la connaissance du public. On était alors en pleine campagne électorale américaine. Ronald Reagan, qui n'était encore que le candidat républicain à la présidence, accusait le président en titre de mener une politique laxiste en matière de défense au moment même où l'Union soviétique, au prix d'un prodigieux effort, était en train de combler le fossé technologique qui la séparait des Etats-Unis.

Contraint de persuader l'opinion publique que, sous son mandat, il n'y avait pas eu de relâchement dans la recherche militaire de pointe, Jimmy Carter utilisa un scénario devenu classique outre-Atlantique. Dans un premier temps, il "arrangea" une fuite en faveur du *Washington Post*, qui révéla à ses lecteurs l'existence d'un fantastique projet d'avion "invisible" ; puis, quelques jours plus tard, une personnalité officielle confirma ces informations. Comme cette personnalité n'était autre que M. Harold Brown lui-même, c'est-à-dire le secrétaire d'Etat à la Défense, le doute n'était plus



permis : sous la présidence de Carter, l'US Air Force s'était bel et bien lancée dans l'étude et le développement d'appareils capables de passer au travers des radars soviétiques. Cinq prototypes volaient déjà en ce mois d'août 1980, les premiers essais ayant débuté deux ans auparavant.

A l'époque, on n'en saura pas davantage, les militaires n'étant pas disposés à brader leurs secrets pour faire plaisir aux hommes politiques. Aujourd'hui, soit cinq ans plus tard, on n'est guère plus avancé : un *black-out* total couvre toujours tout ce qui concerne l'avion "invisible". Au point qu'aucune photo d'aucun des appareils actuellement en cours d'expérimentation ou de fabrication n'a encore été publiée. Les quelques images qui ont paru ici ou là étaient ce que l'on appelle des "croquis d'artiste", c'est-à-dire des dessins imaginés à partir d'un certain nombre de suppositions. Quant aux rares informations disponibles, elles proviennent soit de confidences péniblement extorquées, soit de déductions patiemment élaborées.

En fin de compte, les seules



Le TR-1, deuxième avion-fantôme à "disparaître" au-dessus de la France, est un appareil de reconnaissance tactique équipé de caméras infrarouge et de radars spéciaux permettant d'observer le territoire ennemi, même par temps couvert.

choses dont on soit aujourd'hui à peu près certain sont, d'une part, que le passage de l'avion visible à l'avion "invisible" ne s'est pas fait brutalement, mais graduellement, par améliorations successives d'éléments existants, comme en témoignent d'ailleurs les deux anecdotes du début de cet article ; d'autre part, que la mise au point de ces appareils indétectables n'a pas été une sinécure, puisque les Américains eux-mêmes ont reconnu en avoir perdu trois au cours d'essais en vol.

Cela dit, et malgré l'indigence des informations officielles sur le sujet, voyons à quelles techniques fait appel le camouflage électronique. Et commençons par balayer l'illusion qui consisterait à croire qu'il existe des procédés capables de rendre un aéronef complètement invisible, à la manière d'un objet qui subitement se dématérialiserait peu après le décollage, pour se rematérialiser juste avant l'atterrissage. Plus qu'avion "invisible", terme commode à condition de l'assortir de guillemets, l'expression la mieux appropriée est "appareil à faible signature radar" ou, pour employer une

formule encore plus globale, "appareil à faible probabilité de détection", car ce n'est pas seulement aux radars qu'il doit pouvoir échapper, mais aussi aux détecteurs acoustiques, thermiques et optiques.

C'est en tout cas cette dernière appellation qui est le plus souvent employée par les Américains, et à laquelle du reste les experts européens semblent se rallier. Et puisque nous en sommes aux généralisations, ajoutons que la technologie "stealth" n'est pas réservée uniquement aux avions : il est en effet envisagé de l'appliquer prochainement aux missiles de croisière, aux hélicoptères, et même, dit-on, aux blindés.

Ceci précisé, comment peut-on échapper à la détection radar ? Celle-ci repose, on le sait, sur un principe très simple : le radar émet des impulsions électromagnétiques dans une direction donnée ; si ces impulsions rencontrent une cible, elles sont renvoyées en écho vers le radar qui, en les analysant, arrive à

déterminer la position, la vitesse et éventuellement la forme de la cible en question.

Dans ces conditions, il n'existe que trois possibilités pour qu'un objet atteint par un faisceau d'ondes électromagnétiques ne les réfléchisse pas vers le radar : ou bien ledit objet est transparent aux signaux radar ; ou bien il dispose d'un système qui oblige les signaux à contourner son profil avant de se perdre dans l'infini ; ou bien, enfin, il est capable d'absorber les impulsions reçues.

La première hypothèse est trop irréaliste pour être retenue : les lois de la physique s'accroissent mal de cette "transparence" aux signaux radar. En revanche, c'est très certainement dans l'exploitation des deux autres possibilités que se trouve le secret du non-repérage par les radars.

En effet, pour réduire la signature radar d'un engin en mouvement, qu'il s'agisse d'un avion ou d'un missile, deux éléments entrent en ligne de compte : le dessin de l'engin, c'est-à-dire l'aspect général de sa silhouette, et sa structure, autrement dit les matériaux qui le composent et la façon dont ils sont agencés.

En ce qui concerne la silhouette, on sait par expérience que toutes les parties saillantes d'un avion (bord d'attaque des ailes, zone frontale de la dérive arrière, entrées d'air des réacteurs, etc.) réfléchissent particulièrement bien les signaux radar. Le premier travail des aérodynamiciens est donc d'estomper ces véritables miroirs à ondes en privilégiant les formes fuyantes ou arrondies. Ainsi les voilures delta seront préférées aux ailes classiques, même très courtes, et les missiles emportés ne seront plus suspendus sous le fuselage ou sous les ailes, mais encastrés dans des niches ou, plus simplement, rangés dans les flancs de l'appareil. Selon certains experts, la silhouette la moins réfléchissante serait celle de l'aile volante.

Quoi qu'il en soit, la configura-

tion générale d'un appareil n'est qu'un des éléments de sa signature radar. Celle-ci résulte d'un paramètre global connu sous le nom de "surface équivalente radar" (SER ou, en anglais, RCS pour *Radar Cross Section*). La SER n'est pas à proprement parler une unité de mesure au sens où on l'entend habituellement, mais plutôt une sorte d'étalon servant de point de repère. Dire, par exemple, qu'un radar a une portée de 200 ou de 400 km n'a pas grande signification si l'on ne précise pas l'importance de la cible qui peut être détectée à cette distance. Est-ce un énorme jumbo-jet ou un petit avion de tourisme ? La performance, on le reconnaîtra, n'est pas la même dans les deux cas. Aussi, pour évaluer le pouvoir de détection d'une installation radar, dira-t-on, par exemple, qu'elle est capable de déceler 5 m² de SER à 200 kilomètres de distance.

Ceci étant, il faut bien se garder de confondre surface équivalente radar et surface réelle. Car un avion de 100 m² de surface réelle ou, si l'on préfère, de surface exposée aux ondes radar, peut très bien n'avoir que 10 m² de surface équivalente radar, c'est-à-dire de surface réfléchissant effectivement les signaux radar. Cela tient, nous venons de le voir, au dessin de l'appareil, mais également à sa structure interne et à son revêtement. Or, parler de structure et de revêtement, c'est aborder l'un des points clés de la technologie "stealth", à savoir celui des matériaux employés.

Là, il faut bien l'avouer, nous entrons dans le domaine des suppositions, car si les principales firmes impliquées dans les programmes d'avions "invisibles" n'ont jamais communiqué la moindre image de ces appareils, elles n'ont pas non plus livré le moindre détail sur leur fabrication. Il semble toutefois vraisemblable que l'avion "invisible" absorbe directement une partie de l'énergie du faisceau radar qui le touche, et en disperse une autre partie sur

l'ensemble de ses structures.

Concernant l'absorption directe des ondes radar, on sait que certains matériaux composites ou certains alliages à base d'éponge de titane présentent la particularité, en raison de leur texture poreuse, d'absorber les rayonnements électromagnétiques. Il est donc hautement probable que l'avion "invisible" utilise chaque fois que cela est possible ce type de matériaux plutôt que les alliages légers et ultra-légers classiques.

Les spécialistes s'accordent aussi à penser que la structure interne de la cellule est très certainement conçue selon un principe analogue à celui des chambres dites "anéchoides". Une chambre anéchoïde est une enceinte entièrement close, dont les murs et le plafond sont hérissés d'une multitude de cônes effilés, généralement en mousse synthétique. Ces chambres servent à tester les équipements électroniques (radars, émetteurs, brouilleurs, etc.) dans les meilleures conditions de sécurité, les cônes absorbant les signaux émis lors des essais, et empêchant ainsi tout système indiscret situé à l'extérieur de capter les fréquences caractéristiques et les modes de fonctionnement des appareils éprouvés à l'intérieur.

En revanche, ces mêmes spécialistes sont partagés sur la façon dont la structure anéchoïde est intégrée à la cellule de l'avion "invisible". Pour les uns, les cônes d'absorption se trouvent sur la face interne des différentes parois de l'appareil ; pour les autres, au contraire, ils sont disposés à l'extérieur de la cellule, qu'ils recouvrent comme une carapace d'aiguilles. Pour des questions de résistance aux forces aérodynamiques qui s'exercent sur la surface externe de la cellule pendant le vol, nous pencherions plutôt pour la première hypothèse ; mais les ingénieurs nous ont si souvent démontré qu'ils avaient réponse à tout, que l'on ne peut pas écarter

la seconde solution.

A propos de ce que nous avons appelé plus haut la "dispersion" de l'énergie résiduelle des signaux radar sur l'ensemble des structures de l'avion, les procédés mis en œuvre sont encore plus mystérieux. Seul indice intéressant : il est fait mention çà et là d'une peinture particulière qui recouvrirait les avions "invisibles" et aurait la propriété d'étaler l'énergie incidente, évitant que celle-ci ne soit renvoyée en écho vers les radars de détection.

Quant à savoir de quoi est composée cette peinture et comment elle est appliquée, on en est réduit aux plus fragiles des conjectures. On peut simplement extrapoler à partir de phénomènes connus et dire, par exemple, que, de même que la peinture rouge est faite de pigments qui absorbent toutes les radiations du spectre visible à l'exception des radiations rouges, la peinture antiradar contient vraisemblablement des substances qui "phagocytent" une large plage d'ondes millimétriques et centimétriques.

Enfin, si l'on se rapporte aux deux affaires évoquées plus haut, force est de reconnaître qu'en plus des techniques et pro-

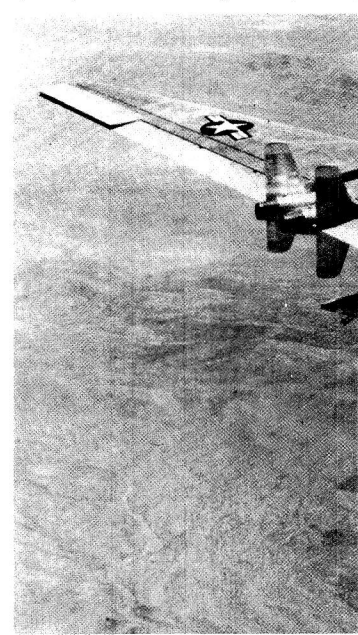


Photo B. Bombeau

cédés que nous venons de citer, il doit exister d'autres moyens de se soustraire à la détection radar. Souvenons-nous en effet que le SR-71 et le TR-1 américains avaient été successivement, l'un, visible puis "invisible", l'autre, "invisible" puis visible. Comme il est exclu que leurs contours, leurs matériaux ou leur peinture aient pu changer en cours de vol, il faut bien admettre que quelque chose d'autre s'est produit qui a modifié la réflectivité de l'avion par rapport aux ondes radar.

S'agit-il de contre-émissions en opposition de phase ou, d'une manière plus générale, de ce que l'on a coutume d'appeler des contre-mesures électroniques ? On peut le supposer, bien que l'on n'ait aucune preuve de la validité de cette hypothèse.

Cela dit, pour qu'un avion ou un engin quelconque soit "invisible", il ne suffit pas qu'il échappe à la surveillance des radars : il faut aussi qu'il se préserve de la détection infrarouge. Cette dernière, en effet, s'impose de plus en plus comme le complément indispensable de la détection radar. Elle est même la seule à pouvoir fournir la précision de pointage nécessaire aux lasers de puissance que les Amé-

ricains envisagent de développer dans le cadre de la "guerre des étoiles".

De même que, pour tromper la vigilance des radars, l'avion "invisible" doit diminuer autant que faire se peut sa signature radar, pour se soustraire à l'inquisition des systèmes de détection infrarouge, il doit réduire au minimum sa signature thermique. Or, cette signature provient essentiellement des tuyères des réacteurs, véritables "lampes à souder" qui attirent comme des aimants les autodirecteurs des missiles à guidage infrarouge. C'est donc à ce niveau qu'il faut agir.

Une des solutions possibles pour atténuer le rayonnement thermique des tuyères (il ne saurait être question de le supprimer complètement) consiste à masquer ces bouches de chaleur au moyen de panneaux isolants, la sortie des gaz s'effectuant toujours vers l'arrière, bien entendu, mais par des buses d'éjection situées sur la partie supérieure (extrados) de la voilure. Ainsi équipé, un appareil n'est détectable que par des systèmes évoluant à une altitude supérieure à la sienne, mais pas par ceux installés au sol.

Aux dires des spécialistes, une autre méthode donnerait également des résultats intéressants : le mélange, à la sortie du réacteur, des gaz chauds issus de la chambre de combustion avec des gaz froids prélevés à l'extérieur. Il serait possible par ce moyen d'abaisser sérieusement la température du flux éjecté, et par conséquent de diminuer la vulnérabilité de l'avion à la détection infrarouge.

Si telle était la solution effectivement adoptée, cela voudrait dire que les avions "invisibles" sont équipés de réacteurs double-flux (un flux primaire, ou chaud, qui traverse tout le réacteur, et un flux secondaire, ou de dilution, qui vient se mélanger au flux primaire dans la tuyère d'éjection). Le choix de ce type de propulseurs paraît d'autant plus vraisemblable que, outre une signature thermique

réduite, les réacteurs double-flux présentent plusieurs avantages fort appréciables.

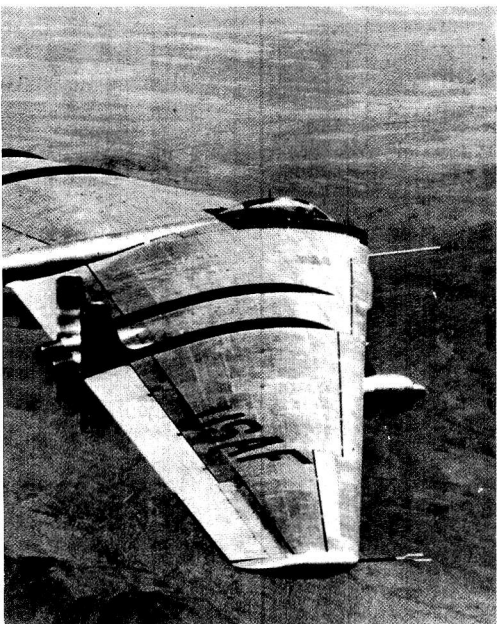
Sur le plan thermodynamique d'abord, ils ont un meilleur rendement que les réacteurs simple flux, car, d'après le théorème des quantités de mouvement, il est préférable d'avoir à la sortie du réacteur une grande masse d'air faiblement accélérée qu'une petite masse d'air fortement accélérée. C'est du reste pour cette raison que les double-flux ont supplanté les simple-flux sur tous les avions de transport (voir *Science & Vie* n° 809, page 77).

En second lieu, les réacteurs double-flux sont moins gourmands en carburant que les simple-flux ; ils donnent donc aux avions qu'ils équipent une plus grande autonomie, ou un plus grand rayon d'action. Or l'autonomie est une nécessité primordiale pour les avions "invisibles", qu'il s'agisse de bombardiers ou d'appareils de reconnaissance, car elle raréfie ou supprime les ravitaillements en vol, opérations au cours desquelles tout avion est extrêmement vulnérable.

Enfin, le réacteur double-flux possède une qualité qui ne peut que séduire les promoteurs de l'avion "invisible" : il est d'une grande discrétion acoustique. Il faut savoir en effet qu'il existe une relation très étroite entre le bruit que fait un réacteur et la vitesse d'éjection des gaz à la sortie de la tuyère (pour les amateurs de chiffres, précisons que ce bruit est fonction de la puissance huit de la vitesse du jet). Or, nous venons de le voir, la caractéristique principale du réacteur double-flux est d'accélérer modérément une grande quantité d'air. Résultat : ce moteur est particulièrement silencieux.

Après avoir examiné d'une façon aussi complète que possible les différents procédés qui permettent à une machine volante d'échapper à la détection, il nous faut dire un mot mainte-

L'ancêtre de l'avion "invisible" : l'aile volante YRB-49A de Northrop, construite au lendemain de la Deuxième Guerre mondiale. On savait déjà, alors, que les formes d'un avion influençaient sa signature radar.



nant des missions que le Pentagone entend confier, en cas de conflit, à ses avions "invisibles". Grosso modo, on peut distinguer trois types de missions : la reconnaissance, la suppression et le bombardement (conventionnel ou nucléaire).

La reconnaissance. C'est incontestablement la mission prioritaire des avions "invisibles", dans la mesure où, avant d'engager une quelconque action contre un adversaire, il faut d'abord connaître les moyens dont il dispose sur le site où l'on veut intervenir, ou les modifications qu'il a éventuellement apportées à son dispositif défensif. Plus ce travail de renseignement sera discret, moins l'ennemi sera sur ses gardes au moment où se déclenchera l'opération. D'où l'intérêt des avions-espions à "faible probabilité de détection".

Signalons au passage que c'est à la suite de la destruction de l'avion-espion U2 au-dessus du territoire soviétique, en 1960, que les Américains ont décidé d'accélérer les recherches sur la technologie "stealth". Preuve que, pour les Etats-Unis, les missions de renseignement sont d'une importance capitale et doivent bénéficier en priorité des techniques les plus avancées.

La suppression. Dans la bouche des militaires, ce mot désigne une opération qui, chronologiquement, fait suite à la mission de reconnaissance aérienne. Elle consiste à "supprimer", autrement dit à détruire, tous les systèmes de détection de l'adversaire, afin que celui-ci, privé des secours de l'électronique, ne puisse plus opposer de résistance valable à une pénétration aérienne massive. Radars d'alerte et radars de conduite de tir constituent les cibles privilégiées d'une frappe de suppression. Mais ces radars sont des engins formidablement efficaces, qui de surcroît sont généralement protégés par des puissantes batteries de missiles sol-air. Aussi, pour s'en approcher et avoir quelque chance de les anéantir, faut-il disposer d'appareils extrêmement "fur-

tifs", c'est-à-dire quasiment indétectables.

Le bombardement. Pour cette mission également, l'"invisibilité" représente un atout, dans la mesure où il n'est jamais tout à fait certain qu'une frappe de suppression ait éliminé la totalité des systèmes de détection ennemis.

Mais, par-dessus tout, et quelle que soit la mission qui lui est confiée, le principal avantage de l'avion "invisible" est d'ordre opérationnel : il permet de préserver en toute circonstance l'effet de surprise. C'est d'ailleurs en cela que la technologie "stealth" est supérieure à d'autres formes de protection telles que, par exemple, le brouillage des radars d'alerte et de conduite de tir par des contre-mesures actives. Il existe en effet des avions, dits "de guerre électronique", qui sont capables de perturber la bonne marche des systèmes de détection adverses et donc de survoler le territoire ennemi sans trop risquer de se faire descendre.

Ce brouillage néanmoins a un inconvénient : il manque de discrétion (les écrans de contrôle des radars sont noyés sous une multitude d'échos parasites) et du même coup annihile tout effet de surprise. L'ennemi sait que son espace aérien est sur le point d'être violé, et peut prendre immédiatement les dispositions nécessaires pour faire face à la situation. La technologie "stealth", au contraire tend à cacher le jeu le plus longtemps possible, de façon que les défenses adverses n'aient plus suffisamment de temps pour réagir lorsque les avions "invisibles" commenceront à être détectés — pour autant qu'ils le soient.

C'est afin de fournir à l'US Air Force, et plus précisément au Strategic Air Command, les moyens de remplir les trois types de missions dont nous venons de parler, que les organismes officiels et les principaux construc-

teurs des Etats-Unis se sont mobilisés autour de trois nouveaux programmes d'avions "à faible probabilité de détection".

Le premier programme est celui de Lockheed, le constructeur des "fantomatiques" SR-71 et TR-1 qui ont si bien joué à cache-cache avec les contrôleurs du ciel français. A l'instigation de la DARPA (Defence Advanced Research Projects Agency), Lockheed a commencé par développer un prototype d'avion "furtif" désigné par les initiales XST (*Experimental Stealth Aircraft*). Ce prototype, qui aurait effectué son premier vol en 1977, a servi à valider les choix technologiques appliqués sur un autre appareil, définitif celui-là, dénommé F-19, et, selon des informations que nous donnons sous toutes réserves, les premiers exemplaires seraient sur le point d'entrer en service.

Le F-19 est présenté comme un avion de dimensions relativement modestes, d'un poids comparable à celui du F-18, du Tornado ou du Mirage 4000, et d'une silhouette qui rappelle celle du SR-71. Aucune information n'a filtré sur ses performances, mais, à la vue des quelques dessins qui ont paru à son sujet, on peut déduire de sa configuration aérodynamique générale qu'il doit être largement supersonique. Il aurait été conçu pour les missions de reconnaissance et de suppression. Il semble toutefois, vu sa taille (il peut être embarqué dans la soute de l'avion de transport géant C-5A Galaxy), qu'il ne dispose que d'une autonomie réduite et ne puisse donc intervenir que sur le champ de bataille, et non dans les profondeurs du dispositif ennemi.

Le second programme d'avion "invisible" n'a pas encore de maître d'œuvre désigné, puisque le DSARC (Conseil pour l'acquisition de matériels militaires) vient seulement de lancer l'appel d'offres définitif. Cet appel d'offres concerne un chasseur supersonique à grand rayon d'action baptisé ATF (*Advanced Tactical Fighter*) et destiné à redonner à l'US Air Force

(suite du texte page 160)

Comment vous faire des Amis et briller en société

recevez gratuitement le livre
«Comment parler avec aisance»

Avez-vous toujours quelque chose d'intéressant à dire ? Savez-vous comment le dire ? Attirez-vous les gens à vous quand vous parlez et conservez-vous facilement leur attention ?

Cherchez-vous vos mots alors que vous êtes anxieux de faire bonne impression ?

Etes-vous embarrassé pour faire passer vos idées, convaincre les autres, faire admettre votre point de vue ?

La plupart des gens ne réalisent pas l'importance des conversations de tous les jours : quand on dit de quelqu'un qu'il brille en société on entend par là une personne qui a une conversation intéressante.

C'est ce que vous dites et la façon dont vous le dites qui reflète votre personnalité et établit votre réputation.

On ne vous a pas enseigné l'Art de converser, si bien que vous vous demandez peut-être : «Est-ce que cela peut être appris ?»

Vous trouverez la réponse à cette question dans le livre «Comment parler avec aisance, Guide du Dynamisme» que vous pouvez recevoir gratuitement.

OUI ! vous pouvez apprendre à converser avec aisance

C'est une simple question de techniques : vous les appliquez et ça marche comme par miracle.

La première de ces techniques vous apprend à établir partout des contacts faciles avec des inconnus, des supérieurs, l'autre sexe. D'autres techniques vous apprennent à trouver tous les mots dont vous avez besoin pour parler. Comment démarrer une conversation, comment l'alimenter ; comment trouver toujours quoi dire d'intéressant.

Comment éliminer la peur des silences et les transformer en un pouvoir quasi magique.

Toutes ces techniques simples, concrètes, faciles à apprendre quel que soit votre âge, votre niveau social ou d'instruction, vous mettent en sécurité : vous n'avez plus peur de vous exprimer ni d'entrer en relation avec les autres.

M. F.D. nous écrit : «Je suis moins émotif, plus sûr de moi. Je fais certaines choses que je n'aurais jamais faites auparavant : faire le 1^{er} pas vers une personne que je ne connais pas, par exemple. J'ai donc enrichi le nombre et la qualité de mes relations.

Je me suis souvent entraîné dans la vie courante à table, entre amis, en société. J'ai

perdu l'appréhension d'aborder l'autre, notamment l'autre sexe.»

Vous deviendrez expert en relations humaines

Simplement en appliquant les Lois Fondamentales des Relations Humaines, vous obtiendrez ce que vous voulez des autres, vous serez reconnu, apprécié, considéré, aimé.

Grâce au fabuleux pouvoir des Relations Humaines, vous saurez comment multiplier vos relations et vous faire de nombreux et vrais Amis.

M. J.T. écrit : «J'exprime mes sentiments avec beaucoup plus de vigueur et de conviction. En retour j'obtiens beaucoup de chaleur et d'attention, je sens que j'influence positivement, favorablement mes amis : certains d'entre eux ont été surpris par mon changement.»

Vous comprendrez les réactions souvent imprévues des autres, leur susceptibilité, leur agressivité ; vous saurez les utiliser à votre profit et détourner de vous les orages. Vous serez capable de faire face à n'importe quelle situation sans perdre votre calme.

Vous brillerez en société vous aurez du succès

Vous deviendrez populaire et recherché, en établissant avec aisance tous les contacts que vous voulez, en maîtrisant les techniques de la conversation et des relations humaines, vous attirerez les gens à vous.

Vous irez de succès en succès : sachant vous exprimer vous aurez plus de poids dans votre profession ; vous négocieriez avec aisance.

M. T. écrit : «Au travail je transmets des consignes courtes, simples, d'une voix ferme et qui porte. Mon chef apprécie tout particulièrement de ne plus perdre de temps par mes explications hésitantes et longues. Mon autorité s'est accrue et je suis plus écouté.»

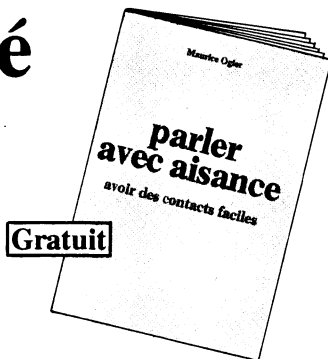
Vous obtiendrez l'emploi que vous visez : M. F.D. : «J'ai pu me présenter à un entretien d'embauche en toute décontraction et j'ai obtenu cet emploi. Votre méthode a répondu à mon attente. J'ai pu éliminer tous les désordres psychologiques du chômeur, c'était ma plus grande préoccupation.»

Vos relations avec vos proches, s'assoupliront, en famille, avec vos parents, vos enfants, votre vie sentimentale s'épanouira ; vous apprendrez à communiquer en couple et par conséquent à mieux vous aimer.

Votre personnalité s'épanouira

Sécurisé par des techniques simples et solides, votre confiance en vous se développera, votre émotivité s'atténuera, votre timidité diminuera.

«Depuis 20 ans j'affirme : tout le monde peut apprendre à Parler. Répondez-moi et vous saurez comment.» M. Ogier



Vous saurez comment faire passer vos idées et vous imposer ; vous influencerez les autres, vous les convaincrez.

Vous aurez enfin le sentiment d'être à la hauteur car les 7 Lois Fondamentales des Relations Humaines élimineront votre peur d'être jugé, votre peur des gens supérieurs et de l'autre sexe. En un mot, vous vous construirez une personnalité plus affirmée, vous vous réaliserez pleinement.

M. C.D. : «J'ai de plus en plus confiance en moi, j'arrive de plus en plus à chasser les idées négatives qui autrefois m'empoisonnaient». Mme C. : «Je me sens enfin bien dans ma peau».

Ces techniques sont à votre portée

Maintenant vous pouvez apprendre à raison de 20 minutes par jour les techniques «Contacts et Dialogue» simples, concrètes, efficaces ; vous les assimilerez facilement quel que soient votre âge et votre niveau d'instruction.

Demandez votre livre Gratuit

Si vous voulez être à l'aise en société et réussir auprès des autres, renvoyez-nous votre bon personnel de réservation.

Vous recevrez par retour votre petit livre «Comment apprendre à parler avec aisance». Il ne vous coûtera rien d'autre qu'un timbre. Chaque minute passée à lire ses 24 pages passionnantes vous remplira de dynamisme et de confiance en vous.

Maurice Ogier

NE TOURNEZ PAS CETTE PAGE AVANT
D'AVOIR DECOUPE LE BON CI-DESSOUS

Institut Français de la Communication, Service P 115
6, rue de la Plaine, 75020 Paris.

LIVRE GRATUIT

dépechez-vous : édition limitée

Envoyez-moi gratuitement «Comment apprendre à Parler avec aisance» sans aucun engagement ni démarche : L3 M □ M6 L3 M6

Nom

Prénom

Adresse

Code postal

Ville

Institut Français de la Communication, Service P 115
6, rue de la Plaine, 75020 Paris.
Pour l'Afrique joindre 2 coupons-réponses.

NAISSANCE D'UNE PUCE

**UN CIRCUIT INTEGRE, C'EST L'ART DE
L'ENLUMINURE APPLIQUE** au silicium. Travail

de moine où l'ordinateur remplace la main, où l'électron tient lieu de plume, où les manuscrits sont de très petites pastilles bourrées de transistors.

L'informatique, force désormais omniprésente, lance un défi chaque jour plus rude aux physiciens, aux ingénieurs, aux industriels. Celui de loger des centaines de milliers de composants électroniques dans un espace de silicium toujours plus infini-simal. Celui d'une miniaturisation toujours plus poussée des circuits intégrés. Bref, une gageure des temps modernes est de créer des "puces" dont la taille tend vers l'invisible, et de les charger d'une multitude croissante de transistors.

Une gageure mal tenue, on le sait, par l'Europe. Celle-ci importe 80 % des circuits intégrés, qu'elle consomme, et elle en consomme peu en regard des Etats-Unis et du Japon. Notre vieux continent achète en moyenne, par tête d'habitant et par an, la valeur de 6,60 dollars en semiconducteurs : l'Amérique dépense de son côté 25,80 dollars et le Japon plus encore : 27,60.

Il existe pourtant en France des centres de recherche en microélectronique qui soutiennent honorablement la comparaison avec les meilleurs laboratoires américains ou japonais (1). Faut-il incriminer l'industrie ? Reconnaissons à celle-ci le mérite de

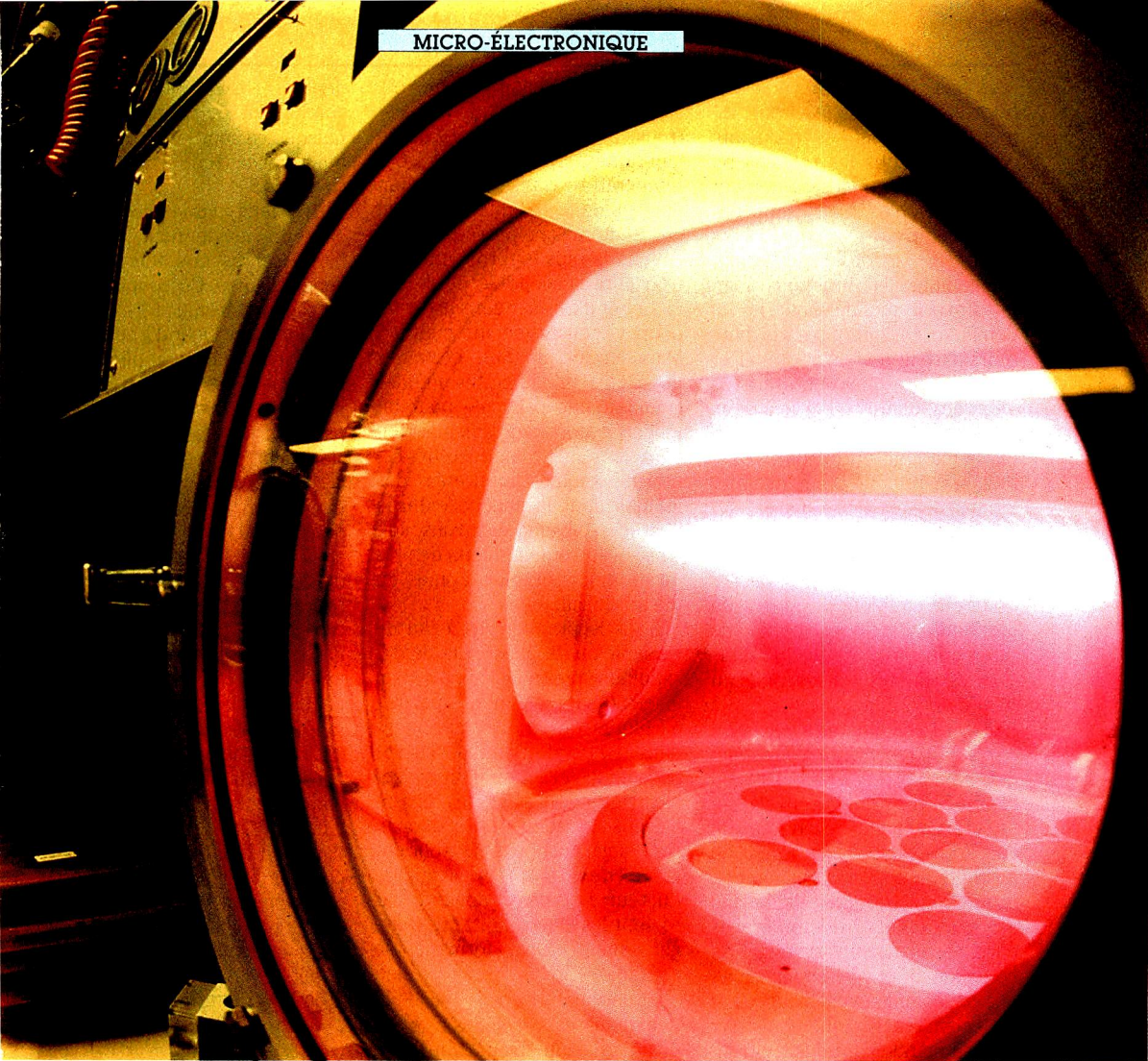
faire tout, actuellement, pour combler son retard. Le premier circuit intégré français, fabriqué — quasi artisanalement — en 1965 par le LETI, ne comptait que dix composants ; ce sont des circuits de 100 000 composants que produit aujourd'hui en série l'usine EFCIS de Thomson, une émanation du LETI. Certes, la performance reste d'un ordre de grandeur en-deçà des chiffres atteints en laboratoire, où l'on arrive maintenant à un million de transistors par puce.

En matière d'informatique, nous avons manqué les premiers rendez-vous de l'Histoire. La France n'est pas au départ au tout début des années 60, quand les transistors électroniques et les circuits imprimés ont remplacé les tubes à vide des premiers calculateurs. Nous sommes déjà distancés au milieu de cette même décennie, qui marque la naissance du circuit intégré : sur des pastilles de la grosseur d'un ongle prennent place, d'abord quelques composants — c'est l'intégration à petite échelle, dite SSI (*small scale integration*) —, puis des dizaines de transistors — l'intégration à moyenne échelle, ou MSI (*medium scale integration*).

Et nous sommes loin derrière le peloton de tête de 1971,



quand deux jeunes Californiens de génie, dans leur garage du comté de Santa Clara, montent un ordinateur entier capable d'effectuer des opérations arithmétiques et logiques sur un unique et minuscule circuit intégré. C'est l'avènement du microprocesseur, ensemble miniaturisé qui peut constituer l'élément central d'un micro-ordinateur ; l'origine aussi du mythe de Silicon Valley, au sud-est de San Francisco, qui va devenir le centre mondial de la recherche en semiconducteurs, du fait de la concentration étonnante de grandes et petites entreprises utilisant le silicium, matériau de base de l'électronique moderne. C'est en effet le cristal de sili-



cium qu'on va doper pour lui conférer ses propriétés semiconductrices, qu'on va traiter pour en faire des circuits complexes avant de le découper en minuscules unités — les puces.

1974: autre bond en avant. Encore un succès d'outre-Atlantique: la technologie du "transistor à effet de champ", qui inaugure l'intégration à grande échelle, le LSI (*large scale integration*). Des centaines, puis des milliers, enfin des centaines de milliers de transistors tiennent sur une puce; la densité du million, déjà obtenue en laboratoire, sera acquise d'ici deux ans en production industrielle.

A quoi rime cette miniaturisation forcée ? Pas à une

course gratuite aux prouesses technologiques. La densité d'intégration d'un circuit intégré est devenue une nécessité économique autant que technique. Dès lors qu'on réussit à réduire la dimension d'un élément de circuit de moitié, on multiplie par quatre le nombre d'éléments par puce (à surface égale). Les bénéfices sont appréciables: puissance consommée moindre, vitesse de traitement accrue, fiabilité améliorée, coûts en baisse par élément de circuit. Cette miniaturisation accélérée est rendue possible grâce à une simplification des structures de circuits qui permet de caser un maximum de fonctions dans le plus petit espace possible et

grâce aux progrès des techniques et des machines de production.

Cela semble véritablement un miracle technologique de réaliser, automatiquement et en grande série, toute cette suite d'opérations physiques et chimiques, d'une précision d'un millième de millimètre, qui conduira à installer 1 000 000 de composants sur moins d'un centimètre carré. La fabrication doit satisfaire à des conditions draconiennes, telles que même l'industrie pharmaceutique n'en connaît d'aussi rigoureuse: environnement exempt du moindre grain de poussière, absence totale de vibration, humidité et température immuables.

Une étape de la fabrication des puces, la gravure par plasma. Le plasma, gaz ionisé rouge fluorescent, attaque et sculpte les rondelles de silicium contenant chacune de 100 à 300 puces. La gravure est réalisée à moins de 0,1 micron près.

L'objet de ces moyens extraordinaires, c'est le circuit intégré, cette petite chose qui commande tous les rouages du XX^e siècle. Rappelons comment ce minuscule bloc semiconducteur, avec, les composants qu'on y incorpore, permet d'accomplir les fonctions logiques que le monde moderne lui demande. On sait que les ordinateurs parlent un langage binaire : ils savent presque tout dire, mais leur vocabulaire se borne à deux mots : zéro et un. Leur travail mathématique ou logique se réduit entièrement à des manipulations de ces deux unités élémentaires d'information, ou bits. Matériellement, les bits sont portés par des signaux électriques qui circulent à travers un labyrinthe de fils et d'éléments interconnectés. A chaque portion du circuit correspond un type d'opération.

Élément-clé de tous ces circuits : le transistor. C'est lui qui aiguille le signal (un) ou l'absence du signal (zéro). C'est lui qui, à chaque carrefour du labyrinthe, ouvre ou ferme le passage au courant. Finalement, tout circuit est un assemblage particulier de transistors reliés entre eux par un système de connexions et d'éléments dits passifs, comme les résistances et les capacités. Chaque transistor est commandé par un autre transistor en amont, et lui-même en commande un ou plusieurs en aval. Cette aptitude à arrêter ou à laisser passer le courant sur commande, le transistor la doit à son matériau, généralement du silicium, qui est semiconducteur.

Dans un cristal de silicium

(**dessin 1**), chaque atome est rigidement lié, par quatre électrons, à quatre atomes voisins identiques. Dans cet état et à température nulle, le silicium pur est donc isolant, car aucun de ses atomes ne possède, sur sa couche la plus externe, un électron libre susceptible de se détacher et d'évoluer dans le cristal pour y constituer un courant. Mais en lui ajoutant certaines impuretés en quantités infimes (moins d'une particule pour un million d'atomes de silicium), on peut le rendre conducteur. On utilise comme impuretés des atomes dont la couche externe possède soit cinq électrons, soit trois — autrement dit, un de plus ou de moins que les atomes du cristal de silicium.

Dans le premier cas, celui de l'arsenic ou du phosphore, le déséquilibre créé par l'apport d'un électron supplémentaire permet à celui-ci de circuler librement dans le cristal quand ce dernier est soumis à l'action d'un champ électrique : en effet, les quatre liaisons atomiques du silicium sont déjà occupées. On obtient alors (**dessin 2**) un semiconducteur de type N (négatif), car ce sont les électrons chargés négativement qui forment le courant.

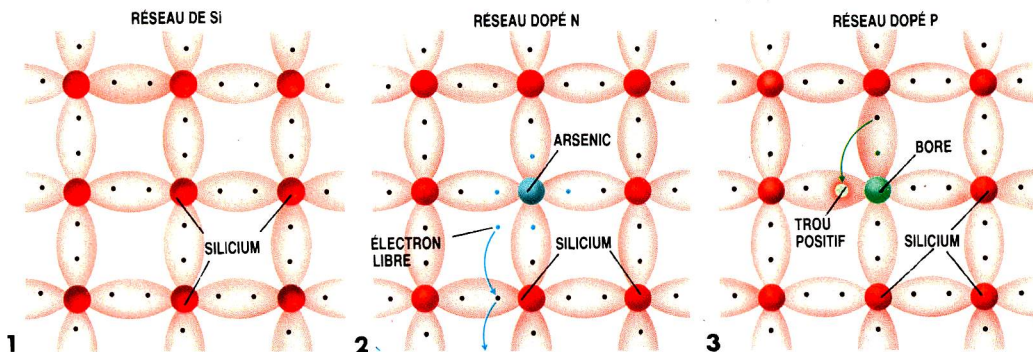
Situation inverse dans le deuxième cas : l'électron manquant crée un "trou", qui laisse une liaison inoccupée. Ce trou, positif — puisqu'il y a absence de charge négative —, peut être comblé par l'électron d'un atome voisin, qui à son tour laissera derrière lui un trou, dans lequel sautera un autre électron. Ainsi, de proche en proche, le trou se

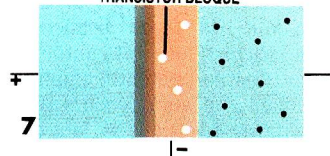
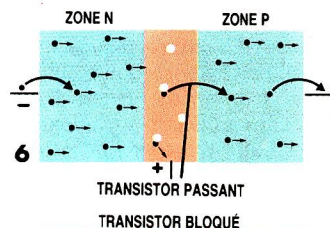
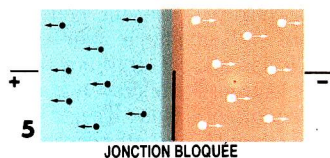
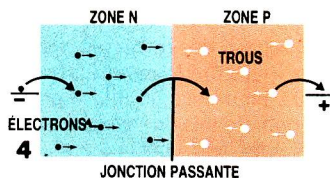
déplace. On crée ainsi un semiconducteur de type P (positif), puisque ce sont les trous positifs qui transmettent ici le courant (**dessin 3**).

Ces deux classes de semiconducteurs deviennent vraiment intéressantes une fois accolées l'une à l'autre. Ce couplage d'un P avec un N forme entre les deux une jonction. Quand une tension positive est alors appliquée du côté P et une tension négative du côté N, les électrons de la partie N, repoussés par la tension négative, se précipitent vers la jonction. Ils y comblent les trous que la tension positive, dans la partie P, a de son côté chassés vers cette même zone d'interface (**dessin 4**). Les électrons s'y font, littéralement, leur trou. Au contraire, en appliquant des tensions inverses, on établit une barrière de potentiel qui empêche les électrons de passer la jonction (**dessin 5**).

Un transistor n'est pas autre chose qu'un "sandwich" de semiconducteurs, NPN ou PNP. Tout l'intérêt d'un tel dispositif tient dans son rôle d'amplificateur de courant. Mais il peut aussi servir de commutateur, et c'est le rôle essentiel qu'il tient dans les circuits intégrés. Selon la tension appliquée à la tranche médiane, P ou N, du sandwich, par rapport à l'entrée, le courant arrive (**dessin 6**) ou n'arrive pas (**dessin 7**) jusqu'à la sortie.

Ainsi par l'intermédiaire de l'électrode de la couche intercalaire (appelée : la grille), qui règle le flux d'électrons, on agit sur le transistor comme sur un interrupteur. Un interrupteur qui répond plus vite que l'éclair :





la transition, ou commutation, de l'état bloqué à l'état passant peut durer moins d'un milliardième de seconde. La phénoménale rapidité de calcul des ordinateurs est due à ce temps de réaction foudroyant du transistor.

Celui qui vient d'être décrit est de type classique "bipolaire". C'est déjà presque un ancêtre. Car la microélectronique utilise aujourd'hui des transistors "à effet de champ", mieux aptes à une intégration très poussée des circuits (la technologie LSI). Ici (**dessin 8**), la grille n'est plus en contact matériel avec la tranche médiane — appelée "espace de contrôle" — du transistor-sandwich. Elle en est séparée

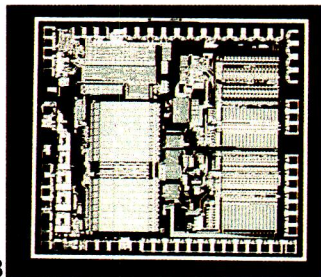
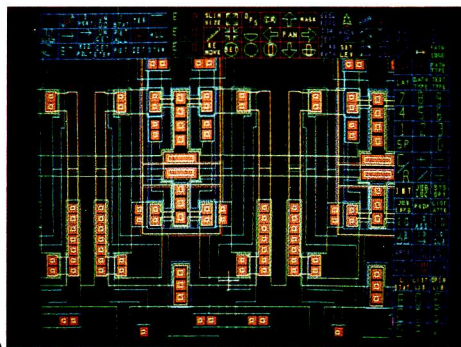
par une couche isolante ultra-mince (0,05 micron). Cette électrode exerce son action de contrôle à distance, grâce à l'effet de son champ électrique.

Si on applique à la grille d'un transistor NPN, une tension positive par rapport à la différence de potentiel d'entrée (**dessin 9**), on induit un champ électrique qui, d'abord repousse les "trous", puis envoie des électrons jusque dans l'espace de contrôle P. Le courant peut alors, par cette espace intermédiaire, s'introduire entre la couche semiconductrice d'entrée d'où proviennent les électrons (la source) et la couche de sortie (le drain).

Comme on peut le déduire logiquement, plus l'espace de contrôle est étroit, plus le transistor est compact, et plus la communication — toujours fonction de la distance, même à une échelle aussi ténue — est rapide. De plus, les ingénieurs ont tout intérêt à réduire la longueur des connexions, c'est-à-dire la liaison du transistor au circuit, pour éviter les pertes de charge.

Comme on le voit le transistor, avec ses différentes couches, est un objet à trois dimensions, même si les électrons y circulent linéairement dans un espace bidimensionnel. Le circuit est donc fabriqué couche après couche, chacune composée d'un matériau particulier (impuretés, isolant, grille, etc.) et ayant un dessin spécifique de sa fonction.

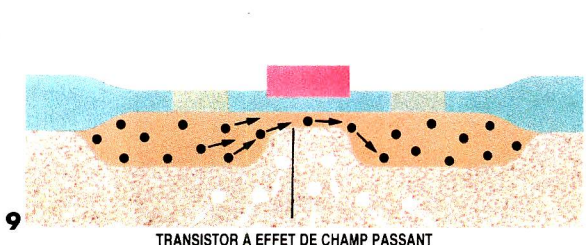
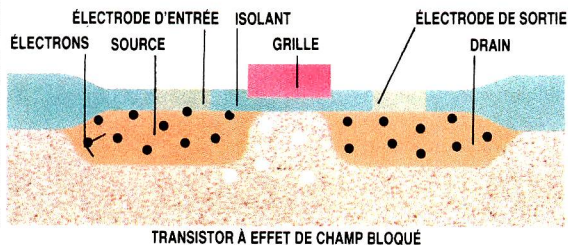
Ces dessins, labyrinthes correspondant à chaque "étage" du circuit, font maintenant partie de notre paysage moderne. Ils sont l'œuvre de concepteurs, véritables maîtres graphistes de l'électronique. Il est vrai qu'ils sont aidés dans leur tâche par



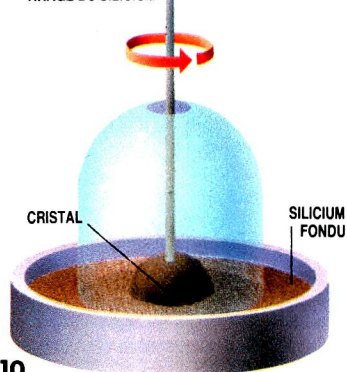
Les concepteurs dessinent le circuit sur un écran à l'aide des programmes de CAO (A). Les masques servant à la gravure de chaque couche sont fabriqués, à partir de ces dessins (B).

une profusion de logiciels et d'énormes banques de données. La conception assistée par ordinateur (CAO) leur fournit des bibliothèques automatisées sur tous les éléments de circuit et leurs paramètres, tels l'épaisseur ou le dosage des impuretés en fonction des caractéristiques demandées. La CAO comprend aussi des programmes d'aide au dessin (**photo A**) et, à l'issue de la conception, stocke la description de chaque couche sur bande magnétique.

Pour graver les motifs sur les couches, on se sert de "masques" (huit à douze, un par couche), autrement dit de caches qui occultent certaines parties au bénéfice de celles que l'on veut traiter. Chaque masque représente le dessin d'une couche du circuit (**voir photo B**). Il est fabriqué par une machine électronique à partir de la bande



TIRAGE DU SILICIUM

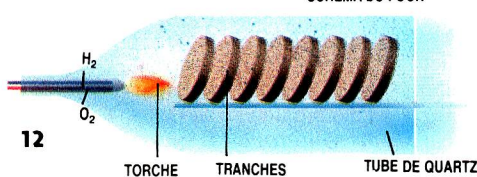


10

magnétique (issue de la conception) qui décrit les motifs de cette couche. On utilise une technique, la photolithographie, qui se réclame à la fois de l'art du pochoir, de la photographie et de la lithographie, procédé de reproduction des images qui, en imprimerie, a donné lieu à l'offset. Un circuit intégré est donc la résultante de toute une série de masquages, de traitements physiques et chimiques, d'implantations de matières, de gravures. Le matériau de base est une plaque circulaire de silicium, de 10 cm de diamètre et 0,6 mm d'épaisseur environ, sur laquelle on fait littéralement "pousser" les différentes couches et qui sera ensuite débitée



SCHEMA DU FOUR



12

TORCHE TRANCHES TUBE DE QUARTZ



en une centaine, peut-être même trois centaines, de puces.

Le silicium est, après l'oxygène, l'élément le plus répandu de notre lithosphère. On l'extrait de la silice, qui compose les sables. Après purification, on le cristallise par tirage : un germe de cristallisation fixé à une tige en mouvement (*dessin 10*) donne naissance à un gros monocristal, qui est ensuite découpé en fines tranches, soigneusement polies (*dessin 11*).

Ces tranches de silicium, rangées dans une nacelle en quartz, sont enfournées dans un tube constitué lui aussi de cristal de roche (*dessin 12 et photo C*) — matière qui se recommande par son excellente résistance thermique et sa pureté parfaite. Chauffé à la température constante de 1 000°C, le tube est parcouru par un flux de gaz transportant une vapeur d'eau



13

extrêmement pure, qui oxyde la surface des plaques de silicium (*dessin 13*).

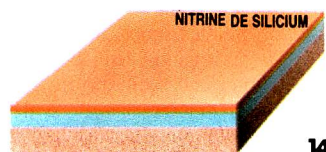
Les plaques de la journée sont des "postiches", vouées à être sacrifiées : elles servent uniquement à canaliser l'écoulement du gaz de façon à le rendre homogène pour les plaques suivantes. Le four est surveillé par un microordinateur associé à un écran de visualisation : l'épaisseur d'oxyde peut être contrôlée avec une précision de l'ordre du 10 000^e de millimètre.

Sur cette surface d'oxyde de silicium isolant, il importe maintenant de graver des millions de motifs en creux pour marquer l'emplacement des futurs transistors. Pour buriner la couche d'oxyde on utilisera un masque en nitrure de silicium, qui doit être lui-même gravé en relief. On va donc faire pousser sur la tranche de silicium une couche de nitrure : dans un four, de l'ammoniac et du dichlorosilane se décomposent et se combinent, et une pellicule de nitrure de silicium de très haute

qualité se dépose alors sur la plaque (*dessin 14*). Il s'agit maintenant de graver en relief dans le nitrure le motif du transistor. Pour cela, on utilise pour la première fois un masque, dessiné par les concepteurs du circuit, et la technique de photolithographie.

Ce nitrure, c'est un peu la pierre lithographique sur laquelle les artistes graveurs tracent leur dessin au crayon gras ; ils l'enduisent ensuite d'acide nitrique, lequel, sauf aux endroits dessinés, produit par réaction avec la pierre calcaire une couche de nitrate de calcium, substance hygroscopique qui ne "boit" pas l'encre. Seules, donc, les parties dessinées apparaîtront au moment de tirer l'épreuve sur papier. La technique en microélectronique s'inspire de ce principe mais elle l'applique de façon beaucoup plus sophistiquée et automatisée : c'est la photolithographie, à laquelle on aura recours une dizaine de fois dans la fabrication du transistor et dont nous allons détailler les étapes.

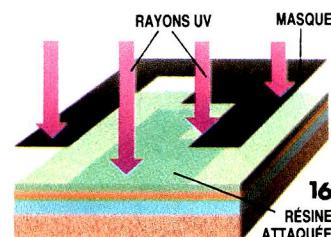
Première étape : couchage d'une résine photosensible sur le nitrure (*dessin 15*). La tranche de silicium-oxyde-nitrure est posée sur un disque tournant.



14



15

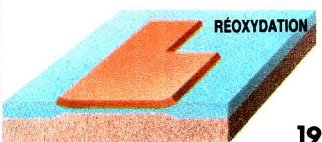
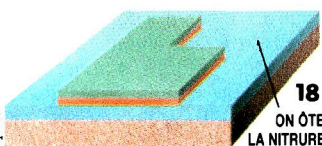
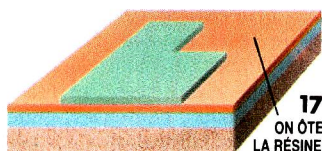


16

RÉSINE ATTAQUÉE

On laisse tomber une goutte de résine exactement calibrée, qui, par centrifugation, s'étale uniformément sur la plaque, en une couche d'environ un micron d'épaisseur (**photo D**).

Deuxième étape : insolation de la plaque enduite de résine par des rayons ultraviolets (**dessin 16**), à travers un masque figurant le motif à graver. Aux endroits non protégés par le masque, donc exposés à ces radiations, la résine exposée aux UV se polymérise ce qui la rend plus résistante. Phase infiniment délicate, car l'image de chaque élément du masque doit être impeccablement reproduite. Il existe plusieurs techniques de masquage. La photorépétition est la plus précise : le masque est 10 fois plus grand que le motif à tracer, et ne représente qu'une seule puce : il sera donc nécessaire de le projeter, en le réduisant, autant de fois qu'il y a de puces sur une tranche. La photo E montre un photorépétiteur : la tranche de silicium est posée sur un chariot à coussin d'air mobile et un système optique commandé par ordinateur peut la faire se déplacer de telle sorte que chaque flash ultraviolet isole exactement l'emplacement voulu, à 0,2 micron près (**photo E**).



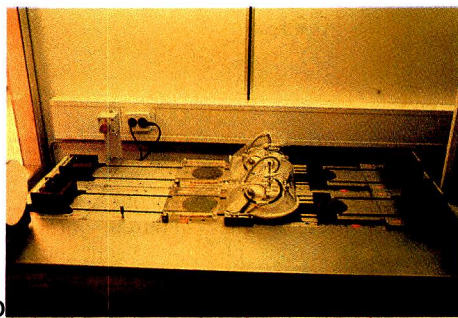
Troisième étape : celle de la révélation, où l'image latente se matérialise sur la plaque (**dessin 17**). La résine, qui était abritée des rayons UV par le masque, est dissoute par un solvant. Mais la résine, exposée aux UV et ainsi polymérisée, résiste au solvant.

Quatrième étape : la gravure du nitrure, qu'on élimine des endroits où il n'est plus protégé par la résine (**dessin 18**). Elle était réalisée chimiquement, il y a peu d'années encore. Mais pour éviter les bavures et les défauts sur les "marches" — les arêtes des parties en relief —, on lui préfère aujourd'hui la gravure sèche par plasma : les plaques sont placées dans une enceinte où l'on injecte un mélange de gaz qu'on soumet à des charges électriques de hautes fréquences. Les électrons sont dissociés de leur noyau atomique et il se crée alors un gaz d'ions — ou plasma — qui percutent la plaque et s'attaquent aux parties du matériau, en l'occurrence le nitrure, non recouvertes de résine (**photo F**).

Cinquième étape : élimination de la couche de résine, à l'aide d'un solvant chimique. Sur l'oxyde ne subsiste plus que le motif en bas-relief, tracé correspondant aux ajours du masque. Ce motif gravé en nitrure sert à son tour de masque et permet, après de nouvelles oxydations, d'obtenir sous le nitrure une couche d'oxyde très mince (quelques centaines de microns). Sur les côtés, une épaisseur d'oxyde bien plus considérable assure l'isolation du transistor (**dessin 19**). Reste alors à ôter le nitrure pour voir, dans l'oxyde, le motif se découper en creux (**dessin 20**).

La grille, en silicium polycristallin, est gravée par une succession d'opérations semblables aux étapes qui viennent d'être décrites. Le silicium polycristallin est un conducteur (contrairement au silicium monocristallin qui constitue la base de la tranche) (**dessins 21 à 26**).

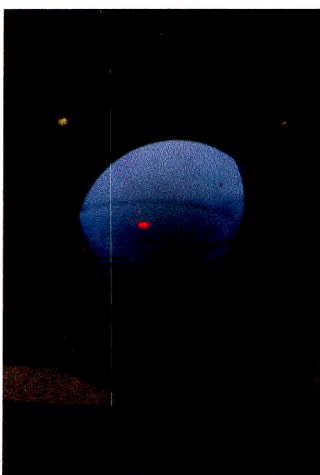
Il s'agit maintenant d'implanter dans le silicium les impuretés



D



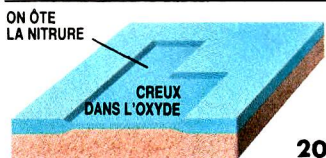
E



F

Les motifs de chaque couche du circuit sont réalisés par photolithographie. La photo (D) montre le couchage de la résine photosensible. Un photorépétiteur (E) permet d'insoler la résine par les rayons UV à travers un masque. Les parties non protégées par la résine sont attaquées par gravure au plasma (bleu). Un laser (rouge) mesure l'épaisseur de la couche (F).

qui vont lui donner ses propriétés semiconductrices. En langage du métier, c'est le dopage. Les parties à "doper" (la source et le drain) sont situées de part et d'autre de l'espace de contrôle qui est lui-même sous la grille (**dessin 27**) : la grille servira donc de masque au dopage. Celui-ci s'effectue aujourd'hui



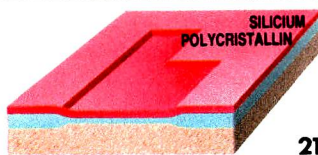
20

par inclusion ionique : des gaz contenant l'impureté désirée (arsine, phosphine) sont soumis à un bombardement d'électrons émis par un filament chauffé. Il en jaillit des ions d'arsenic, de phosphore, de bore, etc., parmi lesquels un spectomètre de masse opère une sélection rigoureuse, séparant le bon grain de l'ivraie, et ne conservant comme impuretés que l'adjuvant désiré.

Ce faisceau d'ions privilégiés est alors envoyé dans un accélérateur linéaire de particules, et défléchi de façon à balayer la surface de la plaque de silicium. Les ions sont arrêtés par la grille, qui joue son rôle de masque, et par l'épaisseur d'oxyde qui isole le futur transistor ; par contre, ils traversent facilement l'oxyde dans ses parties minces et pénètrent jusqu'au silicium, auquel ils inoculent les impuretés sur toute la surface qui n'est pas masquée par la grille.

Ce dopage est d'une formidable précision. Mais il a comme inconvénient de détériorer le réseau cristallin du silicium et d'affecter ses caractéristiques de conductibilité électrique ; le bombardement ionique n'est pas un traitement de toute douceur. Il faut donc réparer le dommage en repassant les plaques au four, pour les recuire. Une opération qui comporte ses propres risques, puisqu'elle fait quelque peu migrer le dopant, qui tend à déborder sur la "zone de contrôle" ; celle-ci rétrécit alors sous la grille. N'oublions pas que nous sommes ici à l'échelle microscopique : au LETI, on fabrique des circuits de grille de 1,2 micron environ, dont la zone de contrôle mesure autour d'un micron.

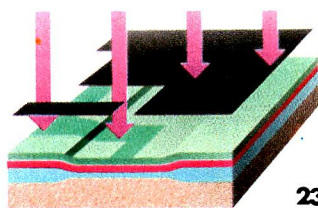
Voilà le transistor pratiquement achevé. Il possède sa grille, séparée de la zone de contrôle par une couche de silice, ainsi que sa source et son



21



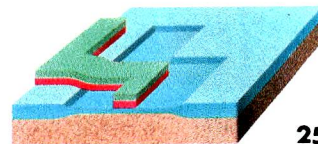
22



23



24

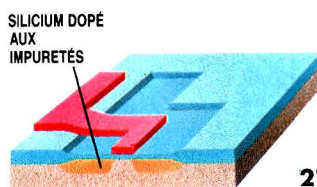


25



26

drain, tous deux convenablement dopés. Il lui manque encore les connexions en aluminium qui assureront le contact avec ces trois éléments du circuit, en plus de quelques autres. Il faut au préalable isoler le circuit sous une couche de verre dopé au phosphore, en ménageant bien sûr les ouvertures



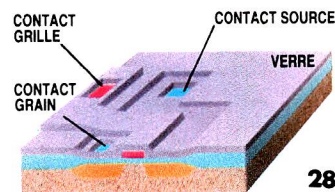
27

qui recevront les connexions (**dessin 28**). Ces orifices sont pratiqués par le procédé de photolithographie, avec son attirail de résine, de masques et autres accessoires qui nous sont maintenant familiers.

Pour greffer les contacts d'aluminium sur les circuits, on utilise une machine à plasma, le magnétron ; les plaques sont posées sur un plateau tournant, tandis qu'un champ électrique est créé entre ce plateau et une cible en alliage d'aluminium et de silice, sous très faible pression d'argon (**dessin 29**). L'argon se transforme en plasma sous l'influence du champ électrique ; ses ions viennent heurter la cible, lui arrachant des ions d'aluminium qui, accélérés par le champ, vont se déposer en une fine pellicule sur les plaques de circuits (**dessin 30**). Le tracé des connexions est ensuite gravé sur ce film d'aluminium, toujours par photolithographie.

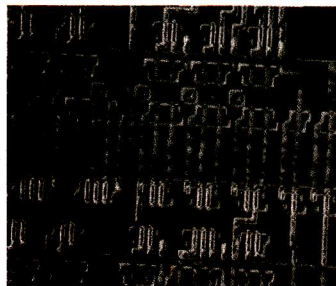
Le transistor est né. Nous avons parlé des principaux stades de la fabrication ; en fait, celle-ci comprend presque une centaine d'étapes indispensables. De plus, un circuit comporte, outre des transistors, toute une série d'éléments passifs justiciables des mêmes technologies de production.

Les procédures de contrôles et de tests ne sont pas moins compliquées, ni moins longues, ni moins rigoureuses, ni tellement moins coûteuses, que celles de la fabrication. Ces opérations sont d'autant plus critiques que le risque de malfaçon, pour des éléments de cette complexité, est extrêmement élevé. Pour des produits standard, le rendement atteint 70 % de la fabrication. Pour des circuits de pointe, il peut ne pas dépasser 15 %. Pas plus du septième,



28

donc, de la production ne sera retenu. On connaît le scandale qu'ont soulevé les autorités militaires américaines récemment, devant le manque de fiabilité des circuits intégrés à usage aéronautique et spatial livrés par leurs fournisseurs: ceux-ci rognent sur le coût des vérifications en bout de chaîne, dépense effectivement tout à fait exorbitante. Des tests par échantillonnage sont effectués à différentes étapes de la fabrication (**photo G**): on vérifie les dimensions des éléments; les épais-



G Ce qui explique l'étrange tenue de cosmonaute du personnel.

Au LETI, à Grenoble, les salles blanches, qui représentent 1 800 m² sur les 17 000 m² du laboratoire, sont considérées de "classe 100" lorsque 1 m³ d'air ne contient pas plus de 100 poussières de diamètre supérieur à 0,3 micron. L'atelier prototype en cours de réalisation avec la société Thomson, appliquera des normes encore plus inexorables: moins de 10 particules de cette dimension par m³. A titre de comparaison, une femme à cheveux longs qui bouge la tête "émet" dans l'air, par ce seul geste, 500 000 particules de 10 microns! Un fumeur est interdit d'accès à une salle blanche dans les trois heures qui suivent sa dernière cigarette. Jusqu'au maquillage des employées qui est réglementé: les produits cosmétiques qui se dispersent en poudre dans l'atmosphère ambiante, sont très "toxiques" pour les matériaux en cours d'élaboration.

Pour répondre aux exigences de températures, d'hygrométrie et d'empoussiérage, on brasse, dans les sous-sols du LETI, plus de 425 tonnes d'air par heure. Les machines ultra-sensibles, dont le fonctionnement ne tolère pas le moindre mouvement du sol, reposent sur des dalles antivibratoires, elles-mêmes supportées par d'énormes piliers qui isolent les équipements des trépidations de la surface.

Jusqu'où peut-on aller dans la miniaturisation des circuits? Le critère utilisé dans la profession pour mesurer leur dimension critique, la largeur de grille. A l'heure actuelle, les circuits produits en série par l'indus-

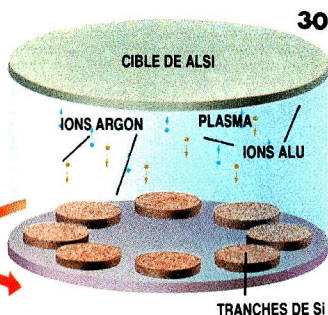


H trie ont des largeurs de grille de 2 à 3 microns. Il existe déjà des circuits de 1,5 micron à usages très spéciaux. Ils devraient accéder au stade industriel d'ici deux ans. Les prototypes qui sortiront de l'atelier pilote du LETI auront une dimension critique de 1,2 micron, faisant de ce laboratoire un des leaders mondiaux en la matière. Mais déjà les études technologiques portent sur des circuits à grilles de 0,8 micron, et la recherche fondamentale explore le domaine du demi-micron. Au LETI, on se penche sur des grilles de 0,15 micron. La miniaturisation au dixième de micron, soit l'échelle de 0,0001 mm, est une certitude inscrite dans le proche futur.

Le temps de commutation des transistors se "miniaturise" lui aussi. Pour une grille de 1 micron, il est de 150 à 200 picosecondes, c'est-à-dire 1,5 à 2 milliardièmes de seconde. La vitesse de commutation passe à 100 picosecondes pour une grille de 0,5 micron. Elle atteint 70 picosecondes pour une grille de 0,25 micron.

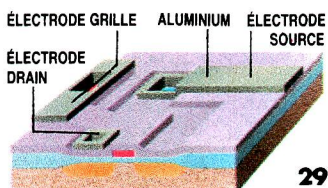
Toujours plus petit, toujours plus vite: peut-être le plus grand défi industriel du siècle. Défi technologique, défi financier dans un secteur à évolution aussi rapide, les équipements coûtent des prix exorbitants et sont rapidement désuets, susceptibles d'être changés tous les deux ans. La France néanmoins semble prête à l'effort. Thomson, au 20^e rang mondial pour la production des microcomposants, ambitionne de conquérir la 10^e place. Une ambition qui, si elle se réalise, mettra l'industrie microélectronique française au niveau de sa recherche. ■

En cours de fabrication, on teste les silicium par échantillonnage. Les circuits (**G**) sont contrôlés au microscope électronique à balayage.



seurs des couches, par microscopie électronique à balayage, etc. (**photo H**). Mais il est impensable ici de se contenter d'appréciations statistiques: chaque circuit doit être contrôlé individuellement, et sous de multiples aspects, avant d'être déclaré bon pour le service. Il ne reste plus alors qu'à les placer en boîtier, leur fixer des connexions en fil d'or enfin les encapsuler.

L'environnement de fabrication s'apparente bien plus à celui du laboratoire, ou même du bloc opératoire hospitalier, qu'à celui de l'usine. Tout se déroule en salles dites "blanches", c'est-à-dire dans un milieu assujéti à des normes d'empoussiérage, de température, d'humidité, de vibrations inconnues par ailleurs.



LES PÊCHERS AU RÉGIME SANS SOL

UNE EXPERIENCE INEDITE COMMENCE

A PORTER SES FRUITS, dans le Roussillon :
le verger sous abri et sans sol. L'arboriculture de demain.

Un pêcher adulte planté dans un pot. Spectacle peu banal. Quand, de plus, l'arbre produit à quatre mois autant de fruits qu'un pêcher dans un verger de quatre ans, l'inhabituel se transforme en extraordinaire. Les "inventeurs" du procédé ne sont pas les derniers étonnés du résultat : de tout jeunes plants mis en pot en mars 1983, ont grandi et fleuri pour donner chacun 12 kg de nectarines en moyenne, du 10 mai au 10 juin 1984. La dernière récolte, celle de cette année, a été encore plus prolifique : 17 kg par arbre en moyenne.

Productivité d'autant plus remarquable que, chaque fois, l'arbre doit "repartir à zéro". Sitôt la récolte terminée, en effet, on le fauche littéralement à la base : tout ce qui dépasse de plus de 15 cm du pot est impitoyablement sectionné. L'arbre doit donc se reformer complètement à chaque saison, avant la nouvelle fructification.

C'est la technique du "rabattage total", déjà pratiquée dans le sud de l'Italie et des Etats-Unis, ainsi qu'en Israël, dans les *meadow-orchards* (littéralement : vergers-prairie), plantations à très forte densité de pêchers. On y récolte entre 3 et 5 kg de fruits par arbre chaque année, ce qui est bien, mais tout à fait dérisoire comparé aux performances que réalise aujourd'hui

d'hui l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) dans son domaine expérimental d'Alenya, dans les Pyrénées-Orientales : jusqu'à 24 kg de nectarines par arbre, un record mondial.

Le secret de cette abondance ? L'application conjuguée de deux techniques, ici pour la première fois associées : la culture sous abri et la culture hors-sol.

La première appartient déjà à notre paysage moderne, avec ses enfilades de serres, allant de l'abri rudimentaire en plastique et sans chauffage aux installations très évoluées, tout en verre, avec régulation automatique de la température et de l'hygrométrie. Elle est courante, du nord au sud de la France, pour les cultures maraîchères et horticoles. L'objectif premier des serristes est d'accélérer la maturation des fleurs et des légumes, d'avancer la saison de vente et de profiter ainsi des prix élevés du marché. A Alenya, les agronomes de l'INRA utilisent pour leur "verger" une serre tout à fait ordinaire, un simple tunnel large de 8,5 m et long de 50, en polyéthylène résistant. Les moyens de chauffage sont, eux aussi, peu sophistiqués : de l'air pulsé empêche la température de descendre au-dessous de + 2°C (d'où le qualificatif de "tunnel froid").

La technique hors-sol n'est





pas précisément toute neuve non plus, puisqu'elle a débuté aux environs de... 1860. Mais son essor récent a bouleversé le marché des cultures maraîchères et florales sous serre ⁽¹⁾. Ce procédé s'oppose à l'agriculture traditionnelle, "de terroir", où le sol nourricier est tributaire des caprices du terrain et des organismes vivants qui l'habitent. On remplace donc la terre végétale par un matériau inerte apte à retenir l'eau, à garantir une bonne aération et à favoriser l'enracinement : tourbes, déchets de bois, graviers, tufs volcaniques, argile expansé, laine de roche, etc. employés purs ou en mélange. Ce substrat artificiel est irrigué continuellement par un liquide chargé de sels nutritifs, dosés aux besoins de la plante. Une alimentation au biberon, en quelque sorte. Grâce à l'ajustement précis et permanent de la solution nutritive, la culture hors-sol permet d'augmenter les rendements, pour les tomates par exemple, de 15 à 20 kg par m².

La grande innovation de l'INRA a été d'étendre cette technique aux arbres fruitiers.

L'inspiration première de ces essais remonte à 1982, et doit sa source à un voyage en Italie. Des arboriculteurs du département sont invités à visiter un verger expérimental de pêchers à Follonica, sur les bords de la mer Tyrrhénienne, face à l'île d'Elbe ; le professeur Bellini, de l'université de Florence, en assure la conduite scientifique. Stupéfaction chez nos compatriotes : dans ce "verger-prairie", des nectariniers, plantés à haute densité (8 000 à 10 000 arbres à l'hectare), sous abri sommaire, et rabattus totalement après chaque récolte, fournissent des fruits mûrs dès fin mai — au premier afflux de touristes —, en avance d'un mois sur leurs congénères élevés en plein air. Avec un bon rendement : 3 à 5 kg par arbre, soit 40 tonnes environ de fruits à l'hectare.

Enthousiasmés, les arboriculteurs français rêvent de naturaliser chez eux ce miracle italien.

Photo INRA

(1) L'INRA a édité un ouvrage de référence sur ce sujet : *Les cultures hors-sol*.



1



2

17 ET 24 KILOS DE FRUITS PAR ARBRE !

Le premier record concerne les pêchers dont les branches avaient été sectionnées juste après la récolte précédente, à 15-20 cm du sol (rabattage total — **photo 1**). Le second a été fourni par ceux qui n'avaient été "fauchés" qu'à 80-90 cm (rabattage à demi — **photo 2**). Le rabattage annuel est nécessaire pour limiter l'espace occupé par chaque arbre dans un verger planté sous un abri ou à très haute densité (10 000 arbres/ha). Mais le rabattage total n'est possible en plein champ que dans les régions où la période de végétation est suffisamment longue et ensoleillée pour que l'arbre se reconstitue avant le début du repos hivernal (Sicile, Floride, Israël). Dans les serres d'Alenya, la densité des pêchers (2 500/ha) autorise à ne rabattre les arbres qu'à demi. Moins stressés, ils redémarrent plus vite et porteront des fruits mieux répartis, plus beaux et surtout bien plus nombreux.

Car 40 t/ha, c'est bien plus que la production d'un verger de "sixième feuille" (de six ans d'âge) dans la plaine du Roussillon. La variété (Sunred) cultivée à Follonica n'est cependant pas adaptée à notre climat; sa floraison, trop précoce même dans le midi, la soumet au risque fatal des gelées d'hiver.

Dans l'esprit de Robert Brun,

le directeur du domaine d'Alenya, il ne s'agit pas de copier l'expérience italienne avec une variété de nectarine déjà acclimatée en France, mais d'aller beaucoup plus loin, en exploitant le savoir-faire en culture hors-sol de cette station de l'INRA. D'où l'idée complètement nouvelle de combiner plusieurs méthodes jusqu'ici étrangères l'une à l'autre. D'où, également, l'inauguration de l'une des formes possibles de l'arboriculture de demain⁽²⁾.

Le choix de la variété s'est fixé sur la nectarine Armking. Pourquoi une nectarine plutôt qu'un type de pêche courant? Parce que, d'une part, la pêche ordinaire à peau duveteuse tend à devenir franchement velue quand on la cultive en serre, à se décolorer et à développer un mucron très inesthétique (le mucron est la pointe terminale au sommet du fruit, opposé à l'attache du pédoncule).

Ensuite, parce que la nectarine bénéficie auprès du consommateur d'une image de "produit nouveau". C'est historiquement injustifié, puisque son nom apparaît déjà en 1866 (**voir encadré p. 90 et 91**). Mais il est exact que l'extension de sa culture et de sa commercialisation est très récente; jusqu'à l'arrivée des nouvelles variétés d'origine américaine, à la fin des années 60, les nectarines en France, de très petit calibre, n'étaient guère cultivées que par quelques amateurs⁽³⁾.

Avec l'Armking, l'INRA ne jouait pas seulement la carte commerciale, cette variété présente également de sérieux avantages physiologiques. Le pêcher, en effet, demande une certaine dose de froid pour assurer son cycle normal de végétation; dès que ses "besoins en froid" sont satisfaits, il se réveille de son repos hivernal, ses bourgeons à fleurs s'épanouissent, ses bourgeons à bois s'allongent en rameaux. Ces besoins sont très différents d'une variété à l'autre, et peuvent aller de 100 jusqu'à 1 500 heures (mesurées pour les températures au-

dessous de 7,2°C).

Or l'Armking est relativement peu exigeante sur ce chapitre, se contentant de 750 heures de froid dans l'hiver. D'où sa floraison précoce. Ses arbres portent un grand nombre de fleurs (en jargon de sélectionneur, on parle de bonne "floribondité") et ses fruits arrivent vite à maturité; de toutes les variétés cultivées aujourd'hui dans le Roussillon, c'est la plus précoce. Les produits sont prêts à être livrés sur les marchés vers la mi-juin, au moment où la concurrence est faible et les prix forts, et que l'envie chez le consommateur



teur de croquer la première pêche de l'année est, elle aussi, tout à fait mûre.

Ses qualités de présentation sont de surcroît excellentes: bon calibre, belle couleur, grand brillant, chair ferme, juteuse, fine. Le goût est acide, ce qui ne surprend pas pour un fruit précoce: le Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes (CTIFL), dans son catalogue des variétés de pêchers, lui décerne une note ("qualité gustative moyenne") fidèle à l'image que l'on a des fruits précoces. Mais le

(2) Une expérience antérieure, assez semblable, avait été menée à Sénas (Bouches-du-Rhône) sous l'égide de la station d'arboriculture de l'INRA de la Grande

Ferrade (Gironde). On y cultivait la variété Red June sous serre, à haute densité, mais avec une taille annuelle traditionnelle, par élagage, sans rabattage intégral comme en

Italie. Les résultats furent très favorables et permirent de conclure à la rentabilité de ce mode de culture pour des variétés précoces à gros fruits. Mais les profession-

LES DEUX SECRETS DES PÊCHERS PRODIGES

Les pêchers ci-dessous ont tous le même âge. Ils ont été plantés en mars 1985 et photographiés le 14 mai, à gauche, chez un arboriculteur, à droite à l'INRA.

Chez l'arboriculteur, les pêchers cultivés en pot, dans un mélange de pouzzolane et de tourbe blonde (voir texte), étaient placés à l'extérieur (mais à l'abri des vents), entre des rangs de pêchers cultivés en pleine terre. Dans les pots le substrat, inerté et aéré, réchauffé avant la terre du sol au printemps, a favorisé l'enracinement et la croissance des arbres, soumis par ailleurs à une irrigation goutte à goutte savamment dosée. C'est le premier secret des pêchers d'Alenya : l'effet hors-sol. Le second secret est l'effet-serre, qui, outre l'exploit de faire mûrir les fruits 3 à 5 semaines avant les pêchers élevés à l'extérieur, arrive à accroître la productivité des arbres. Les jeunes plants de l'INRA ont bénéficié de ces secrets dès leur plantation. Résultat : ils sont encore plus "avancés" que leurs congénères de plein champ.

il a de la peine à se fortifier, à s'endurcir, comme si les tiges herbacées continuaient à pousser toute l'année et ne se lignifiaient pas lors du repos végétatif. De plus, l'épiderme des fruits craque souvent à deux ou trois jours de la récolte, un défaut imputable à une alimentation irrégulière en eau. Cet inconvénient est levé en culture hors-sol.

Le substrat utilisé est un mélange à volume égal, de pouzzolane et de tourbe blonde. Les pouzzolanes sont des débris d'éruption volcanique, dont les plus fins, les cendres, consti-

Pour un horticulteur, un pépiniériste, un maraîcher, cette roche éruptive a encore l'avantage d'être très stable et durable, chimiquement inerte, à l'origine exempte d'agents pathogènes et facile à désinfecter par la suite. Elle est peu chère et ne pose pas en France de problème d'approvisionnement : on l'extrait dans le Puy de Dôme, la Haute-Loire, l'Ardèche, l'Hérault. La source la plus proche de la station d'Alenya est l'ancien volcan d'Agde.

La pouzzolane a toutefois l'inconvénient de mal retenir les



commerce a toujours le dernier mot : la récolte de 1984 (1,2 t dans les 400 m² de serre) a quitté le domaine au prix moyen de 27 F/kg et s'est écoulée sans difficulté. Cette année, l'arrivée simultanée sur les marchés des nectarines de Séville a, il est vrai, cassé les prix.

L'Armking avait aussi une prédisposition au biberonnage de la culture hors-sol. En plein champ, les arbres de cette variété accumulent en effet peu de réserves et vieillissent mal. Le bois vert ne s'"aoûte" pas comme il faudrait,

tuent un ciment naturel sur le modèle de celui qu'on trouve en abondance autour de Pouzzole, près de Naples. La porosité élevée de ces petites ponces aux multiples vacuoles, séparées par de très minces cloisons, leur assure de bonnes qualités d'aération, essentielles pour un milieu physique de culture ; quand toute l'eau s'est égouttée, la teneur en air de ce matériau est de 62 %, contre 20 à 25 % pour un sol moyen. Les granulats utilisés en culture hors-sol mesurent de 2 à 10 mm.

liquides et les minéraux de la solution nutritive. Il convient alors de l'associer à la tourbe blonde, douée d'un fort pouvoir de rétention d'eau. Cette matière est faite de végétaux faiblement décomposés, en majorité des sphagnes, qui sont des mousses de tourbière. On l'importe surtout des pays froids — URSS, Finlande, Canada —, la France étant plutôt fournie en tourbes brunes, plus riches en humus car plus dégradées. Inapte à créer une bonne aération, la tourbe blonde est par contre un formi-

nels ne manifestèrent pas, semble-t-il, un grand intérêt pour l'événement, et l'essai en resta là.

(3) Elle portaient souvent le nom de "pêche violette" ou "pêche noix" (d'après le symposium récent : "Un patrimoine : les variétés locales d'espèces fruitières").

dable réservoir d'eau, capable d'en emmagasiner comme une éponge, à concurrence de 10 à 15 fois son propre poids. Il y a donc complémentarité physico-chimique entre la matière végétale de la tourbe et le matériau minéral de la pouzzolane.

Les arbres d'Alenya sont tous logés à la même enseigne : des bacs tronçonniques d'une contenance de 120 litres, emplis de ce mélange de substrat. Comme le coût des bacs représente à lui seul 60 % de l'investissement à l'intérieur de la serre, on commence à expérimenter des réceptacles plus petits et même de simples sacs en plastique. Bien sûr, les pêcheurs en culture hors-sol n'ont plus du tout le même confort que les arbres de plein champ, qui étalent leurs racines à l'aplomb de leur feuillage, dans un volume dix fois plus grand que les bacs des spécimens de serre. Ce qui amène le responsable des essais, Gilles Ridray, à comparer ces arbres — toutes proportions gardées — à des bonsaïs. Il s'y consacre en tout cas avec la même passion que les dévots du saikei, l'art japonais du plateau paysager.

La densité de culture — 2 430 arbres à l'hectare — est ici très inférieure à celle du "verger-prairie" classique, "en sol". L'irrigation individuelle des bacs se fait au goutte-à-goutte, par un procédé entièrement automatisé. L'eau est analysée en permanence, sa composition corrigée si elle présente le moindre risque de toxicité pour la plante. On y incorpore les oligo-éléments nécessaires : soufre, chlore, sodium, bore, fer. Des engrais solubles apportent, aux doses précisément calculées, les substances essentielles : azote, phosphore, potassium, calcium, magnésium. Le contenu du biberon est scientifiquement déterminé à chaque étape. L'irrigation est apportée volontairement en excès et le volume de cet excès, mesuré, renseigne sur les besoins organiques de l'arbre. La faim et la soif de ces arbres ont ainsi varié en fonction de leur stade végétatif et des saisons —

d'un demi-litre à 16 litres de solution nourricière par jour !

Étant donné la nouveauté de l'expérience, et donc l'absence de données préalables précises sur les exigences du pêcher cultivé dans ces étranges conditions, il a fallu procéder ainsi, empiriquement, ce qui ne signifie pas arbitrairement : un programme de contrôle très sévère a présidé à ces deux premières années d'essai.

La différence majeure entre un pêcher planté en pleine terre, dans la nature, et un pêcher qui croît hors-sol, dans une serre, tient dans l'âge de leurs branches. Sur un pêcher de serre rabattu totalement, le bois n'a jamais plus d'un an ; tous les fruits sont portés par des rameaux poussés entre le mois de juin et le mois de novembre suivant, et dont les bourgeons à fleurs ont ensuite subi le nombre d'heures de froid requis pour s'épanouir.

Lors de cette floraison, qui a lieu autour de février, les abeilles d'une ruche installée au fond de la serre remplacent le vent qui pollinise les fleurs dans la nature. En plein air, c'est peu après ce moment que s'ouvrent les bourgeons à bois, ceux qui font les pousses herbacées, feuilles et rameaux ; en serre, au contraire, la pousse des feuilles et celle des fleurs arrivent simultanément. La nature confinée semble ainsi changer ses habitudes.

Dans un verger ordinaire, situé en plein champ, les meilleurs fruits sont portés par des branches de l'année précédente. Et l'arbre doit avoir constitué sa charpente pour exprimer sa totale capacité de production fruitière. Une plantation d'Armking "normale", par exemple, ne fructifiera pas avant sa troisième année, et c'est seulement à la "sixième feuille" qu'elle donnera 25 à 30 tonnes de nectarines par hectare et par an. Au contraire, le pêcher hors-sol, rabattu après la récolte, doit se reformer cha-

LES DIFFÉRENTS FRUITS DU

Certains pourraient s'offusquer de ce que la nectarine soit assimilée au fruit du pêcher. Pourtant pêche et nectarine sont deux variétés d'une même espèce botanique, *Prunus persica*, qui fournit aussi les brugnons et les pavies. Cette espèce originaire de Chine, aurait été introduite en Europe par la Grèce au cours du IV^e siècle avant notre ère, puis sur le continent américain.

Le pêcher aime la lumière et la chaleur, mais il a besoin, pour croître et fleurir chaque année, de l'alternance des saisons ; aussi est-ce une plante pérenne de climat tempéré chaud et sec, de type méditerranéen.

Mais par sélection, naturelle et surtout forcée par l'homme, des milliers de variétés ont pris naissance, dont certaines sont adaptées à des hivers doux, et même subtropicaux, d'autres pouvant au contraire, résister à de fortes gelées hivernales.

La division des pêches en quatre grands groupes (pêche, nectarine, brugnon, pavia) est apparue pour la première fois en 1768 dans un *Traité des arbres fruitiers* écrit par Duhamel du Monceau. La différenciation de ces classes, toujours actuelle, repose sur deux caractères à déterminisme génétique simple, qui s'héritent selon les lois de Mendel (chacun d'eux dépend d'un seul gène) : l'un concerne la peau (duveteuse ou lisse) ; l'autre le noyau (libre ou adhérent à la chair) (**tableau ci-contre**). On peut adjoindre à ces deux caractères celui de la couleur de la chair (jaune ou blanche), déterminée par la présence ou non de pigments caroténoïdes.

Il existe bien d'autres caractères au déterminisme génétique simple, portant par exemple sur le port de l'arbre, ses dimensions, la couleur de ses feuilles, la forme de ses nectaires (glandes foliaires) ou de ses fleurs, etc. Ainsi, pour ne s'en tenir qu'au fruit, on connaît par exemple deux caractères introduits à partir de la

que année. Pour lui, comme pour Sisyphe remontant sans cesse son rocher au sommet de la montagne, c'est un effort d'éternel recommencement (**voir photos p. 89**).

Le cycle de croisière annuel

PÊCHER

Chine où ils existent depuis des milliers d'années : "pêche plate" et "fruit doux". Le premier relève d'une curiosité botanique assez rare qui consiste en un aplatissement des deux pôles (5) qui affecte la chair et le noyau ; le second recouvre une saveur douceâtre décrite comme un arôme de miel dû à une teneur en acide malique insuffisante pour compenser la saveur sucrée du fruit.

René Monet, spécialiste de la génétique et de la physiologie du pêcher, a utilisé ce caractère "pêche plate" dans un programme de sélection de variétés à l'INRA. Ses objectifs étaient autant de préserver la diversité génétique de l'espèce en intro-

verts, petits, avec des fentes parfois profondes à la pointe. R. Monet entreprit donc de croiser *Kiang Si* avec *Independans*, une variété de nectarine à beaux et bons fruits : il en castra les fleurs (les fleurs du pêcher sont hermaphrodites et l'espèce autotétrade) pour les féconder par le pollen du nectarinier.

Les nouveaux hybrides semés, une trentaine environ seulement car le pêcher *Kiang Si* n'était pas très productif, donnèrent exclusivement des pêchers et non des nectariniers. Le caractère nectarine (peau lisse) est en effet récessif : d'après les lois de Mendel, il disparaît donc dans la première génération hybride issue d'un

croisement initial. Le brassage des gènes y fait apparaître plusieurs combinaisons, qui permettent de classer les arbres en quatre familles, selon le type de fruits portés : "pêches normales", "pêches plates", "nectarines normales", "nectarines plates".

Cette dernière famille est tout à fait originale puisque de tels fruits n'existent pas dans la nature. Malheureusement, ils ne s'avèrent pas très bons au goût et d'autres croisements seront nécessaires avant d'obtenir les nectarines plates parfaitement savoureuses, fruits réellement nouveaux que René Monet prévoit déjà d'appeler "platerines". A l'intérieur de chacun des groupes, coexistaient les fruits à chair jaune et les fruits à chair blanche.

Il a fallu attendre 1983 pour répertorier les différentes familles, les arbres n'ayant commencé à fructifier que cette année-là. Deux pêchers à fruits plats jugés intéressants furent alors sélectionnés : on les multiplia à l'identique par greffage, un mode de bouturage adapté aux arbres fruitiers. Chacun d'eux est ainsi susceptible de donner une nouvelle variété. D'ores et déjà, René Monet a donné sa préférence à l'une d'entre elles. Mais leurs performances agronomiques en culture n'étant pas encore connues, il est encore trop tôt pour en éliminer une. Des vergers expérimentaux de ces variétés seront mis en place à la fin de cette année. La pêche plate pourrait donc bien se laisser manger dans nos mains, sans



CARACTÈRES

NOYAU LIBRE

NOYAU ADHÉRENT

PEAU DUVETEUSE

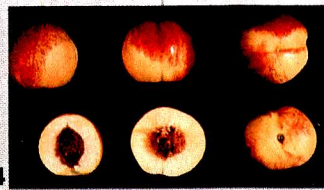
1 PÊCHE

2 PAVIE

PEAU LISSE

3 NECTARINE

4 BRUGNON



duisant du matériel étranger, que de créer une nouvelle variété de fruit, plus facile à manger. Il disposait dans la collection botanique de la station, à Bordeaux, d'un spécimen de cette variété à pêche plate, nommée *Kiang Si*. En 1975, l'arbre, sur la fin de sa vie, était en train de mourir. Ses fruits, de qualité gustative intéressante car porteurs du caractère "fruit doux", n'avaient cependant pas un bel aspect à maturité : ils étaient

croisement, pour réapparaître au hasard dans les générations suivantes. Mais ces pêchers hybrides étaient de deux types : l'un à fruits plats, l'autre à fruits normaux. Les arbres à pêches plates furent forcés à l'autofécondation (la fécondation chez le pêcher se fait de préférence entre individus différents, le pollen étant transporté par le vent). Les noyaux obtenus donnèrent les arbres hybrides de seconde génération par rapport au



tâches et sans reproches avant la fin de cette décennie !

de l'arbre sans sol obéit à un rythme à deux temps : la formation de la plante et le forçage en serre. La première de ces étapes démarre dès le rabattage, en juin, et dure jusqu'en novembre. Elle est vécue par l'arbre dans la

serre à ciel ouvert, pour un régime d'aération maximale, ou bien en plein air, à l'abri des vents dominants. Cette ouverture sur le climat extérieur doit permettre au nectarinier d'emmagasiner à l'automne sa

ration de froid. Pendant cette phase initiale, la serre fait uniquement fonction de brise-vent.

Au contraire, pendant le stade de forçage, de mi-janvier à la récolte, la serre est couverte, et le régime d'aération soigneuse-

ment contrôlé (**voir photos page 89**). Pour l'instant encore, par l'ouverture manuelle de la couverture plastique du tunnel, mais un système automatique est en cours d'étude à la station, sur un modèle de serre plus performant.

Toute une série d'autres opérations jalonne le calendrier de la culture : pincements des axes pour obtenir des ramifications, sélection des branches maîtresses pour faire épouser au nectarinier une forme en "gobelet", la plus favorable à l'éclaircissement des fruits. Il y a aussi l'éclaircissage, selon les règles de l'art, des fleurs, puis des fruits, lorsque ceux-ci ont la taille d'une amande : on ne laisse sur l'arbre que 200 ou 350 fruits, selon le mode de rabattage pratiqué, soit environ un dixième seulement du nombre de fleurs au départ.

L'effet de serre au cours du forçage fait mûrir les fruits trois à cinq semaines avant les pêchers de même variété élevés à l'extérieur, tandis que la culture hors-sol augmente la productivité des arbres. Ce qui explique l'énorme différence de moyenne de rendement entre les 3 à 5 kg par arbre récoltés à Follonica et les 12 à 17 kg auxquels on est parvenu à Alenya.

Au terme de deux années d'essais, les chercheurs sont arrivés à un très haut degré d'optimisme, tempéré par une sage dose de réserve. Techniquement et économiquement, les résultats sont tout à fait prometteurs. Un ensemble de facteurs désigne le pêcher hors-sol comme une alternative intéressante pour les maraîchers en mal de diversification. D'ailleurs, une trentaine de producteurs de la région se sont déjà lancés dans cette culture d'avant-garde, avant même d'attendre confirmation des résultats complets de l'expérience.

L'INRA tient à rester très prudent dans la vulgarisation de cette technique encore pleine, malgré tout, d'inconnues. Tout n'y est pas réglé. Par exemple les fruits ont une fâcheuse tendance

à être éloignés des axes de sève, et sont alors moins beaux, moins colorés. Faut-il introduire un réducteur de croissance pour nannifier l'arbre et obtenir ainsi que les fruits se regroupent ? L'essai est en cours. En serre, l'écart entre les températures diurnes et nocturnes s'amenuise. Conséquence physiologique : un moindre développement des pigments, donc une coloration plus faible des fruits à maturité — un mauvais point au tableau commercial. L'occupation de l'espace est-elle optimale ? Pas sûr. La forme "gobelet" n'est pas forcément la silhouette idéale pour la serre.

La rentabilité du système est-elle certaine ? Qui peut l'affirmer ? Déjà, les conditions de vente ont été moins brillantes cette année, du fait de la concurrence des nectarines espagnoles. Pour gagner une dizaine de jours sur ces rivales, il faudrait fournir un appoint de chauffage important. Dans cette perspective, selon Raymond Saunier, responsable de la sélection variétale du pêcher et du cerisier à l'INRA, la température minimale sous abri ne devrait pas tomber en-dessous de 7°C, une fois assouvis les besoins en froid de la variété. La précocité se fabrique, mais elle se paie.

Autre facteur d'incertitude : la longévité de ces arbres en pot. Un verger de pêchers produit en moyenne pendant une douzaine d'années. Sur quelle durée de vie active peut-on compter chez les arbres fruitiers élevés en nurserie ? Il n'est pas sûr d'ailleurs que cette question ait encore un sens, dans la mesure où les variétés de nectarines se renouvellent aujourd'hui très vite : les vergers sont replantés tous les sept à dix ans. Et la culture hors sol est d'autant plus apte à suivre ce rythme rapide d'évolution qu'elle pourrait s'appliquer à des arbres non greffés.

Actuellement, en effet, tous nos pêchers de plein air sont des arbres greffés. Ils ont les racines du porte-greffe, lequel a été sélectionné pour sa vigueur, sa résistance, son adaptation aux ca-

ractéristiques physiques, chimiques (le pêcher est allergique aux sols calcaires asphyxiants), biologiques (les pathogènes) du terrain. La partie aérienne de l'arbre, par contre, est l'héritière de toutes les propriétés du greffon, qui appartient à une variété choisie pour la qualité de ses fruits.

Dans l'expérience d'Alenya, les arbres sont également des sujets greffés. On est parti de petites plantes d'un an, issues de semis d'une variété de porte-greffe aux vertus éprouvées sur

DES ARBRES GREFFÉS AUX ARBRES



Les boutures de pêcher s'enracinent mal et l'espèce aime les sols aérés, perméables et profonds. La méthode la plus courante pour multiplier une variété dont on apprécie les fruits est donc le greffage (1). Mais dans les vergers à haute densité, le coût des plants devient prohibitif et dans la culture hors sol, le substrat possède tout ce qu'aime le pêcher. On peut alors recourir aux arbres sur leurs propres racines que fournissent le bouturage "sous brouillard" (2) et le clonage in vitro (3) (voir texte ci-contre).

chacune desquelles avait été greffé, en août 1982, un petit bourgeon 1982 d'Armking. Ces bourgeons ont donné naissance aux ramifications sur lesquelles ont été récoltées les nectarines Armking (**photo 1**).

Mais pourquoi en définitive mettre en culture des plantes

greffées dans un substrat contrôlé, puisque le greffage a pour but de compenser les défauts du sol ? Parce que le greffage reste encore, dans la pratique, le seul moyen de propager une variété de pêcher, espèce difficile à bouturer.

Cependant, il existe aujourd'hui de nouvelles méthodes de multiplication qui permettent déjà de cultiver les arbres sur leurs propres racines, sans faire appel au greffage. Le professeur G.A. Couvillon, de l'université d'Athènes en Georgie (USA) a

mosphère humide dans des godets individuels remplis de vermiculite (**photo 2**). La reprise des boutures, c'est-à-dire leur enracinement, habituellement difficile, réussit presque toujours avec cette méthode, quelle que soit la variété. Un autre procédé, dit de micro-propagation, fait appel à la culture *in vitro* et multiplie à l'identique des milliers de péchers en quelques semaines (**photo 3**). On peut très bien envisager l'utilisation en culture hors sol de ces générations de plants nés en labora-

année d'étude ; 17 000 nouveaux sujets sont sortis, le printemps dernier, des serres d'acclimatation, les "couveuses" où sont accueillis pendant trois mois les plants fragiles produits en éprouvette. L'INRA entreprend, à Alenya, des essais de culture hors-sol sur de jeunes sujets issus de cette technique.

Mais l'Armking n'apparaît déjà plus, à l'INRA comme chez Delbard, comme la variété idéale pour une culture sous abri. On cherche maintenant des variétés qui se contentent de 200 ou 300 heures de froid pour retrouver leur activité vitale saisonnière. On n'a pas multiplié de telles variétés en France jusqu'ici, puisqu'un rythme de végétation aussi propice à la précocité les aurait soumises au gel dès la floraison, même sous nos climats méditerranéens. Avec la culture sous abri, les données changent. L'INRA a mis en place l'hiver dernier, dans cinq lieux différents, des essais comparatifs portant sur 25 variétés nouvelles. Toutes ont de faibles besoins en froid (150 à 400 heures) et un arrêt de végétation tardif à l'automne, propriétés qui les rendent aptes à la culture sous abri.

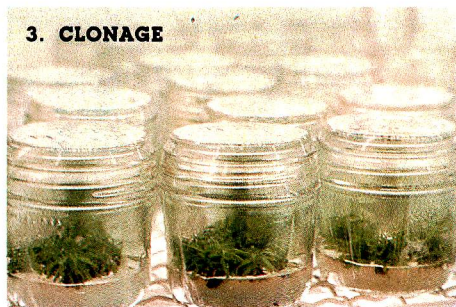
En tout état de cause, ce nouveau mode de culture n'intéressera jamais que les fruits à maturation précoce. Les producteurs continueront à cultiver, sous serre ou en plein champ, une large gamme de produits mûrissant à différents moments de la saison. Car la cueillette pour une variété dure de 12 à 15 jours, tandis que la saison des pêches s'étale sur quatre mois.

Au sein même de l'espèce, le développement de ces techniques paraît donc limité. Par contre, elles peuvent s'étendre à d'autres espèces fruitières pour lesquelles on souhaite aussi une sortie précoce. Cerisiers, abricotiers, vignes à raisin de table sont les nouveaux points de mire des chercheurs de l'INRA. Entre les fruits de saison et les fruits de primeur, une arboriculture sophistiquée s'installe sous le soleil du Roussillon. ■

SUR LEURS PROPRES RACINES



2. BOUTURAGE



3. CLONAGE

ainsi mis au point une technique originale de bouturage, d'ores et déjà appliquée à Follonica. Les boutures sont prélevées courant août, à l'état semi-ligneux, rapidement trempées dans une solution adéquate et placées en at-

toire. D'autant que ces plants font des racines très ramifiées, bien adaptées à un volume de substrat restreint. La suppression du greffage accélère la mise sur le marché des jeunes plants, et en abaisse le coût (*).

L'accès rapide à de nouvelles variétés en est donc facilité. L'horticulteur et pépiniériste Delbard, déjà connu pour ses rosiers obtenus *in vitro*, a lui aussi senti le vent de la mode du pêcher précoce élevé sous tunnel. Quelques milliers d'Armking multipliés *in vitro* dans ses propres laboratoires, poussent sur leurs propres racines dans les pépinières où ils font actuellement l'objet d'une première

(4) Voir "Les arbres en éprouvette", Science & Vie n° 787, avril 1983, p. 88.



DUNES : LA CHIRU



Photos Conservatoire du Littoral



Les barrières perméables (ganivelles) sur la grande photo : fascines en bas à gauche ; treillis plastiques en bas à droite) freinent le vent et la houle, qui déposent le sable à leurs pieds. Les dunes ainsi reconstituées ont été fixées par une couverture de branchages (en bas à droite) ou mieux par des plantations d'oyats (en bas à gauche).

Photo P. Barrère

RGIE ESTHÉTIQUE

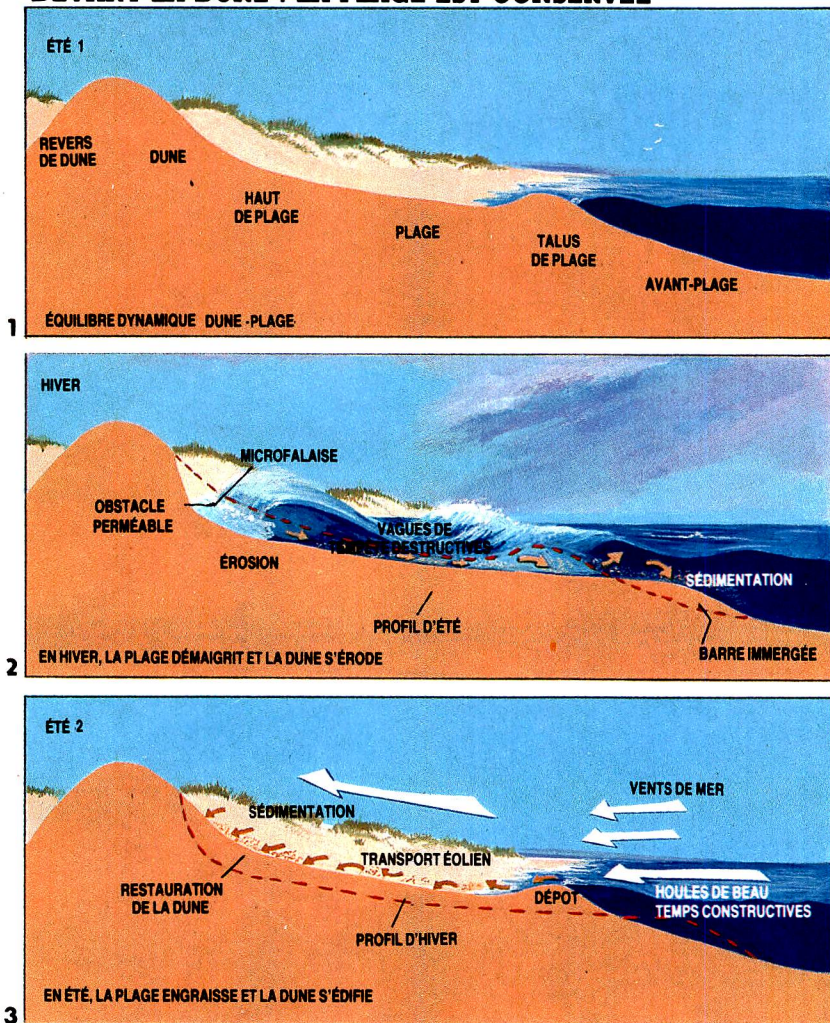
LE CONSERVATOIRE DU LITTORAL, QUI A FÊTÉ SES DIX ANS

le 10 juillet dernier, s'attelle à la restauration des cordons dunaires de la côte languedocienne. Une technique "douce", les ganivelles, qui a fait ses preuves sur la façade atlantique, marche également ici : bonne nouvelle car ces poumons du rivage méritent mieux que le piétinement.

La tâche était urgente ; sur le littoral du golfe du Lion (230 km environ), entre la côte rocheuse des Pyrénées orientales et l'embouchure du Rhône, le rivage bas et sableux (lido) ne présente plus que des vestiges de cordons dunaires étroits, souvent en mauvais état et entrecoupés de brèches.

Comme il arrive souvent, ce ne

DEVANT LA DUNE : LA PLAGE EST CONSERVÉE



La solidarité du système dune-plage-avant-plage se manifeste dans les variations saisonnières du profil de la plage.

sont pas les petits désagréments qui réveillent les consciences ; ceux-là, comme l'entrée périodique du sable à l'intérieur des terres et des stations balnéaires par vent de mer, on finit toujours par s'y habituer. Ce sont les "accidents", une fois de plus, qui ont révélé l'ampleur du problème : les tempêtes de novembre 1982 et novembre 1984.

La première, exceptionnellement forte, a certainement préparé les points d'attaque de la seconde à l'intérieur des terres. Mais sa violence fut telle que personne ne chercha à trouver d'autres coupables qu'elle-même. Une telle tempête n'a de chance d'apparaître que deux fois par siècle : des rafales de

vent de plus de 150 km/h engendrèrent pendant une cinquantaine d'heures une surélévation du plan d'eau pouvant aller jusqu'à 2 mètres avec des vagues de 6 m de haut...

Au contraire, les dégâts plus localisés de la tempête des 8 et 9 novembre 1984 ont clairement dénoncé les complices de la tempête : la dégradation du cordon dunaire, et son remplacement par des aménagements "en dur" (murs, routes, maisons...). La mer s'est engouffrée par les brèches, inondant l'arrière-pays, salinisant les terres, etc.

A cette occasion, les riverains se sont souvenus de l'importance des dunes pour leur propre protection et ont compris la néces-

site d'agir pour conserver le cordon dunaire en bon état. Car la dune n'est pas un tas de sable, inerte, posé là pour toujours ; elle est vivante, mobile, fragile. La mer donne et prend le sable qui l'édifie, les vents de mer la font reculer, les vents de terre arrêtent sa progression. Son édification et sa pérennité dépendent entièrement de la végétation qui la fixe. C'est pourquoi tout ce qui endommage les plantes qui couvrent la dune est une agression majeure, qui prélude à sa dégradation.

La dune assure de multiples fonctions : outre sa richesse écologique elle est un rempart contre la houle, qu'elle amortit, contre le vent et ses embruns, qu'elle absorbe et dévie, contre le sable enfin, que sa couverture végétale piège. Autant d'actions qui préservent d'une part la plage, d'autre part l'arrière-pays, et qui sont d'autant plus nécessaires que ce dernier est habité ou aménagé.

Le rôle protecteur de la dune bordière s'explique principalement par les échanges (**dessins 1-2-3**) qu'elle entretient avec la plage et l'avant-plage (partie basse, toujours immergée, de la plage). N. Brémontier, ingénieur des Ponts et Chaussées, qui entreprit avec succès la première fixation de dunes à grande échelle, à La Teste (Gironde), énonçait dès 1981 le principe fondamental de la dune : « tarir la source de sable au plus près de son origine, c'est-à-dire de la plage. »

L'été, le profil se relève car les vagues, de faible amplitude, "engraissent" la plage. Elles déferlent près du rivage et sont constructives : dans leur mouvement de va-et-vient, le "jet de rive", qui apporte les sables, a une puissance supérieure à celle de la "nappe de retrait" qui les remporte. Les sédiments de l'avant-plage migrent vers la plage et s'y accumulent en petits talus. La pente se relève ainsi jusqu'à ce que les actions du jet de rive et de la nappe de retrait se compensent.

Ainsi, l'été n'est pas une saison

DEVANT LE BÉTON : LA PLAGE RÉTRÉCIT

propice pour déceler les indices d'une plage dont la largeur, en moyenne, diminue chaque année (plage en récession). Au contraire, l'hiver, et surtout lors des tempêtes, les vagues, plus hautes et plus cambrées, sont destructives : elles déferlent sur le haut de la plage et l'érodent en lui arrachant les matériaux qu'elles déposent sur l'avant-plage, sous forme de barres immergées. La plage "démaigrit", son profil s'abaisse et lors d'une tempête, les vagues pourront déferler d'autant plus loin sur le rivage.

Confrontées à une dune, les fortes houles dissipent leur énergie sur trois fronts simultanés : elles sont freinées par la pente doucement ascendante de la dune (dune obstacle), elles sont amorties sur le sable et non violemment réfléchies comme sur un obstacle imperméable (dune pare-chocs) et s'affaiblissent en se chargeant de sable (dune réserve). Au lieu de prendre le sable à la plage, elles déstabilisent le pied de la dune, qu'elles transforment en petite falaise (2). Mais si le cycle des houles est régulier, ce pied de dune se reconstituera l'été (3) avec le sable remonté sur l'estran (1) par les houles faibles de beau temps et transporté par les vents de mer. La modification saisonnière du profil de la plage met ainsi en jeu, selon les sites plus ou moins protégés 50 à 500 m³ de sédiments par mètre linéaire de côte.

Ce bilan "reconstitution-érosion" n'est bien sûr équilibré que si la mer (ou l'océan) apporte autant de sable au système qu'elle (il) lui en enlève. Or, sur une portion de littoral, des sédiments peuvent provenir d'une origine extérieure au système décrit, ou au contraire, s'en échapper définitivement. Les cours d'eau apportent les sédiments d'origine terrienne.

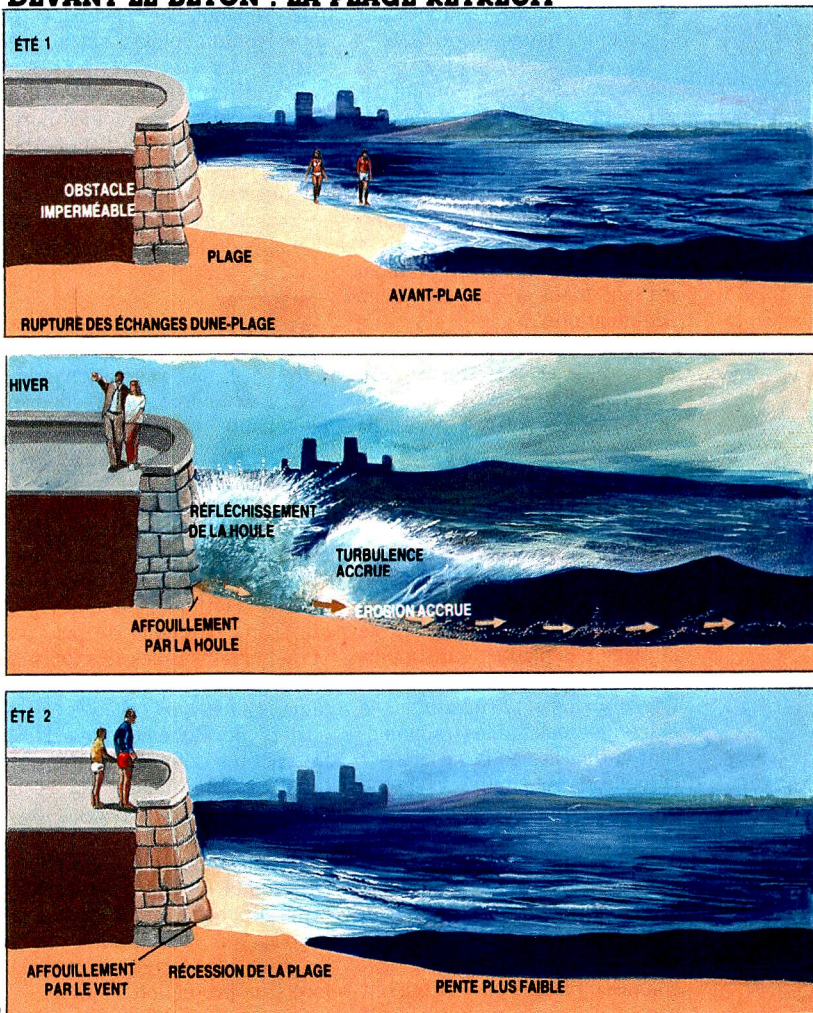
Schématiquement, les matériaux remaniés par la houle concernent les fonds situés entre le rivage et des profondeurs correspondant à 2,5 à 3 fois la hauteur moyenne de cette

houle : soit des profondeurs de 10 à 15 mètres sur la côte atlantique ; 5 à 10 mètres sur celle de la Manche et 3 à 8 mètres sur celle de la Méditerranée. La dérive littorale, née de l'obliquité de la houle par rapport au trait de côte, charrie ces sédiments le long du littoral, emportant ou déposant les matériaux en transit selon sa direction, sa force, celle des courants de marées et la morphologie du trait de côte qu'elle rencontre. Importante le long de la côte des Landes, elle véhicule ainsi 500 000 à 1 million de m³ de matériaux chaque année, pour la plupart dans une direction nord-sud.

Les vagues apportent donc

des sédiments pris sur des fonds plus éloignés que l'avant-plage ; les courants de marées, de vitesse supérieure à 50 cm/s déplacent également du sable ; des courants plus profonds peuvent en apporter ou, au contraire, l'évacuer jusqu'à des profondeurs telles qu'il ne sera plus ramené par les vagues. Les vents violents du large peuvent soulever le sable sec de l'estran et l'exporte au-delà de la frange littorale. En pratique, un sable fin (0,2 mm) et sec peut être transporté dès que la vitesse du vent (mesurée à 2 m du sol), dépasse 15 km/h. Un vent de 18 km/h est capable de transporter 1 kg de sable fin par heure et par mètre linéaire de plage.

Les équipements en dur (murs verticaux, enrochements) détruisent les échanges dune-plage.



(1) Portion de plage comprise entre les plus hautes et les plus basses mers.

Un vent de 36 km/h en déplacera 100 et un vent de 72 km/h : 800.

Chaque morceau de côte a ainsi son propre budget sédimentaire. S'il reçoit autant de sédiments qu'il s'en échappe, le bilan est nul : la plage a des chances de rester stable, et il revient à l'homme de protéger l'équilibre du système avant-plage - plage - dune qui le protégera en retour. Si l'enlèvement est supérieur à l'apport (bilan sédimentaire négatif) il y aura récession de la plage, arasement de la dune et, à terme, disparition complète de la plage. Si le bilan est au contraire positif, la plage engraisse, et sa surface nue devient une piste d'envol pour le sable mobilisable par les vents du large.

Des petits reliefs sur la laisse de haute mer (épaves, plantes) sont à l'origine de petits tas de sables éphémères. En arrière de la plage des plantes qui supportent le sel (halophiles, comme l'*Agropyrum junceum*, le chiendent des sables) augmentent la rugosité de la surface sur laquelle le vent souffle : la vitesse du vent diminue alors, et il dépose sa charge. Des petits monticules de sable se forment, se réunissent en une dune bordière sensiblement parallèle au rivage (**dessins 7 à 11**).

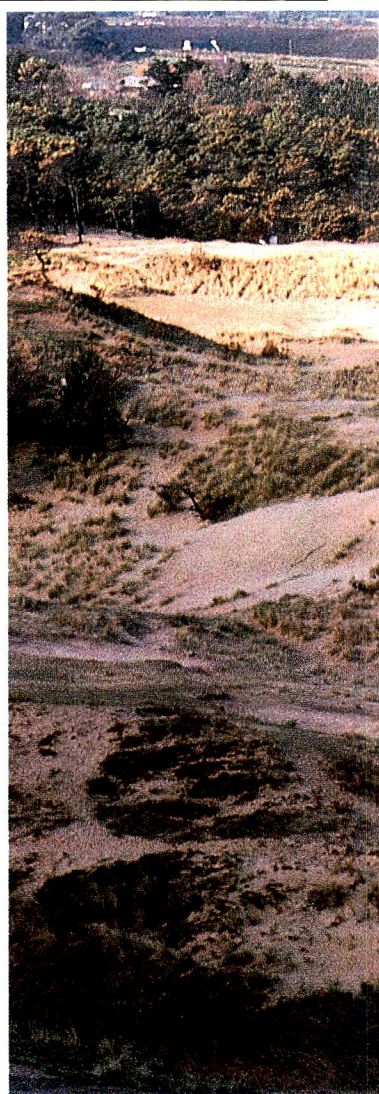
Cette dune embryonnaire est colonisée par des plantes qui ont besoin d'apports de sable pour se développer ; l'oyat (*Ammo-*

phila arenaria) est l'exemple le plus répandu de ces espèces dites "psammophiles" sur nos rivages tempérés. Elle y est associée à d'autres espèces, notamment le carex aux racines horizontales traçantes et l'euphorbe aux racines verticales pivotantes qui finissent de fixer le sable sur le revers de la dune. C'est le domaine de la dune "blanche".

En arrière de ces plantes pionnières, la végétation devient plus dense, plus haute, plus variée et enrichit le sol en humus. Ainsi se succèdent plusieurs types d'associations végétales en direction des terres, qui caractérisent la "dune grise" fixée : une pelouse éparsée, rase puis plus dense (fétuque, immortelle, etc.), une mosaïque de pelouse et de buissons isolés, des fourrés d'arbustes (genêts, argousiers tamaris), des bois (chênes verts, oliviers de Bohême, pins...) (2). Des petites dépressions dans la dune faisant affleurer de l'eau douce peuvent héberger des joncs, des roseaux, des saules. Dans les Landes, des boisements importants, dégradés par les embruns, opposent un obstacle à la propagation des sables vers l'intérieur des terres : ce sont les forêts de protection.

C'est sur ce modèle, très schématique, que les dunes anciennes, aujourd'hui fixées par la végétation ont vu le jour. Le sable provient de l'érosion liée aux phénomènes glaciaires (alternance du gel et du dégel, coulées de boue...), des reliefs émergés lors de la dernière période froide du globe. Il y a 18 000 ans, lorsque les glaciers étaient à l'apogée de leur extension, le niveau de la mer était descendu, pense-t-on, à une petite centaine de mètres au-dessous de son niveau actuel.

Le réchauffement progressif du climat provoqua la fonte des calottes glaciaires et une remontée du niveau marin, par paliers successifs, connue sous le nom de "transgression flandrienne".



A Amélie-les-Bains (Gironde), la mer a gagné 2,50 m sur le rivage dans les 40 dernières années.



La vitesse de cette transgression n'a pas été uniforme au cours du temps, ni synchrone géographiquement, chaque région ayant sa propre courbe de remontée du niveau de la mer. Lors de cette transgression, la mer a travaillé et trié les matériaux détritiques pris sur les versants des reliefs précédemment émergés : les blocs ont donné des galets, les cailloux des graviers roulés, les grains de quartz du sable, les matériaux fins des vases... Au fur et à mesure de sa progression, la mer a repoussé devant elle ces matériaux qu'elle pouvait facilement mobiliser.



Sur de nombreux littoraux, le trait de côte actuel a été atteint vers 5 000 — 6 000 ans BP (= *before present*: avant notre époque), avec des oscillations ultérieures du niveau marin plus ou moins grandes. De gros volumes de sédiments meubles se sont depuis accumulés sur leur rivage: sables fins à grossiers (0,2 mm à 2 mm), granules et graviers (2 mm à 2 cm), galets (2 à 20 cm), voire blocs (plus de 20 cm). Sur les plages sableuses, parfois agrandies au cours de petites régressions marines, la déflation éolienne et la colonisation végétale ont alors édifié de grands champs de dunes dont

l'agencement porte les secrets du temps écoulé, à l'échelle géologique (dunes perchées de Bretagne) ou humaine (dunes "artificielles" du système aquitain, fixées au XIX^e siècle).

Aujourd'hui, la réserve sous-marine de sédiments est tarie. Les seuls apports appréciables se limitent aux produits directs de l'érosion continentale et marine. Encore ceux-ci sont-ils amoindris par les extractions de matériaux en mer et sur les rivières, et par les ouvrages de canalisation (barrages en particulier) effectués sur les fleuves. C'est ainsi que les alluvions du Rhône livrés à la mer sont pas-

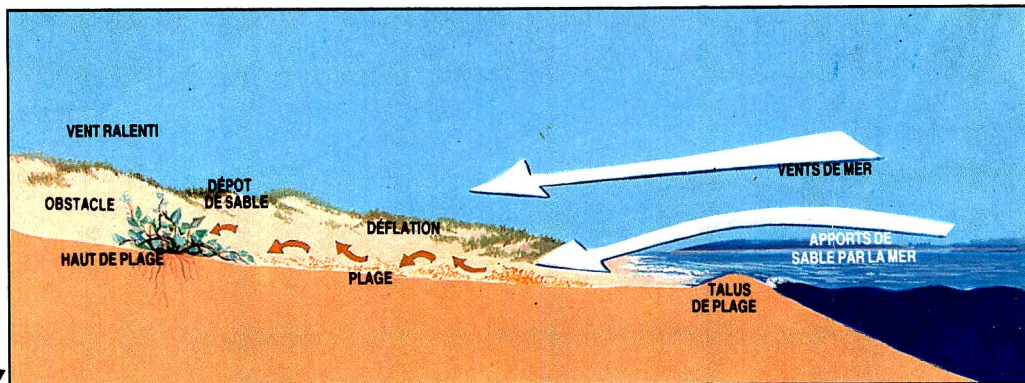
sées de 40 millions de tonnes environ au XIX^e siècle à 12 millions de tonnes dans les années 60, soit trois fois plus encore qu'aujourd'hui. De plus, sur certains rivages, les côtes atlantiques par exemple, (est des Etats-Unis et Europe occidentale), la remontée du niveau marin se poursuit encore et sa position n'a jamais été aussi haute. Quelque deux cents marégraphes installés à travers le monde indiquent que le niveau marin s'élève un peu partout d'environ 1,2 à 1,5 mm par an.

Certains lient cette transgression à l'augmentation de la teneur en gaz carbonique de

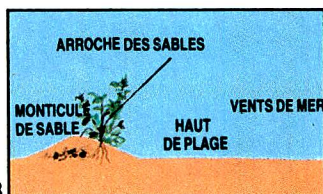
Sur la façade atlantique, le sable, chassé par les vents de mer, envahit l'arrière-pays. Témoin la cabane ensablée aux Dunes du Vieux Bourg (Côtes-du-Nord).

LA FORMATION D'UNE DUNE BORDIÈRE

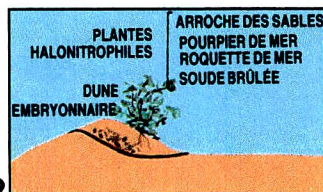
Sur le haut de plage, des plantes, tolérant l'eau salée (halophiles), et gourmandes en nitrates (nitrophiles) provenant de la décomposition des algues, créent de petits monticules de sable : les dunes embryonnaires. Elles sont fixées par des plantes qui ont besoin d'apports de sable pour se développer (plantes psammophiles, tel l'oyat).



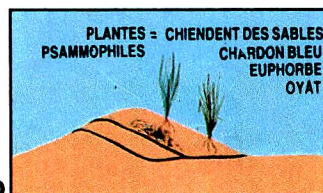
7



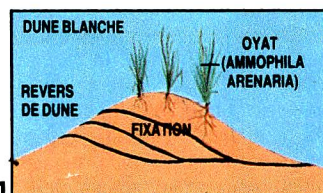
8



9



10



11

Ainsi, sur le littoral français, de nombreuses plages sont menacées de disparition. Les blockhaus du Mur de l'Atlantique, et de la côte méditerranéenne sont les meilleurs témoins de cette crise : construits en arrière des estrans par les Allemands lors de la deuxième guerre mondiale, ils se retrouvent aujourd'hui sur le bas des plages. Affouillés à leur base par la houle et les vents, comme tout obstacle massif, ils ont également basculé.

Mais l'élévation du niveau de la mer n'est pas la seule explication au recul des plages. L'homme infléchit, dans certaines limites, en "bien" comme en "mal", cette évolution naturelle. Nous avons cité les extractions (évaluées en France à 250 millions de tonnes par an) et la canalisation des rivières, qui limitent le stock sédimentaire disponible pour les plages. Les ouvrages portuaires, l'ancrage des bateaux, les émissaires en mer, la pollution détruisent les herbiers (de posidonies en Méditerranée) qui piègeaient le sable sur l'avant-plage, accentuant l'érosion.

Pour contrecarrer les fortes houles perpendiculaires au rivage, l'homme construit des brise-lames. Ces ouvrages efficaces surtout dans des mers à faibles marées (exemple, à Carnon, dans l'Hérault), sont parallèles à la côte qu'ils protègent en créant entre eux et le rivage, une zone propice au dépôt du sable (et des pollutions). Contre les dérives littorales qui érodent,

il construit des épis, ouvrages transversaux destinés à capter les matériaux en transit : leur accumulation sur l'une des faces de l'épi recrée bien un bout de plage mais malheureusement, la diminution des apports et les turbulences de l'eau à l'aval de l'ouvrage déplacent le problème. Résultat, un épi en appelle souvent un autre, et une série d'épis "orne" bientôt la plage avec des résultats parfois décevants si les paramètres qui font évoluer le littoral ont été mal pris en compte. Les digues portuaires agissent comme des épis, avec des effets amplifiés par leur taille : accumulation d'un côté de l'ouvrage, érosion de l'autre... Ainsi la grande jetée du port de Boulogne (Pas-de-Calais) a entraîné la disparition totale de la plage de sable fin de Wimreux, 3 km au nord, autrefois réputée.

Côté terre, les aménagements ont un impact très positif chaque fois qu'ils recréent une dune disparue, restaurent une dune endommagée ou sauvegardent une dune intacte. Mais lorsqu'on construit à l'emplacement d'une dune ou, à son sommet, un mur, un hôtel, une route, un camping, les dégâts (ensablement, inondations...) ne tardent pas à apparaître. Les glorieux fronts de mer en béton construits le long du littoral ont été la source de bien des déboires.

Une construction statique est en effet inadaptée à la nature changeante d'un littoral sableux, surtout en cours d'érosion. Les murs verticaux et les enroche-

l'atmosphère qui s'accompagne d'un réchauffement ; d'autres la relie plutôt à la diminution de la calotte glaciaire de l'Antarctique occidentale. Quelle qu'en soit la cause, ce relèvement du niveau marin peut être à l'origine d'inondations des terres basses, d'intrusions salines dans les embouchures des cours d'eau, de l'érosion des plages et de leurs acolytes, les dunes.

ments détruisent les échanges dune-plage qui maintenaient le profil de la plage en équilibre tout en préservant l'arrière-pays. Ils sont affaillés à leur base par la turbulence des houles de tempête qui s'y réfléchissent. Le sable, au lieu d'être pris sur la dune, est dérobé à l'étranger. Résultat : les plages se rétrécissent (*dessins 4-5-6*). Les exemples ne manquent pas et sont malheureusement trop souvent à portée de regard. Ainsi, en Charentes, la plage de Chatelaillon (2,3 km de long) était autrefois bordée de dunes. Depuis la construction du front de mer, en 1890, le niveau du sable a baissé de 3 mètres et la plage devant le mur a disparu (3).

Filles de la mer et du vent, les dunes portent donc aussi l'empreinte des actions humaines. C'est pourquoi il n'y a pas deux dunes pareilles. Elles obéissent aux mêmes maîtres mais ceux-ci sont plus ou moins tyranniques. La disponibilité en sable est plus élevée dans la Manche ou l'océan Atlantique que dans le golfe du Lion. Les vents d'ouest, "uniques moteurs des dunes", provoquent leur marche envahissante vers l'intérieur des terres sur la façade atlantique tandis que les vents de terre arrêtent plutôt leur progression sur le rivage méditerranéen.

Les dunes bretonnes qui escadent des reliefs escarpés ne ressemblent pas aux profonds massifs dunaires picards ni aux étroits cordons du lido languedocien, pris entre mer et lagune. Ceux-là n'ont même pas un profil constant : à l'ouest d'Agde, le système dunaire se réduit à un cordon haut de 3 à 10 mètres, large d'une centaine de mètres à sa base, tandis qu'à l'est de Palavas, il est constitué de plusieurs cordons successifs, assis sur une bande parallèle au rivage dont la largeur augmente de quelques centaines de mètres à plusieurs kilomètres au fur et à mesure qu'on se rapproche du

delta du Rhône.

Ces cordons, hauts d'une petite dizaine de mètres au maximum, n'ont rien à envier — du point de vue de la stabilité — à ceux plus élevés des Landes ; la plus haute dune d'Europe, le mont Pilat en Gironde (110 mètres environ) recule de près de 5 m par an, les vents du large déplaçant chaque année dans les Landes 20 m³ de sable par mètre linéaire de côte !

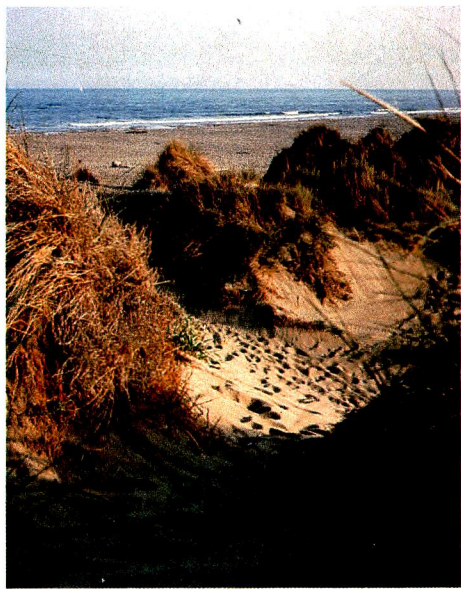
On ne peut pas enrayer définitivement les mouvements de sable sur une dune. Mais on peut les orienter, et par suite remodeler la dune en leur opposant des obstacles perméables plus ou moins hauts (brandes, ganielles ou filets). Le principe de tous ces obstacles perméables (dont les vides représentent 50 % environ de la surface) est le même : réduire la portance du vent sans perturber son écoulement. Le sable transporté se dépose alors au pied et en arrière de l'obstacle. Celui des flots de mer intempestifs se retrouve également piégé lors des nappes de retrait. Et surtout, on fixe la dune à l'aide des plantes psammophiles comme l'oyat dont la croissance est optimale pour des apports de 20 à 30 cm de sable par an, puis avec différentes espèces végétales au fur et à mesure que les paramètres du milieu (sel, sable, humidité, matière organique...) changent.

C'est probablement sur les rivages de la mer du Nord que naquirent les rudiments de la fixation des dunes. En Hollande, aujourd'hui, les dunes bordières qui protègent les espaces côtiers, mis en valeur derrière elles, sont l'objet de soins vigilants pour leur conservation. L'école française, elle, a acquis sa renommée dès le début du XIX^e siècle (il existait une Commission des dunes en 1801) avec l'artificialisation des dunes littorales de Gascogne ; culture du gourbet (l'oyat) et boisements des dunes sous l'égide, dès 1862, de l'Office national des eaux et forêts (ONF) ont mis un terme aux ensablements catastrophiques de l'arrière-pays. Un siècle

plus tard, le reprofilage mécanique des dunes avec de gros engins (bulldozer, tracto-pelle...) fait partie de la panoplie moderne des techniques employées.

Les dunes des Orpellières, à cheval sur les communes de Valrès et de Sérignan (Hérault) ne risquent pas, elles, de s'échapper dans l'arrière-pays. Car en Languedoc, les vents de terre sont largement dominants. Les vents de mer, liés souvent à des précipitations, se chargent d'autant moins en sable que celui-ci est humide et que les plages du lido sont plutôt étroites. Mais ses caractéristiques en font un modèle assez exemplaire du fragile équilibre de la dynamique dunaire.

Le cordon dunaire des Orpellières est un des plus hauts du Languedoc-Roussillon ; longeant la plage sur une longueur de



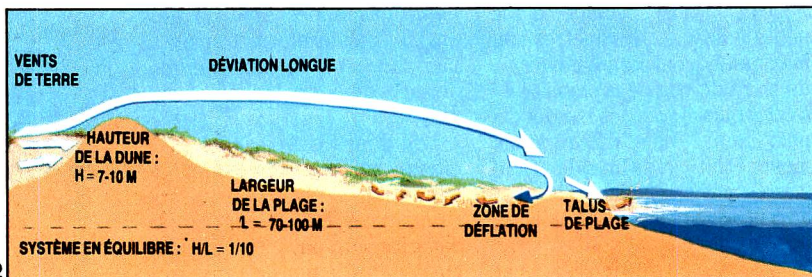
2,5 km, haut de 8 à 10 mètres aux endroits où il est bien conservé, il est bordé au nord-ouest par l'Orb, l'un des plus longs fleuves de l'Hérault et à l'est, par des espaces agricoles et des campings. C'est aussi depuis 1980, un terrain du Conservatoire national du littoral et des rivages lacustres.

Cet organisme, créé par la loi du 10 juillet 1975 a pour mission

Les vents dominants (ici vents de terre) finissent de déchausser les oyats (à gauche), plantes que le passage des piétons avait asphyxiées.

(3) Rapporté par le Laboratoire central d'hydraulique de France dans son étude : *Plages et littoraux artificiels*.

MONTER À LA PLAGE



DESCENDRE À LA PLAGE



Aux Orpellières, les proportions entre la dune et la plage sont à l'origine du maintien (12) ou de la dégradation (13) du littoral.

la protection des espaces littoraux naturels, vulnérables ou menacés ; en dix ans, il a acquis 27 000 ha de terrains maritimes ou lacustres (343 km de rivage) qui restent ouverts au public mais qu'il s'efforce de retrancher des convoitises des promoteurs en tout genre.

Le diagnostic de l'état du cordon dunaire, réalisé en 1983 par A.-Y. Le Dain de l'IARE (Institut des aménagements régionaux et de l'environnement) et par P. Barbel de l'EID (Entente départementale pour la démontstration) sur la demande du Conservatoire, mit en évidence l'urgence de la restauration du cordon, dégradé par les tempêtes et la fréquentation anarchique du lieu (voitures, piétons...). Aux yeux d'un néophyte, il peut paraître surprenant que l'on s'affole sur des

dunes dont la hauteur peut sembler insuffisante pour offrir un gage de sécurité.

Aux yeux des experts, ce sont au contraire les dunes basses qui sont les mieux adaptées à leurs fonctions car elles offrent une faible prise au vent. J.L. Duparc, auteur d'une thèse universitaire, relate les paroles "d'évangile" de l'un des forestiers landais du XIX^e siècle qui ont si bien œuvré pour les techniques de fixation des dunes : « 10 mètres est un maximum qui ne devrait jamais être dépassé... Celles qui dépassent 12 mètres sont constamment en réparation. Celles de 20 mètres n'arrivent jamais à être en bon état. Celles de 6 mètres n'abritent pas suffisamment. Celles de 8 à 10 mètres donnent tout l'abri désirable et ne nécessitent presque jamais de réparation. »

Le "presque" laisse place aux exceptions particulières à un milieu et à une époque. Car en fait, une dune à l'état naturel a sa morphologie propre, résultant de son équilibre avec la plage, et c'est cet équilibre que l'environnement et les habitudes contemporaines mettent parfois en péril. Derrière la dune, le domaine des Orpellières est un terrain naturel, aujourd'hui en friche, livré à une végétation

spontanée (mosaïque de pelouses à graminées, de buissons à tamaris, de landes où domine la salicorne...). Un maillage de fossés, les "roubines", témoigne d'un passé agricole, avec des pratiques d'irrigation et de drainage élaborées ; ainsi, en 1964 les sols non salés y étaient les plus nombreux alors qu'aujourd'hui ils ont pratiquement disparu.

La dune elle-même, seul point haut du paysage, présente une morphologie caractéristique lorsqu'elle est conservée : une hauteur proportionnelle à la largeur de la plage qu'elle borde (environ 1/10), une assise d'une centaine de mètres, un revers de dune étroit, à pente douce, aride où s'imbriquent plusieurs associations végétales qui habituellement se succèdent dans le temps ; l'association à oyats avec la luzerne des dunes (*Medicago marina*), et l'association à crucianelles (*Crucianella maritima*) accompagnée de l'immortelle (*Helichrysum stoechas*), la marguerite des sables (*Anthemis maritima*) etc. Le milieu est sec : la nappe d'eau douce, constituée par les eaux pluviales qui s'infiltrent, est ici très mince.

Lorsque la dune, par suite de multiples agressions, a perdu son profil d'équilibre, les dégradations s'enchaînent. Ainsi, au passage d'une dune moins haute, les vents sont moins déviés. Les vents de terre, dominants, creusent derrière la dune (zone de déflation), et les vents de mer ne peuvent combler le creux assez vite. La pente de la plage s'annule, puis s'inverse. La nappe d'eau salée souterraine va affleurer ; désormais, les estivants seront assis sur le sable mouillé et devront "monter" à la plage (dessins 12-13). Mais il y a plus grave : lors des tempêtes, les vagues déferlent plus loin ; les oyats, sensibles au sel, meurent ; l'érosion reprend et la mer gagne sur la plage, comme en témoigne la position de la borne (voir photo ci-dessus), qui signale l'ancienne limite du domaine public maritime, aujourd'hui large-

ment dépassée.

Le cordon reflète ainsi les conditions spécifiques de la Méditerranée :

- de forts vents de terre qui assèchent le revers de dune et érodent les surfaces de sable nu ;
- l'absence de marées ne laisse pas de répit aux fronts attaqués par les houles de tempête mais laisse au contraire, par beau temps, un sable sec sur une plage de largeur fixe où s'exerce la déflation ;
- une sécheresse estivale à laquelle correspond la période de fréquentation touristique la plus intense, ce qui ne permet pas à la végétation piétinée de récupérer.

Ainsi les touffes d'oyats déchaussées laissent le sable aux prises avec le vent ; des encoches se forment, les vents de terre y tourbillonnent, créant des profils d'érosion caractéristiques en forme d'entonnoirs : les "caoudeyres". Les chemins sont accentués par l'érosion éolienne et deviennent des "siffle-vents". Lorsqu'un reste de cordon compris entre deux siffle-vents s'érode de toutes parts, une large brèche se substitue à lui, voie royale pour le passage des tempêtes. Lorsqu'au terme de la dégradation, le

cordon a disparu, la plage n'a plus qu'à servir de parking aux estivants pressés de s'exposer aux rayons du soleil. Mais les colères de la mer peuvent alors s'étaler sans vergogne. Et le sable qu'elle apporte se perdra dans un étang, une route, un camping, une station de l'arrière-pays.

Or le sable du golfe du Lion est déjà peu abondant et les courants de marées, de 5 à 20 cm/s, sont insuffisants pour l'apporter à la plage. Celle-ci est donc souvent étroite en Méditerranée, à l'exception de certains cas favorables à l'engraissement naturel, comme à la pointe de l'Espiguette qui reçoit les alluvions du Rhône véhiculées depuis les Saintes-Maries-de-la-Mer par les houles du sud-est⁽⁴⁾. Il est donc nécessaire d'y gérer au mieux le système avant-plage - plage - dune.

La première chose à faire est de combler les brèches pour retrouver la continuité du cordon. Pour cela aux Orpellières on barre la brèche par une ou plusieurs rangées de ganivelles⁽⁵⁾.

Un quadrillage de ganivelles,

hautes de 1 à 1,5 mètre, espacées de 4 à 6 mètres (il n'y a pas de maillage "standard") peut ainsi être recouvert de sable en quelques mois et "reprofilé" la dune. Mais ce travail de bijoutier d'art, très spectaculaire, n'est pas adapté à tous les cas : dans les Landes, où les problèmes se posent plutôt à l'arrière de la dune, on pose les écrans et on jonche le sol de branchages plutôt sur le revers de la dune.

Le coût d'une restauration de dune avec les ganivelles est estimé par l'IARE à 110 000 F pour 100 mètres de linéaire côtier (ou de dune disparue). C'est dix fois moins que celui d'ouvrages tels que murs, perrés ou enrochements, puisque la défense de 100 mètres de côte par ce type d'équipements en dur est de l'ordre de 1 million de francs. Aussi existe-il aujourd'hui un consensus général pour commencer, partout où la dune existe, par la restaurer. Au moins dans le discours, il n'y a plus de "maniaques" du génie civil et tout le monde s'accorde à limiter les constructions de digues, d'épis, de brise-lames, à la réparation des erreurs passées. Car on se doit de protéger les richesses économiques et parfois culturelles qui bordent d'un peu

Succès pour les ganivelles ! Face à ces barrières, la mer a dû abandonner 20 m de rivage depuis octobre 84.



(4) Cas détaillés dans *Le littoral de l'Hérault et du Gard*, de F. Ruéda, Service maritime de navigation.

(5) La pose de ganivelles pour le remo-

delage des dunes est courante depuis une dizaine d'années déjà en Bretagne ou en Vendée. Dans le Nord, on utilise plutôt les filets en polyéthylène.

trop près la mer. Mais l'on ne devrait plus voir monter des enrochements au pied des cordons dunaires qui demandent plutôt à être rechargés en sable.

Cependant, la chirurgie esthétique des dunes n'est pas tout. Une fois retrouvé son profil d'équilibre initial, la dune doit être rapidement fixée par des végétaux ; ceux-ci doivent être entretenus et les causes initiales de la dégradation, si elles sont anthropiques (piétinements, parkings, campings, motocross...), supprimées ou du moins canalisées. On se heurte alors au mitage de la propriété foncière, et à celui des sources de financement. Qui va assurer le suivi des opérations ? Qui va interdire aux habitants et aux touristes l'accès total à ces espaces jusqu'ici ouverts ?

Ce qui se conçoit bien sur un domaine géré par un établissement public comme le Conservatoire, à vocation "écologique", s'applique plus difficilement chez un particulier ou par des collectivités locales soumises à une forte pression touristique. Une municipalité, bien souvent, ne peut pas gérer seule ce patrimoine collectif des dunes. Pourtant les élus se sentent concernés : leur association nationale a organisé un colloque le 3 mai dernier pour débattre de ces problèmes d'érosion et de défense du littoral. Quant à

l'Etat, dont on attend toujours la loi sur le littoral, il a beau jeu de se retrancher derrière la décentralisation.

Pourtant l'opération pilote des Orpellières fait des petits : la commune voisine de Portiragnes, dotée d'une dune au beau profil, abritée des vents de terre par des haies naturelles de tamaris, a fait planter ses premières ganielles en mars 1985 pour restaurer les parties en mauvais état qui se trouvent, comme il se doit, à la hauteur de la station. Le choix de la mairie est d'autant plus justifié et méritoire que la partie jusqu'ici préservée de la dune est aujourd'hui menacée par la ZAC (zone d'aménagement concertée) qui se construit derrière elle. La commune de Sète, la commune de Vias dont la plage, très étroite, est enlaidie par une série d'épis très rapprochés et d'enrochements en ligne brisée, sont également tentées par la démarche conduite par l'IARE.

Les conflits pour l'utilisation du sol sont moins problématiques sur le littoral aquitain ; l'Office national des forêts (ONF) y gère 187 des 233 km de rivage bordés du dunes ; 13 km appartiennent aux collectivités locales ; 33 aux privés. Les dunes

les plus dégradées se trouvent en territoire privé car l'ONF agit, pour sa part, sur "plans d'intervention" définis d'après l'étude des cartes écodynamiques établies par le laboratoire de géographie physique appliquée, de l'université Bordeaux III. Ainsi, sous le contrôle de ces deux organismes, plus de 12 000 m² de mimosas et de cyprès gelés cet hiver dans les jardins, servent actuellement à couvrir les grandes zones de déflation des dunes dégradées du Cap Ferré. Les arbres n'auront pas été perdus pour tout le monde !

A l'échelle nationale, c'est l'inventaire permanent du littoral (IPLI) qui répertorie les zones "sensibles". Les menaces pesant sur un site fragile sont déterminées par le croisement de deux types d'information : les unes sur l'utilisation du sol, données par des photographies aériennes au 1/25 000, prises lors de missions spécifiques (les documents tirés de la seconde mission, démarrée en 1982, sont en cours d'élaboration), les autres sur l'usage et la réglementation concernant ces sols, établis à partir des documents d'urbanisme.

Il n'y a pas de normes en matière de dunes, pas plus qu'en matière de littoral. R. Paskoff, président de la Commission sur l'environnement côtier de l'Union géographique internationale, préconise, dans un livre dont il est l'auteur (*), l'interdiction de toute construction sur un espace d'une largeur égale à trente fois la vitesse moyenne annuelle du recul de la côte. Les édifices entrant, avec le temps, dans la zone rouge, seraient purement et simplement abandonnés.

Gageons que la loi sur le littoral n'ira pas aussi loin et s'arrêtera à une norme toute administrative, à laquelle il sera prévu de déroger. En attendant, les cordonniers de la dune s'activent pour travailler plus vite que les forces destructives de la nature, de l'urbanisation et de la fréquentation touristique, sans compter celles des lapins qui pullulent dans le Boulonnais ! ■

Exit la dune...
entrent les
voitures.



Photo A.-Y. Le Dain

des études... un métier

APPRENDRE RAPIDEMENT - EFFICACEMENT - A SON RYTHME - PAR CORRESPONDANCE

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 .	COMMERCE CAP Employé de Bureau, Banque, Assurances - BP Banque - BTnG3 - Représentant - Directeur Commercial - Gérant succursale - Vendeur - Hôtesse - Gestion des entreprises - Marketing - Economie.	MONTEUR DÉPANNÉUR RADIO - TÉLÉ - HIFI
ENSEIGNEMENT SECONDAIRE Classes de 6 ^e -5 ^e -4 ^e -3 ^e . Seconde-Premières-Terminalles. A.B.C.D. - Baccalauréat.	HÔTELLERIE Maître d'hôtel - Directeur Gérant - Secrét. récept.	CULTURE GÉNÉRALE Orthographe - Rédaction - Calcul - Synthèse - Résumé de texte - Orthographe cassettes - Maths modernes - Formation scientifique - Perfectionnement culturel - Rédaction du journal - Lecture rapide - Conversation - Graphologie.
ENSEIGNEMENT TECHNIQUE BTnF1-F3-F8-G1-G2-G3.	SOCIALES ET PARAMÉDICALES Examens d'entrée écoles : Aide-soignante - Auxiliaire de puériculture - Infirmier(e) - Infirmier(e) en psychiatrie - Sage-femme (carrière médicale) - Masseur - Ergothérapeute - Manipulateur d'électroradiologie - Pédicure - Educateur de jeunes enfants - Assistante sociale - Term. BTnF8 - Dactylo, Sténodactylo médicale - Secrétaire de médecin - Assistante dentaire.	ESTHÉTICIENNE CAP avec stages pratiques gratuits - Coiffure CAP mixte - Visagiste - Manucure.
CAPACITÉ EN DROIT - DEUG Institut d'études politiques.	FONCTIONNAIRE PTT : préposé, Agent d'exploitation, contrôleur, inspecteur - Secrétaire comptable à la banque de France - Inspecteur Police Nationale - Gardien de la Paix - Contrôleur des impôts - Commis. - Secrét. Adm. Scolaire Universitaire - Emplois réservés.	DESSIN - PEINTURE Cours élémentaire, universel, supérieur - Antiquaire - Décorateur intérieurs et ameublement - Dessinateur figurines de mode - Illustrateur.
ADM. EN FAC. DES NON BACHELIERS	INFORMATIQUE Opératrice saisie - Codifieur - Opérateur - Pupitre - Comptable, contrôleur sur informatique - Programmeur de gestion, micro - Analyste programmeur - Analyste - Initiation - Basic avec micro - Cobol - Micro-processus.	COUTURE - COUPE - CAP
ÉTUDES SUP. DE SCIENCES - DEUG - PCEM	PHOTOGRAPHIE Cours de photographie - CAP.	ÉTUDES MUSICALES Solfège - Piano, violon, guitare... sous contrôle sonore - Ecriture musicale - DEUG.
ÉTUDES SUP. DE LETTRES - DEUG	INDUSTRIE Dessinateur industriel en mécanique (CAP-BP) - Mécanique auto (CAP) - BTnF1, F3 - Électricien.	Possibilité de bénéficier des dispositions sur la formation continue
ÉCOLES VÉTÉRINAIRES		Inscription à tout moment de l'année
ÉCOLES NORMALES (AVEC DEUG)		Orientation-Conseils Documentation
LANGUES ÉTRANGÈRES Anglais - Allemand - Espagnol avec cassettes - Italien - Arabe - Russe - Examens Chambres Commerce étrangères.		APPELEZ LE 771.91.19
COMPTABILITÉ CAP - BEP - BP - BTnG2 - BTS - CPECF - DECS - Comptable - Secrétaire comptable - Technique comptable.		
SECRÉTARIAT CAP sténodactylo - BEP - BTnG1 - BTS direction et trilingue - Dactylo - Sténodactylo - Secrétaire commerciale, de direction, juridique, bi et trilingue - Opératrice traitement de texte.		



ECOLE UNIVERSELLE

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

BON POUR UNE DOCUMENTATION GRATUITE

Nom, prénom _____
 Adresse _____ Tél. _____
 Niveau d'études _____
 Age _____ Diplômes _____
 Brochure demandée ☐ 316 Profession envisagée ☐

ECOLE UNIVERSELLE - IFOR
 28 rue Pasteur 92551 Saint-Cloud Cedex.
 Tél. 771. 91.19

DES MONSTRES D'ÉCONOMIE

CES "BIDULES" À ROUES SONT LES FRUITS DE LA RECHERCHE la plus libre

et la plus raffinée en matière d'économie d'énergie et de performances. L'électronique est évidemment de la fête. Ce sont les germes des voitures de demain !

Une Mercedes à énergie solaire a couvert 368 km à 38 km/h de moyenne. Une Ford s'est révélée capable de parcourir 1346 km avec un seul litre d'essence à la moyenne de 24 km/h ! Dans les concours d'économies d'énergie, les bureaux d'études des constructeurs se sont jusqu'ici imposés aux lycées d'enseignement technique...

L'idée est naturellement née de la crise : le premier concours d'économie d'énergie a précisément eu lieu en 1973, en Grande-Bretagne ; le vainqueur de l'époque avait parcouru 192 km avec un litre d'essence à 16 km/h. Dès 1980, en Australie, le cap des 1 000 km était franchi (1 142 km avec 1 litre à 24 km/h). En France, il a fallu attendre 1985 pour assister à la première confrontation sérieuse en circuit fermé, au mois de juin, sur la piste du Castellet. Mais aucun constructeur patenté n'avait répondu à l'appel de Shell France et de *l'Automobile Magazine*. Le recordman du monde, l'UFO (Ultimate Fuel Optimiser), du centre de recherches et d'études Ford de Basildon était resté dans son île, abandonnant le terrain aux écoles d'ingénieurs, lycées et collèges techniques de l'Europe continentale. On imagine aisément le stimulant que peut représenter pour des élèves la perspective de participation à de telles compétitions : 1

l'assiduité aux travaux pratiques en est redoublée et l'honneur de l'établissement est engagé...

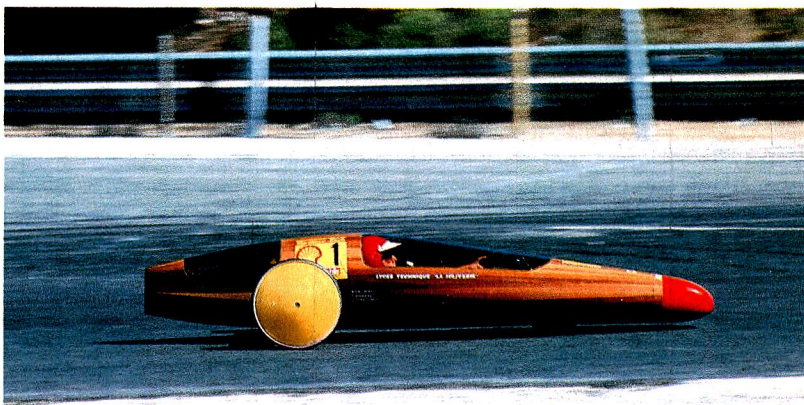
Le cahier des charges est simple : sur un circuit fermé sont imposées la distance (16,5 km) et la moyenne minimale (25 km/h). Durant le temps de mise à disposition de la piste (3 heures), les concurrents peuvent se livrer à autant de tentatives qu'ils le veulent. Chaque fois, la consommation est rigoureusement mesurée, il est bien entendu que le "plein" de super doit être effectué à température ambiante, et l'ordre du classement se fait naturellement par



ordre croissant des consommations.

Les engins doivent posséder au moins trois roues. Hors cette obligation, toute liberté est laissée à leurs concepteurs: étude aérodynamique, cylindrée du moteur, choix de la transmission, recours aux matériaux les plus exotiques, poids du pilote... pour autant que ce dernier soit âgé de plus de douze ans.

Pour les moteurs, le choix s'oriente dans trois directions: les 49,9 cm³ directement empruntés à des cyclomoteurs du commerce, les micro-moteurs d'aéromodélisme et enfin les mo-



La grille de départ du circuit du Castellet (1): sous des gabarits voisins, de multiples interprétations aérodynamiques. Parmi elles, le P'tit Joule (2) du lycée technique de la Joliverie, à Nantes, avec son élégante carrosserie en Red Cedar lié à la résine Epoxy. Diversité des formes encore plus surprenante pour le concours de véhicules à énergie solaire en Suisse (3) !

teurs conçus à partir d'une feuille blanche. Les équipes qui retiennent cette dernière solution choisissent le 4 temps plutôt que le 2 temps théoriquement plus brillant, mais plus délicat à mettre au point et moins constant dans ses prestations. Le lycée d'enseignement professionnel de Vannes a réalisé une intéressante loi de distribution adaptable au tracé spécifique du circuit: 35 profils de carnes sont disponibles (!), chacune peut prendre la position angulaire choisie; elles sont vissées sur l'arbre et le motoriste, par approche, détermine le diagramme optimal parmi une quasi-infinité de solutions.

Qu'ils fassent appel à un moteur du commerce ou à une mécanique originale, tous les concurrents utilisent largement l'électronique, essentiellement dans la gestion de l'allumage, à partir de boîtiers d'origine, modifiés. Car le pilotage s'effectue par "hachage", avec des phases de "roulette", moteur coupé. La remise en route se fait généralement au niveau de la crête de couple: c'est l'électronique qui détermine le moment optimal des hachures. Des ingénieurs en métallurgie néerlandais ont mis au point à cet égard un dispositif original: convenant que leur 10 cm³, 4 temps devait impérativement tourner à 2000tr/mn, régime auquel il développe 50 watts, ils l'ont monté sur un chariot placé devant la roue motrice. Un long cône en caout-



chouc, solidaire du chariot, joue le rôle de galet d'entraînement en même temps que celui de variateur continu. En fonction des conditions de charge du moteur (montée ou descente), un ordinateur calcule la position idéale du cône pour que la démultiplication qui en résulte maintienne le régime du moteur à la valeur déterminée. L'information est transmise à un petit moteur électrique qui assure le déplacement du chariot sur ses glissières. Dans les descentes, le chariot arrive en bout de course, l'extrémité du cône ne touche plus le pneu et le signal coupe le moteur.

Même diversité technique dans les formes et les matériaux à la recherche de la meilleure aérodynamique et du moindre poids. Si le véhicule du Team Henry, vainqueur au Castellet, avait des roues dégagées, les meilleurs résultats aérodynamiques vont aux engins entièrement carénés. L'UFO Ford affiche un coefficient de pénétration (Cx) de 0,113, la réalisation de l'équipe Bandit, entièrement définie par ordinateur, de 0,097 ! Quand les roues sont extérieures, le voile est habillé d'un cache lenticulaire, comme celui

des vélos du record de l'heure.

Pour les matériaux, fibre de verre, magnésium ou titane, bien sûr, mais aussi fibres de carbone ou de kevlar, très rigides, permettant de se dispenser de treillis métallique. Le P'tit Joule, du lycée technique de la Joliverie à Nantes, se singularise par une élégante carrosserie en Red Cedar, un bois très résistant mais facile à travailler, lié à une résine Epoxy. Mais sur le circuit du Castellet, moins plat, il est vrai, que celui de Silverstone, on est resté loin du record absolu mondial : 680,482 km pour un litre de super contre 1346, les Suisses du Team Henry sont quasiment à mi-chemin des ingénieurs de Ford.

A quelques jours près, une soixantaine de "voitures" à énergie solaire tentaient de rallier Romanshorn à Genève, soit le lac de Constance au Léman, via Winterthur, Brugg, Neuchâtel et Lausanne : 368 km en cinq étapes, à des vitesses variant de 20 à 80 km/h dans le flot quotidien de la circulation : on imagine les embarras qu'a causés cette insolite cohorte...

Ce Tour de Sol était organisé par l'association suisse pour l'énergie solaire. Les engins étaient répartis

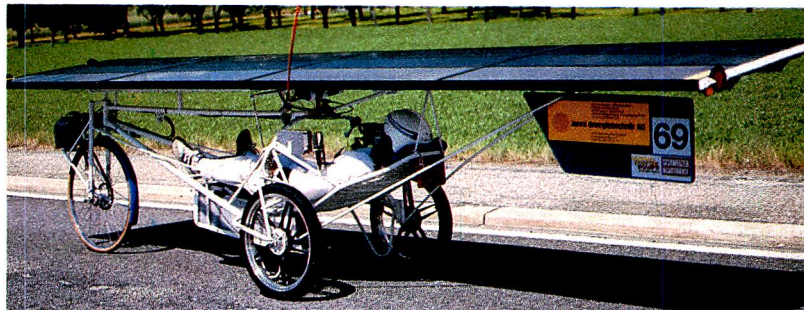
en deux catégories : ceux qui étaient dépourvus de toute énergie auxiliaire, exposés à la pénalisation en cas de recharge intermédiaire des batteries, et ceux qui étaient munis d'un... pédalier de secours.

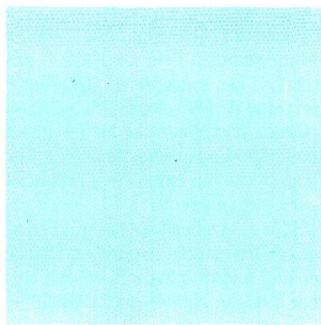
Douze véhicules touchèrent au but sans concours extérieur, malgré des conditions d'ensoleillement souvent peu favorables. Les concurrents ont dû assurer un partage très subtil de l'énergie fournie par le soleil entre le stockage dans les accumulateurs, pour faire face à l'impondérable, un ennuagement prolongé, une barrière de passage à niveau fermée, etc. et les besoins instantanés de propulsion. D'autant plus qu'il leur avait été impossible de s'entraîner au préalable, l'autorisation de circuler ne leur ayant été accordée que pour la course.

L'attention des pilotes se partageait entre la surveillance des instruments de bord, compte-tours des moteurs électriques, ampèremètre (réserve d'énergie), wattmètre (renouvellement de celle-ci) et le choix du meilleur rapport de démultiplication par la manœuvre de dérailleurs analogues à ceux des bicyclettes (7 rapports). Un concurrent avait monté un alternateur qui ne débitait qu'en descente : avantage gommé par la pénalisation en poids et en frottements, ont estimé ses rivaux. La Mercedes gagnante atteignait 80 km/h et ne pesait que 180 kg ; elle présentait un coefficient aérodynamique de 0,25, était dotée de panneaux solaires Alpha Real de 36 000 F et d'une super-batterie au zinc et à l'argent, dont la seule location avait coûté 70 000 F ! Son pilote s'était entraîné sur un aéroport et en course, il était relié par radio à ses collègues ingénieurs. Elle a distancé de 2 heures et 6 minutes la planche à roulettes du Technicum de Vienne, qui pesait 70 kg de plus, et qui avait nécessité 2 500 heures de travail !

Au bilan, pour mouvoir des engins à moins de 40 km/h de moyenne avec des moteurs de 1 à 2,5 chevaux, certaines équipes avaient engagé des budgets d'un demi-million de francs ! Même au royaume de Lilliput, la recherche coûte cher.

Deux des voitures ayant participé au concours suisse : la Mercedes victorieuse avait su synthétiser une aérodynamique intégrée harmonieusement (photo du haut) : et un assemblage tricycle-panneau solaire (photo du bas) générateur de turbulences néfastes.





INNOVATION

LES ENTREPRISES SONT POUR, MAIS...

Une enquête approfondie, effectuée auprès d'un échantillon de 50 firmes alsaciennes représentatives des divers secteurs d'activités et des différentes tailles d'entreprises de la région, montre une perception franchement positive de l'innovation qui apparaît comme un moyen de plus grande compétitivité, de préservation de l'avance technique et de pénétration de nouveaux marchés. L'innovation est également perçue comme une source d'indépendance et de développement des exportations.

Le nombre des entreprises qui n'innovent pas est très réduit, leurs technologies actuelles ayant été, grosso modo, à parts à peu près égales, soit développées de manière interne, soit acquises à l'extérieur sous la forme de brevets ou de licences d'exploitation (suite du texte page 110)

INNOVATION

(suite de la page 109)

Les freins les plus importants à l'innovation interne, propre : le manque de ressources financières et de personnel qualifié et le fait que ce type d'innovation est généralement jugé coûteux et que la rentabilité de ces inventions est estimée incertaine.

A cela il faut ajouter que les innovations réalisées ainsi sont pour la plupart appliquées à l'intérieur de ces mêmes entreprises, assez peu faisant l'objet d'une exploitation à l'extérieur par concession de licences. Motif : les entreprises craignent d'en être dépossédées et cela d'autant plus que les deux tiers seulement de ces innovations effectuées font l'objet d'un dépôt de brevet et qu'à peine 50 % des entreprises brevètent systématiquement toutes leurs innovations.

Les raisons avancées pour expliquer cette extrême réserve : les coûts élevés de la procédure du dépôt de brevets, la lenteur et la complexité des démarches, l'incertitude quant à l'efficacité de la protection. Les entreprises préfèrent la pratique de l'enveloppe "Soleau", qui permet d'exploiter la même invention déposée par un concurrent, sans pour autant en empêcher l'utilisation par ce concurrent.

Plus nouvelles que ces réticences et ces freins bien connus en France, et une fois de plus mis en évidence par l'étude publiée par l'AREPI — l'Association de recherche économique en propriété intellectuelle et transferts techniques (1) —, sont les opinions émises par les entreprises sur le suivi de la technologie de leur branche d'activité.

Un chef d'entreprise sur vingt

compte avant tout sur la lecture des revues spécialisées, les contacts à l'occasion des foires et expositions, les observations de la clientèle et le suivi des concurrents pour se tenir au courant des nouveautés ; moins d'un sur cinq fait appel aux banques de données, aux études et aux conseils extérieurs. Le coût, le manque de temps et de responsable compétent seraient, semble-t-il, les obstacles principaux à une meilleure information technique.

Huit entreprises sur dix, modestes ou puissantes, seraient ainsi favorables à la participation à une opération expérimentale du suivi de l'information technique.

(1) AREPI, 16 av. Bugeaud, 75116 Paris, tél. (1) 553 15 45. *L'attitude des PMI en matière d'innovation, de brevet et de documentation technologique.* Coût 250 F TTC + 20 F de frais de port.

SÉCURITÉ

MOINS DE RAYONS X POUR UNE MEILLEURE IMAGE

Controlix's est destiné au contrôle des bagages et paquets par rayons X dans les aéroports, les douanes, les prisons, les sites protégés, etc.

Mis au point par la firme Balteau Contrôle Industriel (Orly Frêt 765, 94398 Orly-aérogare cédex, tél. (1) 686 87 65), qui équipe depuis dix ans la quasi-totalité des aéroports français, il se caractérise par son faible volume, sa capacité d'inspection élevée et son système unique de détection associant la technique scanning à un dispositif photosensible linéaire de charge.

Par rapport aux systèmes de détection conventionnels, le nouveau

procédé permet de réduire d'un facteur 5 la dose de rayonnements X dans les bagages et d'améliorer de 4 fois la définition des images obtenues.

En dehors de son utilisation pour le contrôle d'accès, le Controlix's sert aussi en contrôle non destructif (détection de présences ou d'absences à l'intérieur des objets) et en surveillance (contrôle de paquets ou produits finis en cas de vol, etc.).

Un modèle spécial de l'appareil peut être embarqué sur remorque ou dans une camionnette pour les interventions urgentes (reconnaissance de bagages sur la piste des aéroports, conférences inhabituelles...)



ADMINISTRATION ÉCHANGES TÉLÉMATIQUES AVEC LES PME

Le Cesia, le Centre d'études des systèmes d'information administratifs, développe à Marseille une importante opération visant à utiliser la télématique pour remplacer progressivement le papier dans les échanges d'informations entre les PME et l'administration. Cette opération qui, dans un premier temps, touche 500 entreprises, met en œuvre trois types de services :

- Un service de messagerie électronique entre les entreprises et les administrations, remplaçant le courrier traditionnel chaque fois que cela est possible et comportant de la part des administrations l'engagement d'une réponse dans un délai très bref (de l'ordre de 48 h).
- Un service de télédéclaration concernant le transfert de données sociales par voie télématique.
- Un ensemble de services de consultation.

Un travail de formation des agents administratifs locaux concernés est en cours pour cette opération réalisée avec la participation active de la Chambre de commerce et d'industrie de Marseille, de l'Union patronale des Bouches-du-Rhône et de l'ensemble des services administratifs.

SÉCURITÉ

LE PLUS GROS TÉLÉPHÉRIQUE DU MONDE
N'A PAS DE FREIN DE SECOURS

La première saison s'est terminée pour le téléphérique de La Saulire à Courchevel : un appareil qui, avec 160 places par cabine, bat les records du monde de capacité. Un appareil qui, malgré l'absence de frein de chariot (autrement dit de frein de secours), bat les records de précaution en matière de sécurité.

Le frein de chariot, sorte de mâchoire métallique, agit en cas de rupture du câble tracteur, en serrant instantanément le câble porteur. Il évite ainsi à la cabine, lorsqu'elle n'est plus retenue ni contrôlée par ce câble tracteur, de partir en dérive, de dérailler et de venir s'écraser dans la station en aval.

Ce dispositif est aussi vieux que les téléphériques à voyageurs ; il en équipait, jusqu'ici, quasiment tous les appareils. De fait, il a évité bon nombre d'accidents. Mais il s'est révélé parfois tout à fait inefficace. Comme tout système mécanique, il est faillible et peut ne pas se déclencher : ce fut le cas en 1975, pour le téléphérique de la Grande-Rousse, à l'Alpe d'Huez, avec un incident (heureusement sans victimes) survenu à la suite de la rupture du câble tracteur. Un accident du même type, en 1972, en Suisse, fit, quant à lui, douze morts.

Il arrive aussi qu'il se déclenche de façon intempestive. Imaginons alors ce qui se passe si une cabine de quarante tonnes, comme celle de La Saulire, lancée à quarante km/h, est stoppée brutalement, en quelques secondes : elle se balance. Et là, tout est possible : déraillement ou choc contre un pylone, s'il s'en trouve un à proximité.

On estime finalement que le frein de chariot n'est efficace qu'à cinquante pour cent. C'est pourquoi, en 1983, la société française Pomagalski, leader mondial des remontées mécaniques, a proposé pour Courchevel un appareil de conception tout à fait nouvelle, un téléphérique à très grand débit, monotracteur, sans frein de chariot.

L'idée est simple : si l'on fait en sorte que le câble tracteur ne casse pas, ce frein de secours n'a plus de raison d'être. Une analyse des diffé-



rentes causes connues d'accidents dans le monde, étude menée par le Service technique des remontées mécaniques (dépendant du ministère des Transports), a montré que la rupture du câble tracteur se situait préférentiellement au niveau de l'attache du câble à la cabine. Quel que soit le mode d'attache (tambour : câble noué et enroulé plusieurs fois autour d'un plot appartenant à la cabine ; ou culot : câble soudé à la cabine), elle subit fatigue et corrosion interne, difficilement contrôlables.

À La Saulire, le problème a été détourné par l'installation d'un câble continu, en boucle, retréssé sur lui-même. Les cabines y sont suspendues par un système de pinces hydrauliques dites en "chapeau de gendarme", un système doublé, en cas de déficience de l'un des, et débrayable : périodiquement le câble est libéré et on modifie le point d'accroche, de sorte qu'une section de câble ne subisse pas de fatigue journalière. Partant du principe qu'un

câble ne rompt pas "sans prévenir", mais fil par fil, le tracteur de La Saulire (tressé en six torons de dix-neuf fils chacun) est passé en revue deux fois par semaine, alors qu'habituellement, les visites de contrôle des téléphériques sont effectuées tous les six mois.

Sept automates "programmables" sont chargés de la conduite et de la vérification générale du système : trois automates pour le pilotage (qui n'exige donc plus d'agent de cabine), un quatrième pour régulariser la puissance du moteur en fonction de la charge des deux cabines, et trois autres pour le contrôle permanent des câbles, en particulier de la tension des deux câbles porteurs et du câble tracteur.

La redondance des systèmes automatiques constitue l'ultime précaution pour cet appareil.

En cinq mois, déjà 510 000 personnes ont emprunté le téléphérique de La Saulire. On compte jusqu'à 10 000 passages par jour de pointe !

TRIEUSE DE PIÈCES À HAUTES PERFORMANCES

La Titan 2408, cette trieuse-compteuse de pièces de monnaie, dont l'électronique utilise 11 microprocesseurs différents et des circuits intégrés à très haute intégration, est capable de trier, valider, compter, mettre en lots, ensacher et totaliser jusqu'à 8 catégories de pièces ou de jetons mélangés, de tous calibres et de toutes provenances, au rythme de 10 pièces par seconde.

Les mauvaises pièces sont automatiquement éliminées par contrôle électronique du rapport diamètre/surface et de leur teneur métallique

interne et externe. Une même catégorie de pièces peut être traitée sur plusieurs sorties, avec remplissage simultané des sacs. Les quantités de pièces sont programmables pour constituer des lots remplissant aussi bien de petits sachets plastiques que des sacs en jute. Lorsque l'un des sacs est rempli, la machine continue à trier et à compter les autres catégories de pièces.

Une horloge enregistre automatiquement la date, l'heure et la durée de comptage pour les contrôles, en même temps qu'un affichage visuel fournit toutes les informations sur

l'opération de traitement en cours et illustre aussi, par des graphiques, le remplissage des différents sacs. Enfin, la Titan 2408 peut être reliée à une imprimante ou à un ordinateur. Une trémie d'alimentation permet à la machine d'accepter l'insertion de tiroirs-caisses.

L'opérateur peut apprendre à la Titan 2408 à reconnaître n'importe quelle catégorie de pièces, rondelles ou jetons, ce qui permet à la machine de s'adapter à n'importe quelle monnaie de chaque pays. (Conseil Monnaie Service, 3 rue des Orphelins, 67000 Strasbourg).

TRAVAUX PUBLICS

BLINDAGE DE FOUILLES POUR TRANCHÉES PROFONDES

Mettre en place de grandes canalisations nécessite la réalisation de fouilles de profondeurs importantes. Quelle que soit la nature du terrain, le soutènement des parois verticales est indispensable pour s'opposer à leur effondrement, aux poussées des terres et

pour assurer la sécurité du personnel posant les canalisations.

Les qualités que l'on attend de ce soutènement, ou blindage : assurer une protection totale et permanente, c'est-à-dire maintenir les parois au fur et à mesure que se creuse la tranchée ; être continu et jointif ; robuste pour résister aux pressions du terrain ; enfin être d'une mise en œuvre facile et permettre une extraction aisée après remblai de la fouille.

Ce dernier point est loin d'être évident : s'il est relativement facile d'enfoncer les panneaux constituant le blindage grâce à leurs bases inférieures biseautées et à la puissance de la pelle assurant la fouille, il devient impossible, en terrain meuble et argileux, d'extraire les panneaux de hauteur supérieure à 2,40 m après remblai partiel de la tranchée.

Ce nouveau système mis au point par la société Outinord (BP 35, 59 230 Saint-Amand-les-Eaux) possède toutes ces qualités. Il consiste à superposer les panneaux pendant l'enfoncement, ce qui assure la continuité verticale du blindage, et à décaler successivement les panneaux au fur et à mesure du remblai, pour les extraire, élément par élément, en escamotant les rails équipant les glissières et sur lesquels prennent appui des galets de roulement.

Ces glissières munies de rails escamotables sont fichées dans le sol et

reliées en vis-à-vis par des boutons (étais constitués de tubes coulissant l'un dans l'autre) préétagés en longueur et hauteur pour laisser libres les manœuvres de la pelle. Leur conception assure l'inertie et la continuité longitudinale du blindage.

Tous les éléments de ce dernier (glissières, boutons, panneaux) sont conçus pour des poussées de 4 t/m² et peuvent, en version standard, atteindre une hauteur de 7,2 m.

■ **Contrat du siècle pour la firme française Benson** (1 rue Jean Lemoine, ZI Petites Haies, 94015 Créteil tél (1) 898 92 05) qui vient de recevoir la commande la plus importante de l'histoire des périphériques graphiques d'ordinateurs. Le contrat porte sur 52 millions de francs et émane de la Deutsche Bundespost pour l'informatisation des plans du réseau des télécommunications en Allemagne.

■ **De l'alcool avec de l'écorce d'orange.** Une société brésilienne, la Citrosuco Paulista, va implanter dans l'Etat de Sao Paulo les deux premières distilleries permettant de transformer l'écorce en alcool. Cent caisses d'oranges permettraient d'obtenir 51,2 litres d'éthanol et chaque distillerie devrait produire 32,5 millions de litres de carburant par récolte.



VIDÉOTEXTE

DES CENTRES SERVEURS MINITEL ADAPTÉS AUX PME

Sous le nom de Cocktel, la société MétaVidéotex propose un logiciel destiné à créer des centres serveurs Minitel à partir d'un micro-ordinateur.

Ce logiciel, très complet, assure l'ensemble des fonctions nécessaires notamment : une fonction de composition des pages-écran avec mise en place du texte et des graphiques ; une organisation et une mise à jour du service ; et la gestion des accès, à savoir le contrôle du niveau de confidentialité par vérification de codes clef.

De plus, pour les utilisateurs rebutés par l'idée de créer leurs propres graphismes, signalons qu'ils peuvent également se procurer un jeu de 50 pictogrammes sur les thèmes : sport, santé, culture, vie quotidienne, etc., qui est proposé sous forme d'une disquette.

En complément de son logiciel, une mallette, le Packtel, comportant l'ensemble des éléments nécessaires à la connexion de l'ordinateur au réseau téléphonique est commercialisée par MétaVidéotex. Ces périphériques peuvent être raccordés à l'ordinateur sans modification de celui-ci et sans connaissance technique particulière.

Ce système permet donc de créer un centre serveur capable de gérer jusqu'à 15 lignes téléphoniques simultanément (32 lignes dans un



proche futur) à partir d'ordinateurs tels que : Goupil PC, IBM PC, Philips P 3 100, Ericson PC, Olivetti M24, etc.

En ce qui concerne le créneau visé par Cocktel, citons les collectivités locales, les compagnies d'assurances, les grossistes et semi-grossistes. Certes, bien d'autres applications sont envisageables essentiellement grâce aux possibilités d'accès sélectif

extrêmement souples à mettre en place.

Les prix, enfin, restent très abordables pour une PME ou une collectivité locale puisque Cocktel est diffusé au prix de 14 900 F HT pour le logiciel.

La disquette de 50 pictogrammes est, quant à elle, proposée en option, au prix de 2 900 F HT.

ÉLECTRONIQUE

POUR VOIR LES VIBRATIONS SUR LES MACHINES TOURNANTES

Conçu par l'ENSAM, l'Ecole nationale supérieure des Arts et Métiers, breveté internationalement, commercialisé par Métravif (13 route des Peupliers, 69 570 Dardilly, tél. (7) 835 56 03), ATEMA est un système qui permet de visualiser sur écran la rotation des arbres dans leurs paliers, à partir des signaux réels recueillis sur une machine.

Cette visualisation réelle du fonctionnement d'une machine constitue une "première". L'intérêt est double :

d'une part l'analyse des phénomènes vibratoires observés rend possible un entretien prévisionnel, et d'autre part le système peut servir à aligner des arbres sur des grosses machines tournantes.

Composé de deux boîtiers et d'un moniteur, le système ATEMA est destiné aux importantes installations de machines tournantes qui nécessitent une surveillance continue des phénomènes vibratoires : lignes d'arbres, alternateurs, turbines, pompes, compresseurs, etc.

■ **Pâte hydrophobe, anti-grippante et anti-corrosion** mise au point par GEB (30 rue de l'Industrie, 93 012 Bobigny cedex). Le PBC, pour polybutylcuprysil, est un complexe organo-métallique dont la vocation est d'empêcher le grippage des assemblages filetés et/ou exposés à très haute température (800° C) ainsi qu'à la corrosion atmosphérique ou chimique. Le PBC qui peut supporter des charges très importantes (jusqu'à 7 t/cm²) est un excellent hydrophobe, quelle que soit l'eau (douce ou de mer). Il résiste également aux acides et aux bases. Principales applications : les activités nautiques et le secteur automobile (son application sur les freins à disque évite leur grincement et facilite leur démontage).

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 SEMBLERENT "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.

PORTE-SKIS



Pas plus encombrant qu'un paquet de cigarettes et ne pesant que 150 grammes, ce porte-skis comprend une lanière déployable permettant de porter une paire de skis commodément et sans danger, de la même manière que l'on porte un fusil.

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.

UNE HYPERPRESSE

Quoi

Une presse qui diminue la vulnérabilité énergétique des entreprises de déshydratation.

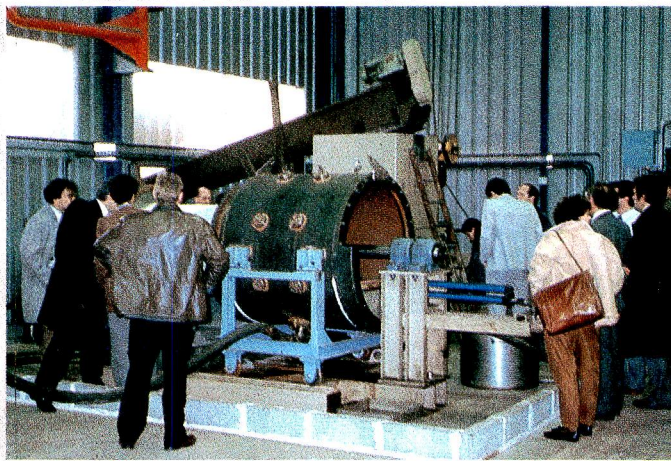
Comment

Pour atteindre ces objectifs, deux solutions étaient envisageables : la substitution énergétique et l'amélioration du rendement du pressage. Mise au point par l'Ecole nationale supérieure des Arts et Métiers (ENSAM), l'hyperpresse est une synthèse de ces deux solutions.

Une meilleure utilisation de

l'énergie de pressage est obtenue grâce à l'utilisation d'un pressage radial par vérin torique, sur la matière, précédemment mise en forme selon le principe multicouche.

Cette presse permet d'atteindre, sur la pulpe de betterave, par exemple, un taux de matière sèche de 10 % supérieur au taux habituel dans les conditions industrielles. Les résultats permettent une économie annuelle de l'ordre de 2 000 tonnes de pétrole pour une sucrerie moyenne.



AÉROPORTS

DÉGIVRAGE DES AVIONS

Le premier système au monde de dégivrage des avions sous contrôle d'un ordinateur a été mis au point en Suède. Il est capable de dégivrer automatiquement la carlingue entière d'un avion en une minute, contre la demi-heure nécessaire actuellement pour dégivrer à la main les seules ailes. Autre avantage : les ailes ne se remettent

pas à geler avant que le dégivrage ne soit terminé.

Ce système est constitué d'un porche muni de 172 jets qui aspergent la surface supérieure de l'avion d'un liquide dégivrant, lorsque l'appareil roule lentement au sol, quittant la piste pour décoller. Les produits chimiques nécessaires sont calculés par ordinateur en tenant

compte des renseignements météorologiques de dernière minute.

Sous le porche, le terrain est en pente, ce qui permet de recueillir et de recycler le liquide dégivrant. D'où deux avantages : l'un économique, l'autre lié à l'environnement.

Selon ses responsables, quelque 600 aéroports dans le monde pourraient être intéressés par ce système.

■ **Journées d'études, le 23 octobre**, sur les techniques et les applications de la métallisation des plastiques (des emballages aux équipements sanitaires, des vêtements isolants aux optiques pour automobiles) et, le 27 novembre, sur les nouveaux polymères apparus depuis quelques années, leurs nouvelles combinaisons et leurs nouvelles propriétés, organisées par la Société française des ingénieurs plasticiens. Programme et renseignements: 65 rue de Prony, 75017 Paris, tél. (1) 763 12 59.

■ **La vente par correspondance (VPC) connaît une croissance phénoménale aux Etats-Unis**: son volume de vente augmente deux fois plus vite que celui des ventes en magasins. En France la VPC ne représente encore que 2% des ventes totales: elle semble donc bien constituer un énorme potentiel de marché et d'affaires à exploiter dans les années à venir pour les commerçants, artisans, industriels et prestataires de services.

Pour aider ceux qui veulent se lancer dans ce vaste créneau du marketing dit direct, les Editions Selz (1 place du Lycée, 68 000 Colmar) propose une nouvelle édition revue, corrigée, complétée et améliorée, après 6 ans d'expérience, d'une encyclopédie en deux tomes: *La méthode de marketing direct et de vente par correspondance*. Ouvrage pratique avec modèles de lettres et de documents, conseils pour la rédaction d'annonces, exemples à l'appui et un chapitre spécial consacré au téléphone. Le second volume répertorie, en 14 rubriques, plus de 300 adresses de fabricants et de fournisseurs, de produits spécialement étudiés pour la VPC. La méthode est conçue sous la forme de grands dossiers à feuillets mobiles permettant une mise à jour permanente. 1 690 F TTC les deux tomes. Pour tout renseignement et informations complémentaires: Editions Selz, tél (89) 24 04 64.

■ **L'Administration fédérale de l'aviation (FAA)** vient d'autoriser les passagers à utiliser les ordinateurs portatifs pendant les vols, considérant qu'aucun fait précis ne démontrerait que l'utilisation d'ordinateurs, de jeux électroniques et de calculatrices à bord pouvait être préjudiciable au bon fonctionnement des avions. Jusqu'ici chaque compagnie aérienne décidait unilatéralement si elle autorisait ou non l'utilisation de ces portatifs pendant les vols.

MESURES

FUITES : LE DÉTECTEUR PASSE-PARTOUT

Ce détecteur de fuites portable est le plus léger du monde (25 kg) et aussi le plus précis. Le MS 20 de la firme Veeco (route de Grivery, Gometz-le-Chatel, BP 76, 91 943 Les Ulis cedex, tél. (6) 012 14 70), est en effet un appareil entièrement automatique qui détecte quantitativement, avec un temps de réponse inférieur à 1 seconde, les grosses comme les fines fuites, sa plage de lecture allant de 1 atm.cc/s à 6.10^{-10} atm.cc/s.

Le MS 20 est totalement autonome: il possède sa propre pompe de 3,4 m³/h pour le prévidage des pièces à tester et il n'utilise pas d'azote liquide, supprimant ainsi toutes les contraintes dues à l'approvisionnement et au stockage des gaz.

Il dispose de tous les avantages des autres détecteurs: source autonettoyante, repérage simple du calage sur pic hélium, indicateur de fuites audio en plus de l'indicateur visuel et, en outre, il est équipé d'un indicateur de contrôle et de lecture de la taille d'un calculateur, qui se tient au creux de la main et permet



de commander l'appareil à distance.

Maniable et souple, le MS 20 se déplace partout et accompagne son utilisateur de la salle blanche d'un laboratoire jusqu'aux canalisations d'un chantier.

ADMINISTRATIONS

COQUILLES D'ESCARGOT ARTIFICIELLES JETABLES

Les escargots ne pouvaient pas passer les douanes américaines. Un règlement sanitaire interdit en effet leur entrée aux Etats-Unis, les coquilles étant soupçonnées d'être imparfaitement vidées et donc de contenir un peu de chair moisie avant leur remplissage au beurre aillé. Une société d'emballage de Bayonne, Embacéral, a donc confié à la société Elmetherm, un fabricant de machines-outils de Limoges, la réalisation d'une machine pouvant produire des coquilles d'escargot jetables en céramique...

Coulées en céramique émaillée ultra-fine et colorées avec réalisme, les coquilles commenceront à apparaître en décembre au rythme de quarante toutes les 5 secondes, 24 heures sur 24. La machine comporte 5 moules de 8 unités, remplacés après 40 000 démoulages et nettoyés

à l'air comprimé — étape la plus coûteuse de la fabrication. La ressemblance avec les coquilles naturelles est parfaite mais, assure Jean-Pierre Lenfant, directeur technique d'Elmetherm, « la pointe est encore trop douce au goût des consommateurs ».

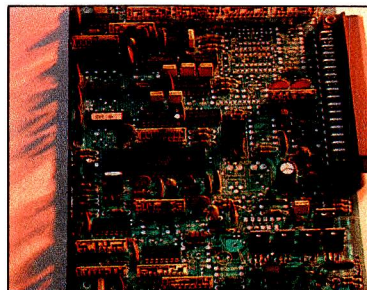
Les coquilles épaisses réutilisables sont déjà un marché relativement important, mais elles coûtent cher; Elmetherm a mis au point une nouvelle céramique très résistante, permettant de réaliser des parois plus minces. J.-P. Lenfant envisage ultérieurement la fabrication de coquilles de crabe. Des carapaces de crevette seraient déjà fabriquées par la société ACA.

Quant aux escargots eux-mêmes, ce sont encore des gastéropodes naturels, importés essentiellement de Chine populaire. ■

LA CALCULATRICE DÉJOUÉ LE VOLEUR

LES SERRURES, SURTOUT CELLES QUI SONT INSTALLÉES

sur les voitures, peuvent être crochétées. Mais la calculatrice, qui, de plus en plus souvent, contrôle allumage et injection, peut mettre les deux hors service à la première tentative de vol. Ce sera la tranquillité enfin retrouvée pour ceux dont l'auto couche dehors.



Toutes les deux minutes en France, une voiture démarre, quitte le trottoir et disparaît au bout de la rue ; rien de palpitant, à part un détail : elle n'appartient pas le moins du monde à celui qui la conduit, elle ne lui a pas été confiée non plus, ni même prêtée pour deux minutes. Pour le moment, son propriétaire ignore totalement qu'elle vient d'être "empruntée". Et ainsi, de jour comme de nuit, 24 heures sur 24, dans toute la France, des voitures s'en vont, volées pour un jour ou pour un week-end, pour un bon mois ou pour toujours.

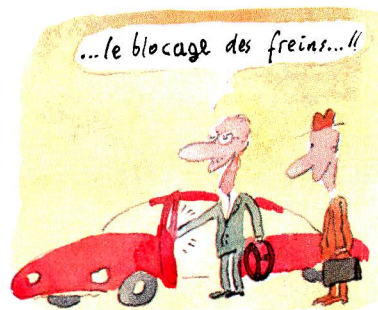
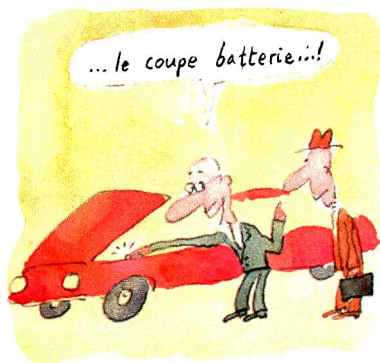
A cette cadence, soit plus de 700 par jour, les disparitions atteignent le total impressionnant de 250 000 par an. En principe, cela

n'arrive qu'aux autres, comme tout événement désagréable ou insupportable, mais tout de même, à raison de 30 vols par heure, chacun peut se retrouver être l'autre ; cela dépend surtout du lieu de stationnement : à Paris, tête de file du classement, 8 % des voitures disparaissent ; Marseille vient juste après, suivi de la banlieue de Paris. Evidemment, dans le Gévaudan ou dans un village de Beauce, le risque diminue singulièrement.

Ajoutons qu'en ville la voiture est sur le bord du trottoir à portée du premier venu, alors qu'à la campagne, elle est au moins dans la cour de la maison, et souvent enfermée dans un garage. C'est donc en ville qu'il importe de se protéger, et c'est là aussi que com-

mencent les difficultés. Dans son numéro de mars, notre confrère *l'Action Automobile* a consacré une longue étude aux divers dispositifs d'alarme qu'on trouve dans le commerce ainsi qu'aux systèmes qui bloquent les roues ou le volant ; leur inconvénient commun, c'est de coûter fort cher.

Qui plus est, leur effet dissuasif est limité ; comme la peine encourue par le voleur est, elle aussi, peu dissuasive, le trafic des voitures volées est en plein essor et la seule parade, comme nous allons le voir, est l'électronique. Pour commencer, il faut considérer qu'il y a trois catégories de vol que les services de police et les assureurs séparent nettement. Le plus gros risque, car il concerne n'importe quelle voiture, est le vol d'usage : la voiture est prise, soit



par des loubards qui l'abandonneront rapidement plus ou moins abîmée, soit par des truands qui en ont besoin pour faire un coup; là encore, elle sera laissée sur le bord du trottoir au bout de quelques heures ou de quelques jours. Dans les deux cas, le véhicule est assez rapidement retrouvé — avec le temps, environ 80 % des voitures sont ramenées par la police.

Le second groupe concerne le vol dit trafic, mais il vise très spécifiquement certaines voitures en parfait état; Mercedes, Porsche, BMW, Ferrari et autres voitures coûteuses. En effet, en ce cas, la voiture volée est ensuite maquillée (carrosserie repeinte, accessoires enlevés ou ajoutés, numéros de caisse ou de moteur changés, etc.) puis munie de faux papiers et ensuite revendue plus loin, soit en France, soit à l'étranger. Toutes ces opérations coûtent cher et, pour êtres rentables, nécessitent que le prix de vente reste élevé. Le vol trafic ne touche donc pas la R 18 un peu défraîchie ou la 305 ayant 5 ans d'âge; il est le fait d'équipes plus ou moins importantes, parfois même internationales.

Reste le vol simulé qui n'est pas celui de l'entraînement au pilotage, mais plus simplement une imitation du vrai en ce sens que le "voleur" est le propriétaire lui-même; il s'agit de faire payer par la compagnie d'assurance une voiture invendable dans le circuit habituel. Ce type de vol sort complètement de notre sujet.

A l'heure actuelle, le vol le plus fréquent est évidemment le vol d'usage, puisqu'il concerne pratiquement toute voiture en état correct. En théorie, la voiture ne peut

être ni ouverte, ni mise en marche sans les clés; en pratique, comme nous l'avons vu dans nos numéros d'août et octobre 1981 consacrés aux serrures, un peu d'entraînement et quelques outils classiques permettent très bien d'ouvrir en douceur et de faire tourner le barillet de contact. Très souvent d'ailleurs, le loubard de bas niveau ne possède ni finesse, ni talent et il se contente de forcer: avec un pied de biche, des tournevis à débloquer et des grosses pinces multiprises, on vient à bout de la plupart des portières.

Une fois à l'intérieur, reste l'antivol — qui n'est pas si "anti" que cela — qui commande le contact et bloque le volant; c'est une pièce plus résistante que la serrure de porte, mais là encore la casse et le forçage donnent de bons résultats (pour le voleur); il faut ajouter, et c'est important, que la plupart des "emprunteurs" se sont d'abord entraînés sur des épaves, et qu'ils ont appris sur quel point exercer une pesée, quelle pièce tordre et à quel endroit donner un coup de scie ou un coup de marteau. Comme en tout domaine, l'apprentissage est payant, et la plupart des antivol sortant des mêmes maisons spécialisées, le voleur retombera toujours sur les deux ou trois modèles qu'il connaît par cœur et qui lui poseront peu de difficultés.

Ouverture en douceur, ou forçage, le voleur est maintenant au volant. Passons sur les divers objets qu'il peut trouver dans la voiture, en particulier les autoradios, sur lesquels il fait main basse immédiatement. A ce stade, pour le propriétaire, il ne reste plus qu'à empêcher l'inconnu de

démarrer ou de conduire. Il existe pour cela des parades, vendues dans le commerce, tels les volants amovibles ou les dispositifs qui bloquent les freins. Ce sont des systèmes efficaces mais coûteux; de ce fait, ils sont peu répandus.

Une petite enquête auprès de gens appelés à laisser couramment leur voiture dans des zones à haut risque, nous a montré qu'il existait quelques moyens simples de limiter les ennuis, à condition d'être habitué au bricolage automobile. Le plus simple, et le plus efficace, semble être le coupe-batterie installé par le propriétaire lui-même — pour des raisons obscures, celui monté par des professionnels semble moins efficace sans doute parce que ceux-là ne peuvent pas, sauf à présenter une facture record, passer des heures à installer et à cacher fils et interrupteurs.

Le coupe-batterie a pour but d'interrompre le circuit entre la batterie et l'allumage, ou mieux, entre la batterie, l'allumage et le démarreur. Soigneusement monté par quelqu'un d'adroit, et intelligemment dissimulé, il évite presque à 100 % le vol d'usage. Mais il faut, bien sûr, que le voleur qui souvent s'y connaît en mécanique auto ne repère pas du premier coup le câblage de dérivation: il n'y a plus qu'à le suivre pour aboutir à l'interrupteur. De même celui-là ne doit pas être repérable au premier effleurement sous le tableau de bord, près de la colonne de direction ou à ras du siège.

Il serait trop long d'énumérer ici toutes les astuces possibles, et c'est à chacun d'installer un fil artificiellement vieilli pour que son aspect neuf ne détonne pas au milieu d'un câblage grasseux, et

L'antivol idéal: un dispositif d'allumage et d'injection électronique qui n'autorise la mise en marche du moteur qu'après avoir reconnu le code qu'on lui soumet.



de placer l'interrupteur sous le capot ou dans l'habitacle à un endroit à la fois peu commode d'accès et peu évident ; cela va de soi, on évitera le gros bouton à tirette, trop facile à déceler. Cela dit, nous connaissons des gens dont la voiture a été visitée nombre de fois sans jamais être emportée, par des voleurs n'ayant jamais trouvé le coupe-batterie.

Autres astuces anti-départ : un mini-robinet, toujours bien caché, sur le circuit d'essence, un câble antivol genre vélo enfilé à travers les roues motrices et refermé derrière l'étrier de frein — un voleur de bicyclette a toujours une cisaille pour couper ce genre de câble, mais pas un spécialiste en voiture qui aura plutôt des passes et des prolongateurs électriques. Or il est très difficile de tâter une serrure, même aussi banale que celle d'un câble de vélo, quand elle est sous la caisse coincée contre les bras de suspension. Nous avons de même noté des chaînes ou des barres pour bloquer soit les roues, soit la couronne de démarreur, soit les cardans, etc. C'est là un domaine où l'imagination du particulier surclasse très nettement les capacités des petits voleurs. Un seul inconvénient : ces systèmes sont souvent longs et fastidieux à mettre en place et à retirer.

En pratique, ils empêcheront quasiment à coup sûr le vol d'usage ; il en va tout autrement avec le vol trafic qui dispose d'équipes compétentes et astucieuses. Quand la revente assure un bénéfice d'au moins 100 000 F par voiture, l'organisation peut se payer des mécaniciens entraînés qui finiront toujours par localiser le coupe-batterie ou le boulon qui bloque la transmission. Ceux-là ayant besoin d'une voiture en parfait état éviteront aussi de casser les vitres, de forcer les portes ou de tordre les pièces de l'antivol.

C'est ici que l'organisateur peut aussi payer un spécialiste en serrures qui réussira la plupart du temps à ouvrir en douceur. Qui plus est, comme il a du temps

devant lui, il peut attendre le moment propice pour prendre des empreintes par clef molle, ou plus simplement encore, photographier la clef au moment où le propriétaire va la mettre dans la porte. Avec un bon agrandissement et connaissant le type de la serrure, on peut très bien refaire une clef d'après cliché. A la limite, quand il s'agit d'une Porsche ou d'une Ferrari dépassant les 500 000 francs, on vient avec un camion et on embarque la voiture : là, antivol ou pas, alarme ou pas alarme, blocage des roues ou de la transmission, la voiture s'en va ; aucune parade.

Reste que demain, à moins qu'une nouvelle législation rende la peine assortie au vol disproportionnée par rapport au bénéfice, il va falloir que toutes les voitures soient équipées d'origine de dispositifs réellement sûrs. Certes, les serrures ont fait des progrès, le marquage de vitres rend la revente plus difficile, mais les voleurs d'usage continueront toujours à forcer et à casser. Il faut donc que le moteur ne puisse pas démarrer par effraction, et c'est là qu'entre en jeu l'électronique.

Dans la plupart des voitures courantes, il y a tout un circuit électrique destiné à l'allumage qu'on peut neutraliser comme nous l'avons indiqué. Mais cela impose un travail personnel qui n'est pas à la portée de tous les conducteurs. Par contre, de plus en plus nombreuses sont les voitures actuelles dans lesquelles allumage et carburation sont réglés par des systèmes électroniques qui sont de véritables calculatrices. Or une calculatrice est capable de reconnaître un code, une série d'instructions ou un message, et de tout bloquer en cas d'erreur. Qui plus est, elle peut se mettre définitivement hors circuit si on tente de la forcer. Autrement dit, à part l'embarquement sur un camion qui est imparable, la calculatrice intégrée à la mécanique peut constituer un antivol infranchissable.

Ajoutons, mais c'est peut-être moins important, que l'électronique conçue pour cet usage peut aussi déclencher une alarme si on tente de forcer les serrures, faire

hurler "au vol" par un haut-parleur, ou le faire apparaître en toutes lettres sur les vitres grâce aux cristaux liquides. A la limite, elle peut même déclencher une alarme radio sur une longueur d'onde spécifique associée à un récepteur détenu par les services de police. En ce cas, l'agent qui conduit la voiture de patrouille dans les rues sombres d'une banlieue semi-industrielle est soudain alerté par le tut-tut d'un boîtier noir logé sous le tableau de bord.

Dans le même temps, le collègue assis à côté de lui voit une diode s'allumer sur un cadran orienté, la direction ainsi indiquée étant celle d'un entrepôt vétuste apparemment inoccupé ; au-dessus du cadran apparaît un numéro à six chiffres. Se mettant immédiatement en ligne avec l'ordinateur central de la préfecture, l'agent apprend que ce numéro a été attribué à une voiture volée trois jours plus tôt. Les hommes de patrouille investissent alors l'entrepôt et surprennent trois hommes, affligés bien sûr d'une mine patibulaire, en train de démonter et de repeindre plusieurs voitures coûteuses qui ont toutes été volées récemment.

Immédiatement embarqués, les trois balourds ignoraient totalement que l'une des voitures qu'ils étaient en train de maquiller était équipée d'un mini-émetteur noyé au milieu du circuit électrique général — la taille et l'aspect d'un de ces innombrables boîtiers de relais ou de fusibles qui tapissent les alentours du moteur. Cet émetteur envoyait un signal bien défini depuis le jour du vol de manière à faire repérer la voiture ; les voleurs l'ignoraient totalement, et l'auraient-ils su que le boîtier peut de toute façon être dissimulé dès la construction dans un longeron ou un renfort d'aile, ce qui rend sa localisation très difficile.

Un tel système, qui n'est pas un antivol mais plutôt un récupérateur, a le gros avantage de faire repérer très vite les bandes spécialisées dans le vol de voitures, et donc en principe de les retirer du circuit — à condition que l'on ne les relâche pas dès le lendemain matin. Pour l'instant, ce dispositif

est encore à l'état de prototype aux USA (où les voitures disparaissent presque aussi vite qu'en France: une toutes les 30 secondes, soit quatre fois plus vite qu'ici, mais comme il y en a environ cinq fois plus, la proportion reste du même ordre). Le principe, nous l'avons vu, est simple: c'est la voiture elle-même qui signale sa présence par radio.

Il faut pour cela mettre en place un réseau faisant appel aux antennes réceptrices des commissariats et des gendarmeries, à l'ordinateur central de la Préfecture et à des récepteurs installés dans les voitures de patrouille. Le cœur du dispositif est un mini-émetteur contrôlé par un microprocesseur et installé en un point quelconque de la voiture sur le circuit électrique. La portée actuelle de ces émetteurs peut dépasser le kilomètre. Gros comme un paquet de cigarettes, l'appareil reste en somme tant que la voiture n'a pas été déclarée volée.

A ce moment, la police fait appel à l'ordinateur central des immatriculations qui, connaissant le numéro minéralogique du véhicule, donne alors le code du boîtier émetteur. Il ne reste plus qu'à envoyer ce code par radio grâce aux puissantes antennes de la police qui le rayonneront dans toute la région où la voiture a disparu. Le microprocesseur logé dans le boîtier reçoit et reconnaît alors son code et déclenche l'émetteur qui va dès l'instant se mettre à envoyer son propre signal. Les appareils de repérage goniométrique installés dans les voitures de patrouille détecteront alors ce signal et en préciseront la direction.

On connaît la suite, mais il faut savoir que même des voleurs avertis ne peuvent déceler le boîtier quand celui-ci a été monté en usine, puisque même le propriétaire en ignore l'emplacement. Pour le moment, le dispositif est en cours d'essais dans le Massachusetts. Une vingtaine de voitures sont équipées du récepteur goniométrique et elles reçoivent les informations à partir des antennes émettrices installées dans cinq commissariats centraux. Une dizaine d'autres voitures apparte-

nant aussi à la police simulent les véhicules volés. Les premiers résultats sont pleinement encourageants puisque les voitures sont retrouvées à chaque fois. Le prix du dispositif est maintenant de 5 000 F, mais il pourrait baisser largement s'il était utilisé en grande série. De toute façon, comparé aux 250 000 F que coûte une voiture genre Porsche ou BMW, ce n'est pas énorme.

Encore faut-il ajouter qu'il s'agit d'un appareil destiné à récupérer la voiture et à identifier les bandes organisées, car d'ores et déjà l'électronique devrait empêcher que la voiture puisse être emmenée par des loubards ne disposant pas d'un équipement perfectionné. En effet, comme nous l'avons vu, beaucoup de voitures aujourd'hui disposent déjà d'un contrôle électronique de l'allumage et de la carburation — ou plutôt des dispositifs d'injection.

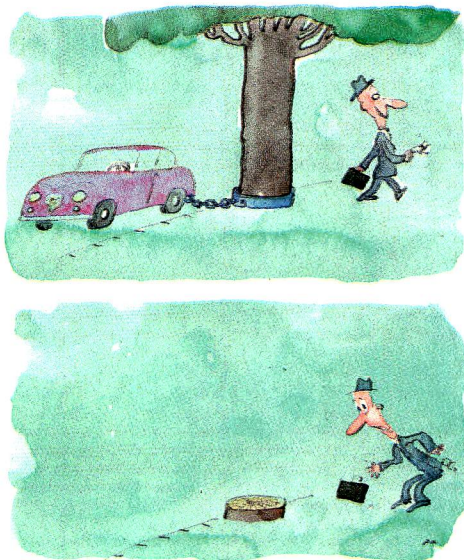
A première vue, on pourrait penser qu'il suffit de court-circuiter ce contrôle pour rétablir allumage et injection, même si les deux se font mal: du moment que le moteur tourne un minimum, la voiture peut avancer. En réalité, il n'en est rien: le courant haute tension nécessaire à l'allumage dépend des circuits intégrés, de même l'ouverture ou la fermeture des injecteurs — injection électronique basse pression qui n'a rien à voir avec l'injection mécanique haute pression des anciennes Mercedes ou des Peugeot 504.

Dès le moment où la calculatrice qui contrôle ces deux fonctions refuse de fournir les indications nécessaires, il n'est pas question que le moteur tourne. Or il est très facile de programmer cette calculatrice de telle manière qu'elle ne fonctionne que si l'on commence par lui fournir un code; celui-ci peut être un nombre de 6 ou 7 chiffres, donc impossible à trouver par hasard, un groupe de lettres, ou un mélange de chiffres et de lettres comme le numéro d'immatriculation. Il suffira donc de placer sur le tableau de bord un clavier comportant les dix chiffres de base de 0 à 9 pour que le moteur ne parte jamais tant que le bon numéro n'aura pas été introduit.

Ajoutons que les microprocesseurs et les circuits annexes de la calculatrice sont toujours noyés dans des résines très dures, ce qui les rend inaccessibles, et qu'il n'existera d'autre part, aucun appel de programme permettant d'essayer de décoder le chiffre. Bien sûr, on sait que les ordinateurs possèdent déjà des protections de ce type, ce qui n'empêche pas quelques malins de passer des nuits et des jours pour décoder ladite protection et franchir l'obstacle. Cela dit, ces malins virtuoses de l'informatique sont peu nombreux sur le territoire, ce qui limite beaucoup les risques.

Reste la solution évidente qui consistera à changer tout le bloc électronique; mais d'une part ceci n'est pas à la portée de toutes les bourses, et d'autre part il suffira d'exercer un contrôle suffisant sur la revente de ces blocs pour rendre l'opération hasardeuse et risquée. Certes, il faut bien vendre des composants de rechange pour le cas où ceux montés d'origine tombent en panne — cela peut quand même arriver, bien que très rarement — mais si la vente est assortie de la présentation des documents de la voiture et des pièces d'identité, il sera vraiment difficile pour le vo-

(suite du texte page 158)



LA BATAILLE DU TÉLÉVISEUR MURAL

NOTRE ENQUÊTE DANS LES GRANDES FIRMES

D'ELECTRONIQUE du Japon se poursuit en abordant ce mois-ci les recherches sur les téléviseurs, notamment le grand écran plat, destiné à la télévision haute définition (1125 lignes), qui mobilise à l'heure actuelle tous les laboratoires japonais.

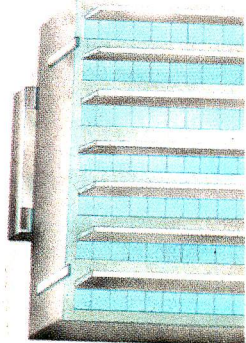
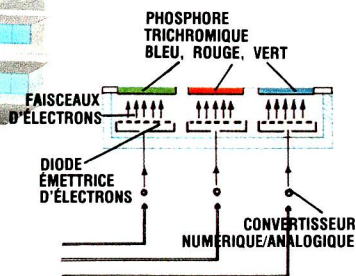
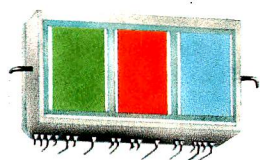


Photo R. Bellone — Dessin G. Delprat



Les Trini-lite, cellules trichromes qui tapissent l'écran du Jumbotron, sont groupées par panneaux de 24. Chaque Trini-lite comporte 3 plages de phosphore dont les émissions de lumière sont respectivement bleues, rouges et vertes. Ces plages sont bombardées par un faisceau d'électrons émis par trois diodes recevant les signaux (analogiques) du bleu, du rouge et du vert. Pour obtenir ces modulations, chaque diode est associée à un convertisseur numérique/analogique car les circuits du téléviseur ne traitent que des signaux numériques.

On voit parfois le Japon comme une sorte d'empire de l'électronique avec des moyens de production automatisée et une organisation structurée pour la rentabilité. Surtout, on imagine que la société japonaise reflète sa puissance industrielle, qu'il y a abondance de boutiques regorgeant d'articles vidéo, informatique, haute fidélité et photo, et que la population utilise largement ces produits, jusque dans la rue. C'est une vision qui se trouve

battue en brèche dès les premiers jours qu'on passe à Tokyo : la société industrielle japonaise, en effet, ne cadre pas avec nos schémas.

Tout d'abord, lorsqu'on parcourt les quartiers commerçants et les grandes avenues de la capitale, on ne perçoit guère les signes extérieurs d'une richesse électronique et l'on voit beaucoup moins de micro-ordinateurs, d'appareils photo, de magnétoscopes, de chaînes hi-fi ou de cartes magnétiques qu'à Paris.

Certes, tout cela existe, mais bien discrètement. Dans les banques ou dans les magasins, les employés préfèrent le boulier à la calculette.

Dans le métro, le ticket magnétique est inconnu et c'est une armée de contrôleurs qui poinçonnent à l'entrée... et à la sortie. A la gare centrale de Tokyo, un Shinkansen (TGV japonais) part toutes les 3 minutes avec, dans chaque wagon, pléthore d'employés pour assurer les divers services. Autant de défis à nos lois sur la rentabilité.

Toutes les usines ne sont pas modernes, même dans les grandes firmes. Matsushita, à Osaka, n'a pas hésité à nous faire visiter des chaînes de montage de téléviseurs mécanisées avec des machines à bandes perforées assez archaïques.

Dans la banlieue de Tokyo, nous avons vu de petits ateliers occupant une douzaine ou deux d'ouvrières travaillant sur des vieilles machines pour produire en sous-traitance des pièces destinées à de grandes entreprises.

Les Japonais sont-ils préoccupés par les transmissions par satellite, par le câble optique, par les télévisions privées, par les procédés de télétexte ? Rien de cela en apparence et d'ailleurs probablement fort peu en réalité.

Les télévisions privées existent. Moins d'une dizaine de chaînes à Tokyo, aux émissions extraordinairement ennuyeuses, distribuant des heures durant de la publicité, des jeux et des parties de golf.

La véritable puissance de la

télévision japonaise se trouve dans les mains de NHK (Nippon Hoso Kyokai), entreprise nationale qui se présente un peu comme notre ancienne ORTF, fortement centralisée. Elle regroupe plusieurs chaînes de radio et de télévision (sans publicité), les plus grands laboratoires de recherche du pays et tout ce qui chez nous se trouve réparti entre TDF, la SFP et l'INA.

Aujourd'hui, NHK se prépare à bouleverser la télévision nippone avec la TVHD (télévision à haute définition). Une aventure qui débuta voilà 15 ans et dans laquelle l'entreprise nationale entraîna les firmes du secteur électronique (Hitachi, Matsushita, NEC, Sharp, Sony, Toshiba...) et pour laquelle ont été créés tous les équipements, ceux qui sont nécessaires au studio (caméras, télécinémas, magnétoscopes, vidéodisques, machines d'effets vidéo), à l'émission (matériel de transmission par satellite, codeurs) et à la réception (téléviseurs, décodeurs, téléprojecteurs).

Cette télévision et ses équipements sont en service à Tsukuba et dans certains centres de Tokyo et ce sont eux, surtout, qui passionnent aujourd'hui les Japonais.

Sans revenir sur la TVHD, qui a fait ici même l'objet d'un article dans le numéro 812 de mai dernier, apportons deux informations récentes. Tout d'abord, le TVHD fonctionne à Tsukuba par satellite selon les nouvelles procédures de codage MUSE qui permettent le passage des émissions sur un canal de 8,1 MHz (alors que la TVHD occupe normalement 20 MHz pour la luminance, 7 MHz et 1,5 MHz pour les deux signaux de chrominance). Le son est codé selon un multiplex numérique.

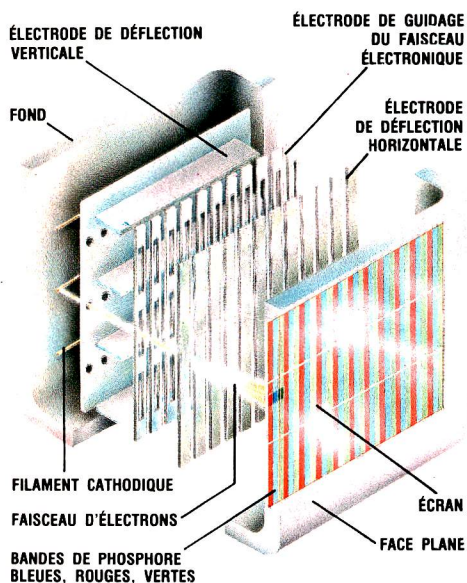
Dans son principe, le codage MUSE consiste à diviser par 4 les informations d'une image TVHD afin d'obtenir 4 "paquets" qui sont émis successivement dans l'espace. Ainsi les 2 millions de points de l'image sont-ils divisés en 4 lots de 500 000 transmis les

uns après les autres sur une onde porteuse de 8,1 MHz.

A la réception, dans le téléviseur, ces 4 paquets sont stockés dans une mémoire avant d'être traités pour reconstituer le signal contenant les 2 millions de points de l'image.

Cet astucieux système a levé les dernières hésitations des Américains, qui se sont ralliés au projet de NHK et le défendront avec les Japonais comme standard mondial de TVHD en octobre prochain à l'Union internationale des télécommunications.

Le second volet de cette TVHD, auquel nous allons nous arrêter maintenant, concerne les téléviseurs qui vont évoluer vers une construction autour d'un écran plat, les projets élaborés devant conduire avant dix ans à des écrans muraux de plus d'un mètre de base, à usage familial.



Le nouveau tube plat du téléviseur DVHT de Matsushita.

Ces écrans existent déjà, installés dans des lieux publics de Tokyo et à Tsukuba. Mais leurs dimensions sont souvent considérables avec une base de 2 à 40 mètres. Nous verrons plus loin que bien des problèmes restent à résoudre pour les réduire et les faire entrer dans un séjour familial. En attendant, les Japonais

aménagent aussi le téléviseur à tube cathodique.

Matsushita a créé un téléviseur à tube plat de 9,9 cm d'épaisseur (au lieu de 30 cm avec un tube classique ayant un écran identique de 25 cm de diagonale). Dans un tube conventionnel, le canon à électrons balaie l'écran sur toute sa largeur et sur toute sa hauteur. Cela oblige à disposer ce canon assez en arrière de l'écran, même avec un tube 110".

Pour réduire des deux tiers ce recul, le nouveau tube, de forme parallélépipédique (et non conique), comporte 200 microscopiques canons électroniques répartis sur sa face arrière et formant des lignes successives de cathodes (*voir dessin ci-contre*).

Chaque faisceau électronique atteint donc perpendiculairement l'écran revêtu des bandes de phosphore rouge, bleu et vert. L'angle de balayage est donc très fermé. Chaque faisceau balaie en effet 6 bandes horizontalement (2 rouges, 2 vertes et 2 bleues) et 32 lignes verticalement; cela représente 192 000 points pour la totalité de l'écran expérimental dont la définition est de 270 lignes horizontalement.

Ce téléviseur plat à écran de 25 cm pèse 14 kg. Il est destiné autant à des usages institutionnels (télétexte, vidéotexte) qu'à la réception par satellite ou par câble. De plus, une version pour la télévision à haute définition est à l'étude. Le prototype actuel reçoit bien des émissions, mais avec une perte de finesse puisque l'image est restituée avec un peu moins de 200 000 points alors que la TVHD en compte 2 millions.

À côté de cet écran de petites dimensions, Matsushita a conçu une gamme d'écrans plats de grandes surfaces, constitués de cristaux liquides. Ce sont les écrans qui équipent certains lieux publics à Tokyo et Osaka. Ils sont disponibles et en vente

dans les formats 1,6 x 2,1 mètres, 2,2 x 2,9 mètres et 2,2 x 4,3 mètres. Ils comportent respectivement 99 840, 188 760 et 399 360 cristaux liquides.

Le même type d'écran a été installé dans une vaste salle de projection à Tsukuba. Elle est équipée de 3 écrans de 3,20 x 4,30 mètres sur 40 cm d'épaisseur, tapissés chacun de plus de 400 000 cellules.

Quelle est la structure de ces écrans à cristaux liquides? En avant d'un panneau de cristaux se trouve une mosaïque de filtres rouges, verts et bleus. Les cristaux derrière les filtres rouges donnent l'image du rouge, ceux qui sont derrière les filtres verts donnent l'image du vert et ceux des filtres bleus l'image du bleu.

Derrière la plage de cristaux se trouve un panneau réflecteur. Un jeu de lampes spéciales éclaire ce panneau qui réfléchit la lumière vers les cristaux. Ceux-ci, selon leur orientation, laissent passer plus ou moins de lumière vers les filtres. L'orientation des cristaux varie avec la tension du courant modulé par les signaux vidéo. Ainsi est modulée, parallèlement, la lumière qui les traverse et qui traverse ensuite les filtres (1).

Les écrans proposés par Matsushita fonctionnent parfaitement et suffisent pour la présentation de programmes publicitaires ou d'information dans des magasins, des expositions et autres lieux publics. Mais leurs qualités restent insuffisantes pour des utilisations domestiques. Les filtres et les cristaux absorbent beaucoup d'énergie et les images manquent de luminosité. Elles manquent aussi de finesse car le nombre de cellules à cristaux liquides est encore limité.

Il n'est guère possible, pour l'instant, d'accroître ce nombre et de réduire leurs dimensions. On observe notamment que la quantité de cellules des 3 écrans Matsushita augmente avec leurs dimensions. Ce qui signifie que leur nombre diminuerait encore avec un écran de 1 à 1,50 m de base. Il reste aussi à mettre au

(1) Sur le fonctionnement des écrans à cristaux liquides, voir *Science & Vie* n° 780 de septembre 1982.

point une fabrication industrielle fiable et de prix compétitif.

Des difficultés similaires se retrouvent chez Sony qui a pourtant réalisé à Tsukuba le plus grand écran de télévision jamais construit au monde, le Jumbotron, qui mesure 25×40 m. Cet écran géant, dont l'image est visible à 1 km, compte 453 600 cellules, utilise le traitement numérique des signaux et reçoit les émissions en haute définition émises par NHK.

La technologie utilisée par Sony diffère de celle de Matsushita et se rapproche des téléviseurs conventionnels à tube Trinitron. Les 453 600 cellules sont groupées par trois. Chaque triade, appelée Trini-lite, comporte une cellule pour le bleu, une pour le rouge et une pour le vert. Elles représentent donc un point d'image pour chaque couleur et cette couleur, comme dans l'écran Trinitron, est donnée par une couche de phosphore (un phosphore qui s'illumine en bleu sous le bombardement électronique modulé par l'image du bleu, un phosphore rouge pour l'image du rouge et un vert pour l'image du vert). Chaque Trini-lite mesure 80×45 mm et possède une épaisseur de 25 mm.

Derrière chaque couche de phosphore se trouve une diode émettrice d'électrons modulée par le signal vidéo. Ce flux électronique, comme celui que produit un canon à électrons conventionnel, est analogique. Aussi chaque diode est-elle associée à un convertisseur numérique/analogique car le signal qu'elle reçoit est, lui, de type numérique. Il est transmis au Trini-lite par fibres optiques depuis les circuits de traitement du téléviseur et codé selon un système 8 bits suffisant pour donner 256 nuances de couleurs.

Le procédé ainsi créé par Sony a de multiples avantages. La modulation codée numériquement permet d'éliminer les signaux parasites lors des transmissions jusqu'au convertisseur des Trini-lite. Il n'y a pratiquement aucune perte d'énergie (tout au plus

10 %), ce qui a permis de créer un écran 30 fois plus lumineux qu'un Trinitron, avec une consommation de 7,5 W par Trini-lite. Cette luminosité était nécessaire car le Jumbotron était destiné à fonctionner en plein jour. Malgré la lumière solaire, le public devait en effet voir une image brillante.

Aujourd'hui, Sony se prépare à produire d'autres écrans plats selon le procédé Jumbotron, de quelques mètres de base, pour des utilisations en salles publiques, la firme ayant reçu des commandes à Tsukuba.

Elle espère aussi réaliser des modèles à usage domestique. Mais, sur ce point, toutes les études restent à faire pour aboutir à un écran de qualité de moins de 2 mètres de base. Et nul ne peut dire si l'écran à diode de Sony l'emportera sur les cristaux liquides. D'autres voies de recherche existent d'ailleurs.

Ainsi NHK étudie-t-elle aussi un écran à décharge dans un gaz (*photo ci-contre*). Pour l'instant, le prototype mesure 40 cm de diagonale et compte quelque 77 000 minuscules tubes de gaz à décharge associés à 77 000 pastilles de phosphore respectivement bleues, rouges et vertes. Sous le flux modulé d'impulsions électriques, le gaz s'ionise et émet des radiations ultraviolettes qui excitent la couche de phosphore. Celle-ci émet une lumière visible (bleue, rouge ou verte selon les pastilles).

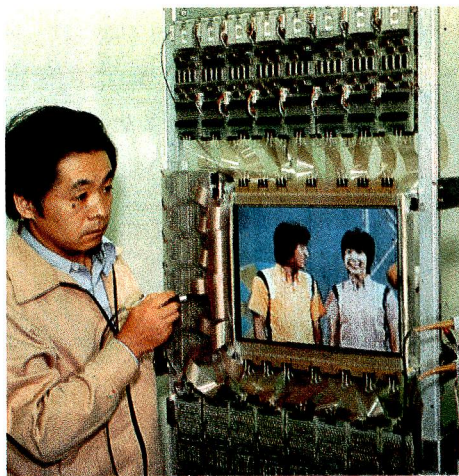
Pour l'instant, ce procédé ne semble pas convenir à des téléviseurs familiaux car les décharges exigent des quantités d'énergie trop importantes. NHK a aussi étudié et réalisé dès 1981 un téléviseur à laser et un téléviseur pour écran de $4,8 \times 8$ m. L'analyse par laser permet de conserver la totalité des qualités de la haute définition (balayage à 1 125 lignes.)

Ce matériel fonctionne actuellement dans le centre de l'expo-

sition de Tsukuba. C'est le seul ensemble qui ne sera pas détruit à la fermeture d'"Expo 85".

En définitive, il apparaît que la bataille de l'écran plat est encore loin d'être gagnée. Elle mobilise cependant les efforts de tous les grands laboratoires. Aujourd'hui, paradoxalement, elle a débouché seulement dans les voies extrêmes en donnant naissance à des téléviseurs géants (que nous venons de voir) et à des téléviseurs miniatures.

Ces écrans miniaturisés ont permis de créer des téléviseurs de poche ou même intégrés à une montre. La plupart sont noir et blanc (Hitachi, Seiko, Sinclair, Sharp, Sony, Toshiba); quelques-uns sont en couleurs (Seiko, Matsushita notamment). Le modèle Seiko, par exemple, coûte environ 5 000 de nos francs et pèse moins de 500 g.



Son écran à cristaux liquides mesure 43×34 mm ($^{\circ}$).

La construction d'écrans couleur de 1 m à usage familial, pour l'instant, ne fait appel qu'à la technologie du tube conventionnel à masque. Sont ainsi proposés, au Japon des téléviseurs pour la TVHD (écran de 83×49 cm) et des téléprojecteurs (écran de 240×145 cm) ayant une définition horizontale réelle de 1 000 lignes. 3 à 5 ans sont encore nécessaires pour construire des récepteurs à écran plat de 525 lignes, les modèles à 1 000 lignes n'étant pas prévus avant 8 à 10 ans. ▲

Un prototype du nouvel écran à décharge dans un gaz de NHK.

(2) Sur ce téléviseur couleur Seiko, voir *Science & Vie* n° 796 de janvier 1984.

CANDIDE ESSAIE LE PX-8

LES MACHINES A ECRIRE "DE

VOYAGE", ONT LA MEMOIRE courte... Si, en déplacement, vous avez à rédiger des textes de plusieurs pages, à exécuter des calculs complexes et à en conserver la trace pour les archiver ou les traiter sur le "gros" micro-ordinateur qui trône sur votre bureau, l'Epson PX-8 est une solution. Candeide a voulu essayer cette machine exclusivement professionnelle et voir le genre de promesses qu'elle pouvait tenir...

Tant que l'unité d'un micro-ordinateur ne gère qu'un très petit nombre de périphériques, un langage tel que le Basic est suffisant. Mais sitôt que

la puissance et le nombre des entrées et des sorties augmente, il faut trouver autre chose ; faute de quoi, le temps mis à "établir la communication" devient exagérément long. Les systèmes d'ex-

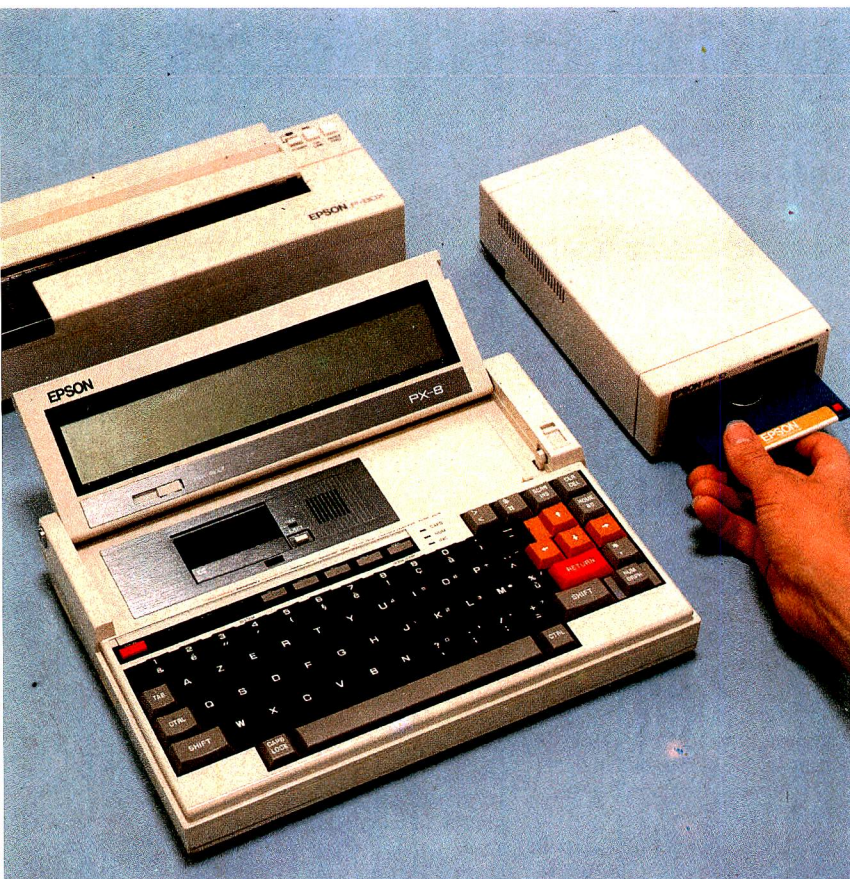
ploitation ont été créés pour faciliter et rendre plus rapides ces accès et, parmi les plus célèbres, le système CP/M (**voir encadré page 126**) a eu son heure de succès.

C'est celui qu'Epson a retenu pour son PX-8. Ce qui signifie qu'avant de pouvoir piloter cette légère mais puissante machine, il va falloir impérativement en apprendre les rudiments. Faute de quoi, on ne pourrait exploiter qu'une faible partie de ses moyens et il vaudrait mieux limiter ses ambitions à un petit engin de poche bien moins coûteux et d'accès plus facile.

Jongler avec CP/M demande une longue pratique qu'il est vain de vouloir acquérir en quelques heures. En revanche, la liste limitée des instructions et des commandes qu'il faut connaître pour utiliser, par exemple, le traitement de texte Word Star ou le Tableur Calc Star (feuille de calcul électronique) peut être retenue sans peine.

Le PX-8 (**voir fiche technique ci-contre**) est un micro-ordinateur qui se présente sous la forme d'une très petite mallette. Il suffit de retirer le couvercle à glissière qui protège son clavier, de faire pivoter son écran orientable à cristaux liquides et de mettre le contact : toute sa puissance est aussitôt disponible. Son clavier est du type professionnel, la frappe est douce et franche et les 72 touches sont groupées logiquement en pavés colorés. Leur disposition est du type azerty et donne droit aux lettres accentuées en plus des minuscules.

L'écran à cristaux liquides peut afficher 8 lignes de 80 caractères. Sa lisibilité est convenable si l'on se place dans de bonnes conditions d'éclairage mais sans égaler toutefois le confort visuel d'un tube cathodique. Un curseur permet de régler au mieux le contraste, en



fonction de l'angle de vue.

Mais cet écran matériel est en réalité une fenêtre que l'on déplace par les touches fléchées sur un "écran virtuel", bien plus vaste, que l'on peut configurer à sa guise... Il est par exemple possible d'obtenir en mode "texte" un écran virtuel de 80 colonnes et de 40 lignes ou bien de le scinder en deux parties juxtaposées latéralement, sur lesquelles on se déplacera très facilement. En mode "graphique" on dispose de 30 720 points (480 × 64) et cette définition est suffisante pour afficher des courbes ou des histogrammes...

Le choix du type d'écran se fera en fonction du genre de logiciel que l'on veut exploiter.

Un lecteur-enregistreur à micro-cassettes est intégré à l'Epson PX-8. Bien que son utilité soit évidente pour stocker programmes ou fichiers, on ne peut pas dire que son emploi soit des plus commodes. Le charge-

ment est lent et l'exploitation semi-automatique exige certaines précautions qu'il ne faut pas oublier. Faute de quoi on risque de perdre les informations patiemment collectées. Cet inconvénient est dû au fait que CP/M n'a pas été prévu pour gérer ce type de périphérique et l'adaptation manque de souplesse.

Fort heureusement, il existe une autre possibilité de stockage bien plus pratique. En effet, la RAM (mémoire vive) est en partie utilisable comme une disquette virtuelle. C'est-à-dire que l'on peut y retenir un espace — au maximum de 24 ko — qui sera traité par le système exactement comme une disquette réelle sur laquelle on inscrira ou lira programmes ou données presque instantanément. En complément à cet avantage, il faut noter que la RAM, en sa totalité, est permanente. Cela signifie que les informations

qu'elle contient seront conservées même après l'extinction de l'appareil. Pour plus de sécurité, il y a deux batteries, l'une servant à l'alimentation générale, l'autre, qui est chargée par la première, est exclusivement réservée au maintien sous tension la RAM permanente.

Enfin, si l'on juge que la dimension de la RAM intégrée est insuffisante, il est possible de se procurer une extension de 120 ko qui joue le même rôle.

Plus classiquement l'Epson PX-8 peut être relié à des lecteurs de disquettes. Il existe même un modèle (PF-10, **voir fiche technique ci-dessous**) alimenté sur batteries cadmium-nickel qui préserve la "portabilité" de l'appareil.

Depuis peu, Epson propose une imprimante, la P80, qui fonctionne également sur batteries (1). Ses dimensions sont celles d'une cartouche de cigarettes. Elle pèse un peu plus d'un kilo et

FICHES TECHNIQUES

EPSON PX-8

Ensemble autonome et portable à batteries cadmium-nickel incorporées. Durée de fonctionnement sur alimentation interne au maximum 10 heures.

- Dimensions : 300 × 216 × 48 mm
- Poids : 2,3 kg
- Deux microprocesseurs : unité principale : Z-80 compatible C-MOS ; unité asservie : 6301
- Mémoire principale : RAM : 64 ko (permanente) ; ROM : 32 ko
- Ecran plat orientable à cristaux liquides.
- Définition : 480 × 64 points. Réglage du contraste.
- Affichage de 8 lignes de 80 caractères.
- L'écran se présente comme une fenêtre que l'on peut déplacer sur la surface d'un "écran virtuel" définissable par l'utilisateur.
- Clavier : 72 touches dont 5 définissables. Azerty accentué. Majuscules et minuscules. Un "pavé" numérique est accessible pour saisie rapide des chiffres. Caractères graphiques.
- Lecteur/enregistreur de microcassettes incorporé.
- Haut-parleur.

- Entrées/sorties : deux sorties série pour transmissions de données réglables de 75 à 19 200 bauds, lecteur code-barres, coupleur acoustique pour liaison par ligne téléphonique, extension de mémoire possible par connecteur 50 broches. Interface analogique. Sortie HP externe.
- 2 emplacements pour enficher des capsules ROM.

LECTEUR DE MICRO-DISQUETTES AUTONOMES PF-10

- Capacité de stockage : 360 ko (sur les deux faces). 40 pistes par face, 9 secteurs par piste, 512 octets par secteur.
- Vitesse de transmission : 38,4 ko/seconde (sortie série grande vitesse).
- Déplacement de la tête de lecture/écriture par moteur pas à pas.
- Temps d'accès entre pistes : 6 millisecondes.
- Alimentation par batterie cadmium-nickel. Fonctionnement à pleine charge et en continu : 90 minutes.
- Dimensions, poids : 213 × 120 × 59,5 mm, 1 500 g.

IMPRIMANTE P-80

La P-80 est une imprimante autonome alimentée par batteries cadmium-nickel.

- Vitesse d'impression : de 11,5 à 45 caractères/seconde selon le type.
- Impression unidirectionnelle.
- Entraînement par friction.
- Caractères : 95 conformes aux normes ASCII + jeu international (31 caractères) + ensemble de 48 caractères graphiques.
- Papier : utilise soit du papier thermique, soit avec un ruban spécial, du papier dit "transfert" (1).
- Interface : RS232C.
- Buffer (2) : 240 octets.
- Alimentation : 6 volts sur batterie CdNi interne. Chargeur externe fourni.
- Dimensions et poids : 29 × 10 × 6 cm, 1,1 kg.

(1) Pour les essais, nous avons employé soit du papier thermique en feuilles ou en rouleaux, soit du papier transfert fabriqué par ARAMIS SA, Chemin de Magret 33702, à Mérignac. Le principe sur lequel est fondé le papier thermique est relativement simple : la tête d'impression comporte des aiguilles chauffantes qui font éclater les particules d'encre contenues dans la couche superficielle blanche. Ainsi se dessinent les caractères.

(2) Espace mémoire qui stocke provisoirement une partie des signaux reçus.

(1) Nous remercions International Computer, 26 rue du Renard 75004 Paris, qui a mis à notre disposition cette imprimante.

utilise soit du papier thermique, soit du papier ordinaire. Les résultats n'ont certes pas la qualité des imprimantes qui ont fait la réputation d'Epson; mais, comme on le voit dans les reproductions qui illustrent cet article, ils sont néanmoins très acceptables. En outre, l'Epson PX-8 accepte à peu près toutes les

sa guise selon le standard de communication propre au périphérique que l'on veut exploiter. Sans entrer dans trop de détails, on peut dire que l'une est une sortie "rapide" réservée plus spécialement aux lecteurs de disquettes (débit maximum 38 400 bauds ou bits par seconde) et la seconde, dont la vitesse maximale est de 19 200 bauds, est utilisable pour le transfert vers un autre ordinateur, une imprimante, le modem, etc.

Sous la machine se trouve une trappe qui donne accès à deux logements dans lesquels on peut enficher des capsules ROM (*Read Only Memory*: mémoires réservées à la lecture) qui sont en réalité des capsules de programmes. Pour l'instant 4 capsules ROM sont disponibles :

- un utilitaire CP/M
- un fort intéressant Basic
- un traitement de texte Word Star
- un ensemble Scheduler et Calc Star

L'utilitaire (*) CP/M est indispensable sur l'Epson PX-8, ne serait-ce que pour pouvoir transférer des fichiers Calc Star ou Word Star sur une micro-cassette. En effet, alors qu'en basic une commande suffit pour stocker directement un programme sous des données sur ce périphérique, la chose est plus complexe, plus longue et... plus ennuyeuse lorsqu'on veut exécuter cette même opération à partir des deux premières applications. Le processus passe par un premier enregistrement sur le disque virtuel, puis par un retour au CP/M et, enfin, par une copie du fichier sur la micro-cassette.

La place manque ici pour traiter en détail des applications actuellement disponibles sur le PX-8. A peine évoquerons-nous Calc Star, qui satisfera ceux qui voudront utiliser, "sur le terrain", ce puissant outil capable d'effectuer instantanément et simultanément une série impressionnante de calculs.

Il est accompagné de l'agenda électronique Scheduler, fort pra-

tique et immédiatement accessible pour noter et rappeler à temps un rendez-vous ou un appel téléphonique. Il utilise pleinement l'état de veille permanente du PX-8: même si le contact est coupé au moment où vous devez être alerté, le programme remettra l'ordinateur sous tension et émettra un signal sonore par le haut-parleur intégré tandis que l'écran affichera le texte convenu et, après un certain délai (dont il est facile de régler la durée), il éteindra l'ordinateur!



uant au basic, il s'agit d'une version de Microsoft à laquelle Epson a rajouté des com-

mandes qui exploitent mieux l'environnement de la machine (écran virtuel, menus permanents, disquette et micro-cassette). Il est fort complet, dispose de la numérotation automatique des lignes, de la renumérotation et d'instructions graphiques adaptées à l'écran du PX-8. La saisie se fait "plein écran", par déplacement du curseur grâce aux touches fléchées. Il existe un mode spécial d'édition qui facilite la saisie et la correction des longs programmes.

Parce que c'est une véritable gageure d'avoir implanté dans une machine qui ne peut afficher que huit lignes à la fois un vrai traitement de texte, il me paraît justifié de consacrer un peu plus de place à Word Star. Mais il faut avouer qu'au premier abord, ce logiciel est loin d'être "amical"...

Si l'on veut se contenter de frapper au kilomètre en utilisant les réglages par défaut et sans aucun souci de typographie, les choses semblent assez simples. Tout commence par le menu reproduit **figure 1**. Il suffit de taper "D" et le nom que l'on veut donner au fichier. L'écran de saisie s'ouvre et l'on peut immédiatement s'exprimer. Elles se compliquent un peu si l'on désire conserver sur micro-cassette le texte en question: comme je vous le disais, il faut passer par

QU'EST-CE QUE LE CP/M ?

Le *Control Program for Microprocessor* ou en abrégé CP/M est, comme son nom l'indique, un programme de gestion de l'ensemble informatique piloté par un microprocesseur de la famille des 8080 ou Z80. Ensemble qui comprend à la fois l'unité centrale du micro-ordinateur mais aussi tous les périphériques auxquels il peut être relié: écran, clavier, lecteurs de disquettes, imprimantes et aussi un autre ordinateur. Dans le cas de l'Epson PX-8 s'ajoute le lecteur de cassettes incorporé qui a nécessité une extension de CP/M qui ne prévoit pas ce type de périphérique.

Le CP/M a été développé en 1975 par Gary Kildall, le fondateur de Digital Research et il est rapidement devenu un standard en raison de sa relative simplicité, sa souplesse, sa puissance et son prix qui, à l'époque, était bien moins élevé que celui des systèmes concurrents.

Pour l'utilisateur, le principal avantage de CP/M réside dans l'existence de très nombreux logiciels (principalement professionnels).

En ce qui concerne l'Epson PX-8, il ne suffit pas toutefois, qu'un logiciel donné soit accepté, il faut encore que l'on puisse le visualiser sur son écran, qui ne peut afficher que 8 lignes à la fois. C'est probablement pourquoi une version spéciale de Word Star et de Calc Star sous CP/M a été conçue dès le lancement de cette machine. Le problème sera probablement résolu lorsque l'interfaçage avec un moniteur vidéo classique (en cours d'étude) deviendra effectif, mais alors la "transportabilité" du matériel en souffrira...

autres imprimantes qui fonctionnent sous le standard de connexion et de transfert dit "série RS232".

Les lecteurs de disquettes et l'imprimante ne sont pas les seuls périphériques que l'Epson PX-8 peut desservir ou utiliser. Il faut y ajouter: un haut-parleur supplémentaire, un lecteur de code à barre (2), une entrée analogique/digitale (3), un modem acoustique permettant des transferts d'information par l'intermédiaire d'une ligne téléphonique ordinaire.

Sur le PX-8, il y a deux sorties "série" que l'on peut configurer à

126 — (2) Système optique de saisie transformant en données numériques les codes imprimés sous forme de barres (que l'on voit sur les emballages de divers produits).

(3) L'interface analogique/numérique intégrée permet de convertir des signaux introduits sous forme de tension électrique en données numériques utilisables par l'ordi-

naire.
(4) Un logiciel utilitaire est un programme destiné exclusivement à faciliter la manipulation d'un système (transferts et/ou copies de

un utilitaire CP/M.

Mais elles risquent de tourner mal si, n'étant pas prévenu, vous souhaitez utiliser vraiment toute la puissance du logiciel! Si l'on dénombre les combinaisons simples, les touches qui prennent des valeurs différentes selon le mode dans lequel on se trouve et l'appel des 5 menus intégrés nécessaires pour vous les rappeler, plus de 100 commandes différentes vous sont proposées!

On comprend que les auteurs de Word Star aient intégré une collection de cinq menus qui sont en permanence accessibles. L'un d'entre eux est reproduit **figure 2**. Encore faut-il, dès le début, retenir les codes qui les appellent! Dans notre exemple, pour consulter le menu de "Gestion des fichiers et des blocs", il faut simultanément appuyer sur la touche "Contrôle" et sur la touche "G".

Plutôt que de vous infliger inutilement une liste même limitée de cet amoncellement de codes, je vous ai composé, **figure 3**, un aperçu des effets obtenus grâce à ces combinaisons. Quant à la **figure 4**, elle reproduit ce que l'on voit réellement sur l'écran, c'est-à-dire les six lignes de texte ornées des codes abrégés qui disparaîtront (heureusement) lors de l'impression.

Il n'était pas possible de vous montrer en action les fonctions qui répètent les en-têtes ou les bas de pages, ni celles qui règlent la largeur des pavés, l'interlignage, le nombre de lignes, les recherches et les remplacements de mots, la tabulation, ou bien qui gèrent le déplacement rapide du curseur. Elles existent cependant et elles prouvent que Word Star est bien un traitement de texte permanent.

Word Star et son support matériel l'Epson PX-8 gagnent à être connus. On peut regretter certains compromis qui remettent en question des habitudes de confort que l'on acquiert très vite sur les "gros" micro-ordinateurs de table. Surtout, il

n'est pas interdit de penser qu'un nouveau traitement de texte, d'un abord plus facile, sera bientôt proposé sur cette machine dont la miniaturisation et l'autonomie sont le principal intérêt.

Elle s'adresse, nous l'avons dit, à ceux qui doivent "emporter du travail en voyage". Son prix (plus

de 10 000 F, sans compter les accessoires) en limite l'emploi aux professionnels de l'écriture et du calcul. Gageons qu'ils trouveront le temps, entre la rédaction d'un rapport de synthèse et le calcul d'un plan d'investissement, de se délasser en perfectionnant leur basic sous les cocotiers!.. ▲

```

      (S) en cours
      *** COMMANDES INITIALES ***
O-Ouverture fichier DOCUMENT  I-P-Impression fichier  I-T-Transmission fichier
N-Ouverture fichier PROGRAMME  I-C-Copie fichier      I-C-Reception fichiers
L-Changement unité active      I-Y-Suppression fichier I-X-Retour au système

"K" GESTION DES FICHIERS ET DES BLOCS "K"
  -SAVE$HARDE- I -BLOC$ I FICHIERS I AUTRES MENUS
S=Sauvg-Reprise IS=Debut X=Fin IR=Lecture J=Suppression (du M.Principal)
D=Sauvg. & Fin IH=Effac./Affich. IP=IMPRESSION fichier IO=Format écran
X=Sauvg-net.syst. IC=Copie IS=Suppr. I UNITE ACTIVE IP=Impression
O=Abandon fichier IV=Depl. X=Ecrt.I.L=Changement unite active IO=Gest.curseur
  -REPERES- I IB=Barre espace= I
O=P=Pose/Effac. I HELP=Affichage/Effacement menu I Retour au texte
  
```

ESSAI DE WORD STAR SUR EPSON P-X8

Pour obtenir l'impression en caractères élargis de la ligne servant de titre à cet essai, plusieurs codes ont été utilisés au moment de la frappe du texte. Ces codes correspondent à des combinaisons de touches. En général, on frappe en premier la touche "CTRL" (ou contrôle), et, ensuite, une ou deux autres lettres supplémentaires.

Par exemple, pour mettre en italique ce que vous êtes en train de lire, j'ai dû entrer au début et à la fin du paragraphe le code : Contrôle + P + Y... Et, comme il comporte des mots ornés d'accent circonflexes, je me suis vu dans l'obligation d'utiliser un autre code (contrôle + P + H) pour obtenir le retour en arrière qui viendra poser l'accent à la bonne place!...

Word Star utilise une certaine de codes de ce genre que ce soit pour gérer le curseur, poser des tabulations, modifier les caractères, sauvegarder, imprimer les fichiers, régler la mise en page, les marges ou la justification...

Ces essais montrent divers résultats obtenus en utilisant judicieusement ces codes. Comme vous le constatez, le présent paragraphe est écrit en caractères condensés, lesquels peuvent être également mis en italiques avec la même facilité...

```

      A:TEST PAGE 1 LIGNE 18 COL 01      INSERTION
      L-----R
      "Par exemple, pour mettre en italiques ce que vous êtes en train
      de lire, j'ai dû entrer au début et à la fin du paragraphe le
      code : Contrôle + P + Y... Et, comme il comporte des mots ornés
      d'accent circonflexes, je me suis vu dans l'obligation
      d'utiliser un autre code (contrôle + P + H) pour obtenir le
      retour en arrière qui viendra poser l'accent à la bonne
  
```

Figure 1 : Word Star: les commandes initiales (copie d'écran).

Figure 2 : Chaque commande correspond à l'entrée d'un code au clavier. Plus de 100 codes de ce genre existent dans Word Star. Afin d'aider le néophyte, cinq menus de ce type sont en permanence accessibles sur l'écran... A noter que l'appui sur la touche "Contrôle" est représenté ici par le symbole "" (copie d'écran).

Figure 3 : Reproduction d'un texte composé sur Word Star et tiré sur l'imprimante P-80. Les caractères élargis ont été utilisés

pour le titre. Les deux premiers paragraphes ne sont pas justifiés contrairement aux deux autres. On voit également des échantillons de types de caractères.

Figure 4 : Copie d'écran montrant le second paragraphe du texte reproduit figure 3 "orné" des codes qui ne seront pas imprimés. On remarque que, lors de la saisie du texte, sur les 8 lignes présentes sur l'écran du PX-8, deux sont réservées à des affichages permanents (ligne d'état et règle des curseurs de marge et de tabulation).

FRAGMENTS D'UN ENSEIGNEMENT SECONDAIRE

LES MOTS HISTORIQUES SONT SOUVENT DOUTEUX.

SELON LES VERSIONS OFFICIELLES, que l'on trouve dans les encyclopédies, quand il posa son pied sur la Lune, en juillet 1969, Armstrong aurait dit : « C'est un petit pas pour un homme, mais un grand pas pour l'humanité. » La phrase avait certes été préparée à l'avance, sans doute avec l'accord du président d'alors, Kennedy. Mais les transcriptions radio du module Apollo XI, quoique altérées par les parasites, révèlent autre chose : « C'est un petit pas pour l'homme, mais un grand pas pour l'humanité », ce qui ne veut strictement rien dire (en anglais : *It's a small step for man, one giant leap for mankind* »). Sans doute troublé, il avait omis l'article anglais « *a* », qui change tout. Le pas était bien petit pour *un* homme, mais certes pas pour *l'*homme.

C'est là une petite curiosité de l'histoire des sciences, des techniques et de la société, que l'on trouve sur deux pages dans *Big secrets*, de William Poundstone (1), une collection amusante de pseudo-secrets et bourdes assorties, ainsi que de quelques vrais mystères, miettes d'« enseignement secondaire ». L'un de ces derniers est que l'on ne sait toujours pas qui, depuis les années 70, émet sur ondes courtes entre 6,731 et 18,027 kHz, en langue espagnole et pendant des heures, des listes interminables de nombres à cinq chiffres.

Il s'agit sans doute de messages codés ; mais de qui et à l'intention de qui ? Ces messages sont captés en Amérique, en Australie, en Extrême-Orient et dans plusieurs régions du Pacifique. On ne sait pas d'où ils proviennent, et en dépit de nombreux efforts de déchiffrement, ni la CIA, ni le FBI n'en ont percé la teneur. Message de trafiquants de drogue ? D'espions ? De touqués ?

On a assez conseillé aux détenteurs de cartes de crédit de déchirer soigneusement les deux carbonnes insérés entre les trois copies de toute pièce de règlement : ils peuvent servir à fabriquer de fausses cartes. On en a découvert en France. Aux États-Unis, en juin, on a aussi découvert un stock de plusieurs dizaines de milliers de cartes de crédit qui, suprême astuce, comportaient même pour la carte Mastercharge, la bande magnétique présumée inimitable.

Mais si vous recevez un coup de fil présumé de votre banque ou de la centrale de carte de crédit vous disant que votre limite de crédit a, par exemple, été abaissée à 1 000 F, ne faites pas de commentaires : votre interlocuteur, qui est un escroc, fait de la provocation pour savoir à combien se monte en fait votre crédit, pour en tirer parti avec une copie — fausse — de votre carte. Le truc est courant aux États-Unis.

Qu'y a-t-il dans les fameux sodas internationaux ? Si vous voulez en lancer un pour votre compte, en

voici la recette, telle que la donne Poundstone pour un des plus célèbres colas : 0,88 g d'essence de citron, 0,47 g d'essence d'orange, 0,20 g d'essence de cassia, dite aussi cinnamome chinoise, 0,07 g d'essence de muscade, des traces de coriandre, de lavande et de néroli, 4,9 g d'alcool à 95° et 2,7 g d'eau. Après avoir agité, laissez reposer 24 h. Recueillez seulement la partie la plus claire du mélange et ajoutez-la à un sirop léger d'eau et de fructose (2 400 g de sucre, avec juste assez d'eau pour le dissoudre, additionné de 3,1 g de caféine, de 37 g de caramel et de 11 g d'acide phosphorique). Vous pouvez y ajouter le produit de macération de 1,1 g de feuilles de coca, 20 g d'alcool à 20° et 30 g d'acide citrique. Et encore, enfin, 19 g de glycérine et 1,5 g de vanille, puis assez d'eau pour que cela soit buvable frais. Poundstone donne également les recettes du Grand Marnier, de la Bénédictine, de la Chartreuse et du Campari, ainsi que du Cointreau...

Savez-vous ce qu'il y a dans un des parfums les plus chers du

monde ? Poundstone le dit aussi : Alcool 26,3 g à environ 1 000 F/kg : 0,29 F

Essence de rose 1,06 g à environ 40 000 F/kg : 46,7 F

Bergamote 0,548 g à environ 440 F/kg : 0,27 F

Héliotrope 0,274 g à environ 175 F/kg : 5,3 centimes

Jasmin 0,109 g à environ 30 000 F/kg : 3,60 F

Ambre gris synthétique 0,0547 à environ 2 000 F/kg : 0,12 F

Angélique 0,000155 g à environ 1 000 F/kg : 0,026 centime

Vétiver 0,000155 g à environ 1 000 F/kg : 0,017 centime

Néroli 0,0000773 à environ 170 F/kg : 0,0014 centime

Musc synthétique 0,0000773 g à environ 2 000 F/kg : 0,017 centime.

Pour une once, le total est donc d'une cinquantaine de francs. Le prix public est de 2 250 F. Il faut dire que l'art du parfumeur est sans prix. Celui de M. Poundstone aussi...

Gerald MESSADIÉ

PAULETTE VAN GANSEN

BIOLOGIE GÉNÉRALE

Masson 1984, 380 p., 17 F

Professeur à l'Université libre de Bruxelles, Paulette van Gansen a publié un abrégé de Biologie générale en essayant de "brosser dans cet ouvrage un panorama des propriétés des êtres vivants qui fournisse une première assise solide à toute tentative ultérieure d'approfondissement de tel ou tel aspect de la matière". Pas du beau langage, on peut le craindre.

L'auteur pose en termes contemporains les problèmes essentiels du monde vivant en conservant, comme point de mire, notre propre espèce depuis son origine supposée jusqu'à l'expression de son hérédité et, enfin, jusqu'à une esquisse succincte, peut-être trop succincte, de son évolution. Le livre est technique mais n'hésite pas, dans certains chapitres, à exprimer une angoisse devant le devenir de l'homme.

Large part est faite à la génétique, la plus dynamique des branches de la biologie contemporaine, et il se termine sur une note d'espoir : « On peut raisonnablement espérer que chercheurs et étudiants d'aujourd'hui apporteront bientôt des réponses claires aux problèmes essentiels qu'ils posent, tant dans leurs aspects normaux — embryogénèse

et vieillissement — que dans leurs aspects pathologiques — tératogénèse et cancers. » Il est vrai que l'auteur ne craint guère la banalité du style.

Cet abrégé s'adresse surtout aux universitaires qui y trouveront des connaissances les plus récentes concernant les mécanismes fondamentaux de la vie.

Denis Bulcan

J. TRÉMOLIÈRES, Y. SERVILLO,
R. JACQUOT, H. DUPIN

MANUEL D'ALIMENTATION HUMAINE

Editions ESF — Tome I, 557 pages.
Tome II 516 p., 110 F chaque

Ce manuel est en fait la dixième édition d'un ouvrage publié en deux tomes, *Les bases de l'alimentation* et *Les aliments*, sous la direction de quatre pontes de la nutrition humaine. Il donne réponse à tout, enfin presque, puisque, par exemple, on ne trouvera pas le mot "aspartame" à l'index, alors qu'un autre édulcorant artificiel, la saccharine, y a sa place. Il est vrai que l'emploi des édulcorants, substances donnant un saveur douce mais non nutritives, n'est pas autorisé en France dans les aliments.

L'aridité d'un tel ouvrage, rébarbatif malgré la compétence de ses auteurs et la clarté des exposés, tient sans doute à ce qu'explique l'un des auteurs, J. Claudian, dans la sixième partie du tome I, consacrée à la psychologie alimentaire : « En fait, au cours de l'expérience alimentaire, toujours passionnée et passionnante, l'homme refuse de comprendre... » Quand Rabelais écrit sur les plaisirs de la bouche, le lecteur ne se lasse pas. Quand un manuel se met à regrouper ces sentiments sous le vocable "palatabilité" et à les expliquer, l'intérêt du même lecteur se cabre ; mais un manuel n'est pas un livre de chevet.

Et la science est aussi inapte à rendre compte du plaisir et du symbolisme de la nourriture qu'elle est experte à décrypter la composition des aliments et les besoins physiologiques auxquels ils répondent. L'embarras des auteurs à ce propos transparait parfois. Ainsi, J. Cognard reconnaît, en parlant des désirs de produits "sans engrais", de "pain au levain", etc. : « La science est incapable de justifier ces désirs... (ce qui) ne retire rien à leur puissance. »

La dépendance plus ou moins aveugle de l'homme vis-à-vis de sa nourriture, cernée par cet aveu

d'échec de la science à imposer son "progrès", est peut-être aussi la raison pour laquelle les auteurs ne se sont pas donné la peine de consacrer plus de deux pages aux "aliments naturels".

Donnage. L'engouement de gens toujours plus nombreux pour ce type d'aliments méritait que l'on s'y attarde plus. Il ne suffit pas de balayer le problème en comparant le refus des aliments préparés industriellement par les inconditionnels de l'agriculture biologique, à la méfiance des peuples primitifs vis-à-vis de tout aliment nouveau. Et si la peur, le "complexe de l'artificiel" est le seul fondement du retour au naturalisme, il faut des preuves pour nous en convaincre. Les végétariens, par exemple, ont-ils raison à ne vouloir boire que du thé de trois ans ?

Il y a contradiction entre le fait de n'écrire que par bribes sur l'irrationalité de la peur des "bios" et celui d'insister sur les dangers des excès possibles de notre agriculture industrialisée. D'autant que le proverbe « l'homme est ce qu'il mange » est repris dans ce livre.

La gravité de cette contradiction n'a pas échappé à J. Trémolières (mort en 1976), qui mentionne l'opposition incontournable entre « un système industriel mécanisé, où le travail est confié à la machine que l'homme ne fait que servir, et un système où la valeur d'une production n'est plus objective et se mêle à l'art, au genre de vie, qui la produit et la consomme ». Mais peut-on dichotomiser le savoir, la sagesse et la saveur, dérivés, un auteur le rappelle, du même mot latin "sapere" ?

Il reste que les définitions et les propriétés de l'aliment, "la chose qui nourrit", sont parfaitement analysées, ainsi que la digestion par l'organisme et la nutrition de la cellule. Des rations, des menus sont proposés et expliqués en fonction des différentes personnes auxquelles ils s'adressent, leurs activités, leur budget, etc. Les soucis d'organisation de la femme qui travaille ne sont pas négligés : des conseils pratiques de plan d'achat, d'appréciation de la qualité, de conservation et d'utilisation domestique, pour chaque catégorie d'aliment, sont donnés.

La description inévitable des grands groupes de "nutriments" (l'eau, les protides, les glucides, les lipides, les minéraux, les vitamines, etc.) s'accompagne même de travaux pratiques. Les conseils culinaires re-

posent sur les normes actuelles de production.

Utile et complet, ce manuel l'est pour qui sait et veut s'y attarder. Certains traits philosophico-culturels, et quelques bonnes illustrations pédagogiques viennent rompre la froideur indigeste inhérente à une explication scientifique dans un domaine aussi sensuel que celui de la nourriture.

C'est ainsi que l'on (re)découvre le sens premier du mot "*symposium*", nom dont on affuble aujourd'hui de nombreuses rencontres au sommet entre chercheurs: "Les symposia étaient chez les Grecs des beuveries entre hommes avant certains repas sacrés." Qu'en reste-t-il dans les manifestations scientifiques contemporaines?

Certaines classifications sont également propices à l'imagination. Ainsi, un auteur distingue deux matières fondamentalement différentes: la matière ferme qui sollicite l'œil et la main, et garde une appartenance au monde extérieur, et la matière molle et tendre, inconsistante, amorphe, que l'homme absorbe et assimile à son monde intérieur et qui, pour cette raison même, est puissamment survalorisée. Dans quelle catégorie seront les aliments de demain?

Marie-Laure MOINET

PIERRE DEOM

UN RAPACE

Collection: *Regarder et comprendre*. Edit. Jupilles, 72 F

Pierre Déom est bien connu de tous les amis de la nature. Sa revue, *La hulotte*, qui est rédigée avec une parfaite connaissance des sujets, beaucoup d'humour et illustrée de manière aussi précise qu'élégante, enchante la plupart de ceux qui la tiennent dans leurs mains. Il nous présente un ouvrage que l'on peut considérer comme l'édition de luxe d'un numéro spécial de sa *Hulotte*.

En 95 pages, un faucon pèlerin, un des plus beaux rapaces, raconte sa vie et les difficultés qu'il rencontre dans le monde moderne.

Ceux qui ont eu la chance d'apercevoir, dans le ciel, les évolutions de ce chasseur merveilleusement équipé, sont bien persuadés que sa disparition serait aussi attristante que celle d'un des grands chefs-d'œuvre conservés dans nos musées. Déjà, le faucon pèlerin, autrefois répandu dans toute la France, a disparu au nord d'une ligne Bordeaux-

Luxembourg et sa population totale dans notre pays est de l'ordre de 300 couples; on peut légitimement s'inquiéter.

Les raisons de cette régression sont multiples. Le fusil de certains "chasseurs", la capture de jeunes pour la chasse au vol, les insecticides, mais aussi quelquefois la curiosité déplacée d'un ami des oiseaux.

Ce livre donne envie de militer en faveur des rapaces; c'est sans doute pourquoi on y trouve l'adresse du Fond d'intervention pour les rapaces, auquel Pierre Déom va sûrement apporter quelques nouveaux adhérents.

Jacques MARSAULT

BERNARD GATTI

LES COMPTES DU TEMPS PASSÉ

2 vol. ill., "*Hier l'univers*" et "*L'œuf du vivant*", Hermann, 158 et 179 p., 80 F chaque.

L'objet de ces deux livres, de lecture aisée alors que le contenu en est très savant, est d'exposer ce que l'on sait sur l'âge de l'univers. Et ce n'est pas trop de deux volumes, car c'est là un vaste domaine. Si l'on prend par exemple l'obsidienne, pierre volcanique, on sait que, plus elle est ancienne, et plus elle a fixé de l'eau en surface; sa couche hydratée est de 5 microns pour 10 000 ans, 10 pour 40 000 ans et 18 pour 125 000 ans.

L'estimation de son âge est autant chimique que mathématique, en raison du déplacement des molécules d'eau dans le cristal, mais aussi de la température à laquelle l'obsidienne a été soumise. L'exposé sur les méthodes de datation par mesure de la radioactivité est l'un des plus complets, sinon le plus complet et, en tous cas, le plus accessible qu'il nous ait été donné de lire.

Le principe en est que les éléments terrestres contiennent des isotopes dont la période est courte ou longue, courte pour les isotopes fortement radioactifs, longue pour les moins radioactifs. Connaissant la période, mais également le produit de la désintégration du corps originel, on peut alors dater un spécimen de quelques milliers à plusieurs milliards d'années.

Exemple: le potassium désintégré donne, dans des proportions données, naissance à l'argon par désintégration bêta, sur une période de 1,4 milliard d'années. La quantité d'argon que l'on trouve dans le spécimen renseignera donc sur l'âge du

spécimen. Le couple potassium-argon est utilisé pour les spécimens d'âge géologique, à la condition que ceux-ci n'aient pas été chauffés, ce qui en réduirait à zéro la teneur en argon, qui est un gaz. Le couple rubidium-strontium permet de dater l'âge des roches terrestres et lunaires les plus anciennes, ainsi que les météorites. Les couples rhénium-osmium, thorium-plomb et uranium-plomb sont surtout utilisés comme vérificateurs des autres estimations. Et il y a évidemment aussi le carbone 14 et la thermoluminescence.

Cet ouvrage est particulièrement utile parce qu'il contient des informations fraîches. Il rappelle ainsi qu'il a fallu réviser, en baisse, l'âge d'ossements humains retrouvés en Californie, le ramenant de 70 à 48 000 ans à 8 000 et 11 000 ans, ce qui a modifié du tout au tout les hypothèses sur les époques de peuplement de l'Amérique. L'auteur fait également état des hypothèses récentes sur les possibilités de migrations polynésiennes vers l'Amérique du Sud, que l'on ne trouve guère dans les ouvrages de référence habituels.

Notons un excellent et objectif chapitre sur l'affaire des poteries et vestiges de Glazel, dont Gatti rappelle que la thermoluminescence a porté l'âge à 2 000 ans environ, mais qui n'ont pas encore fait l'objet de travaux complets et systématiques de datation, faute d'intérêt de la Direction des antiquités.

Deux ouvrages excellents et à la portée de tous. Nombreux schémas.

G.M.

JACQUY CHEMOUNI

GEORG GRODDECK, PSYCHANALYSTE DE L'IMAGINAIRE

Payot, 334 p., 138 F

Si l'on veut s'initier à la psychanalyse sans larmes, la lecture de Groddeck est le chemin le plus agréable. Groddeck, qui se méfiait beaucoup de la psychanalyse (Freud, pourtant, tenta de faire de lui un "disciple"), avait remplacé l'inconscient par le ça, terme d'ailleurs emprunté à Nietzsche pour décrire le réservoir d'émotions et de souvenirs qui veille dans le moi. L'étude de Chemouni permet de situer Groddeck par rapport à la psychanalyse et de définir ses points communs avec le freudisme, mais surtout ses différences. Groddeck, nul n'en disconviendra, était plus drôle.

G.M.

RAPID' AMPON



en vacances, pour laisser votre empreinte

Dans ce stylo-bille,
votre tampon !
Indispensable chez vous, au bureau.

VOTRE CARTE DE VISITE DANS LA VIE QUOTIDIENNE

pratique à tout moment.



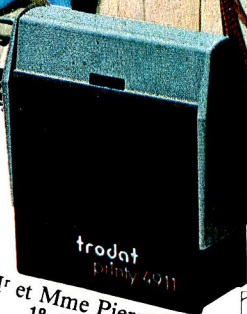
**LE PLUS PETIT TIMBRE
AUTOMATIQUE DU MONDE**



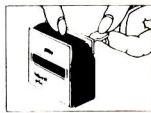
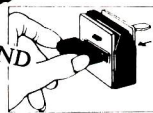
bagages, billets, formulaires.....



utile à l'aéroport,



Mr et Mme Pierre DURAND
18, rue de l'Annonciation
63100 CLERMONT-FERRAND
Tél.: 73.32.24.68.



EN CADEAU

pour 1 stylo tampon + 1 tampon automatique
votre initiale " Lettrine " (valeur 40 Frs)
tampon à l'ancienne pour imprimer votre sceau
sur tout document vous appartenant (livres,
revues, disques, etc....)



BON DE COMMANDE (Délais de fabrication 48 H)

<input type="checkbox"/> 1 STYLO TAMPON	PRIX	150,00 F
---	------	----------

<input type="checkbox"/> 1 TAMPON AUTOMATIQUE PRIX	120,00 F
--	----------

FRAIS DE TRANSPORTS	10,00 F
---------------------	---------

JE JOINS A CETTE COMMANDE LA SOMME DE F.....

PAR CCP ☐ PAR CHEQUE ☐ PAR MANDAT ☐

NOM.....

Prénom

N° Rue

Ville

Code postal Bur. distr.

A COMPLÉTER OU RECOPIER ET A RETOURNER A
RAPID'TAMPON - 10 rue Ernestine - 75018 PARIS

VOTRE INITIALE

Texte stylo tampon (3 lignes maxi)

[illegible]

Texte tampon automatique (4 lignes maxi)

[illegible]

Si je n'étais pas satisfait par le matériel proposé, je vous renverrai l'ensemble dans son emballage d'origine et serai intégralement remboursé de toutes sommes versées à RAPID'TAMPON

UNE PILE AU CITRON

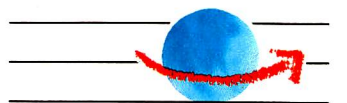
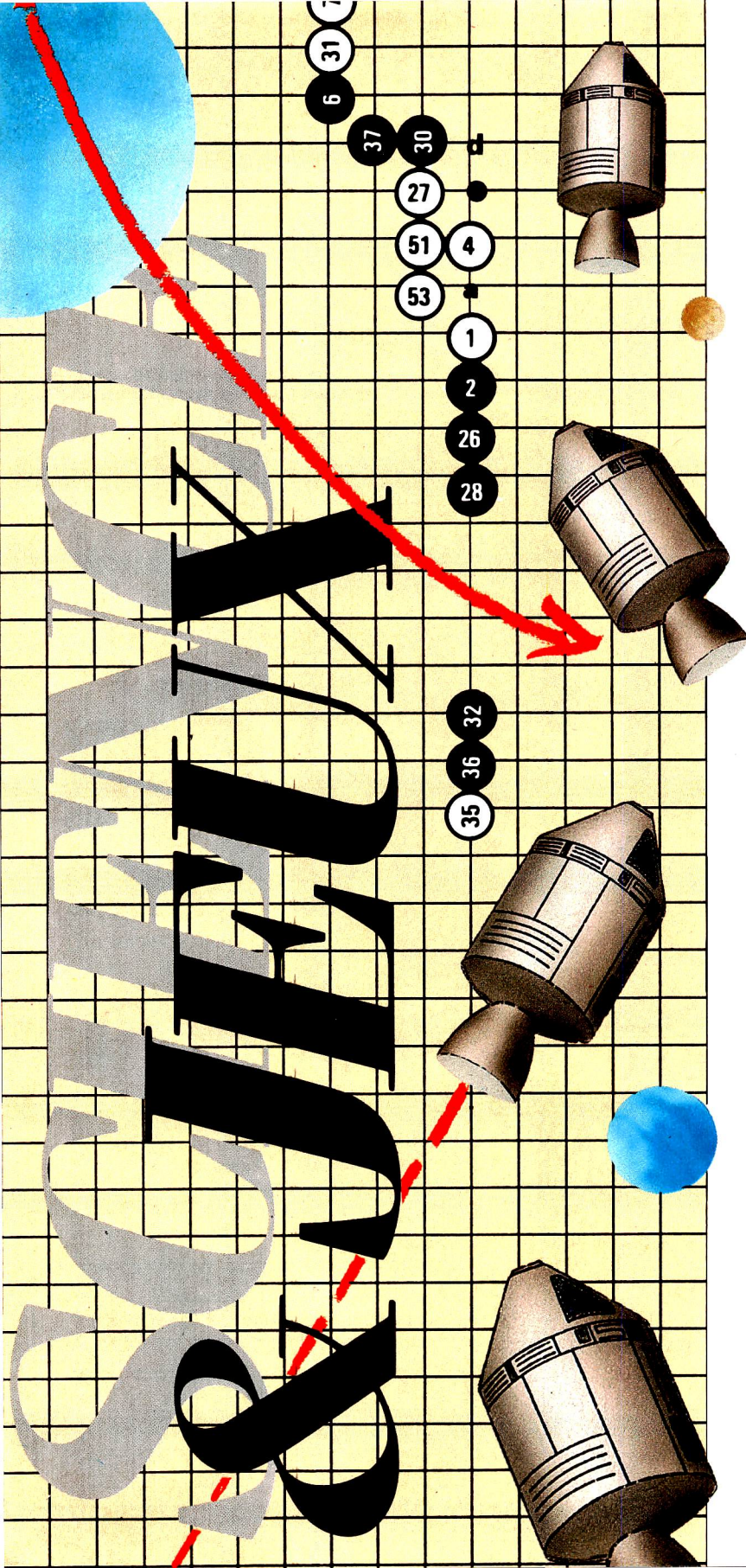
En France, à part la remarquable machine électrostatique que nous avons montée les mois précédents, nous n'avons que deux sources d'électricité : EDF et les piles — y compris les brillantes piles Wonder de Bernard Tapie. Pour être franc, il en va de même à l'étranger, sauf que ce n'est pas toujours EDF qui fournit (mais c'est parfois elle quand même pour les pays voisins, puisque le réseau électrique est réellement européen et interconnecté entre tous les pays). Le courant fourni par les centrales vient d'alternateurs entraînés par des turbines à eau ou à vapeur, donc vient d'une machine tournante avec aimants et bobinages.

Le courant des piles, lui, sort tout seul et sans aucun mouvement d'un cylindre agréablement présenté, tout lustré et souvent imprimé en lettres d'or pour mieux tenter l'acheteur. Son seul défaut est de fuir au bout d'un certain temps, répandant des liquides corrosifs dans les transistors, les calculatrices ou les magnétophones dont il assurait la bonne marche. L'expérience nous a prouvé que, malgré les garanties souvent imprimées elles aussi en lettres dorées, toute pile à bout de souffle finit par fuir, y compris les piles bouton des montres à quartz.

Ces fuites témoignent de ce que la pile électrique est essentiellement un engin mouillé et suintant qu'on enrobe d'une jolie parure pour le faire oublier. Mais quand Volta, en 1800, inventa le générateur électrochimique, il n'avait pas à se cacher et trempait des rondelles de buvard dans une solution d'acide sulfurique. Nous allons faire plus pratique encore en nous contentant de rondelles de citron, ce qui mouille les doigts mais ne les ronge pas comme les acides minéraux. De toute façon, il faut toujours un électrolyte, c'est-à-dire une solution liquide conductrice du courant.

Le point de départ, c'est le générateur découvert par le physicien italien Volta en 1795 : dans un bocal contenant un bain d'acide sulfurique étendu plongent deux lames métalliques, l'une en cuivre, l'autre en zinc.

Si l'on relie les deux lames par un



fil conducteur, on constate qu'un courant y circule ; on constate aussi que l'hydrogène de l'acide SO_4H_2 se dégage à l'électrode positive en cuivre, tandis que le radical SO_4 attaque l'électrode en zinc, négative, pour donner du sulfate de zinc.

La réaction chimique, qui entraîne la formation d'un oxyde en consommant le métal pur, est donc productrice de courant. Pour le comprendre, il faut faire appel à la théorie des potentiels de contact, et à la notion de couche double. Pour commencer, rappelons que le courant tel que nous l'entendons est constitué par le déplacement de particules, électriquement chargées par la nature, et qui sont les constituants de l'atome : des électrons négatifs et des protons positifs.

Les électrons circulent librement dans les métaux, mais il est rare que les protons qui constituent le noyau de l'atome se promènent seuls. Les charges positives sont surtout faites d'atomes auxquels manquent des électrons, donc qui se retrouvent avec un excès de protons par rapport à l'état d'équilibre normal et sont donc positifs.

Le même phénomène, et sa réciproque (excès d'électrons), peut se produire avec les assemblages d'atomes que sont les molécules. On parle alors d'ions positifs ou négatifs, et ceux-ci sont toujours présents au sein de toute matière qui n'est neutre que globalement.

La notion de couche double considère justement cette répartition de charges à la surface de tout corps solide, ou à la frontière qui sépare deux matières différentes. Cette frontière peut être considérée comme recouverte de dipôles électriques uniformément répartis dont les moments sont tous normaux à la surface et de même sens. L'ensemble est équivalent à une couche double formée de deux surfaces parallèles très voisines couvertes de densités de charges égales, positive pour l'une et négative pour l'autre. Lorsqu'on traverse cette couche, il se produit une discontinuité de potentiel, et il faut fournir un certain travail pour la franchir, ce qui conduit à la considérer aussi comme une couche de passage.

Il y a donc, à la surface de tout métal, une zone de potentiel bien définie, variable avec la nature du conducteur, et qui correspond à ce

qu'on appelle une barrière de potentiel.

Il en découle que les surfaces de contact entre conducteurs différents sont le siège de phénomènes électriques particuliers ; nous ne considérons ici que le contact métal-électrolyte qui est à la base des générations électrochimiques. Il y a bien sûr des potentiels de contact entre le zinc, le fil conducteur et le cuivre mais la somme de ces potentiels est nulle puisque l'ensemble est à la même température. Restent les potentiels de contact entre zinc et électrolyte, et cuivre et électrolyte. La notion de couche double nous apprend qu'il y a de toute façon des densités de charge à la surface de séparation entre métal et liquide.

Ces densités viennent en équilibre par déplacement des charges superficielles, donc par création momentanée d'un courant. Mais, et c'est important, la solution acide attaque l'une des électrodes, et modifie donc sans cesse la surface de séparation ; l'électrolyte dissout le métal et des ions métalliques M^+ se mettent à circuler, mais leur concentration est toujours différente de ce qu'elle est dans le métal lui-même. Autrement dit, il y a constamment déséquilibre de la couche à la surface de séparation, donc une différence de potentiel qui entraîne la circulation des charges. Cette circulation des charges n'est autre qu'un courant électrique qui prend naissance entre les deux électrodes si on les relie par un conducteur.

Par contre, si les électrodes ne sont pas reliées, les ions ne peuvent circuler librement et un équilibre se forme à la surface de séparation. En pratique, il y a quand même une attaque du métal par l'acide, mais si le générateur a été soigné cette attaque est très lente — la pile ne s'use que si l'on s'en sert ; en pratique, même si on ne l'utilise pas, elle finit quand même par être usée au bout de quelques années. Du point de vue thermodynamique, un sel est plus stable qu'un métal pur, ou plus exactement il renferme moins d'énergie potentielle que le sel et l'acide séparés.

En vertu du principe d'entropie, la réunion des deux composants doit donc mener à l'état d'énergie moindre, la différence se retrouvant sous forme de courant électrique si on réunit les deux électrodes, ou de

chaleur si on les laisse libres. Certes, il est difficile de mesurer les calories libérées par une pile qui se dégrade sans qu'on s'en serve, car le dégagement de chaleur peut se faire sur plusieurs années.

Le générateur de Volta comprend donc essentiellement un bain d'acide sulfurique étendu dans lequel plongent deux lames de zinc et de cuivre. Plus simplement, on peut la constituer d'une lame de cuivre et d'une lame de zinc séparées par une rondelle de buvard imprégnée d'acide étendu ; la tension débitée est voisine de 1 volt.

Pour avoir une tension plus élevée, il suffit d'empiler un grand nombre de tels éléments, d'où le nom de "pile" donné à l'époque aux générateurs électrochimiques capables de débiter quelques dizaines de volts. Le terme est resté d'usage courant, bien qu'il ne soit pas très valable aujourd'hui : la plupart des piles qu'on achète sont cylindriques et ne comportent qu'un seul élément ; il n'y a plus le moindre empilement.

Les piles rondes du commerce utilisent le carbone et le zinc comme électrodes et du chlorure d'ammonium comme électrolyte. En fait, il y a quantité de combinaisons possibles, et nous considérerons seulement le

Avec le zinc et le cuivre, tout acide peut servir d'électrolyte : ici nous avons utilisé du citron.



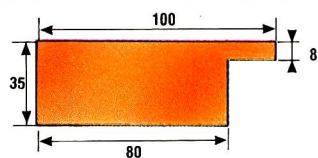


FIGURE 1.
DIMENSIONS DE L'ÉLECTRODE
(A RÉALISER EN QUATRE EXEMPLAIRES
EN LAITON ET QUATRE EXEMPLAIRES EN ZINC)

couple zinc-cuivre tel que l'utilisait Volta. Quand on ferme le circuit, donc quand on utilise la pile, le courant qui circule décompose l'acide sulfurique dont l'hydrogène se dégage autour de l'électrode positive en cuivre tandis que le radical SO_4 attaque le zinc pour former du sulfate de zinc.

Notons que cette pile, contrairement aux accumulateurs, n'est pas réversible : si on envoie du courant dans les électrodes, c'est le cuivre qui

est maintenant attaqué par l'acide pour donner du sulfate de cuivre avec dégagement d'hydrogène. En fonctionnement normal, c'est donc le zinc qui est consommé, et ces modifications chimiques entraînent une baisse du courant débité ; on dit que la pile se polarise. De plus, le dégagement d'hydrogène, gaz hautement inflammable et même détonant, serait très gênant en utilisation courante. Aussi doit-on ajouter un dépolarisant qui, en oxydant l'hydrogène, évite son apparition sur l'électrode positive.

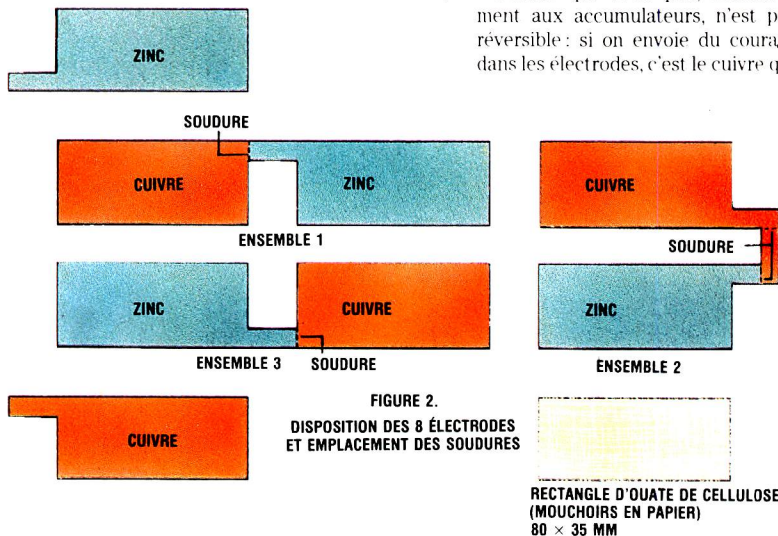


FIGURE 2.
DISPOSITION DES 8 ÉLECTRODES
ET EMPLACEMENT DES SOUDURES

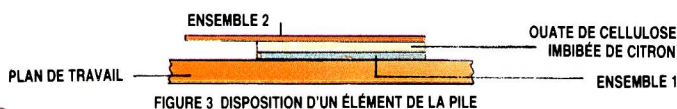


FIGURE 3 DISPOSITION D'UN ÉLÉMENT DE LA PILE

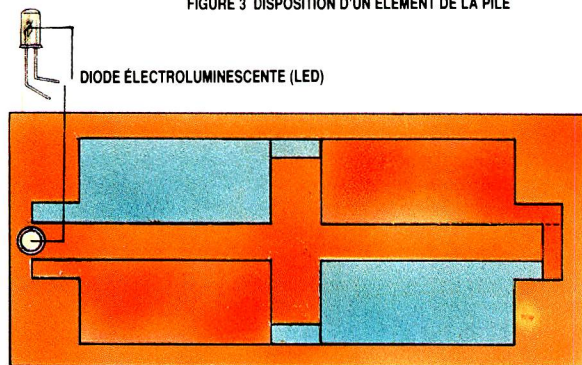


FIGURE 4
DISPOSITION GÉNÉRALE
DE LA PILE ET ALLUMAGE D'UNE DIODE

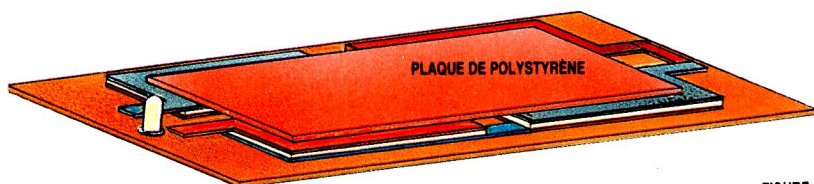


FIGURE 5
PILE TERMINÉE EN FONCTIONNEMENT

Mentionnons aussi, et c'est important, qu'avec le couple zinc-cuivre toute solution acide peut servir d'électrolyte ; c'est également vrai pour d'autres métaux, mais ceux-là sont les plus commodes à trouver. Ce sont donc eux qui serviront pour notre pile. En ce qui concerne l'électrolyte, nous avons délaissé l'acide sulfurique, même dilué, dont la manipulation peut être dangereuse, pour nous contenter d'un simple citron. Certes, le rendement n'est pas le même qu'avec un acide minéral, mais l'odeur en est beaucoup plus sympathique ; de plus, le citron n'est pas difficile à trouver.

Le courant débité est suffisant pour alimenter une montre à quartz ou un affichage à cristaux liquides de calculatrice ; il serait vraiment un peu faible pour porter à incandescence le filament d'une ampoule classique, mais il convient pour une diode électroluminescente. C'est donc ce dernier élément que nous avons choisi pour montrer d'une façon lumineuse la production de courant à partir d'une rondelle de citron.

La construction, on s'en doute, est simple ; la pile est composée de 8 électrodes découpées avec des ciseaux : 4 dans une feuille de laiton ou de cuivre, 4 dans une feuille de zinc (1). La **figure 1** donne les dimensions d'une électrode.

Chacune d'elles sera passée au papier abrasif afin que le métal soit strictement à nu, en particulier le zinc qui se recouvre normalement d'une couche d'oxyde au contact de l'air. Nous verrons que cette opération devra être recommencée toutes les fois que l'on voudra refaire l'expérience.

La **figure 2** montre comment on soude ces électrodes en série afin d'additionner les tensions. Cet as-

(1) On trouve de telles feuilles chez les quincailliers bien équipés ou chez le spécialiste Weber-Métaux, 9 rue de Poitou, 75003 Paris.

semblage terminé, on disposera de 3 ensembles reliés et de deux ensembles séparés. Chaque élément de notre pile débitera à vide environ 0,5 volt.

En charge, c'est-à-dire lorsqu'on branchera à la sortie une diode électroluminescente, cette tension tombera et sera juste suffisante pour exciter convenablement la photoémission de la jonction à l'arséniure de gallium : la diode s'allumera.

Notons que la soudure des électrodes n'est pas absolument nécessaire : des ligatures suffiront. Toutefois, il ne faut pas oublier que notre générateur est à la fois d'une puissance faible et que la tension qu'il crée est peu élevée. En conséquence, la loi d'Ohm joue à fond contre nous ; la moindre résistance intercalée dans le circuit aura pour effet de faire nettement tomber la puissance disponible. Il en résulte que les liaisons électriques doivent être parfaitement soignées, et la soudure reste la meilleure solution.

Pour faciliter les choses, on disposera les quatre électrodes sur un socle ou plan de travail en matériau isolant, comme indiqué **figures 3 et 4** — une plaque de polystyrène de 250 × 120 mm fera l'affaire. Ensuite, on découpera quatre rectangles dans un papier genre buvard (mouchoir en papier, papier éponge en rouleau, buvard scolaire, etc.) et on les appliquera sur les quatre électrodes. Il restera à exprimer le jus d'un citron sur le papier en évitant d'en mettre trop. Il ne faut pas oublier que le jus acide du citron constitue l'électrolyte et que, par définition, il est conducteur. Si un débordement faisait communiquer électriquement deux éléments de la pile, cela établirait un court-circuit très préjudiciable à son bon fonctionnement.

Ces précautions prises, il reste à poser d'une part l'ensemble 2 à cheval sur les extrémités des ensembles 1 et 3, et d'autre part les deux électrodes libres comme indiqué **figures 3 et 4**.

On vérifiera en même temps que les électrodes sont convenablement associées, et notamment que les deux dernières sont l'une en cuivre — ou en laiton — (pôle +) et l'autre en zinc (pôle -). Il reste à souder convenablement les fils de la diode (le plus long étant généralement le +) et à les glisser sous les languettes en question : elle s'allume aussitôt

(²). Si ce n'est pas le cas, et qu'aucune lueur ne vient illuminer le montage et satisfaire le monteur, on intervertira les connexions.

Il est souhaitable de poser sur la pile une plaque en matériau isolant, genre verre ou polystyrène, afin de bien appliquer les électrodes les unes sur les autres. Toutefois, on veillera à ne pas exprimer l'électrolyte imbibant le papier, sinon le court-circuit évoqué plus haut viendrait alors réduire ou annuler le résultat de tous nos efforts.

Comme on peut s'en douter, il ne faut pas croire que cette pile pourrait remplacer celles qui sont vendues dans le commerce. Tout d'abord le prix du citron, qui paraît modeste comparé à celui des fraises ou des cerises, ne tarderait pas à peser d'un poids certain quand il faudrait en acheter des dizaines chaque jour pour mouiller les buvards. En effet, et on le constatera facilement, au bout de quelques minutes la lumière émise par la diode faiblit, et cesse totalement, mais provisoirement, quand la polarisation est complète — c'est-à-dire quand les modifications chimiques entraînées par la réaction acide-métal viennent altérer le processus.

Pour réactiver la pile, il suffit de rincer le tout à l'eau claire, puis de raviver les plaques de zinc en les nettoyant avec du papier abrasif ; après, il ne reste plus qu'à remettre du citron comme décrit précédemment.

Bien entendu, notre source de courant ne crée aucune énergie : elle se contente de restituer une toute petite partie de celle qui a été nécessaire pour passer du minéral au métal pur, zinc ou cuivre, et de celle provenant directement du soleil qui a fait mûrir les citrons.

Nous avons choisi ce fruit acide, justement parce qu'il est acide : le jus de citron est un électrolyte correct mais, nous l'avons dit, beaucoup moins actif qu'une solution d'un acide minéral fort. Il peut d'ailleurs être remplacé par tout acide organique, et si nous avons choisi le citron pour son agrément, rien n'empêche de faire fonctionner notre pile avec du simple vinaigre. La diode brillera toujours avec la même intensité, éclairant de manière irréfutable la transformation de l'énergie des réactions chimiques en énergie électrique.

Renaud de LA TAILLE △

UN DÉTECTEUR DE PASSAGE À ULTRASONS

En été il est fréquent de laisser les portes d'une habitation ouvertes, pour l'aérer. Cependant il peut être utile d'être prévenu de l'arrivée d'amis ou d'intrus ; ce sera le but de notre "détecteur de passage".

Pour que le procédé de détection ne soit pas perturbé par la lumière du soleil, nous avons préféré un système ultrasonore à une détection optique. De plus, notre montage fonctionne par réflexion à l'instant du passage, et non par rupture de faisceau.

Une "tête" de détection unique pourra donc être employée à l'exclusion de tout autre dispositif, réflecteur ou source annexe. Cette méthode présente également l'avantage d'être très fiable, car peu sensible au vent, talon d'Achille de tout dispositif ultrasonore. Nous distinguerons deux parties dans notre réalisation : la tête de détection — à placer au lieu de passage — et un boîtier central chargé de fournir l'alimentation électrique et comportant une sirène électronique. Ce mois-ci, nous réaliserons la tête de détection, le boîtier central faisant l'objet de notre prochaine rubrique.

Cette tête comportera donc les deux cellules ultrasonores : résonneuses, l'une à l'émission, l'autre à la réception ainsi que toute l'électronique de détection. Nous y trouverons donc pour l'émission un oscillateur réalisé autour d'un circuit intégré type NE 555. Un potentiomètre permettra d'ajuster correctement la valeur de sa fréquence de travail et la cellule ultrasonore émettrice sera directement connectée entre la sortie du NE 555 (broche numéro 3) et la masse.

Notons qu'un condensateur de faible valeur est placé entre l'entrée 5 et la masse, afin d'éviter toute sur-oscillation parasite. Ce générateur d'ultrasons reste au total extrêmement classique et sa conception est identique à celle que nous avons déjà décrite dans ces pages.

Signalons que si vous avez conservé l'émetteur de notre article intitulé "Jouons avec les ultrasons", il vous sera possible de le réutiliser sans modification.

L'amplificateur de réception sera, lui, réalisé autour de transistors courants. A son entrée, nous trouverons bien entendu la cellule de réception

(2) Ces diodes se trouvent chez tous les revendeurs en pièces détachées radio-électroniques.

ultrasonore et sa sortie attaquera un transistor chargé de déclencher un *latch*. Ce dernier, réalisé autour d'une porte logique 74 LS 00, aura pour effet de mémoriser le déclenchement du système.

Une intervention manuelle sur le bouton-poussoir de remise en veille interrompra l'alarme.

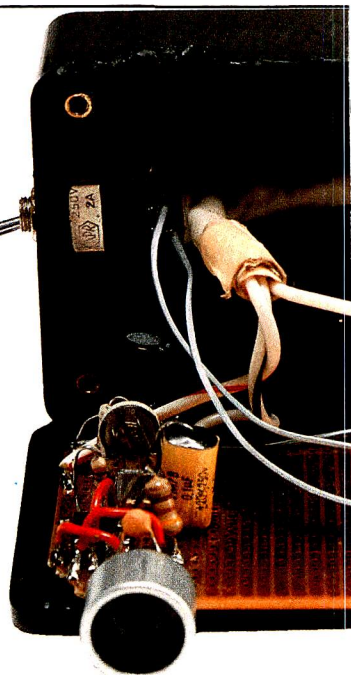
Nous avons équipé le récepteur d'un réglage de sensibilité afin d'adapter au mieux le montage à tous les sites. En effet si la tête de détection est placée dans un couloir, par exemple, un excès de sensibilité risquerait de provoquer des déclenchements parasites par réflexion du faisceau ultrasonore sur le mur en vis-à-vis. Inversement, une faible sensibilité ne permettrait pas de déceler un passage, dans le cas d'une ouverture large. Le potentiomètre de réglage de sensibilité permettra donc d'ajuster la détection pour une ouverture dont la largeur pourra être comprise entre 0 et 4 mètres environ.

Signalons que si l'appareil est placé

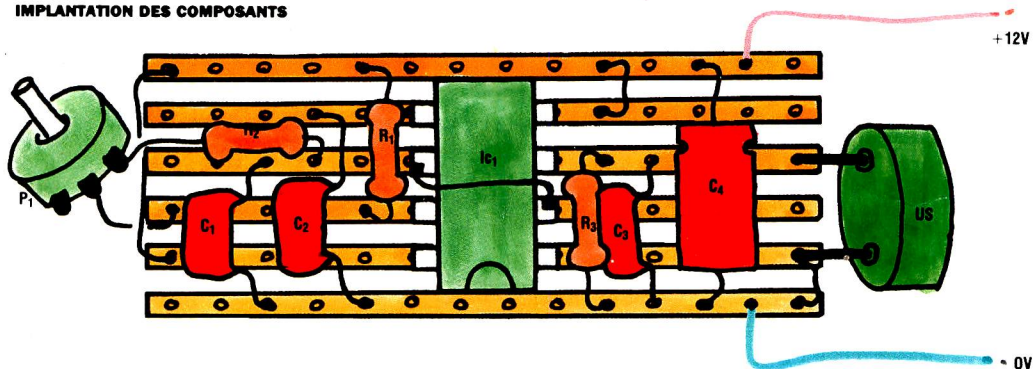
à l'extérieur, le vent peut influencer sur sa sensibilité. Il n'est donc pas conseillé, dans ce cas, d'utiliser ce montage pour surveiller une zone de plus de deux mètres de large. Il sera également prudent de placer l'appareil en un lieu protégé de la pluie.

Le câblage ne doit pas poser de problème à condition de bien couper les bases cuivrées de la plaquette de montage sous les circuits intégrés et de respecter le brochage des transistors et des circuits intégrés. Pour notre part nous avons réalisé émetteur et récepteur sur une plaquette unique et nous avons également directement soudé les capsules ultrason dessus. Ce type de disposition n'est qu'indicatif et peut être modifié au goût de chacun.

La mise en route de ce détecteur de passage reste également très simple : il suffira de le mettre sous tension depuis le boîtier central, ou, en attendant, depuis n'importe quelle source délivrant du 12 volts continu sous 300 milliampères au moins.



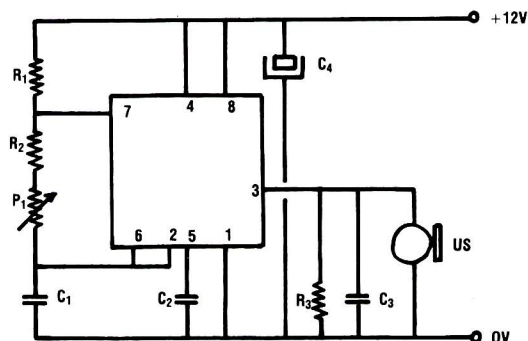
IMPLANTATION DES COMPOSANTS

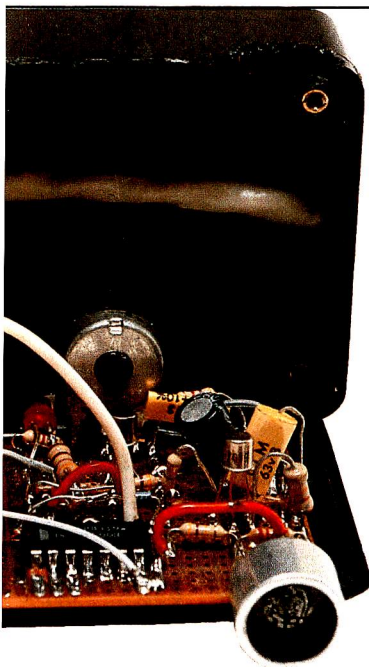


NOMENCLATURE

$R_1 = R_{10} = R_{11} = 470 \, \Omega$ (jaune, violet, brun, or)
 $R_2 = 1,5 \, K \, \Omega$ (brun, vert, rouge, or)
 $R_3 = 470 \, \Omega$ (jaune, violet, brun, or)
 $R_4 = 470 \, K \, \Omega$ (jaune, violet, jaune, or)
 $R_5 = 220 \, K \, \Omega$ (rouge, rouge, jaune, or)
 $R_6 = 47 \, K \, \Omega$ (jaune, violet, orange, or)
 $R_7 = 22 \, K \, \Omega$ (rouge, rouge, orange, or)
 $R_8 = 4,7 \, K \, \Omega$ (jaune, violet, rouge, or)
 $R_9 = 22 \, K \, \Omega$ (rouge, rouge, orange, or)
 $C_1 = 4,7$ nanofarads
 $C_2 = C_5 = 0,1$ nanofarad
 $C_3 = 330$ picofarads
 $C_4 = C_7 = 100$ nanofarads
 $C_6 = 10$ nanofarads
 $IC_1 = NE 555$
 $IC_2 = SN 74 LS 00$
 $P_1 = 4,7 \, K \, \Omega$
 $P_2 = 22 \, K \, \Omega$
 $T_1 = 2 \, N 3904 = T_3$
 $T_2 = 2 \, N 3905$
 $D_1 = LED$
 $D_2 = ZENNER 5,1$ volts

SCHEMA ÉLECTRIQUE





Il faudra alors placer les cellules ultrason face à un mur et à un mètre environ de ce dernier. On tournera alors le potentiomètre de sensibilité jusqu'à ce que la diode électroluminescente témoin de détection s'allume, puis il faudra revenir un peu en arrière par rapport à la position trouvée.

Le fait de manœuvrer le poussoir de remise à zéro doit provoquer l'extinction de la D.E.L. Si ce n'est pas le cas, orienter l'appareil vers une zone dégagée et renouveler l'opération. Si la diode électroluminescente reste toujours allumée, réduire progressivement la sensibilité tout en appuyant régulièrement sur le poussoir jusqu'à obtenir l'extinction. Dès celle-ci obtenue remettre le montage face à un mur, comme précédemment, et agir sur le potentiomètre de réglage de fréquence de l'émetteur, jusqu'à ce que la diode électroluminescente se rallume. Ces réglages effectués, il ne restera plus qu'à fixer la tête de détection à l'en-

droit désiré et éventuellement à retoucher la sensibilité de façon à l'adapter au mieux au site à surveiller.

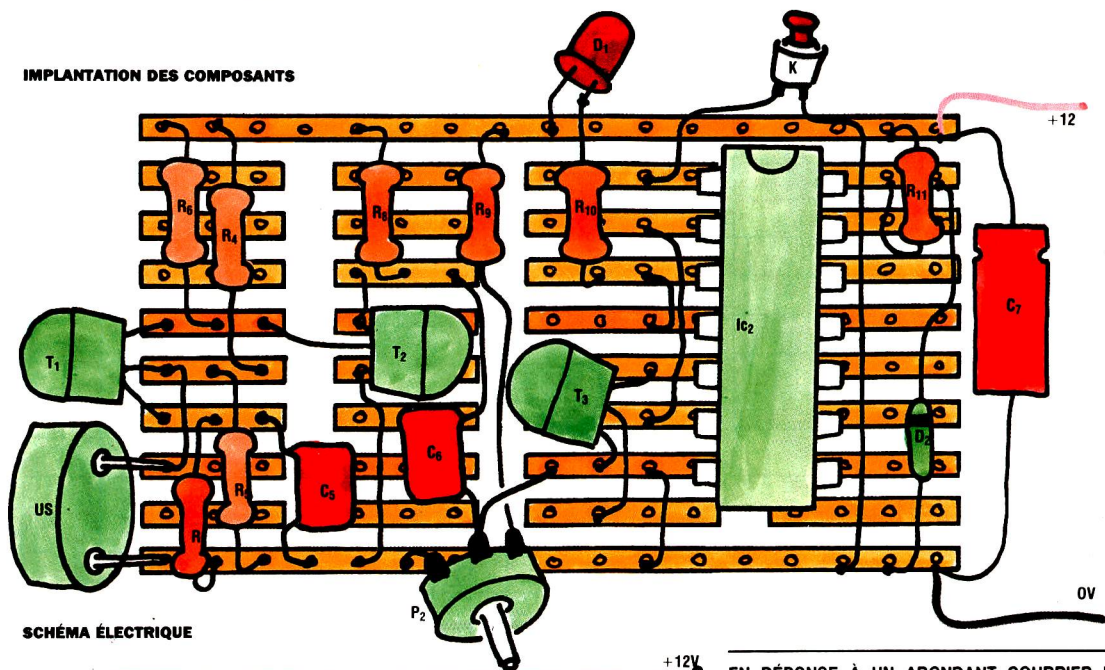
Pour terminer, signalons que cette tête de détection peut être reliée au boîtier central à l'aide de fils de grande longueur. Nous avons effectué nos essais sur 25 mètres de câble. Seul point important : il devra comporter trois conducteurs.

Deux seront utilisés pour véhiculer l'alimentation en 12 volts, le troisième acheminera le signal de détection de passage jusqu'au boîtier central. Étant donné la faible consommation du montage un câble de petit calibre pourra être employé ; du câble pour téléphone, par exemple, pourra parfaitement être utilisé, le blindage métallique l'enveloppant faisant office de troisième fil.

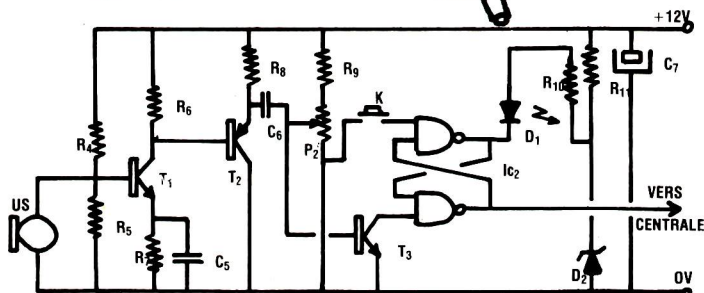
Dans ce dernier cas il est conseillé de réserver les deux "vrais fils" au 12 volts et au signal de détection ; le blindage étant réservé au 0 volt.

Henri-Pierre PENEL Δ

IMPLANTATION DES COMPOSANTS



SCHEMA ÉLECTRIQUE



EN RÉPONSE À UN ABONDANT COURRIER DES LECTEURS, voici des adresses où l'on peut se procurer les différents composants utilisés dans notre rubrique :

Δ RADIO M.J., 19 rue Claude Bernard, 75005 Paris, pour les commandes par correspondance, tél. 336 01 40.

Δ PENTASONIC, 10 boulevard Arago, 75013 Paris, tél. 336 26 05.

Δ T.S.M., 15 rue des Onze Arpents, 95130 Franconville, tél. 413 37 52.

Δ ELECTRONIC AT HOME, rue des Philosophes 51, 1400 Yverdon, Suisse.

Δ Ces composants sont également disponibles chez la plupart des revendeurs régionaux.

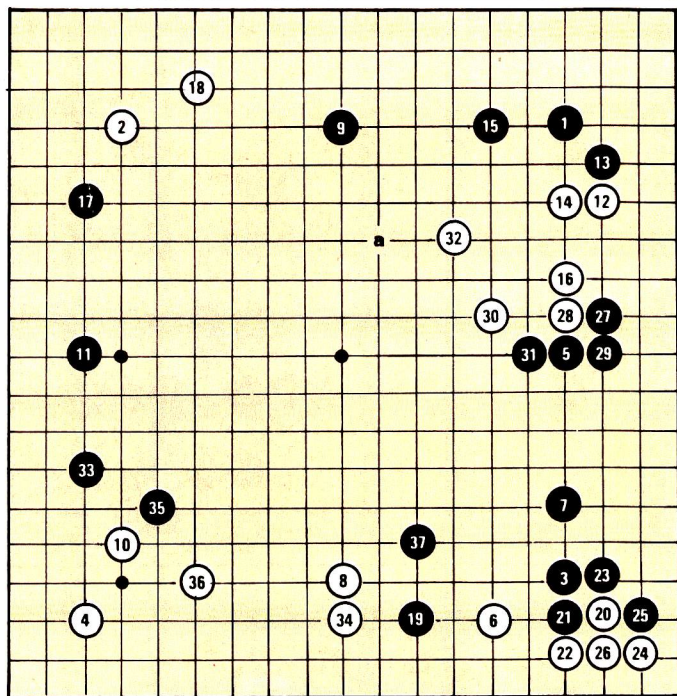


FIGURE 3. BLANCS : CHO, NOIRS : OTAKE ;
4^e DU MEIJIN, 13-14 OCTOBRE 1982.
BLANC ABANDONNE APRÈS 209 COUPS.
ICI, COUPS 1 À 37.

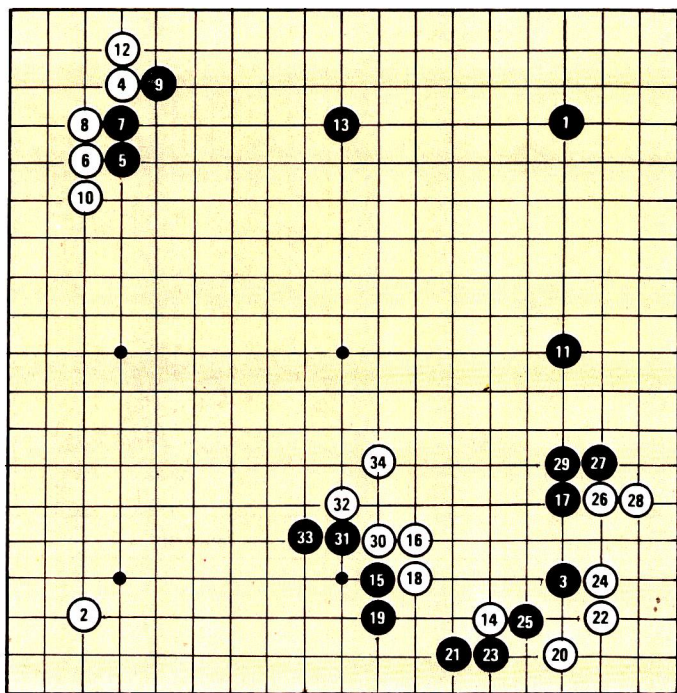


FIGURE 4. BLANCS : SAKATA, NOIRS : TAKAGAWA ;
1984, 11^e CHAMPIONNAT DE LA NIHON KI IN.
BLANC GAGNE.
ICI, COUPS 1 À 34.

invasion classique et noir attaque ; comme le bord est ouvert en "a", noir valorise plutôt le centre avec 27 ; le blanc coupe en 36, puis, avec 44, prend la décision de sacrifier trois pierres pour obtenir de la puissance au centre ; noir capture les 3 pierres et consolide son coin avec 47 et 51. Le noir a, dans cette partie, récupéré très rapidement du territoire. Plus tard, il jouera 2 coups lents, perdant finalement la partie d'un demi-point.

Figure 2. Même coup d'approche en 6 et même prise en tenaille en 7, mais un autre *Joseki*. Le blanc se développe avec 14 et 16. En sud-ouest, nouvelle séquence — 20 est inusité — où blanc prend les points : 27 force la réponse en 28 et le noir bloque la route du centre avec 31, augmente son influence avec 33 et attaque avec 35 ; pendant ce temps, le blanc joue toujours pour les points avec 32 et 34 qui est aussi un coup d'érosion du centre. Le noir ne parviendra pas à tuer un groupe blanc au centre et perdra une partie pourtant bien commencée.

Figure 3. Le noir se contente du *Tobi* en 7, et avance avec 9, puis s'installe en 11. Le blanc envahit en 12 et il s'ensuit l'attaque classique 13-15. L'attaque en 19 force le blanc à envahir le coin avec la séquence 20-26, ce qu'il fait volontiers ; le noir reprend l'attaque avec 27-31. 37 manque le coche ; il fallait penser au centre, en commençant par "a".

Figure 4. Là, le *San Ren Sei* n'est pas construit tout de suite ; le noir commence par approcher le coin nord-ouest, puis laisse en plan ses 3 pierres qu'il veut traiter légèrement ; elles lui permettent d'avoir de l'influence centrale, avec 11, puis 13. A l'approche en 14, noir répond par la prise en tenaille haute 15 (voir rubrique voisine).

Après 20, le noir échange le coin contre une attaque sur les pierres blanches 16-18, mais le blanc prend une bonne forme avec 30-34, et gagnera la partie.

AVIS AUX AMATEURS

S'il y avait encore de nouveaux amateurs qui souhaiteraient percer les "mystères" du Go, nous rappelons que cette rubrique "initiation" a commencé dans notre numéro de septembre 1981 (S & V n° 768).

Pierre AROUTCHEFF △

LE CHOIX DU "JOSEKI" (SUITE)

Sur notre *diagramme de référence* : quand le noir a déjà une extension sur le bord, 2 est une prise en tenaille efficace; le blanc a le choix entre l'invasion en "a" et la sortie vers le centre en "b" ou "c"; les contre-prises en tenaille "d" et "e" sont un peu démesurées, à cause de la relative sévérité de la position tenue par la pierre 2, par rapport à celle de la pierre 1.

Dia. 1. Sans extension sur le bord, le noir bloquerait en 3; 4 est le point vital et 5 le point de départ du *Joseki* standard; le blanc peut également jouer 5 ou 15; il faut couper d'abord en 8, puis en 10, qui est également une pierre de sacrifice, avant de bloquer en 12.

Dia. 1 bis. La raison de l'ordre des coups 8-10: si le noir coupe d'abord en 1, le blanc capture — c'est un principe de capturer la pierre de coupe qui donne une forme très forte avec un œil — malgré la récupération du coin 3-5. Ensuite, à cause de l'échange toujours possible de "a" pour "b", le coup "c" est désagréable pour le noir.

Si le noir coupe d'abord en 3 (8, *diagramme 1*) et que le blanc répond en 1 ou 2, sa forme est beaucoup moins bonne et la capture du coin satisfaisante. Le blanc résiste avec 13, noir coupe en 14 et sacrifie une deuxième pierre avec 16; la capture en 18 est déraisonnable et blanc doit jouer 17, puis 19 qui est meilleur que "a".

La séquence se termine avec 20 qui donne une excellente influence centrale au noir. Il y a beaucoup d'*Aji* de part et d'autre; de nombreux points, à commencer par "b", forcent la capture des 2 pierres noires 10 et 16; la pierre 13 pour sa part est une source d'ennuis futurs pour le noir, le blanc peut attaquer en "c"; il y a d'autres points vitaux, par exemple en "d".

Dia. 2. Le *Tobi* en 1 est la sortie classique; la suite, jusqu'en 5, est pacifique; ce qui est important, c'est ce qui se passe après. Le point "a" est globalement très convoité et peut, éventuellement, être joué immédiatement après; un coup "b" de renforcement est nécessaire à la stabilisation du blanc, parce que le noir possède quelques moyens d'attaque;

soit en combinant "c" avec "d" ou "e", soit en jouant le coup de contact en "f".

Dia. 3. La sortie en 1 est également efficace; à part la réponse en 2, le noir peut jouer également en "a" ou "b".

Si noir joue 2, il ne faut pas tourner en "c", qui donnerait une mauvaise forme au blanc; 3 est correct; ensuite, le noir garde le coin avec 6 et 8 et le blanc prend le bord avec 7 et 9.

Pierre AROUTCHEFF △

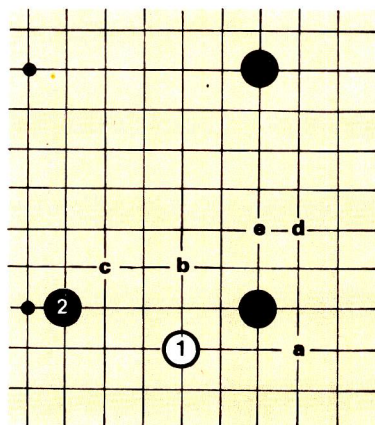


DIAGRAMME DE RÉFÉRENCE

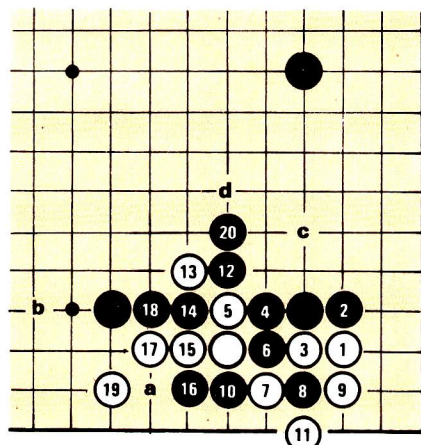


DIAGRAMME 1

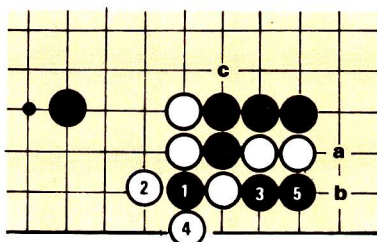
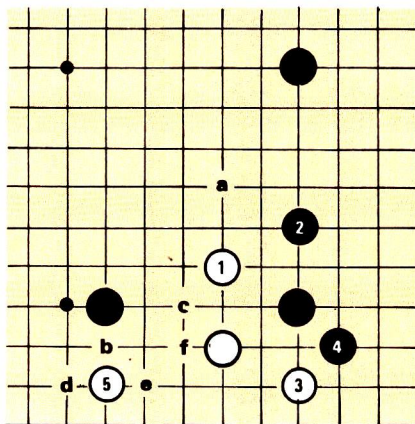


DIAGRAMME 1 BIS



LA PÊCHE AU THON

Après plusieurs programmes utilitaires voici de nouveau un jeu d'arcades. Ses règles sont simples mais, pour le rendre plus vivant, on jouera sur deux décors différents ; le premier : un port équipé d'une base pour hélicoptères ; le second : la pleine mer.

Le but du jeu est simple, ramener dans le vivier portuaire dix thons pêchés en haute mer à l'aide de l'hélicoptère (méthode de pêche ne manquant pas d'originalité !). Tout serait simple si la météo était avec vous, malheureusement le vent souffle par violentes rafales. Qui plus est, le phare placé à la sortie du port est relativement haut, donc délicat à survoler toujours en raison du vent.

Une fois en mer les choses ne sont guère plus simples : la ligne équipant le treuil de l'hélicoptère est courte ; il faut donc voler à basse altitude, sans pour autant toucher la crête des vagues, afin que son extrémité arrive au niveau du thon. Pour finir, le poisson ne sera pas nécessairement affamé, et fera parfois la fine bouche devant vos appâts.

Une fois le thon capturé, il faudra le ramener dans le vivier en venant atterrir sur la base du port pour qu'un autre thon vienne dans les parages. En effet tant que le thon n'aura pas été livré à bon port aucun poisson ne sera présent en mer. Pour mener votre mission à terme vous aurez droit à trois hélicoptères, et chaque thon dûment livré sera visible dans le vivier.

Ces quelques règles établies, passons à l'écriture du programme. La première partie (lignes 100 à 320 incluses) est réservée à la définition des symboles graphiques que nous utiliserons pour le jeu. A savoir les vagues, l'hélicoptère vu de la gauche, puis de la droite et enfin le poisson. Notons à ce propos que notre listing présente ces caractères sous leur forme finale. Lors de la programmation il est évident que le symbole porté par les touches graphiques correspondra au caractère indiqué sur la touche. Afin de simplifier la frappe du programme, nous avons indiqué à chaque fois le caractère graphique de départ de la séquence de redéfinition considérée. Par exemple le symbole représenté en ligne 120 correspond à la touche 0 en mode graphique

comme indiqué en ligne 99.

Tant que le programme n'aura pas "tourné", la ligne 120 présentera donc un 0. Il en est de même pour toutes les autres redéfinitions graphiques (lignes 270 et 320). L'ensemble des symboles utilisés étant composé de plusieurs caractères, un dessin complet s'obtiendra en tapant sa touche de départ, puis les caractères la suivant immédiatement, toujours en mode graphique bien sûr. Par exemple, pour les vagues, le dessin de la ligne 410 correspond à la frappe des caractères O, P et Q. En 400, nous créons un tableau (à l'aide de l'instruction DIM), qui sera utilisé pour l'animation des vagues ; sa première partie sera d'ailleurs remplie par les symboles des vagues à la ligne 410.

Ensuite les variations indispensables au déroulement du jeu seront initialisées. Nous trouverons dans cette phase d'initialisation une variable chargée de contrôler le nombre de vies disponibles (ligne 420), la mise à 0 du score en 430, l'ensemble des données liées à la position et au déplacement de l'hélicoptère (Yh, Xh, Xv et Yv), les coordonnées de départ du poisson (Ps et Pa), une variable chargée de déterminer le changement d'écran (E2) et enfin la variable V destinée à générer des bourrasques aléatoires. Cette initialisation terminée, le programme se rendra directement en ligne 3000, en raison de l'ordre GOSUB 3000 de la ligne 545.

Cette sous-routine a pour but de dessiner le port sur le premier écran. Le graphisme utilisé pour cette représentation restant assez grossier, nous n'utiliserons pas ici des symboles redéfinis mais seulement les "pavés graphiques" standard du Spectrum.

Une fois le décor ainsi planté nous y ajouterons les dessins des hélicoptères disponibles et les thons déjà pêchés. Cette sous-routine se terminera par l'ordre RETURN de la ligne 3300. Le programme reviendra alors en ligne 550. Celle-ci permet de choisir la représentation sélectionnée, vue de droite ou de gauche pour l'hélicoptère, en fonction du sens de déplacement choisi.

La vue choisie sera alors affichée soit par la ligne 560, soit par la ligne 565. Nous déterminerons ensuite les bourrasques par tirage aléatoire de la valeur de la variable V, ce tirage ne sera effectué que si l'hélicoptère est en vol, d'où le test sur la valeur de Yh.

En 600 nous utiliserons la variable C pour vérifier qu'aucune collision ne s'est produite, puis les valeurs de Xv et Yv seront modifiées en fonction des touches tapées au clavier.

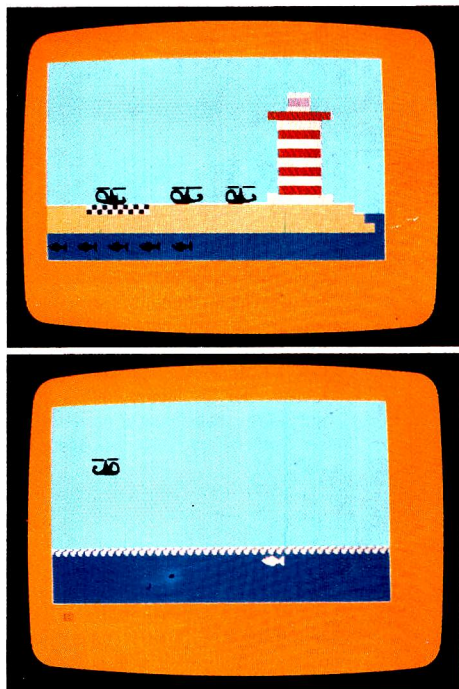
Si un accident est détecté, le test de la ligne 640 aiguillera directement le programme en 5000. Nous y trouverons la sous-routine de "crash". Elle a pour effet de simuler la chute de l'hélicoptère depuis le point de son accident jusqu'au bas de l'écran. Le nombre de vies sera décrémenté (ligne 5050). Si le crédit de vies est épuisé ou si 10 poissons ont été pêchés, le programme affichera "fin de partie", sinon il viendra vérifier sur quel écran il se trouve afin de présenter ou non l'animation de mise en place d'un nouvel appareil.

Quel que soit le cas choisi, le programme retournera en ligne 500 de manière à poursuivre la partie depuis la piste d'envol. Si aucun accident ne se produit, le programme attendra que l'hélicoptère se trouve sur l'extrême droite de l'écran pour changer de décor. Ce changement est déterminé par le test de la ligne 700 et l'envoi du programme en 1000. Ici, seul le fond sera mis en place.

Dès que nous serons sur le deuxième écran, le programme se rendra régulièrement en 2000 en raison de la ligne 930. Cette sous-routine assure l'ensemble des animations du décor de haute mer. En

Photo 1 : le port, le phare et l'héliport.

Photo 2 : le poisson est au bout de la ligne.




```

10 BRIGHT 1: BORDER 6
99 REM Def. Vagues: GRAPH.O
100 DATA 12,56,97,97,227,243,25
5,255,48,227,134,134,142,207,255
,255,195,142,24,24,56,50,255,255
110 RESTORE 100
120 FOR I=0 TO 23: READ X: POKE
USR "G"+I,X: NEXT I
199 REM Def. Helicoptere (gauch
e):debut=GRAPH.A
200 DATA 0,127,0,0,14,49,65,129
205 DATA 8,227,20,8,8,28,188,18
8
210 DATA 0,255,0,0,0,0,1,6
215 DATA 129,129,129,129,127,12
7,63,31
220 DATA 254,254,255,255,255,25
5,255,252
225 DATA 6,11,3,143,255,252,224
,0
229 REM Def. Helicoptere (droit
e):debut=GRAPH.G
230 DATA 0,255,0,0,0,0,128,96
235 DATA 16,199,40,16,16,56,61,
61
240 DATA 0,254,0,0,112,140,130,
129
245 DATA 96,176,192,241,255,63,
7,0
250 DATA 127,127,255,255,255,25
5,255,63
255 DATA 129,129,129,129,254,25
4,252,248
260 RESTORE 200
270 FOR I=0 TO 95: READ X: POKE
USR "G"+I,X: NEXT I
299 REM Def. Poisson:debut=GRAP
H.P
300 DATA 3,31,111,255,127,63,31
,3,129,195,247,255,255,247,195,1
29
310 RESTORE 300
320 FOR I=0 TO 15: READ X: POKE
USR "H"+I,X: NEXT I
399 REM Memorisation position v
agues
400 DIM M$(2,3)
410 LET M$(1)="////"
419 REM Initialisation du jeu
420 LET Vies=3
430 LET Sc=0
440 LET K=9
500 LET Yh=14
510 LET Xh=5
520 LET Xv=0
525 LET Ps=25: LET Pa=0
530 LET Yv=0
535 LET E2=0
540 LET U=0
545 GO SUB 3000
549 REM Animation Helicoptere
550 IF K=8 OR K=9 THEN LET Dh=(
K=9)-(K=8)
560 INK 0: PAPER 5: IF Dh=-1 TH
EN PRINT AT Yh,Xh,"X";AT Yh+1,
Xh;"X": BEEP .001,50-Yh
565 IF Dh=1 THEN PRINT AT Yh,Xh
,"X";AT Yh+1,Xh;"X": BEEP .0
01,50-Yh
569 REM Coups de vent
570 IF Yh<14 THEN LET U=INT (RN
D*10)
599 REM Detection accident
600 LET C=INT ((ATTR (Yh+2,Xh)+
ATTR (Yh-1,Xh)+ATTR (Yh+2,Xh+2)+
ATTR (Yh-1,Xh+2))/32)-8
609 REM Lecture du clavier et m
odif. positions
610 LET K=CODE INKEY$
620 LET Xv=((K=9)+(U=1))*(Xh<2
9))-((K=8)+(U=2))*(Xh>0))
630 LET Yv=((K=10)+(U=3))*(Yh<
14))-((K=11)+(U=4))*(Yh>1))
640 IF C<5 AND C>2 THEN GO TO
5000
650 LET Xh=Xh+Xv
660 LET Yh=Yh+Yv
699 REM Detection changement ec
ran
700 IF Xh>29 AND K=9 AND E2=0
THEN GO SUB 1000
710 IF Xh<1 AND K=8 AND E2=1 T
HEN GO SUB 3000
930 IF E2=1 THEN GO SUB 2000
940 BEEP .001,50: PAPER 5: IF X
v<>0 OR Yv<>0 THEN PRINT AT Yh-Y
v,Xh-Xv;" ";AT Yh-Yv+1,Xh-Xv;"
"
949 REM Rebouclage du jeu
950 IF Yh<>14 OR Xh<>5 OR Pa=0
THEN GO TO 550
959 REM Affichage poisson peche
960 PAPER 1: PRINT AT 20,Sc;"
":LET Sc=Sc+3: PAPER 5
970 LET Pa=0
980 IF Sc=30 THEN GO TO 5000
990 GO TO 550
999 REM Preparation mer
1000 PAPER 5: INK 1: CLS
1020 FOR I=16 TO 21
1030 PRINT AT I,0:"";
1040 NEXT I
1050 LET Xh=1
1060 LET E2=1
1070 RETURN
1999 REM Animation des vagues
2000 FOR H=3 TO 2 STEP -1
2010 LET M$(2,H-1)=M$(1,H)
2020 NEXT H
2025 BEEP .001,50-Yh
2030 LET M$(2,3)=M$(1,1)
2040 LET M$(1)=M$(2)
2050 LET G$=M$(1)
2060 INK 1: PAPER 7: PRINT AT 16
,0,G$:G$:G$:G$:G$:G$:G$:G$:G$:
M$(1,1);M$(1,2): PAPER 5
2070 BEEP .001,50
2099 REM Animation poisson
2100 LET Ps=Ps+(U>5)*(Ps<28)-(U<

```

Notre pro-
gramme,
avec, en bas
à droite, la
correction
pour micro-
drive.

premier lieu, l'animation des vagues sera assurée par permutation circulaire des caractères contenus dans le tableau M\$. Cette opération est effectuée par les lignes 2000 à 2040, puis le résultat de cette permutation sera affiché, par l'intermédiaire de G\$ 2060.

Ensuite le poisson sera déplacé de manière aléatoire en utilisant de nouveau la valeur de V en modifiant la valeur de Ps. Puis, si la touche "," est tapée, le lancer de la ligne sera représenté par les lignes 2115 à 2180. Notons qu'en 2150 un test a été placé de manière à savoir si le poisson est pris ou non.

Si ce test est positif, l'animation correspondant à la montée du thon sera assurée par la sous-routine 4000 et nous donnerons à Pa la valeur 1, de manière à signaler au programme que le poisson ne doit plus être représenté dans la mer. Opération effectuée par la ligne 2200 où la valeur de Pa est prise en compte.

Le programme reviendra alors en 940 en raison de la présence de l'instruction RETURN de la ligne 2500. Là, le jeu sera rebouclé en 550 tant que l'hélicoptère dûment chargé n'aura pas rejoint sa base. Notons que le test en 710 permet de revenir du décor de haute mer à celui du

port, dès que l'hélicoptère se trouve à gauche de l'écran.

Une fois l'appareil au sol et correctement positionné sur la piste, le thon sera déchargé et représenté dans le vivier. Le score sera alors incrémenté et Pa prendra de nouveau la valeur 0.

La frappe de ce programme ne doit pas poser de problème. Ce jeu étant avant tout basé sur une relative rapidité d'action et sur le graphisme des écrans, nous ne vous conseillons pas de tenter de l'adapter au ZX 81. C'est pour cette raison qu'il n'y a pas de modifications ce mois-ci. Si cependant vous tenez absolument à


```

5) *(Ps>1)
2109 REM Detection lance de lign
2110 IF INKEY$<>"", THEN GO TO 2
2114 REM Animation ligne
2115 OVER 1
2120 FOR Q=2 TO 5
2130 BEEP .01,Q: PRINT AT Yh+Q,X
h+1;";
2140 NEXT Q
2149 REM Detection poisson peche
2150 IF Xh=Ps+1 AND Yh=11 THEN
GO SUB 4000
2160 FOR Q=5 TO 2 STEP -1
2170 BEEP .01,Q: PRINT AT Yh+Q,X
h+1;";
2180 NEXT Q
2190 OVER Q: PRINT AT 17,Xh-1;";
2200 INK 7: PAPER 1: IF Pa=0 THE
N PRINT AT 17,Ps;";
2500 RETURN
2999 REM Port
3000 PAPER 5: CLS
3010 INK 7: PAPER 3
3020 PRINT AT 4,23;";AT 5,23;
3030 PAPER 2
3040 PRINT AT 6,21;";AT 7
,22;";AT 8,22;";AT 9,2
,22;";AT 10,22;";AT 11,2
,22;";AT 12,22;";AT 13,2
,22;";AT 14,22;";
3050 PAPER 0: PRINT AT 16,4;";
3060 INK 6: PAPER 1
3070 PRINT AT 16,0;";AT 16,
10;";
3080 PRINT AT 17,0;";
3090 PRINT AT 18,0;";
3100 FOR I=19 TO 21
3110 PRINT AT I,0;";
3120 NEXT I
3130 PAPER 5
3139 REM Modif. position helico.
au changement d'ecran
3140 IF E2=1 THEN LET Xh=29
3150 LET E2=0
3155 INK 0: PAPER 1
3159 REM Affichage poissons deja
peches
3160 FOR P=0 TO 30-3 STEP 3
3170 PRINT AT 20,P;";
3180 NEXT P
3190 INK 0: PAPER 5
3199 REM Affiche Helico. disponi
bles
3200 FOR H=0 TO Vies-2
3210 PRINT AT 14,12+(5*H);";AT
15,12+(5*H);";
3220 NEXT H
3230 INK 5: PAPER 6
3300 RETURN
3999 REM Montee poisson
4000 LET Pa=1
4010 FOR F=16 TO Yh+2 STEP -.25
4020 BEEP .01,40-F: BEEP .01,38-
F: PRINT AT F,Xh;";AT F+1,Xh;
4030 NEXT F
4050 RETURN
4999 REM "CRASH" Helico.
5000 FOR B=Yh TO 20
5010 PRINT AT B+1,Xh;";
5020 INK 2: PAPER 6: FLASH 1: OV
ER 1: PRINT AT B,Xh;";
5030 BEEP .01,20-INT (RAND*5): BE
EP .04,10-B
5035 FLASH 0: INK 0: PAPER 5
5040 NEXT B
5050 LET Vies=Vies-1
5060 OVER 0
5069 REM Test fin de jeu
5070 IF Vies=0 OR Sc=30 THEN GO
TO 5200
5080 IF E2=1 THEN GO TO 500
5099 REM Mise en place helico.
5100 FOR M=12 TO 5 STEP -1
5110 PRINT AT 14,M;";AT 15,
M;";
5120 BEEP .5,-60
5130 NEXT M
5140 CLS
5150 GO TO 500
5200 PRINT AT 10,8;"JEU TERMINE.
";AT 15,8;"Votre score: ";Sc+(30
-Vies);AT 21,0;"Taper une touche
pour une partie"
5210 BEEP 1,-24: PAUSE 1: PAUSE
0: BEEP .01,36
5220 GO TO 10

```

Pour pouvoir charger vos programm
es automatiquement depuis un ZX
Microdrive tapez, independamment,
ce programme.

```

1 SAVE "*"1;"run" LINE 10 .
10 CAT 1
20 PRINT
30 PRINT "Taper le nom du prog
ramme a charger S.U.P."
40 INPUT P$
50 CLS
60 LOAD "*"1;P$

```

Pour sauvegarder notre jeu sur M
icrodrive, placer en tete de pro
gramme la ligne suivante:

```
1 SAVE "*"1;"PECHE" LINE 10
```

l'adapter il faudra le modifier suivant le même principe que celui proposé pour le jeu des Capucins (S. & V. n° 809), notamment en ce qui concerne la détection d'accident.

Utilisation : au départ l'ordinateur présente le port avec un hélicoptère sur la base d'envol et de deux autres en réserve (**Photo 1**). Les quatre flèches du clavier permettent de faire décoller et de déplacer l'hélicoptère. Il faut avant tout passer sur le second tableau (**Photo 2**) en survolant le phare, puis pêcher le thon en descendant au raz des flots et en appuyant sur la touche "." (virgule) pour déclencher la des-

cente de la ligne. Si cette touche est appuyée constamment, la ligne descendra et montera aussi souvent que possible.

Une fois l'hélicoptère chargé, il faudra le délivrer de son fardeau avant qu'un autre thon apparaisse, c'est à dire regagner le port en se posant correctement sur la piste. Dès lors le thon déchargé sera visible dans le vivier et il sera possible de repartir pour un second essai.

Malgré l'apparente simplicité de ce jeu vous verrez que trois hélicoptères sont loin d'être de trop pour réussir à pêcher 10 thons. Gageons que de nombreux instants d'un suspense in-

soutenable se seront écoulés avant que vous réussissiez à mener à bien votre mission.

Si vous utilisez un microdrive nous vous conseillons de taper à part le petit programme de chargement automatique présenté en annexe, puis d'inclure au programme de jeu la ligne 1 proposée. Dès lors, à la mise sous tension de l'ordinateur, il suffira de mettre en place la cartouche microdrive, puis de taper RUN et ENTER. Le spectrum affichera alors l'ensemble des noms de programmes contenus sur le microdrive et vous demandera alors lequel charger.

Henri-Pierre PENEL Δ

L'ENVERS DU ZODIAQUE

Le ciel nocturne, avec sa dispersion d'étoiles, a-t-il inspiré la géométrie ? Il y a, dans cet univers de points lumineux, une irrésistible provocation à la création de formes par addition de lignes qui les joignent. Hélas, alors que tout était possible, les créateurs célestes ont succombé à l'attrait des productions directement figuratives, pour nous livrer les redoutables legs du zodiaque et de l'astrologie. Tous, pendant des millénaires, ont négligé les richesses de l'univers des cinq points, que nous explorons ici. Il est vrai qu'il aurait fallu aligner les étoiles au lieu simplement de les joindre, ce qui suppose une tout autre maîtrise de l'espace.

Voici d'abord une étoile qui nous est propre : celle de la **figure 1**, qui est due à Grégoire Hamon. Le thème, développé dans les précédentes instances de cette rubrique, est celui des alignements de cinq points : obtenir le maximum de points alignés par cinq avec le minimum de lignes. Ici, le rapport PSL (points sur lignes) est 2,11, ce qui constitue un record absolu. Peut-on espérer faire mieux ?

Mais cette star de l'alignement n'est qu'un épisode dans l'exploration de Grégoire Hamon, qui collectionne les quatorze autres résultats des **figures 2 à 15**. Le PSL de ces figures est toujours au moins égal à 1,50 et souvent supérieur à 2. Ajoutons-y la production d'un autre lecteur : J.P. Collard (**fig. 16 et 17**).

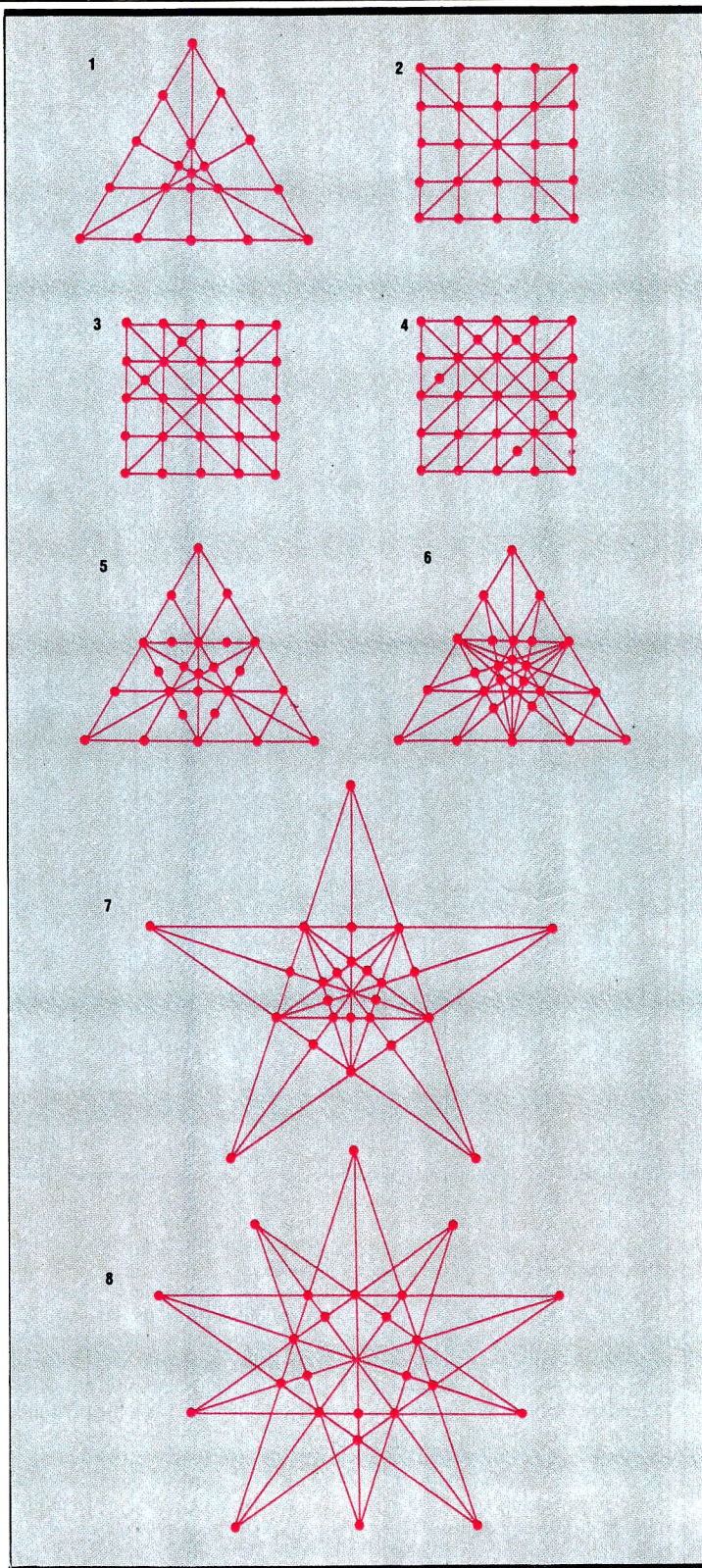
Il est évident que Grégoire Hamon a systématiquement investi le carré, le triangle et les étoiles. Ce faisant, un problème s'est posé : celui des intersections parasites. Que faire lorsqu'un alignement présente plus de cinq intersections ? Compter toutes les combinaisons de 5 points pris parmi 6 ? La sobriété a prévalu et chaque alignement n'a que 5 points.

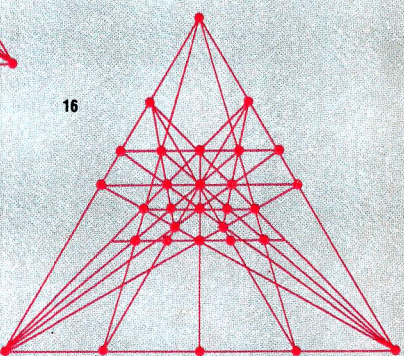
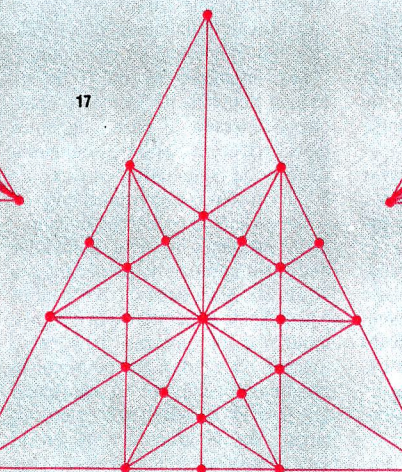
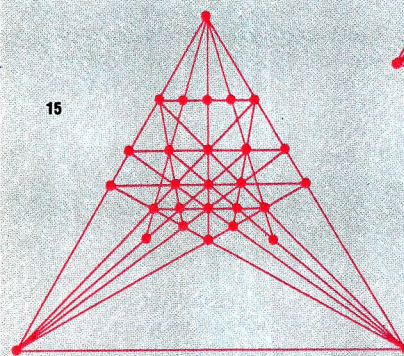
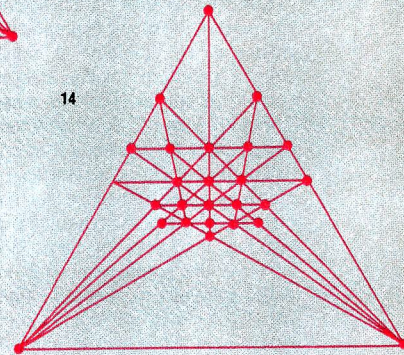
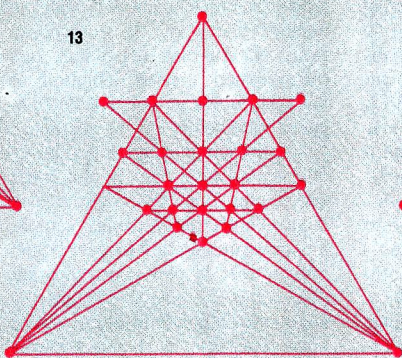
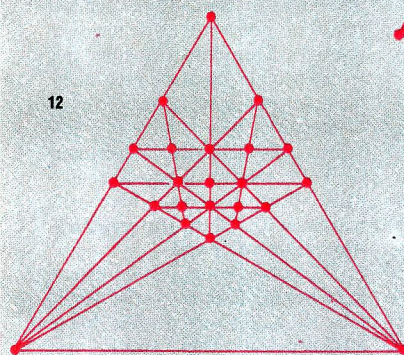
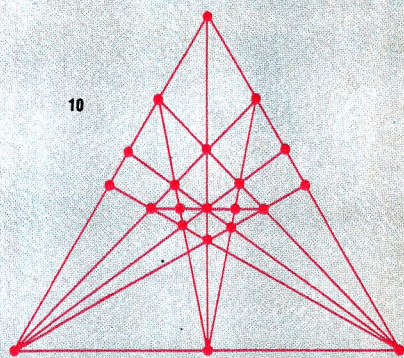
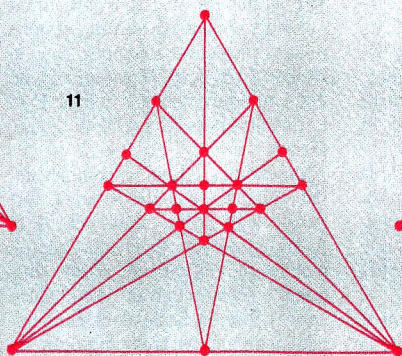
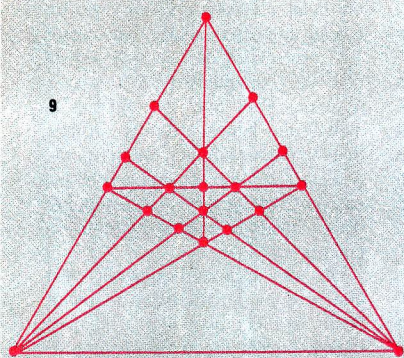
N'hésitez pas à vous armer d'un papier et d'un crayon pour aller plus loin. Reste-t-il des figures à explorer dans les PSL supérieurs à 1,50 ?

Que deviennent les PSL lorsqu'on s'intéresse aux alignements de 2 points, de 3, de 4, de 6, de 7 ? Peut-on déterminer un PSL théorique limite pour chaque dimension ?

Si l'on abandonne le plan pour passer à l'espace, découvre-t-on des résultats nouveaux et intéressants ?

Pierre BERLOQUIN Δ





LE CHEMIN LE PLUS COURT... OU LE PLUS LONG

La théorie des graphes naît probablement lorsqu'un beau jour, l'illustre mathématicien suisse Euler (1707-1783) s'attaque à un problème, devenu célèbre depuis, dont l'énoncé est relatif à sept ponts dans la ville de Königsberg (Prusse orientale, actuellement en URSS et rebaptisée Kaliningrad).

La figure 1 donne une idée de la géographie des lieux et le problème à résoudre est le suivant : peut-on imaginer un circuit fermé traversant, une seule fois exactement, chacun de ces sept ponts ?

Euler schématise astucieusement l'énoncé en dessinant le graphe de la figure 2. Le problème se ramène alors à parcourir chacun des arcs (ponts) reliant les points du graphe. Après réflexion, Euler démontre l'infaisabilité du problème. Ceci n'eut pas pour seul effet d'arrêter les promenades et les réflexions des habitants de la ville à la recherche d'une solution, mais jeta les bases de la "théorie" des graphes qui n'eut pendant longtemps de théorique que le nom, puisque sa principale caractéristique est de se fonder sur beaucoup d'intuition et de nombreux schémas illustrant les problèmes à résoudre. C'est aussi cette caractéristique qui fait son attrait.

La théorie a connu depuis quelques dizaines d'années des développements intéressants, notamment par la mise en place d'un formalisme et d'un vocabulaire plus précis. Ses applications, essentiellement scientifiques et économiques, sont variées et touchent surtout à des problèmes d'optimisation. Nous aurons souvent l'occasion de l'illustrer au moyen de certains de nos programmes, comme ce fut déjà le cas le mois dernier.

Il est bon de rappeler brièvement quelques définitions et résultats, mais sans formalisme rigoureux qui sans intérêt ici.

Les points d'un graphe sont habituellement appelés sommets et sont reliés par ce qu'il est convenu d'appeler des "arcs", ceux-ci pouvant être représentés par un couple (A, B), où A est le sommet de départ (extrémité initiale) et B celui d'arrivée (extrémité terminale).

Un arc reliant un sommet à lui-même (exemple A, A) est une boucle. Lorsqu'à chaque arc (X, Y)

correspond l'arc (\bar{Y}, \bar{X}) le graphe est symétrique. On peut alors remplacer les deux arcs orientés (X, Y) et (Y, X) par l'arête (X, Y) qui ne possède pas d'orientation propre.

Passons maintenant à la notion importante de chemin. Celui-ci peut être assimilé à un trajet parcourant plusieurs arcs qui se suivent, et donc reliant plusieurs sommets. Sur la figure 3 (E, A, B, B, D) on voit un des nombreux chemins reliant E et D. Un autre possible est (E, A, E, A, B, D).

Un chemin, tel que le sommet initial coïncide avec le sommet terminal, s'appelle un circuit : (E, A, B, A, E) en est un. Si chaque arc du graphe se voit affecté d'une "distance" (cela pourrait être autre chose), il serait facile alors, par sommation de tous les arcs composant un chemin, de calculer la longueur de celui-ci.

En toute rigueur il faut quand même dire que, pour cette théorie, la longueur d'un chemin est égale au nombre d'arcs qui le composent. Nous effectuerons cependant une transgression à cette définition, et nous garderons au concept de "longueur" du chemin le sens courant.

Le programme ci-après permet de déterminer aussi bien le plus court que le plus long chemin entre deux points d'un graphe. A titre d'exemple, il pourra vous servir à trouver l'itinéraire routier le plus court séparant deux villes. Comme il comporte la possibilité de pondérer les arcs, vous pourrez associer à chaque tronçon, suivant qu'il s'agit d'autoroute, de route nationale ou de départementale, un coefficient inverse à la vitesse moyenne sur ce tronçon, et ainsi obtenir l'itinéraire le plus rapide (pas forcément égal au plus court).

Les organisateurs du Tour de France pourront de leur côté chercher l'itinéraire le plus long entre deux arrivées d'étape ou, toujours à l'aide de la pondération, le parcours le plus éprouvant physiquement.

Cependant, la recherche de la distance maximale ne peut s'effectuer que sur un graphe ne possédant pas de circuit. Autrement dit, il n'y aurait pas de limite supérieure à la distance totale car on pourrait sans cesse tourner en rond. C'est pourquoi le programme comporte un algorithme qui permet de savoir s'il existe un circuit sur le graphe. Exposons-les sans plus attendre, nous verrons plus loin comment s'effectue l'optimisation proprement dite.

La méthode est simple, nous l'avons en exemple (figures 4 à 6), où nous représentons les arcs du graphe dans un tableau, en inscrivant 1 à l'intersection de la ligne X et de la colonne Y lorsque l'arc (X, Y) existe, 0 sinon. Ceci fait, on effectue la somme des lignes, et on la consigne dans une ligne supplémentaire notée S. Sa signification est simple : chaque case de cette ligne recense le nombre d'arcs incidents sur le point de la colonne associée.

Dès lors, si un zéro apparaît, c'est que le point en question ne reçoit aucun arc. On peut alors l'éliminer dans le tableau comme sur le graphe, recalculer S et ainsi de suite, jusqu'à l'annuler. En revanche, si on bute sur une ligne S où toutes les valeurs sont différentes de zéro, chaque sommet reçoit un arc, et nous sommes en présence d'un circuit. A noter que l'existence de circuits n'est nullement gênante pour la recherche du minimum.

Exposons maintenant l'algorithme de Ford, remarquablement simple, mais efficace pour la recherche du maximum. Il est illustré figures 7 à 9.

Algorithme de Ford

1. On associe 0 au point de départ, qui devient ainsi la "borne zéro"; tous les autres sommets se voient attribuer une valeur négative très grande, par exemple -100.

2. En appelant X un point courant et V(X) la valeur qui lui est associée, on recherche les arcs incidents sur ce sommet. Chacun d'eux étant de longueur D(X', X), où X' est le sommet initial de l'arc, on compare V(X') + D(X', X) à V(X) :

- si $V(X') + D(X', X) > V(X)$, on affecte $V(X') + D(X', X)$ à X : V(X) devient égal à $V(X') + D(X', X)$
- si $V(X') + D(X', X) \leq V(X)$, on ne fait rien.

Il faut effectuer ces calculs pour tous les arcs arrivant sur X, et ceci pour tous les points X du graphe.

3. On rebalaye tous les points X, tant qu'on n'est pas arrivé à un état stable où plus aucun changement n'est possible. Chaque sommet se voit alors affecté de la distance maximale le séparant du point de départ.

Remarque

La recherche du chemin le plus court est similaire, il suffit d'affecter une valeur positive très grande aux sommets lors du début de la recherche, et remplacer l'inégalité ">" par "<" dans les calculs. Bien sûr, le point de départ garde une valeur nulle.

(suite du texte page 148)


```

10 REM PROGRAMME DE RECHERCHE DU CHEMIN OPTIMAL ENTRE DEUX POINTS D'UN
    GRAPHE
20 REM
30 HOME : VTAB 10: PRINT "CE PROGRAMME FOURNIT LE CHEMIN OPTIMAL (PLUS
    COURT OU PLUS LONG) ENTRE DEUX POINTS D'UN GRAPHE"
40 VTAB 15: INPUT "COMBIEN DE POINTS VOTRE GRAPHE POSSÈDE-T-IL ? ";NI:NP
    = NI : INT (NI / 10) + 5: PRINT : PRINT "JE VOUS LAISSE UNE MARGE
    DE "NP - NI: " POINTS": PRINT : PRINT : PRINT
50 DIM POIN(NP),MA(NP,NP,2),MM = - 1E30: DIM DD(NP): DIM SOM(NP),ITIN
    ERAIRE(NP),MB(NP,NP),KM(C)
60 NI = 0: FOR I = 1 TO NP
70 FOR J = 1 TO NP
80 MA(I,J,1) = 0
90 NEXT J
100 NEXT I
110 INPUT "COMBIEN DE FACTEURS MULTIPLICATIFS FAI- TES VOUS INTERVENIR
    ? (DE 0 A 9) ";C
120 IF C# 0 GOTO 170
140 FOR K = 1 TO CM
150 PRINT : PRINT K: INPUT " COEFFICIENT = ? ";KM(K)
160 NEXT K
170 PRINT : INPUT "VOS CHEMINS SONT-ILS A DEUX SENS, AVEC DES CARACTER
    ISTIQUES EGALES (O/N) ? ";R1$
175 HOME
180 VTAB 3: PRINT "LA PROCEDURE CONSISTE A ME DONNER LE NOM D'UN POINT
    DE DEPART, PUIS LES POINTS: PRINT "QUI LUI SONT RELIES.": PRINT
190 FOR I = 1 TO NP
200 POIN(I) = ""
210 NEXT I: CD = 0
220 GOSUB 2500
230 PRINT : PRINT "VOULEZ-VOUS: "; PRINT
240 HTAB 5: PRINT "1 CONTINUER": PRINT
250 HTAB 5: PRINT "2 AJOUTER UN ARC": PRINT
260 HTAB 5: PRINT "3 MODIFIER UN ARC": PRINT
270 HTAB 5: PRINT "4 SUPPRIMER UN ARC": PRINT
280 HTAB 5: PRINT "5 REINTRODUIRE LE GRAPHE": PRINT
290 HTAB 5: PRINT "6 AFFICHER LE GRAPHE": PRINT
300 HTAB 5: PRINT "7 ARRETER": PRINT
310 HTAB 5: INPUT R2: PRINT : CD = 0
320 HOME : ON R2 GOTO 700,330,330,460,60,560,660
330 INPUT "POINT DE DEPART ? ";PT$:
340 GOSUB 1200
350 IF RET = 1 GOTO 230
360 I = J
370 INPUT "POINT D'ARRIVEE ? ";PT$: PRINT
380 GOSUB 1200
390 IF RET = 1 GOTO 230
400 PRINT "DISTANCE = "; IF R1$ = "O" THEN PRINT "(DANS LES DEUX SENS
    S)":
410 INPUT DIS: PRINT
420 MA(I,J,1) = DIS: IF R1$ = "O" THEN MA(J,I,1) = DIS
430 IF C# 0 THEN KX = J: GOTO 450
440 INPUT "n COEFFICIENT = ? ";KX
450 MA(I,J,2) = KX: MA(J,I,2) = KX: GOTO 230
460 INPUT "POINT DE DEPART ? ";PT$: PRINT : CD = 1
470 GOSUB 1200
480 I = J: IF RET = 1 THEN PRINT "INEXISTANT": PRINT : GOTO 460
490 INPUT "POINT D'ARRIVEE ? ";PT$: PRINT
500 GOSUB 1200
510 IF RET = 1 THEN PRINT "INEXISTANT": PRINT : GOTO 490
520 MA(I,J,1) = 0: IF R1$ = "O" THEN MA(J,I,1) = 0: PRINT "LA SUPPRESSIO
    N S'EST FAITE DANS LES DEUX SENS": PRINT
540 I1 = J1: GOSUB 1300
550 GOTO 230
560 FOR I = 1 TO NI
570 PRINT : PRINT : HTAB 5: PRINT "** POINT COURANT: ";POIN(I): PRINT
580 FOR J = 1 TO NI
590 IF MA(I,J,1) = 0 THEN GOTO 630
600 PRINT "VERS ";POIN(J,1), "DISTANCE = ";MA(I,J,1)
610 IF R1$ = "O" THEN PRINT "DANS LES DEUX SENS":
620 PRINT : IF C# 0 THEN PRINT "COEFFICIENT MULTIPLICATIF n" ;MA
    (I,J,2): PRINT
630 NEXT J
640 NEXT I
650 GOTO 230
660 END
700 HOME : VTAB 5: PRINT "DEFINITION DU CHEMIN A OPTIMISER ";CD = 1
710 PRINT : INPUT "QUEL EST VOTRE POINT DE DEPART ? ";PT$:
720 GOSUB 1200
730 IF RET = 1 THEN PRINT "INEXISTANT": PRINT : GOTO 710
740 CD = 0: ID = J: IF R1$ = "O" THEN CIRCUIT = 1: PRINT : GOTO 770
750 GOSUB 1500
760 PRINT : IF CIRCUIT = 0 GOTO 1100
770 PRINT "JE NE POURRAI GAE CALCULER DES DISTANCES MINIMALES CAR VOTRE
    GRAPHE COMPORTE DES CIRCUITS (OPTIMISATION EN COURS)": PRINT
780 FOR I = 1 TO NI
790 DD(I) = MM
800 FOR J = 1 TO NI
810 MA(I,J,1) = - MA(I,J,1)
820 NEXT J
830 NEXT I
840 DD(ID) = 0
850 GOSUB 2000
860 FOR I = 1 TO NI
870 FOR J = 1 TO NI
880 MA(I,J,1) = - MA(I,J,1)
890 NEXT J
900 IF DD(I) > MM THEN DD(I) = - DD(I)
910 NEXT I
920 OPT$ = "COURT"
930 PRINT : INPUT "DONNEZ LE POINT D'ARRIVEE: ";PT$:CD = 1:PRINT
940 GOSUB 1200
950 IF RET = 1 THEN PRINT "INEXISTANT": PRINT : GOTO 930
955 IF DD(J) < 0 THEN PRINT : PRINT "AUCUN CHEMIN POSSIBLE A PARTIR DE
    ";POIN(ID): PRINT : GOTO 930
960 IA = J:CD = 0
970 T1 = 1:ITINERAIRE(T1) = IA
980 FOR I = 1 TO NI
985 MC = MA(I,J,1): IF MC = 0 THEN GOTO 1000
990 IF DD(I) + MC = KM(MA(I,J,2)) = DD(J) THEN GOTO 1010
1000 NEXT I
1010 T1 = T1 + 1:ITINERAIRE(T1) = I:J = 1: IF I < 10 GOTO 980
1020 PRINT "VOICI L'ITINERAIRE LE PLUS ";OPT$:PRINT : PRINT
1030 FOR I = T1 TO 1 STEP - 1
1040 PRINT POIN(ITINERAIRE(I)):", "
1050 NEXT I
1060 PRINT : PRINT : PRINT "LA DISTANCE EST EGALE A ";DD(IA): PRINT
1070 PRINT "VOULEZ-VOUS, A PARTIR DE ";POIN(ID):", ATTEINDRE UN AUTRE
    BUT (O/N) "; INPUT R3$
1080 IF R3$ = "N" GOTO 230
1090 GOTO 930
1100 PRINT "VOULEZ-VOUS CALCULER ";
1110 PRINT : HTAB 5: PRINT "1 UNE DISTANCE MINIMALE"
1120 PRINT : HTAB 5: PRINT "2 UNE DISTANCE MAXIMALE"
1130 PRINT : HTAB 5: INPUT R2: PRINT
1140 IF R2 = 1 GOTO 780
1150 OPT$ = "LONG"
1160 FOR I = 1 TO NI
1170 DD(I) = MM
1180 NEXT I
1185 DD(ID) = 0
1190 GOSUB 2000
1195 GOTO 930
1200 RET = 0: FOR J = 1 TO NI
1210 IF POIN(J) = PT$ THEN RETURN
1220 NEXT J: IF CD = 1 GOTO 1250
1230 NI = NI + 1: IF NI < NP THEN J = NI:POIN(NI) = PT$: RETURN
1240 PRINT "IL N'Y A PLUS DE PLACE POUR UN NIVEAU POINT": PRINT
1250 RET = 1: RETURN
1300 FOR J1 = 1 TO NI
1310 IF MA(J1,I,1) < > 0 OR MA(I,J1,1) < > 0 THEN RETURN
1320 NEXT J1
1325 PT$ = POIN(I1)
1330 FOR J1 = I1 + 1 TO NI
1340 POIN(J1 - 1) = POIN(J1)
1350 FOR K = 1 TO NI
1360 MA(J1 - 1,K,1) = MA(J1,K,1):MA(K,J1 - 1,1) = MA(K,J1,1):MA(J1 - 1,K
    2) = MA(J1,K,2):MA(K,J1 - 1,2) = MA(K,J1,2)
1370 NEXT K
1380 NEXT J1
1390 NI = NI - 1: PRINT "LE POINT ";PT$; "N'EXISTE PLUS": PRINT
1400 RETURN
1500 REM
1510 REM SOUS-PROGRAMME DE RECHERCHE DE CIRCUITS
1520 REM
1530 FOR J = 1 TO NI
1540 SOM(J) = 0
1550 FOR I = 1 TO NI
1560 MB(I,J) = 0: IF MA(I,J,1) > 0 THEN MB(I,J) = 1
1570 SOM(J) = SOM(J) + MB(I,J)
1580 NEXT I
1590 NEXT J
1600 B1 = 0:B2 = 0
1610 FOR J = 1 TO NI
1620 X = SGN (SOM(J)) + 2
1630 ON X GOTO 1680,1640,1720
1640 B1 = 1:SOM(J) = MM: FOR I = 1 TO NI
1650 FOR I = 1 TO NI
1660 SOM(I) = SOM(I) - MB(J,I):MB(J,I) = 0
1670 NEXT I
1680 NEXT J
1690 IF B2 = 0 THEN CIRCUIT = 0: RETURN
1700 IF B1 = 1 GOTO 1600
1710 CIRCUIT = 1: RETURN
1720 B2 = 1: GOTO 1680
2000 REM
2010 REM SOUS-PROGRAMME DE RECHERCHE DU CHEMIN LE PLUS LONG
2020 REM UTILISABLE POUR LA RECHERCHE DU PLUS COURT
2030 REM
2040 B = 0
2050 FOR J = 1 TO NI
2060 FOR I = 1 TO NI
2070 M = MA(I,J,1) + KM(MA(I,J,2)):ID = DD(I): IF M = 0 GOTO 2100
2080 IF DD(J) > 0 + M GOTO 2100
2090 B = 1:DD(J) = 0 + M
2100 NEXT I
2110 NEXT J
2120 IF B = 1 GOTO 2040
2130 RETURN
2500 PRINT : PRINT : PRINT "DONNEZ UN POINT DE DEPART DU GRAPHE: "; PRINT
    " (RETURN POUR TERMINER)": INPUT PT$: IF PT$ = "" THEN RETURN
2510 GOSUB 1200: IF RET = 1 THEN RETURN
2520 I = J
2530 IF C# 0 THEN KX = 1:KM(I) = 1: GOTO 2650
2540 PRINT : PRINT "ENTREZ LES POINTS QUI LUI SONT RELIES SOUS LA FOR
    ME ";
2550 PRINT "NOM, DISTANCE, n" DU COEFFICIENT MULTI-PLICATIF (, , POUR F
    INIR)": PRINT
2560 PRINT : INPUT PT$,DIS,KX
2570 IF PT$ = "" GOTO 2500
2580 GOSUB 1200: IF RET = 1 THEN GOTO 2500
2590 MA(I,J,1) = DIS:MA(I,J,2) = KX
2600 IF R1$ = "O" THEN MA(J,I,1) = DIS:MA(J,I,2) = KX: PRINT
2610 GOTO 2560
2650 PRINT : PRINT "ENTREZ LES POINTS QUI LUI SONT RELIES SOUS LA FOR
    ME ";
2660 PRINT "NOM DU POINT, DISTANCE": PRINT " (, , POUR FINIR)"
2670 PRINT : INPUT PT$,DIS: IF PT$ = "" THEN GOTO 2500
2680 GOSUB 1200: IF RET = 1 THEN RETURN
2690 MA(I,J,1) = DIS:MA(I,J,2) = KX: IF R1$ = "O" THEN MA(J,I,1) = DIS:
    MA(J,I,2) = KX
2700 PRINT : GOTO 2670

```


LES SEPT PONTS DE KÖNIGSBERG VUS PAR EULER

Les ponts sont représentés par des arcs, les berges par des points. Le problème équivaut à ne parcourir chaque arc qu'une seule fois. Or ceci implique que par chaque point on passe autant de fois dans un sens que dans l'autre. Autrement dit, chaque point doit être relié à un nombre pair d'arcs, ce qui n'est le cas d'aucun d'entre eux. Même si l'énoncé avait été moins contraignant, en acceptant un itinéraire s'acharant sur un point autre que celui de départ, seuls ces deux-là auraient comporté un nombre impair d'arcs. Ici, les 4 points sont dans ce cas !

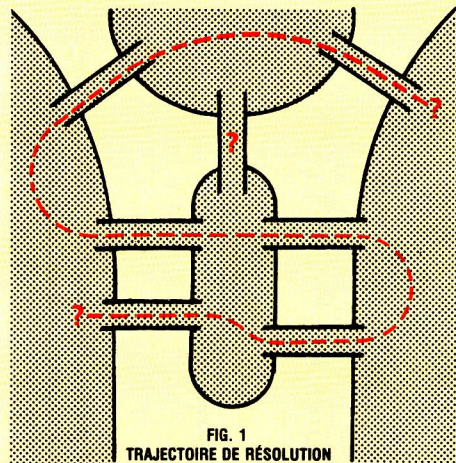


FIG. 1
TRAJECTOIRE DE RÉOLUTION

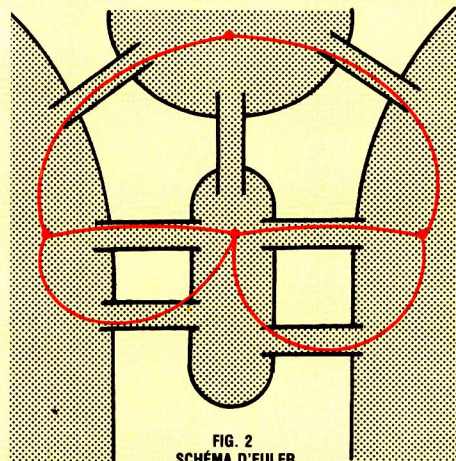
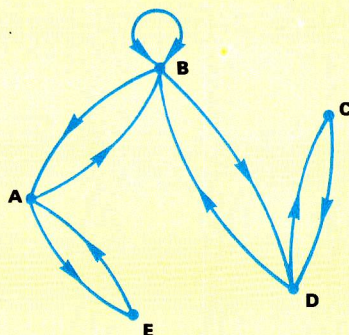
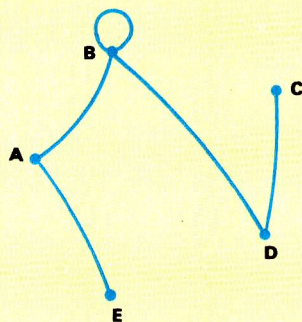


FIG. 2
SCHÉMA D'EULER



GRAPHE SYMÉTRIQUE ORIENTÉ
B COMPORTE UNE BOUCLE

FIG. 3



GRAPHE NON ORIENTÉ
CHAQUE "ARÊTE"
REMPLACE DEUX ARCS

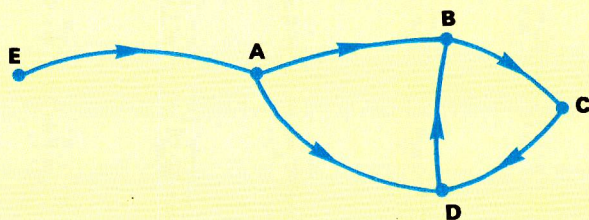


FIG. 4
 $S(E) = 0$: ON PEUT
ÉLIMINER LA LIGNE ET
LA COLONNE
DU POINT E

	A	B	C	D	E
A		1		1	
B			1		
C				1	
D		1			
E	1				
S	1	2	1	2	0

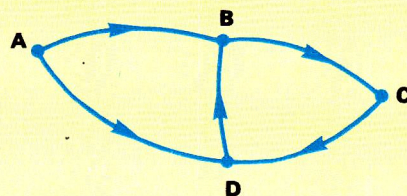


FIG. 5
 $S(A) = 0$: ON PEUT ENLEVER LA LIGNE
ET LA COLONNE DU POINT A

	A	B	C	D
A		1		1
B			1	
C				1
D		1		
S	0	2	1	2

Commentaires sur le programme pour Apple IIc

La possibilité est donnée ici d'appeler chaque sommet par son nom, au moyen du tableau POIN \$. Le tableau MA (X, Y, K) contient, pour K

= 1, la longueur de l'arc (XY) et pour K = 2 le numéro du coefficient associé à cet arc. Si on ne désire pas utiliser de tels coefficients, il suffit de répondre 0 à la question "nombre de coefficients?" Hormis au tout début

du programme, l'entrée des données est effectuée à l'aide des sous-programmes débutant lignes 1200 à 2500. Le premier gère les noms des sommets et ordonne leurs valeurs dans le tableau MA.

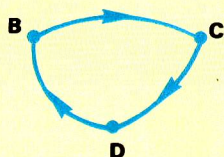


FIG. 6
IL N'Y A PAS DE ZÉRO
DANS LA LIGNE S
DONC LE GRAPHE POSSÈDE UN CIRCUIT

	B	C	D
B		1	
C			1
D	1		
S	1	1	1

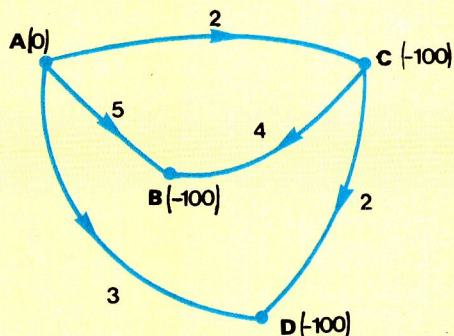


FIG. 7
ÉTAT INITIAL
EXEMPLE DE L'UTILISATION DE L'ALGORITHME
DE FORD POUR CHERCHER LA DISTANCE
LA PLUS LONGUE ENTRE A ET B

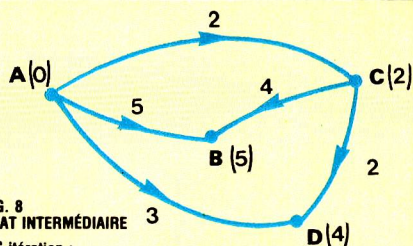


FIG. 8
ÉTAT INTERMÉDIAIRE

1^{re} itération :

- $0(A) + 5 > -100$: on affecte 5 à B
- $-100(C) + 4 \not> 5$: on laisse B avec 5
- $0(A) + 2 > -100$: on affecte 2 à C
- $2(C) + 2 > -100$: on affecte 4 à D
- $0(A) + 3 \not> 4$: on laisse D avec 4

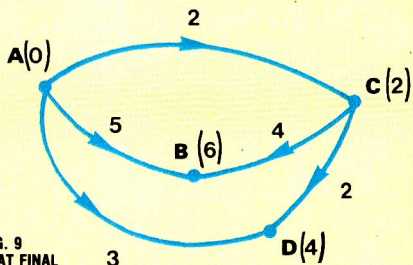


FIG. 9
ÉTAT FINAL

2^e itération :

- $0(A) + 5 \not> 6$: on laisse B avec 6
- $2(C) + 4 \not> 6$: on affecte 6 à B
- $0(A) + 2 \not> 2$: on laisse C avec 2

De même D reste inchangé.
Par ailleurs une 3^e itération ne changerait rien :
l'itinéraire le plus long est (A, C, B) de longueur 6.

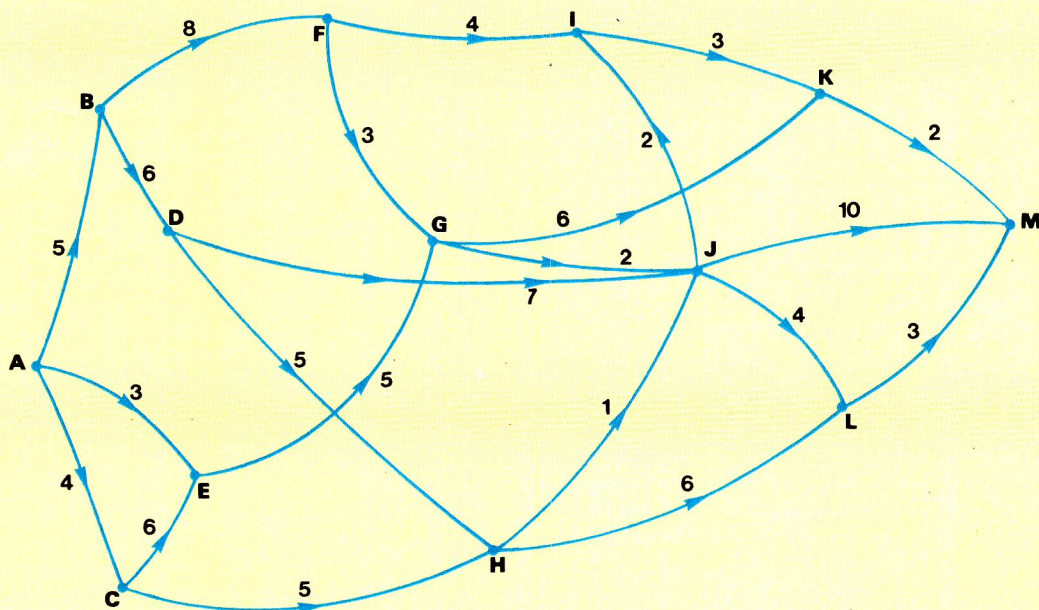


FIG. 10

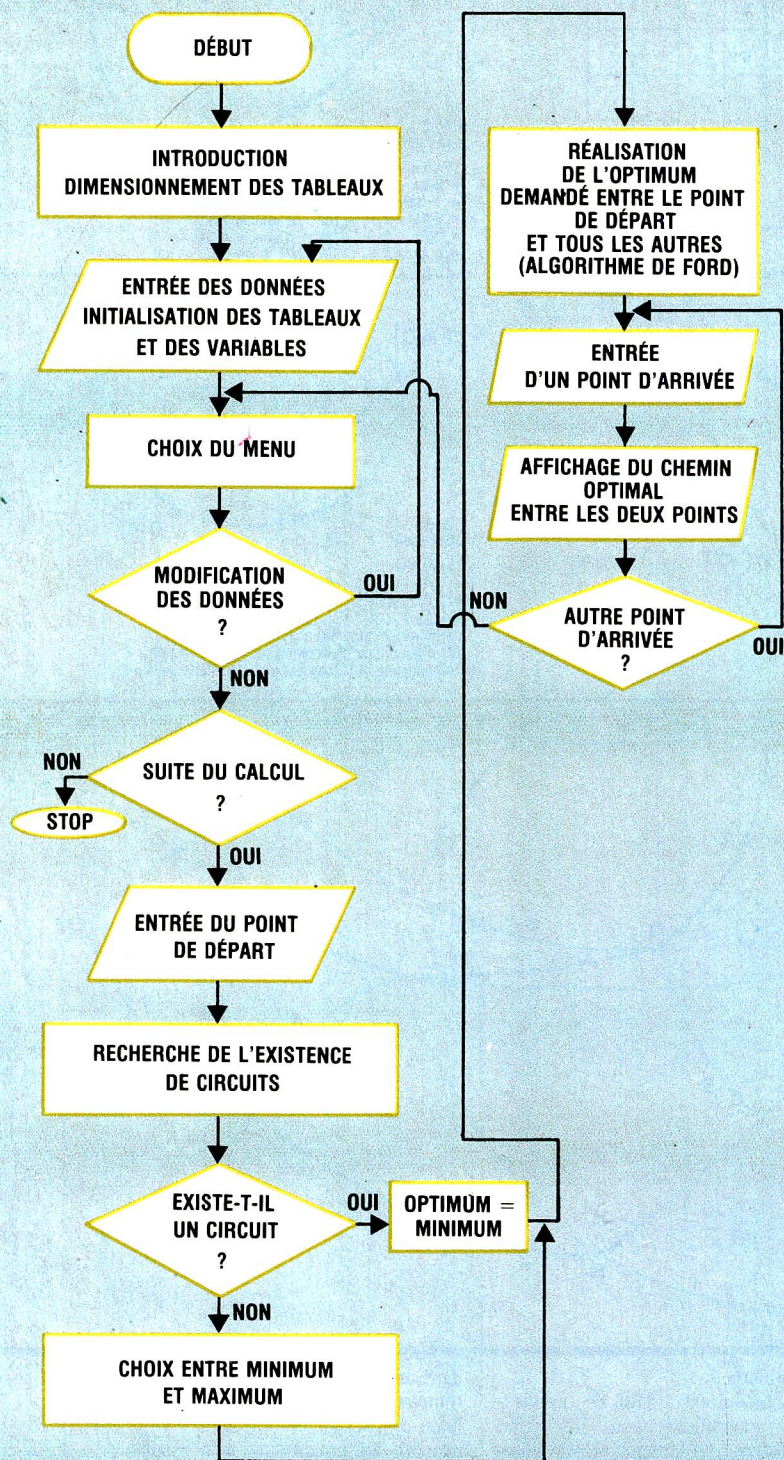
L'utilisateur dispose, en cours de calcul, d'un menu — lignes 230 à 320 —, lui permettant de continuer l'optimisation, de modifier le graphe, de l'afficher ou d'arrêter. Ce menu est appelé après chaque recherche de

l'optimum.

Lignes 1500 à 1720 se trouve le sous-programme qui recherche l'existence de circuits, en travaillant sur le tableau MB. Comme il n'est pas simple d'éliminer lignes et colonnes

dans un tableau, ce sous-programme remplace 0 par $MM = -10^{30}$ dans la ligne S (SOM), ce qui fera comprendre au programme qu'il s'agit d'une colonne fictive, à ne pas prendre en compte. L'instruction

ORGANIGRAMME GÉNÉRAL



SGN de la ligne 1620 aiguille la procédure de recherche, suivant que la case SOM (J) est négative (SGN = -1), nulle (SGN = 0) ou positive (SGN = 1).

L'algorithme de Ford se trouve placé entre les instructions 2000 et 2120. Il est donc très court. Le point de départ a auparavant été initialisé avec 0, dans le tableau DD, les autres se voyant affecter la valeur $MM = -10^{30}$, négative et très grande en valeur absolue, équivalente de la valeur -100 utilisée dans l'exemple précédent. Ce sous-programme est appelé tel quel à la ligne 1190 pour la recherche de la distance maximale.

Dans le cas de la recherche de la distance la plus courte, le programme principal inverse le signe des distances consignées dans le tableau MA (lignes 780 à 830), ce qui transforme artificiellement l'inégalité " \geq " de la ligne 2080 en comparaison du type " \leq ".

Le calcul terminé, les lignes 930 à 1060 reconstituent le chemin le plus court et en placent les étapes dans le tableau ITINERAIRE qui est ensuite affiché.

Signalons qu'une prestation de ce programme est de rendre le graphe symétrique à la demande (ligne 170), en associant à chaque arc-aller (X, Y) l'arc-retour (Y, X). Mais il est évident que dans ce cas, le graphe étant parsemé de circuits, seule la recherche d'une distance minimale est possible.

Le lecteur intéressé par l'optimisation de graphes particulièrement grands pourra enlever toutes les fioritures de ce programme en ne gardant que l'essentiel, ce qui aura pour effet d'économiser de la place mémoire (aussi bien mémoire-programme que mémoire allouée aux variables).

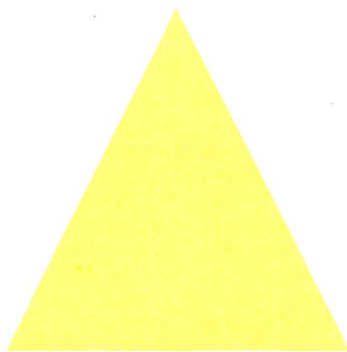
Terminons en signalant que l'algorithme de Ford n'est pas le seul qui existe. Mais il a fallu opérer un choix, et celui-là est à la fois simple et performant.

Exemple

Un exercice est donné sur la figure 10, où l'on se propose d'aller de A vers M.

Après avoir entré le graphe sur le micro (on pourra vérifier que l'ordre d'introduction des points est indifférent), on obtiendra le trajet le plus court (A, E, G, K, M), de longueur 16, et le plus long (A, B, D, J, M) de longueur 28.

Daniel FERRO ▲



MICRO-ÉLECTRONIQUE

UN LECTEUR BRAILLE PORTABLE

Le “Delta” est un appareil de la taille d’une petite machine à écrire, qui permet aux non-voyants de lire les textes imprimés. Il se compose de 4 éléments :

- Une micro-caméra assure la reconnaissance des caractères. Elle est équipée d’un système d’assistance sonore au suivi des lignes.
- Un processeur qui effectue le décryptage des caractères.
- Une plage tactile braille.
- Un clavier de commande muni de touches embossées braille (touches marche/arrêt, lecture texte, réglage zoom, réglage seuil, mode terminal). Par ailleurs, le “Delta” est équipé d’une mémoire de 256 caractères qui permet de stocker puis de réafficher les caractères préalablement lus. Des interfaces permettent la connexion de l’appareil à des

(suite du texte page 152)



équipements périphériques tels que, imprimantes braille, micro-ordinateurs, etc.

L'appareil est le fruit d'une collaboration, sous l'égide du Lions Club de France, entre une équipe de chercheurs universitaires de l'Ecole nationale supérieure d'électronique, d'informatique et d'hydraulique de Toulouse, et l'entreprise Systelec.

Durée moyenne d'apprentissage pour pratiquer couramment: 10 jours. L'appareil fonctionne avec une batterie rechargeable de 12 volts. Au-

tonomie: 8 heures. Poids, attaché-case compris: 4 kg. Le prix relativement élevé du "Delta" (50 000 F) ne le met malheureusement pas à la portée de la majorité des non-voyants, mais l'appareil reste accessible aux collectivités locales, hôpitaux, bibliothèques sonores, bibliothèques municipales, etc.

Pour tous renseignements: "District Multiple 103 France" du Lions Club International, 295 rue St-Jacques, 75005 Paris, tél. (1) 634 14 10.

CONSTRUCTION

HABITATIONS MODULAIRES PASSE-PARTOUT

Ces habitations curviformes pour résidences principales, secondaires ou à usage socio-culturel (classe, bibliothèque, salle de yoga, etc.) d'un diamètre de 7,32 m, d'une surface au sol de 42 m² et présentant une surface mezzanine pouvant varier, selon les désirs de l'utilisateur, de 2,65 à 26,50 m², les "Dome Space", présentent un coût de construction inférieur de 60 % à celui des constructions traditionnelles et une économie d'énergie supérieure à 50 %: elles détiennent en fait le record mondial avec 4 kg de fuel/m²/an, contre une moyenne nationale de 18 kg. Le "Dome Space" a recours à la filière bois (ossature en pin traité à cœur et coque en contreplaqué). Il se compose de 40 panneaux de coque

triangulaires assemblés en demi-sphère et de 10 panneaux de plancher.

Autoconstructible, il est en outre livré avec le plan d'architecte, le plan d'implantation au sol, différents plans d'aménagement intérieur, l'isolation extérieure, les panneaux mezzanine et l'escalier, enfin, pour l'isolation et le revêtement intérieurs, avec les devis "autoconstruction" et "entreprise". On peut interchanger la disposition des ouvertures et coupler plusieurs modules par sas de jonction.

Le "Dome Space" présente une autonomie complète intégrée: énergétique (par photopiles) et hydraulique (par récupérateur/recycleur). Il permet l'utilisation de terrains jusque-là inconstructibles.

La diminution de 30 % de la surface de paroi construite permet une meilleure intégration dans l'espace. Enfin, sa résistance mécanique et climatique est sans équivalent sur le marché: pas de prise au vent, pas de surcharge neigeuse, pas de stagnation humide. Quant à sa robustesse, elle résiste à un macro-séisme (degré 9 sur l'échelle de Richter).

Le "Dome Space" est livré sur toute la France. Il revient à 1 500 F — 2 500 F le m², suivant la part d'autoconstruction. Pour tous renseignements: Dome Space, Patrick Serigny, 34330 Fraisse-sur-Agout, tél. (67) 97 66 48.

▲ **La firme Tokina vient de commercialiser un zoom** très lumineux (2,8/35 — 70 mm) en montures Canon, Minolta, Nikon et Olympus. L'ouverture 1 : 2,8 est constante à toutes les focales. L'objectif permet la prise de vue depuis 0,60 m. Poids : 510 g. Prix : 1890 F environ. Renseignements : Idées Photo Ciné, 26 rue Courat, 75020 Paris.

▲ **Le bip-santé est un porte-clés** dans lequel est inséré un microfilm portant tous les renseignements médicaux utiles en cas d'urgence et une photo d'identité. Il est équipé d'une petite loupe pour une lecture facile. Par ailleurs un autocollant est vendu avec, à fixer sur votre véhicule pour, en cas d'accident, indiquer aux éventuels sauveteurs que vous en êtes équipé. Prix : 240 F. Remise à jour : 50 F. Pour tous renseignements : BIP-Santé, BP 27508, 75364 Paris cedex 08.



JARDIN

LA TONDEUSE ÉLECTRIQUE QUE VOTRE VOISIN N'ENTENDRA PAS

La "Homelite" 9/35 est quatre fois plus silencieuse que ses concurrentes: elle n'émet que 58 décibels, contre une moyenne de 65 décibels pour les autres. Rapelons que le nombre de décibels augmente de façon arithmétique,

tandis que l'intensité sonore a une progression logarithmique, ainsi le bruit est multiplié par 2 tous les 3 décibels.

Le silence ne constitue pas la seule originalité de cette tondeuse électrique. Elle est aussi particulièrement maniable avec ses 16 kg de poids en marche (contre une moyenne de 20 à 21 kg), ce qui lui confère un grand confort d'utilisation. D'autre part, en matière de sécurité, un témoin visuel s'allume quand la lame tourne. Utilisable même par temps humide, la nouvelle tondeuse est dotée d'un système anti-bourrage qui permet de remplir totalement son bac en dur de 40 litres, même si l'herbe est mouillée.

Enfin, la 9/35 est rapide: elle tond 600 m² à l'heure; et elle tond sur mesure: chaque roue est équipée d'un système permettant 4 réglages de hauteur de coupe indépendants. Prix indicatif: 1 400 F. Pour tous renseignements: Homelite, BP 7011, 95950 Cergy Pontoise Cedex.



SPORT

LA HAUTE COUTURE SUR UN HARNAIS DE WIND-SURFING

C'est en s'inspirant pour la première fois des nécessités "ergonomiques" d'un baudrier d'alpinisme, et en adaptant ces principes aux nécessités des sports sur les vagues (en l'occurrence en Australie), que les créateurs de ce "trousseau" pour "wind-surfing" de chez Racer ont conçu un harnais spécial, donnant la commande exacte aux exercices difficiles d'aujourd'hui. Par exemple, le record de saut est actuellement de 12 mètres et le looping complet est l'ambition de nombreux wind-surfers de pointe: de telles prouesses ne peuvent être abordées qu'avec un équipement particulièrement "obéissant". C'est le cas de ce harnais, dont la forme est, entre autres, aidée par des épaisseurs de mousse différentes pour une transmission plus fidèle des efforts de commande.

Comme il est de règle, l'agréable rejoint l'utile, avec des couleurs fuschia, violette, fluorescentes, etc. et des gants, des sacs, etc. assortis au harnais.

Prix moyen: à partir de 370 F: Racer, BP 87, 41102 Vendôme, tél. (54) 77 31 75.



▲ Le SIDAV, boîtier proposé par Radiola, permet de brancher sur un téléviseur des appareils divers tels que magnétoscope, décodeur, micro-ordinateur, tuner récepteur de satellite et caméra vidéo. Il s'agit d'un boîtier de 42 x 6 x 33 cm, véritable régie vidéo comportant 5 prises péritévision, 1 prise audio à 5 broches et 1 télécommande infrarouge. Un clavier permet de sélectionner le ou les appareils en service sur le téléviseur. Prix: 1 600 F environ.

VACANCES

UN GARDIEN POUR VOTRE AQUARIUM

Aquatronic est un boîtier électronique compact qui prend en charge toutes les fonctions répétitives, cycliques et vitales d'un aquarium. C'est une véritable régie de contrôle qui permet de commander, grâce aux branchements regroupés en face arrière, tous les appareils simples (éclairage, pompe à eau et air, résistances chauffantes, distributeurs de nourritures).

Il permet ainsi de supprimer la

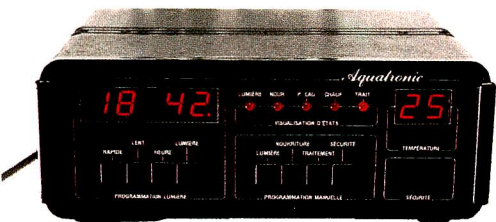
surveillance permanente et d'assurer les meilleures conditions de vie aux poissons, même en votre absence (durée de programmation 3 semaines).

Par ailleurs, l'appareil est équipé d'une sonde qui permet de détecter la moindre présence de tension dans l'eau (due à des fils électriques dénudés accidentellement par exemple) et de déclencher une alarme sonore et visuelle.

Toutes les fonctions de vos appareils sont regroupées en façade et visualisées par un affichage à cristaux liquides d'où un contrôle plus aisé.

Aquatronic ne nécessite aucune installation électrique supplémentaire. Une pile de 9 V assure la sauvegarde des fonctions de l'appareil en cas de coupure de courant-secteur.

Dimensions: 225 x 140 x 84 mm. Poids: 1,6 kg. Prix: 1 800 F environ. Pour tous renseignements: Audioptic, 50 rue Richer, 75009 Paris, tél. (1) 246 34 12.



LE NEC PLUS ULTRA DE LA CHAUSSURE DE TREKKING

La chaussure "trekking" de Noël-Sport fut en son temps la première ultra-légère pour la randonnée et la montagne qui osa braver le monopole de la construction tout-cuir. Nous fûmes les premiers dans la presse à tester pour nos lecteurs ce brodequin de toile et peau dont les reliefs de semelle évoquaient ceux des pneus de moto tout-terrain.

Ce type de chaussure légère (50 % du poids des modèles traditionnels) allait, écrivions-nous, faire un malheur sur les sentiers... y compris ceux du Népal.

En effet, en cinq ans, le succès s'est confirmé au point que le "trekking" a vu naître une dizaine de petits concurrents ici et là. Il lui fallait reprendre une avance décisive. Voilà qui est fait, avec les modèles Pelvoux et Chamonix de la gamme "Ligne 7" Patrick Vallençant, élaborée à partir de matériaux modernes.



▲ **La Corée du Sud a annoncé qu'elle commencera ses exportations de magnétoscopes vers l'Europe** à l'automne prochain. Elle compte y vendre 1,8 million d'appareils 100 dollars de moins que les modèles correspondants du Japon. Se sentant de plus en plus menacés Philips et Thomson demandent à l'Europe de prendre de sévères mesures de protectionnisme. Ils estiment en effet que les prix de revient japonais sont de 20 à 30 % moins élevés que les prix de revient européens (atteignant même 40 % en moins dans le cas des magnétoscopes).

La tige est très haute, sans aucune solution de continuité, pour pouvoir au besoin plonger sans risque dans une flaque d'eau grâce à son "soufflet-manchon" étanche, bien au-dessus de la cheville.

Le matériau est de peau grasse aux points de travail (tendon d'Achille, bout de pied, tour de pied). Pour le reste, il est fait en forte toile nylon enduite de Gore-Tex, fibre imperméable à l'eau mais "respirant" puisque perméable à l'air et à la vapeur.

La doublure est en toile fine extrêmement douce au contact (on pourrait porter la "Ligne 7" sans chaussettes) et séchant rapidement à l'étape du soir.

La semelle spécialement dessinée pour le modèle, nous paraît tout à fait réussie. Elle conserve le principe des "crampons" en relief, mais creusées en ventouse, avec une adhérence tout à fait spectaculaire, surtout sur les roches plates et humides de pluie, à la descente comme à la montée.

La tige est traitée "Scotchguard" pour l'imperméabilité et peut se re-traiter avec les produits chimiques de la marque. On pense à une sorte de mocassin indien pour le confort et l'aisance, mais élaboré à l'aide des matériaux les plus modernes.

Une remarquable chaussure de randonnée, certes, mais aussi de loisirs, de sport, de chasse, de pêche, etc. Avec l'atout d'un poids pratiquement imbattable : 520 g.-taille 40...

Prix moyen : 680 F. Constructeur : Noël-Sport, 35500 Vitry, tél. (99) 74 48 17.

▲ **Évitez de laisser déborder votre baignoire** grâce à « Alarme bain », un petit appareil qui, comme son nom l'indique, permet de vous prévenir à temps. « Alarme-bain » est équipé d'une ventouse qui se fixe sur la paroi interne de la baignoire ou de tout autre récipient en cours de remplissage. Dès que l'eau atteint la sonde abritée sous la ventouse, un strident signal d'alarme se déclenche. L'appareil fonctionne avec une pile de 9 V. Prix : 100 F. En vente chez Dane International, 38 bis av. de la République, 75011 Paris, tél. (1) 806 78 78.

LAVEZ VOS SOLS SANS FATIGUE

"Leifheit" a mis au point un balai lave-sols à essorage automatique avec serpillière incorporée, qui permet de laver les sols sans se courber et sans se salir les mains.

Son manche en aluminium est muni d'un levier-essoreur qui permet, selon sa position, de nettoyer



mouillé, humide ou sec.

Ainsi quand le levier est rabattu vers le bas, la serpillière sort du réceptacle-essoreur et s'étale complètement sur le sol, il ne reste alors qu'à la mouiller et laver.

Quand le levier est relevé, la serpillière se rétracte dans son logement en éliminant l'excédent d'eau ; elle est prête pour le nettoyage humide.

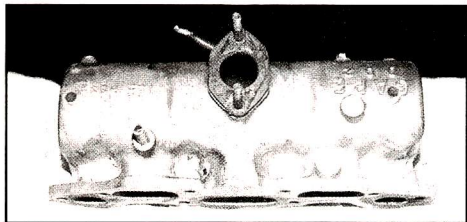
Lorsque la serpillière est dans le réceptacle-essoreur, il suffit de tirer le levier vers le haut pour la préparer au nettoyage à sec.

Une brosse au bout de l'instrument permet de frotter le sol (avec ou sans serpillière).

Prix : 235 F. Pour tous renseignements : Organisation Monique Dognin, 50 bd Beaumarchais, 75011 Paris, tél. (1) 355 35 08.

AUTOMOBILE

CONSUMEZ MOINS, POLLUEZ MOINS, PERFORMEZ MOINS



Deux Nîmois, Arthur Franco et Gérard Marconnet, envisagent de commercialiser au mois de septembre leur dispositif économiseur de carburant GAPE (gazéificateur-anti-polluant-économiseur). Ils ont été encouragés en cela par les tests qu'ils ont proposés aux administrations locales, gendarmerie, PTT et Ponts et chaussées.

Leur appareil est une pièce de fonderie se substituant aux collecteurs d'admission et d'échappement du moteur, intercalée en aval du carburateur. Il agit comme un échangeur de température.

Ainsi, le mélange air-essence imparfaitement confectionné par le carburateur, le brouillard, est affiné dans le "poumon" porté à 180°C avant d'être aspiré par la descente des pistons dans les cylindres. En l'absence de "poumon", ils sont aspirés à une température qui, en aucun cas, n'excède 85°C. Le mélange admis, plus homogène, est donc plus proche du gaz que du brouillard : la combustion s'en trouve facilitée.

Les calories fournies sont ainsi mieux exploitées, mieux transformées, la pollution est réduite (moins de CO non "brûlé" en CO₂), la consommation diminuée et l'absence de ruissellement de carburant imbrûlé le long des parois des cylindres amoindrit l'usure et la dilution dans l'huile, permettant d'espacer les vidanges. A service égal, les inventeurs du GAPE revendiquent une économie de consommation de l'ordre de 20 % et leur dispositif sera mis en vente au prix de 2 398 F HT.

Toutefois, la dilatation préalable des gaz admis, sous l'effet de la température du poumon qu'ils traversent, diminue la capacité d'absorption du moteur. Un moteur de 1 000 cm³ ne pourra plus absorber que 700 cm³ de gaz utilement transformables par cycle. Même s'il en exploite mieux les calories, la quantité de ces dernières sera amoindrie. Selon les inventeurs, ceci compense cela ; mais on peut se demander si l'économie de consommation ne vient pas simplement du sacrifice des performances. A défaut de tests comparatifs rigoureux, que les promoteurs du GAPE n'ont pas effectués, le doute subsiste.

Autre réserve : le principe même de l'échangeur se substituant aux collecteurs destine plus spécialement la transformation aux moteurs pourvus de l'admission et de l'échappement du même côté. Mais MM. Franco et Marconnet étudient un "poumon" adaptable sur les autres moteurs. Pour tous renseignements : Sté d'exploitation Le GAPE, 8 rue Emile-Khan, 30 000 Nîmes, tél. (66) 84 33 94.

AUTOMOBILE

FUMEZ SANS FEU

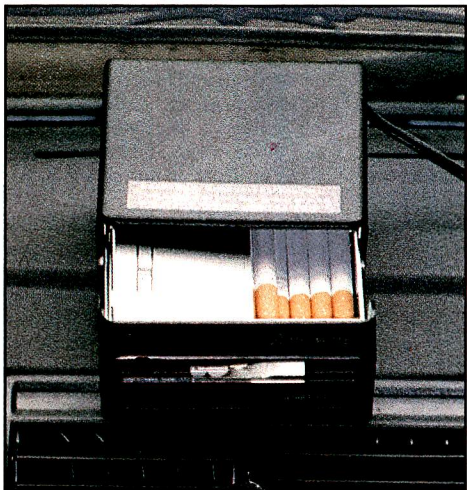
Plus besoin de chercher votre paquet de cigarettes, vos allumettes ou votre briquet, et, si vous avez l'habitude de les poser sur votre tableau de bord, plus

de risque d'avoir à les ramasser à vos pieds ou sous les sièges après un virage un peu soutenu.

L'Auto-Mate vous dispense de tout cela en vous délivrant, par simple pression sur un bouton, une cigarette tout allumée. Résultat : vous pouvez vous adonner à votre vice préféré, les

ou directement sur la batterie.

Il peut contenir vingt cigarettes de diamètre courant. Une quinzaine de secondes entre le moment où vous appuyez sur le bouton et celui où la cigarette allumée se présente à vous par une ouverture à l'avant de l'appareil (la fumée témoin sort par une



yeux sur la route et l'esprit libre, ce qui est particulièrement appréciable, surtout si vous conduisez de nuit.

L'Auto-Mate peut se fixer, grâce à son étrier, sur ou sous le tableau de bord de votre voiture, ou à tout autre endroit de votre choix. Il se branche sur l'allume-cigare de votre voiture



petite grille sur le haut du boîtier). Un voyant rouge indique que l'opération est en cours.

Prix : 450 F. Pour tous renseignements (pas de vente sur place, mais liste des détaillants disponible) : Soliveau-Intertrade, 19 rue de Berri, 75008 Paris, tél. (6) 424 68 67.

PHOTO

ÉCRAN À CRISTAUX LIQUIDES POUR UN PETIT FORMAT

Ricoh, firme qui, dans le secteur de la photo, produit essentiellement des appareils grand public, vient de lancer le FF 70, un appareil 24 × 36 de 290 grammes dont le viseur est équipé d'un grand écran d'affichage à cristaux liquides informant en permanence sur l'état des piles, l'utilisation de la correction contre-jour, le chargement et le déroulement correct du film, la sensibilité de l'émulsion, le nombre total de vues ainsi que le nombre de vues déjà exposées.

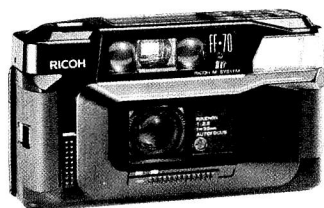
Ricoh a même prévu un mode d'affichage permettant de vérifier le fonctionnement de l'écran de contrôle en l'absence de film.

Tous les réglages sont assurés par des touches soigneusement protégées

de toute manipulation accidentelle. Un « sensor » spécial met en œuvre automatiquement le flash lorsque la lumière est insuffisante pour la prise de vue ordinaire.

L'objectif du Ricoh FF 70 est un 2,8/35 mm à 5 lentilles. La gamme des vitesses d'obturation va de 2 secondes à 1/500 de seconde. La gamme de couplage est l'une des plus larges existant sur ce type d'appareil : de 25 à 1 600 ISO. Cette caractéristique permet d'utiliser des films à haute définition ultra-lents — tels que le Kodachrome 25 — jusqu'aux films les plus rapides comme l'Ektachrome 800-1600.

La mise au point automatique se fait pour des distances de 0,80 m à l'infini. Enfin, le fonctionnement du FF 70 est motorisé avec la mise en place automatique à la première vue, l'avance entre chaque vue et le rembobinage en fin de film. Une commande de rembobinage est néanmoins prévue pour permettre à l'utilisateur de rembobiner son film à tout moment, même avant qu'il soit fini. Prix moyen : 1900 F.



PHOTO

ÉCLAIRAGE DE STUDIO EN KIT

Depuis l'apparition des flashes électroniques de studio, le matériel léger d'éclairage a presque disparu. Ce qui est dommage, car le prix de ces flashes dépasse et de loin, les moyens de l'amateur. A l'inverse, un ensemble de pinces, pieds porte-lampes et réflecteurs pour lampes au tungstène permet de constituer à peu de frais un bon équipement de studio. Un des fabricants de ce type de matériel, Photax, propose de nombreux modèles de réflecteurs, de porte-lampes, de parapluies et autres accessoires. Pour faciliter la constitution d'un équipement, l'importateur français de Photax a constitué deux kits comportant les appareils de base nécessaires à un amateur.

Le premier, le « Mini-studio Flash », est conçu pour l'emploi de flashes électroniques amateurs. Il se compose de deux pieds, deux sup-

ports flash, d'un porte-lampe pilote, d'un parapluie argenté et d'un panneau réflecteur. Son prix est de 1900 F environ.

Le second ensemble, le « Mini-studio Amateur » est prévu pour des lampes au tungstène. Il comporte deux trépieds, un porte-lampe, un réflecteur ambiance, un panneau réflecteur et un support de torche. Prix : 2000 F environ. Pour tous renseignements : Inter Photo, 26 bis rue de la Cerisaie, 94220 Charenton-le-Pont.

ERRATUM. Dans notre article "La photocopie couleur : la qualité ou les prix", publié dans *Science & Vie* n° 814 (juillet 1985), il faut lire comme suit l'adresse de l'entreprise Electrocopie, imprimée dans le tableau en page 113 : 29 avenue Anatole-France, 94600 Choisy-le-Roi, tél. (1) 853 47 39.

PHOTO

DES 24 × 36 POUR LES VACANCES

Trois appareils 24 × 36, compacts ont été lancés fin juin, juste avant les grands départs d'été, deux par Vivitar (D 535 DX et PS 30 DX), un par Fuji (Flash S2).

Le plus perfectionné, le Vivitar D 535 DX, est un automatique à mise au point par faisceau infrarouge. Une cellule au silicium règle un obturateur électronique et le diaphragme équipant l'objectif 3,8/35 mm selon un programme qui s'échelonne de 1 : 3,8 au 1/30 s à 1 : 16 au 1/500 s. Le système de code DX permet l'affichage automatique de la sensibilité de 64 à 1 600 ISO.

Un moteur entraîne la pellicule et assure son rebobinage. Un flash incorporé se met en service par commutation d'un interrupteur qui commande en même temps le couplage du diaphragme à la mise au point afin d'assurer le réglage automatique de l'exposition. Le boîtier pèse 240 g et coûte environ 1 200 F.

Le second appareil Vivitar est plus simple et ne comporte ni mise au point automatique ni programmation



de l'exposition. L'objectif 5,6/35 mm ne possède aucun réglage. Une cellule permet de contrôler l'exposition au 1/30 ou au 1/350 s. L'appareil comporte un flash et un moteur incorporés.

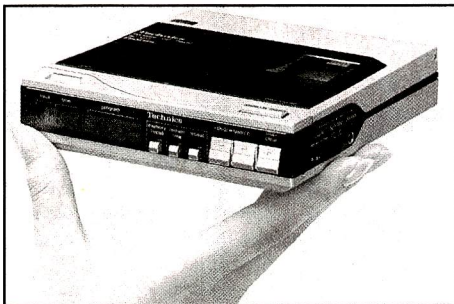
Comme le précédent modèle, il pèse 240 g, mais son prix est plus modéré : 800 F environ.

Le Flash S2 de Fuji est le plus simple des trois, tous ses réglages étant manuels. Ses principales caractéristiques sont les suivantes : objectif 4,5/34 mm à mise au point par symboles (1 m à l'infini), vitesse de 1/100 s, sensibilités de 100, 200 et 400 ISO, flash incorporé. Le boîtier pèse 175 g. Prix : 600 F environ.

PHOTO

UN SECOND LECTEUR DE DISQUE COMPACT MINIATURISÉ

En lançant l'an dernier le lecteur de disque compact audio D 50, Sony pulvérisait tous les records de miniaturisation : 590 grammes, soit de 4 à 10 fois moins que les modèles concurrents



de l'époque. Depuis, personne n'avait fait mieux.

Mais, en septembre prochain, une seconde firme, Technics (du groupe Matsushita), lancera à son tour un lecteur miniaturisé le SL-XP7. Il est à peine plus lourd que l'appareil de Sony (650 g) mais il est un peu plus petit (126 x 32 x 126 mm contre 127 x 37 x 123 mm).

C'est, bien entendu, un lecteur de poche qui peut être emporté en promenade : une batterie rechargeable lui donne 3 heures d'autonomie. La miniaturisation a été obtenue tout d'abord avec un laser plus compact faisant appel à un faisceau lumineux unique.

La partie mécanique a été simplifiée mais n'en comporte pas moins

des dispositifs anti-vibrations nécessaires sur un appareil portable.

L'électronique, de type numérique, compte de nombreux circuits intégrés et des microprocesseurs. La conception des circuits imprimés a été modifiée pour réduire aussi l'encombrement. Toutes les informations au tableau de bord ont été obtenues par cristaux liquides.

Malgré sa compacité, la platine SL-XP7 possède les qualités et les caractéristiques essentielles des lecteurs à laser. Il est possible de programmer 15 plages avec accès aléatoire. L'utilisateur peut ainsi choisir des morceaux sur le disque et programmer leur ordre de passage.

L'écoute peut se faire au casque. La réponse en fréquences s'étend de 4 à 20 000 Hz dans une enveloppe de + 0,5 à - 1 dB. Comme sur tous les lecteurs de disque compact, la dynamique atteint 90 dB. Le prix (non fixé) sera voisin de 4000 F.

SPORT

MINI-TENNIS À DOMICILE

Exactement deux fois moins grand qu'un court réglementaire (18 m x 9 m, au lieu de 36 m x 18 m), offrant une surface lente (rebond d'un court plutôt moins rapide que sur terre battue), le Tenkit (un mini-tennis en kit) est un

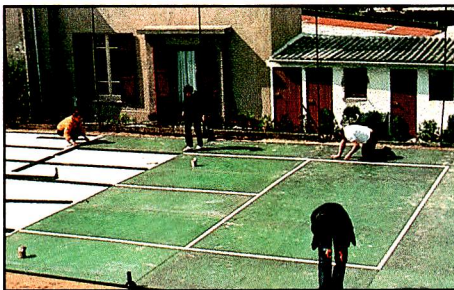
excellent terrain pour faire ses premières balles.

La réduction des distances à couvrir incitant à mieux travailler son geste en rapidité et en précision, ce mini-tennis est aussi un remarquable outil pédagogique pour le bonheur des débutants petits et grands. Et une solution pour les personnes âgées soucieuses d'économiser leur énergie sans sacrifier le plaisir du jeu.

Le Tenkit se joue avec des balles moitié moins gonflées (vendus chez Tenkit) et des raquettes plus petites.

Ce mini-court se monte en deux jours sur un lit de gravillons et par assemblage de panneaux de contreplaqué antidérapant et résistant aux intempéries. L'écoulement des eaux de pluies en périphérie permet de défier les humeurs de la météo. Le matériel est garanti trois ans.

Prix TTC : fourniture (filet, lignes et clôture compris) : 60 960 F ; montage complet : 5 000 F. Ce service peut être réduit à une assistance technique d'une journée au montage : 2 500 F. Livraison du matériel : entre 1 000 et 3 000 F, selon la distance. Pour tous renseignements : Tenkit, 1 rue Favart, 75002 Paris, tél. (1) 261 80 88.



▲ **Deux ponchos = une canadienne.** Raclet vient de commercialiser cette astucieuse tente pour deux personnes qui peut se transformer très facilement en deux véritables ponchos de randonnée. Les deux ponchos s'assemblent grâce à une fermeture à glissière et font naître ainsi une tente avec un tapis de sol. Elle mesure 230 x 160 x 110 cm de haut. Prix : 580 F la tente en polyamide ; 860 F en polyester.



lyester. Le tout est livré dans un sac comprenant également 2 mâts de 110 cm de haut, un haubanage et 6 piquets. En vente dans les grands magasins et dans les boutiques spécialisées. ▲

LES AÉROPORTS FACE AU TERRORISME *(suite de la page 67)*

Cette dernière mesure semble largement justifiée. N'oublions pas qu'au Caire, actuellement, les passagers qui arrivent sont fouillés par des militaires, dans la cabine même, avant d'avoir posé le pied sur le sol !

Les Américains se proposent aussi de modifier leurs avions de manière à ce que les soutes à bagages soient capables de soutenir le choc d'une explosion sans désintégrer tout l'appareil d'un coup. En attendant, on peut retenir une autre de leurs propositions, qui consiste à faire fouiller par la police tout avion avant son départ, pour vérifier qu'il n'y a pas d'armes ou d'explosifs à bord.

Tout cela ne fait évidemment pas la joie des transporteurs, ni des autorités. D'abord, parce que cela va coûter encore plus cher. Il faut, en France, 2,5 millions de francs par an uniquement pour l'entretien et l'amortissement des 74 portiques de détection magnétique et des appareils de rayons X, matériel qui appartient à la Direction générale de l'aviation civile, laquelle dépend du ministère des Transports.

En 1984, ce ministère a bénéficié de 10 millions de francs supplémentaires rien que pour son budget de sécurité : en fin de compte, c'est donc le contribuable qui paie. Mais l'on commence à observer que le transport aérien civil est une activité commerciale et que ce devraient donc être les transporteurs et les compagnies aéroportuaires qui financent la sûreté (comme cela se passe d'ailleurs presque partout). Il en découle donc que les intéressés devront rogner sur leurs bénéfices ou augmenter leurs tarifs.

Sans doute faudra-t-il songer à mettre en vigueur la loi du 13 mai 1981, signée par Raymond Barre, mais jamais établie par décret, qui prévoyait la mise en vigueur d'une taxe d'aéroport. Il aurait suffi de 4 F par passager pour collecter 25 millions de F

par an.

La Police de l'air et des frontières commence aussi à trouver ses charges excessives. « Il a toujours été admis, en France, que la Police est responsable de tout, observe M. Clerc, directeur général de cette police, mais faute de règles écrites et d'effectifs, nous établissons des priorités et fouillons d'abord les vols internationaux, puis, dans la mesure de nos effectifs, une partie des vols nationaux. »

Détail qui commence aussi à grossir : le fait que, travaillant "gratuit" pour les transporteurs commerciaux, la Police en question paie très cher le loyer des locaux qu'elle occupe dans les aéroports, soit 5,5 millions de F pour Roissy et Orly, ce qui est évidemment absurde. Comme la lutte contre le terrorisme passe, entre autres, par l'augmentation des effectifs policiers, donc des budgets de fonctionnement, il faudra bien que les responsabilités financières soient plus nettement définies... et qu'elles soient assumées.

Les transporteurs renâclent encore devant la perspective de transformer les aéroports en camps retranchés. Le plaisir de voyager par avion y perdra, estiment-ils. Mais il y a déjà beaucoup perdu en un quart de siècle. Les délais à l'enregistrement et les formalités diverses par exemple, font depuis longtemps que, pour un vol Paris-New York, il y a bien trois heures de perdues. Ou de gagnées, si l'enjeu c'est la sécurité du passager.

Encore faut-il que toutes les mesures nécessaires à la sécurité dans les aéroports soient adoptées internationalement, car rien ne sert de rendre plus sûrs les aéroports français si des passagers français empruntant des lignes étrangères au départ d'autres aéroports subissent les risques d'un détournement et d'un assassinat de sang-froid.

J. DENIS-LEMPEREUR ■

LA CALCULATRICE DÉJOUÉ LE VOLEUR

(suite de la page 119)

leur d'avoir ces composants.

Quand à les bricoler soi-même, nous l'avons vu, c'est hors de portée du loubard standard ; un simple poste de télévision, qui comporte lui aussi des circuits intégrés, est déjà bien difficile à dépanner pour un professionnel entraîné qui, la plupart du temps, se contente de changer tout un bloc de composants. Pour l'utilisateur, cette protection électronique de la voiture aura donc une sécurité presque absolue. Bien sûr, le code pourra être changé au gré de l'utilisateur, à condition d'avoir commencé par taper le code de départ — sinon n'importe quel voleur effacerait tout et mettrait en place son propre chiffre.

Toutes les grandes firmes spécialisées dans l'allumage et la carburation — Delco, Bosch, Motorola, etc — travaillent actuellement sur le problème, et la sortie de voitures électroniquement protégées est proche, et même très proche aux USA. Toutefois cette protection empêche seulement de faire marcher le moteur, mais pas de fracturer les portes et voler ce qu'il y a dans la voiture, en particulier les auto-radios. Mais, là aussi, Pioneer, Blaupunkt et autres étudient des protections par microprocesseur similaires à celles prévues pour l'allumage du moteur. L'auto-radio volé sera inutilisable — à moins de changer les composants internes, formule très coûteuse vu le prix d'une radio, et donc peu susceptible de fournir des bénéfices intéressants.

Contre le vol, la surveillance électronique offre aujourd'hui l'énorme avantage d'être vraiment intelligente comparée à une serrure. Celle-là est incapable de voir qu'on lui met une fausse clef ou que des doigts malhonnêtes sont en train de lui forcer la main. Un microprocesseur, lui, reconnaît très facilement la fraude et réagit en mettant tout l'ensemble hors circuit. Dans l'avenir, il mettra directement un bracelet d'acier autour des mains voleuses.

Renaud de LA TAILLE ▲

LE LANGAGE VRAI DES ÉMOTIONS FAUSSES

(suite de la page 45)

peutique et la bonne marche du traitement. Les suicidaires en particulier sont de grands mystificateurs, mais on trouve la même propension à la duperie dans beaucoup d'autres cas psychopathologiques, tels l'anorexie mentale, dont les victimes sont souvent des adolescentes d'une intelligence très au-dessus de la moyenne et rusées dans l'art de la dissimulation.

Paul Ekman est aujourd'hui le spécialiste mondial en la matière, qui étudie sur lui-même les moyens de contrôle des muscles faciaux et d'expression des émotions. A ce titre, il est sollicité de côtés très divers et souvent inattendus. Les services de sécurité souhaitent apprendre à reconnaître des terroristes par les expressions de leur visage. Des hommes d'Etat veulent savoir, dans les rencontres au sommet, lire la sincérité de leur interlocu-

teur dans ses traits. La police demande s'il est possible, d'après des photographies, de déterminer si Patricia Hearst, l'héritière californienne kidnappée et embrigadée dans un groupe révolutionnaire, a agi volontairement ou sous contrainte quand elle a participé, les armes à la main, à l'attaque d'une banque. A l'issue d'une réunion scientifique à Leningrad, deux Russes, ont assailli le psychologue américain de questions sur ses recherches; ils se sont présentés tout simplement comme les représentants d'un "institut électrique chargé de techniques d'interrogatoires" (sic).

Paul Ekman évite, au demeurant, de porter un jugement moral sur le mensonge, qui est une partie inaliénable de notre vie quotidienne. « Si nous étions empêchés de mentir, si le sourire de chacun était à coup sûr

"fiable" — toujours présent quand nous avons du plaisir, toujours absent quand nous n'en avons pas —, la vie serait intenable et nous aurions beaucoup de mal à entretenir nos relations d'homme à homme. » On ne répondrait plus « oui, je vais très bien » à sa maman alors qu'on souffre atrocement d'une gueule de bois, on ne rirait pas poliment aux blagues mille fois entendues, on ne féliciterait pas l'hôtesse de son excellent accueil pour une soirée déplorable.

La fin du mensonge serait l'extinction de la politesse, qui met tant d'huile dans les rouages sociaux. Imaginons un monde où tout mensonge serait immédiatement mis à nu et où seule la vérité, toute la vérité et rien que la vérité commanderait les rapports humains. Où l'expression du visage se lirait à livre ouvert, où la transparence de nos émotions serait totale. L'enfer. Le retour à la barbarie.

Alexandre DOROZYNSKI ●

Aujourd'hui il faut bien choisir son métier



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 sans un centre informatique régional sur du matériel professionnel.

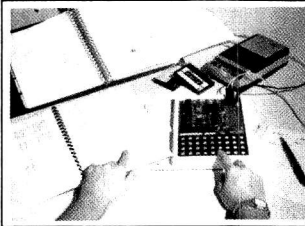
Durée 6 à 8 mois, niveau fin de 3^e.

Formation Professionnelle en Informatique de Gestion.

Pour tous ceux qui souhaitent s'orienter vers des postes d'Analyste Programmeur. Stage pratique sur ordinateur en option. Durée 15 mois environ, niveau Bac.

SEMINAIRES SUR IBM-PC

Nous organisons toute l'année des séminaires de 2 jours sur les logiciels : MULTIPLAN™, dBase II™ et dBase III™, WORSTAR™, FRAMWORK™ et un séminaire "Le Cadre et son ordinateur personnel".



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. Stages en option.

Cours général microprocesseur/micro-ordinateur.

Pour apprendre le fonctionnement interne des microprocesseurs (Z 80, INTEL 8080...) et écrire des programmes en langage machine. Un micro-ordinateur MPF 1 B est fourni en option avec le cours. Durée 6 à 8 mois, niveau 1^{er} ou Bac.



ELECTRONIQUE "85"

Cours de technicien en Electronique/micro-électronique.

Ce nouveau cours par correspondance avec matériel d'expériences vous formera aux dernières techniques de l'électronique et de la micro-électronique. 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.

INSTITUT PRIVÉ
D'INFORMATIQUE
ET DE GESTION

92270 BOIS-COLOMBES

(FRANCE)

Tél. : (1) 242 59 27

Pour la Suisse : JAFOR

16, av. Wendi - 1204 Genève



IPIG

Envoyez-moi gratuitement et sans engagement votre document
n° X 4027 sur INFORMATIQUE/MICRO-INFORMATIQUE
ELECTRONIQUE/MICRO-ELECTRONIQUE
et sur vos SEMINAIRES

(cochez la ou les cases qui vous intéressent)

Nom _____ Prénom _____

Adresse _____

Ville _____

Code postal _____ Tél. _____

CANCER :

TROIS GRANDS COUPS (suite de la page 30)

les macrophages, a pour vocation de phagocyter les agents infectieux et les matières dangereuses pour l'organisme.

La démonstration de leur influence pathogène a été faite in vitro et in vivo. L'expérience a consisté à cultiver ensemble, en boîte de Petri, des fibroblastes (cellules de tissu conjonctif) de souris, et des neutrophiles humains. Pourquoi l'idée apparemment incongrue de croiser ces deux types de cellules ? Parce que les biochimistes soupçonnent depuis quelque temps les globules blancs de l'homme de sécréter des corps toxiques ; le Pr Stossel s'est demandé s'ils n'étaient pas aussi cancérogènes. Après six à huit jours, les fibroblastes ont en effet révélé à l'examen qu'ils étaient cancérisés. L'étude sur l'organisme vivant a donné des résultats plus impressionnants encore : l'injection de ces fibroblastes "trafiqués"

à des souris a provoqué la survenue de tumeurs cancéreuses treize à vingt-deux semaines après la contamination, alors que chez des souris témoins, l'inoculation de fibroblastes normaux n'a causé aucune lésion.

Il est donc démontré que les éléments neutrophiles du sang sécrètent des substances mutagènes, capables d'éveiller les gènes du cancer présents dans les fibroblastes. Il s'agit, semble-t-il, d'amines et d'acides, oxydants très puissants.

Tout cela, à première vue, pourrait remettre en question la stratégie thérapeutique qui consiste à combattre le cancer par stimulation du système de défenses immunitaires. L'immunothérapie repose sur une observation faite il y a cent ans par William Cooley, un chirurgien newyorkais, à savoir que l'état de certains cancéreux s'améliore notablement à la suite

d'une infection. D'où son idée d'injecter au patient des microbes inactivés pour augmenter leurs réactions immunitaires. Le Dr Cooley procédait tout à fait empiriquement, mais on a effectivement prouvé par la suite que les globules blancs (on sait maintenant que les neutrophiles font exception) fabriquent des substances susceptibles de lutter efficacement contre le cancer.

Parmi ces substances, le TNF (*Tumor necrosis factor*, ou facteur de nécrose tumorale) a été isolé en 1975 par des chercheurs du Sloan Kettering Institute de New York. Les premiers essais sur l'homme donnent dès à présent des résultats très prometteurs.

Reste à découvrir pourquoi, de tous les types de globules blancs, les polynucléaires neutrophiles sont les seuls à émettre des produits cancérogènes. Mais les travaux des scientifiques américains ont d'ores et déjà fait faire trois pas de géant à la recherche cancérologique.

Pierre ROSSION ●

L'AVION "INVISIBLE"

(suite de la page 76)

l'avance technologique qu'elle avait acquise avec les F-15 et les F-16, avance qui vient d'être comblée par les derniers chasseurs soviétiques. Dans tous les domaines, l'ATF devra développer les formules les plus originales et explorer les concepts les plus hardis. Son cahier des charges comporte donc l'obligation de satisfaire à la technologie "stealth" de réduction des risques de détection. L'avion devrait effectuer son premier vol en 1992 et entrer en production en 1994-95.

Le troisième programme est celui que conduit la firme Northrop en association avec Boeing et Vought. C'est ce programme que le président Carter a en partie dévoilé pour répondre aux accusations de laxisme lancées par le candidat Ronald Reagan. Il concerne l'ATB (*Advanced Technological Bomber*), un

bombardier stratégique "invisible" en forme d'aile volante. D'après des informations diffusées par la presse spécialisée américaine, il s'agirait d'un très gros appareil, pesant environ 180 tonnes, utilisant au maximum les matériaux composites, et dont toutes les parties métalliques seraient recouvertes d'un enduit spécial absorbant les ondes millimétriques. Sa mise en service serait prévue pour 1991.

Northrop possédait déjà une grande expérience dans la construction des ailes volantes à voilure delta. C'est elle en effet qui, à la fin des années 40, avait réalisé les fameux YB-35 et YB-49. Il était donc normal qu'on lui confiât la responsabilité d'un programme capital, à propos duquel un ancien secrétaire d'Etat à la Défense a pu dire qu'il avait « un niveau de priorité comparable à celui des lasers de puissance ». C'est dire les espoirs que fondent les militaires américains sur ce mystérieux bombardier dont la principale mission

sera de frapper l'ennemi au cœur même de son territoire.

Pour conclure comme nous avons commencé, qu'on nous permette encore une anecdote, divertissante celle-là. Lorsque le *Washington Post* révéla que les Etats-Unis étaient en train d'expérimenter un avion "invisible", la responsable du service publicité d'une grande revue spécialisée, s'adressant au rédacteur en chef de ladite revue, lui demanda : « Ne pensez-vous pas que les Soviétiques possèdent eux aussi des avions invisibles ? » Péremptoire, le rédacteur en chef lui répondit : « L'impossible, nous le saurions ! » — « Mais comment le saurions-nous, puisqu'ils sont invisibles ! » répliqua ingénument la jeune femme. Le directeur de la revue qui, passant par là, avait entendu la conversation, envisagea très sérieusement, dit-on, d'installer la responsable de la publicité à la place du rédacteur en chef...

Serge BROSSÉLIN ■

BOUGEZ-VOUS LES MENINGES !

Ce n'est pas parce que l'été est là qu'il faut se laisser aller !

Le jogging de l'esprit, c'est bon pour garder la forme. JEUX & STRATEGIE, N° 1 de la presse des jeux de réflexion et des jeux pour micro-ordinateurs se met à l'heure d'été avec un numéro débordant de jeux passionnants pour tous ceux qui veulent bronzer intelligent !

En plus de très nombreux jeux inédits, JEUX & STRATEGIE a sélectionné les meilleurs jeux pour votre micro. Et en encart, prêt à jouer, un grand jeu d'alliances : Succession. JEUX & STRATEGIE, c'est aussi toute l'actualité du monde des jeux. JEUX & STRATEGIE, pour explorer les mille et une façons de jouer à réfléchir.

**JEUX &
STRATEGIE**

**Ça dure deux mois
et ça ne coûte que 18 F.**

Chez votre marchand de journaux.



LIKE A SOUND MACHINE

Le compo sound machine D 8234, balaie FM-PO-GO-OC. Belle machine, ses enceintes à 2 voies sont détachables et l'effet spatial stéréo est réglable.

Slow touch* côté cassette : les fonctions sont assistées, les ferros et les chromes acceptées.

*touches sensibles.

PHILIPS

