

# SCIENCE & VIE

MENSUEL

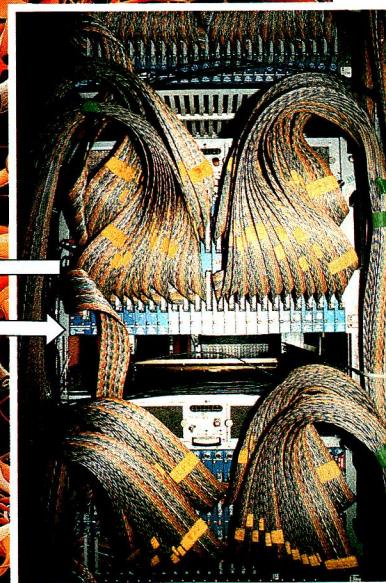
N° 823 AVRIL 1986

ISSN 0036 8369

## INTELLIGENCE ARTIFICIELLE CONTRE INTELLIGENCE NATURELLE

323 USINES DANGEREUSES  
RECENSEES EN FRANCE  
VOIR NOS CARTES PAGES 12, 17, 19, 81, 83

16 F  
N° 823  
SUISSE 5 FS  
CANADA \$ 2.95  
BELGIQUE 110 FB  
ESPAGNE 450 Ptas  
MAROC 17 Dh  
TUNISIE 1,6 DT



# LONG JOHN LONG COURRIER



LE PLAISIR DU WHISKY DEPUIS 150 ANS.

Sachez apprécier et consommer avec modération

heller



**■ Le code-barres génétique plus précis que les empreintes digitales**

**■ Les balles de golf volent comme les avions**

**■ De votre voiture téléphonez dans toute la France**

Chers lecteurs,  
Voici comment aurait été notre couverture si nous avions appliqué à ce numéro-ci la formule que nous avons choisi pour l'avenir. Nous attendrons, pour adopter réellement ce nouveau « logo », que votre œil s'y soit habitué. Mais nous avons mis en page intérieure et déjà, comme vous allez le voir, trois colonnes s'étaient révélés difficiles : à l'usage, en effet, les textes sur trois colonnes s'étaient révélés difficiles : à lire dans notre format. Les voici donc, à la demande quasi unanime, sur deux colonnes.

LA REDACTION

# Intelligence artificielle contre intelligence naturelle



Quel point commun entre une balle de golf, de tennis ou de ping-pong : l'effet Magnus ?



La navette, condamnée longtemps avant l'accident.

S O M M A I R E

## SAVOIR



### Forum

#### L'intelligence artificielle

*Roland Olivet* **16**

Halley, plus belle de loin que de près

*Jean-René Germain* **23**

Sport : l'aéronautique des balles

*Renaud de La Taille* **26**

L'étoile de pierre

*Jean-Albert Foëx* **32**

La machine à décoder les gènes

*Pierre Rossion* **36**

L'ADN remplace les empreintes digitales

*Pierre Rossion* **42**

L'aluminium, facteur de démence sénile

*Dr Jean-Michel Bader* **47**

Les acupuncteurs piqués au vif

*Dr Jean-Michel Bader* **54**

Echos de la recherche

*Dirigés par Gerald Messadié* **61**



"Florin" est issu d'une cellule sexuelle mâle seule.

## POUVOIR

Dossier : 323 sites industriels à risque en France

*Jacqueline Denis-Lempereur* **68**

Navette : l'Amérique spatiale paralysée

*Olivier Postel-Vinay* **86**

Une base soviétique dans l'espace

*Jean-René Germain* **97**

Une taupe géante pour le tunnel sous la Manche

*Laurent Douek enquête de Jean-Joseph Jocelyn* **100**

Un champ de blé à partir d'un grain de pollen

*Marie-Laure Moinet* **102**

Banques de données : La théorie des trois "plus"

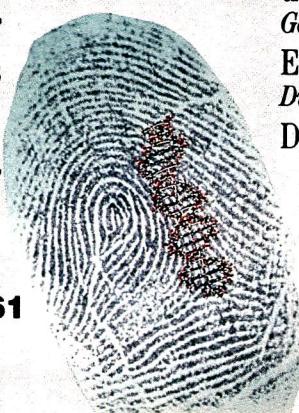
*Gérard Morice* **106**

Echos de l'industrie

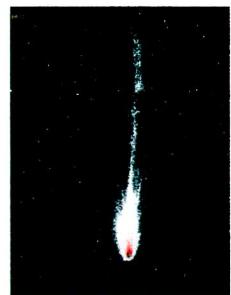
*Dirigés par Gérard Morice* **111**

Des marchés à saisir

**116**



*Photo M. Toscas/Galerie 27*



Surprise : le noyau de la comète est noir et couvert de cratères et de pics.

Photo ESO



Photo M. Tocino/Galerie 27

# I R E UTILISER

Photo : l'ordinateur fait la mise au point  
*Roger Bellone*

**118**

Devotre voiture téléphonez à toute la France  
*Gérard Morice*

**123**

Science & Vie al pour vous  
**126**

Science & Jeux  
*Pierre Berloquin,*  
*Daniel Ferro,*

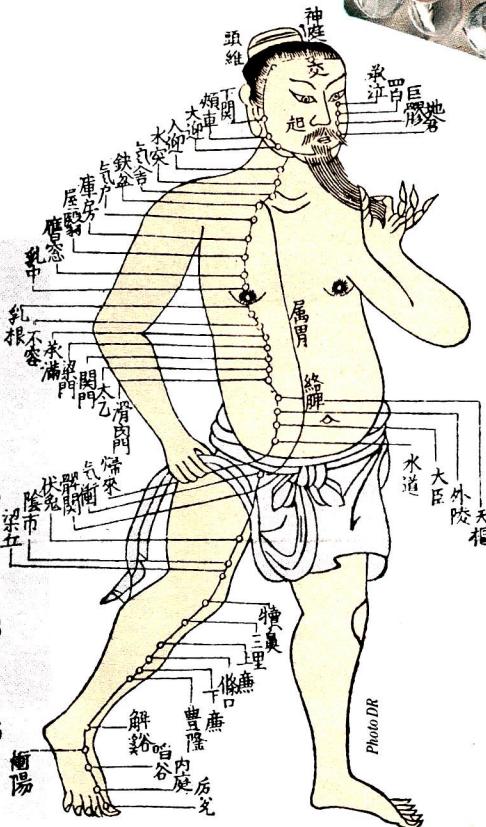
*Renaud de La Taille*  
*et Henri-Pierre Penel*

**130**

Echos de la vie pratique  
*Dirigés par Roger Bellone*

**150**

Encart abonnement Science & Vie  
Diffusion  
France métropolitaine



Un reportage télévisé a tenté de démontrer l'existence des "mériadiens" d'acupuncture en utilisant un traceur radioactif. Un chercheur de premier plan a refait l'expérience : en injectant ce même produit en n'importe quel point du corps, on obtient le même résultat.

## Horriblement draguée et ça la fait marrer !

Quel trafic le soir sur le service dialogue de Funitel ! Des milliers de connexions dans tous les sens, de toute la France. Mot de passe FUNI.

Branchez votre Minitel, inventez-vous un pseudo et c'est parti ! Attention, sens de la répartie exigée, on s'aborde en direct. Drague dure ou drague douce, c'est égal, tant que l'humour est au rendez-vous. Et à ce jeu-là, l'amour aussi y trouve son compte. Alors, à très bientôt.



# **FUNITEL**

50 jeux pour vous marrer avec votre Minitel.

# SCIENCE & VIE

## • 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 : GÉRARD MORICE  
Secrétaire Général de Rédaction : ELIAS AWAD  
Secrétaire de Rédaction : DOMINIQUE LAURENT  
Rédacteurs : MICHEL EBERHARDT, RENAUD DE LA TAILLE,  
ALEXANDRE DOROZYNSKI, PIERRE ROSSION,  
JACQUES MARSAUT, FRANCOISE HARROIS-MONIN,  
SVEN ORTOLI, JACQUELINE DENIS-EMPEREUR,  
MARIE-LAURE MOINET, OLIVIER POSTEL-VINAY  
ANNY DE LALEU, ROGER BELLONE, FRANCOISE SERGENT

## • ILLUSTRATION

ANNE LÉVY  
Photographe : MILTOS TOSCAS

## • DOCUMENTATION

CATHERINE MONTARON

## • MAQUETTE

CHRISTINE VAN DAELE  
Assistant : LIONEL CROOSON

## • CORRESPONDANTS

New York : SHEILA KRAFT 115 East 9 Street - NY 10003 - USA  
Londres : LOUIS BLONCOURT 16, Marlborough Crescent  
London W4, 1 HF  
Tokyo : MARIE PARRA-ALÉDO - The Daily Yomiuri 1-7-1  
Otemachi Chiyoda-Ku - Tokyo 100

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

## • RELATIONS EXTERIEURES

MICHELE HILLING

## • CONCEPTION GRAPHIQUE

TOTEM A - ANTONIO BELLAVITA

## • PUBLICITE

Excelsior publicité - INTERDEC  
67, Champs-Elysées - 75008 Paris - Tél. 225 53 00  
Directrice du Développement : MICHÈLE BRANDENBURG  
Chef de publicité : FRANÇOISE CHATEAU  
Adresse télégraphique : SIENVIE PARIS  
Numéro de commission paritaire : 57284

## A NOS LECTEURS

• Courrier et renseignements : MONIQUE VOGT

## A NOS ABONNES

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, adresses de nos abonnés sont communiqués à nos services internes et à certains 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 recrudescence dans le cadre légal.

## Tarifs des abonnements

France

1 an - 12 numéros	166 F
1 an - 12 numéros + 4 Hors série	230 F
Etranger voie normale	
1 an - 12 numéros	240 F
1 an - 12 numéros + 4 Hors série	320 F

Tarifs par avion : nous consulter

LES MANUSCRITS NON INSERÉS NE SONT PAS RENDUS

COPYRIGHT 1985 SCIENCE & VIE  
CE NUMÉRO DE SCIENCE & VIE A ÉTÉ TIRÉ À 425 500 EXEMPLAIRES



BVP

AUJOURD'HUI  
LA  
SCIENCE  
C'EST  
LA VIE

# VOLCANS



VOYAGE  
AU CENTRE  
DE LA TERRE

fnac  
VOYAGES

Stromboli, Merapi, Hekla, Krakatoa, Piton de la Fournaise... Le prodigieux spectacle des volcans en activité. Voyages de 8 à 22 jours, 6 200 à 17 000 F.

DOCUMENTATION SUR DEMANDE A FNAC VOYAGES  
6, BD DE SÉBASTOPOL, 75004 PARIS - TÉL. 42.71.31.25  
(Ecrire très lisiblement)

Nom et prénom \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

# RENAULT 21. LA PUISSANCE

C 0356

PUBLICIS

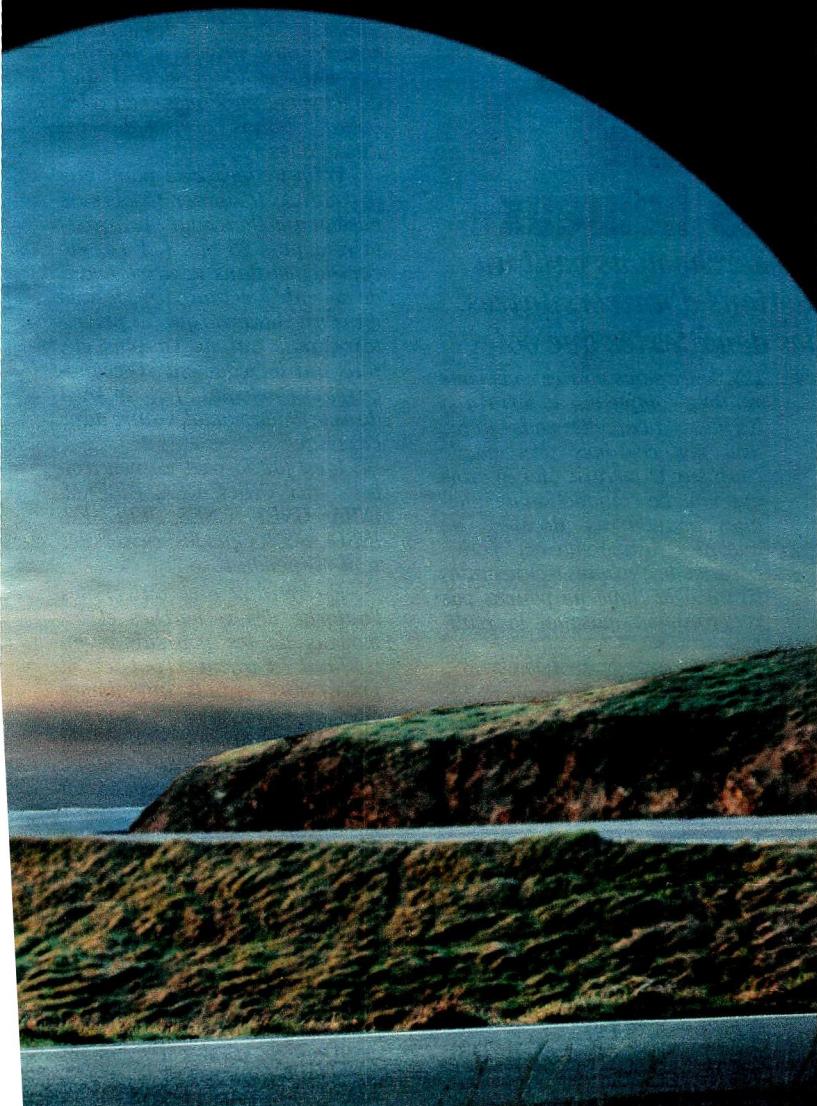


RENAULT  
DES VOITURES  
A VIVRE



AUX

# E DE LA LIBERTÉ.



CHASSEURS DE LIBERTÉ, LA RENAULT 21.

**L**a Renault 21,  
une nouvelle puissance pour  
les chasseurs de liberté.  
Une nouvelle puissance pour  
ceux qui vont toujours plus vite,  
toujours plus loin.

Pour tous ceux qui aiment  
les forces et les formes nouvelles.  
Pour ceux qui veulent tout,  
sans compromis.

## **L**es performances de la liberté.

*Sur circuit,*  
*la Renault 21 atteint les 200 km/h.*  
*Ses 120 ch DIN (86,5 Kw ISO)*  
*la propulsent de 0 à 100 km/h*  
*en 9,7 secondes.*

*Tout en puissance.*

*La Renault 21 a un couple*  
*à 90 % de sa valeur maximale*  
*sur une très large plage de régime*  
*de 2000 à 5250 tr/mn.*

*Tout en souplesse.*

*Son injection électronique*  
*intégrale allie les lois de l'injection*  
*du carburant et celles de*  
*l'allumage pour de meilleures*  
*performances et une longévité*  
*accrue du moteur. La Renault 21*  
*maîtrise ses forces.*

## **L**a route de la liberté.

*La Renault 21 est équipée*  
*d'un train avant à déport négatif*  
*et du nouveau train arrière*  
*4 barres de torsion pour une*  
*tenue de route parfaite.*

*En toute sécurité.*

*La Renault 21 économise son*  
*énergie : coupure d'alimentation*  
*en décélération et seulement*  
*7,1 l à 120 km/h pour la*  
*Renault 21 TXE.*

*Et sa ligne pure et aérodynamique*  
*lui confère un CX record :*  
*0,29 pour la Renault 21 TL.*

*Tout en efficacité.*

*Aux chasseurs de liberté,*  
*la Renault 21.*

Modèle décrit et présenté:  
Renault 21 TXE, 96 600 F.  
Prix clés en main au 06/03/86.  
Millésime 86. (peinture  
métallisée en option).  
Consommations normes UTAC:  
5,8 L à 90 km/h - 7,1 L à 120 km/h -  
10,7 en cycle urbain.  
Diac votre financement.

**RENAULT** préconise **elf**

# FORUM

## Il existe même des chercheurs heureux

*Notre article sur la recherche nous vaut un certain nombre de réactions d'universitaires, dont nous extrayons les deux textes que voici :*

● « La recherche ça va pas mal, et vous ? (...) Quelques spécialistes compulsivement papierâtres décident dans la presse de reconstruire le monde et la recherche, visiblement troublés par des aigreurs de pouvoir ou de mètre-carré (unité légale de mesure des féodalités). Il n'y a pas que ça dans la vie, il n'y a pas que la sociologologie dans la recherche. Pensez donc ! et la physique, et les sciences de la terre et les sciences pour l'ingénieur (etc.) ; tout ça, ça fait des milliers de chercheurs et de techniciens, des centaines de laboratoires, qui travaillent, qui produisent, qui forment des jeunes et qui sont examinés régulièrement. (...) »

« Le moteur, c'est le goût pour la recherche et la conviction que nous avons des idées à proposer et des interlocuteurs à trouver. Alors les cheurs des pleureuses sur la bureaucratie et le fonctionnariat (...) quelle importance ? L'expérience montre que les projets auxquels on croit débouchent, encore faut-il prendre la peine de rechercher et d'intéresser des partenaires, éventuellement extérieurs à la recherche (si, si) avant d'accuser on ne sait quel fonctionnaire masqué qui nous ferait des misères. Le résultat est à la mesure du punch qu'on est capable de mettre, rien à voir avec l'attente angoissée de cette bonne vieille prébende décrochée il y a encore quelques années par de patientes stations dans les antichambres politiques et/ou hiérarchiques. (...) »

» Venez nous voir et vous vous rendrez compte sur le terrain si les thèses auxquelles vous ouvrez tant vos colonnes tiennent le coup sur le terrain. Moi je crois que non. La conjonction de quelques mandarins décavés, de quelques universitaires politi-cards et de quelques technocrates tirant à la ligne ne pourra pas indéfiniment masquer la réalité. »

J. Duvernoy, directeur de recherche au CNRS, directeur du laboratoire d'optique, unité associée 214 du CNRS.

● « J'ai lu avec un grand intérêt, et un peu de passion, les articles parus dans la revue *Science & Vie* (n° 820 et 821) sur les thèmes : 1. "Chercheur cherche emploi stable" ; 2. "La recherche malade de la bureaucratie". J'y ai trouvé une analyse de la recherche en France cohérente avec la réalité d'une remarquable acuité. (...) »

» Le débat, s'il y avait débat, serait passionnant. (...) Il permettrait de mettre au grand jour les opinions des "besogneux" de l'enseignement supérieur et de la recherche universitaire qui gardent le silence. (...) Je voudrais souligner deux points importants. En ce qui concerne la "défonctionnarisation" de la recherche souhaitée par certains, le "mal" dont on accuse la fonctionnarisation vient d'une querelle idéologique ; vouloir faire croire que la fonctionnarisation est, fondamentalement, cause de sclérose, c'est faire de la polé-

mique. Sur ce sujet, et puisque les USA sont souvent cités en exemple, les Français seraient très surpris d'apprendre que, dans bien des domaines de pointe, les recherches ne sont pas soumises aux lois de la libre concurrence privée et libérale. Les Etats et l'Etat fédéral sont directement impliqués et dans les options et dans l'origine des crédits alloués. (...) »

» Voici le deuxième point que je voudrais souligner. (...) Je suis enseignant-rechercheur universitaire depuis 25 ans. (...) J'ai été contractuel dans le privé avant de devenir fonctionnaire. Je suis dans une branche qui fut prioritaire, puis qui ne l'a plus été, puis qui le redevient : l'océanographie (biologie) : (...) un pied dans le fondamental, l'autre dans l'appliquée.

» Il est fait la part un peu trop belle aux CNRS, CEA, INSERM, INRA, CNET, CNES, IFREMER, INSU... tandis que les universités sont vilipendées.

» En retirant aux universités l'autorité des recherches et les moyens de les poursuivre, en confiant l'argent (public et privé) aux grands organismes cités, les universitaires (souvent de très haut niveau) doivent ou bien se "secondariser" s'ils ne veulent pas faire allégeance, ou bien se "prostituer" pour avoir des moyens. Des programmes "nationaux" concoctés ailleurs n'ont de national que la liste des membres qui les ont définis. Bien des "compétences" traduisent, pour qui connaît l'histoire de ces "compétents", un corporatisme exacerbé, chacun occupant "sa" place dans le fromage ! On voudrait que les universités copient les grandes écoles ? Je n'en vois ni le besoin ni la nécessité. C'est de la recherche universitaire tous azimuts que naissent aujourd'hui les recherches finalisées, l'oublier n'est pas nous rapprocher des USA. (...) »

» Le haut niveau de la recherche requiert un haut niveau de l'enseignement lequel ne peut être atteint avec des "clopinettes".

» Il y a des enseignants qui ne souhaitent qu'enseigner et qui font leur travail avec conscience et efficacité, c'est très bien et il faut qu'ils aient les moyens du

(suite du texte page 10)

## Devenez votre propre patron pour moins de 5 000 F

Oui, maintenant vous pouvez, vous aussi, monter une affaire lucrative avec un faible investissement. Donc, peu de risque, mais d'importantes perspectives de bénéfices. Tous les jours des hommes et des femmes trouvent des opportunités, se lancent et réussissent, dès la première année. Vous recherchez une activité à votre goût ? Un commerce florissant, une agence qui rapporte ou une entreprise artisanale exclusive ? Sélectionnez une affaire selon vos moyens, à partir de 5 000 F d'investissement, parfois moins, en activité principale ou annexe.

### Trouvez rapidement

Au lieu de perdre des mois à la recherche d'une bonne affaire, découvrez immédiatement les meilleurs créneaux à exploiter facilement. Toutes les démarches, enquêtes et recherches sont faites. Vous n'avez plus qu'à suivre les instructions page par page. Consultez plus de 70 dossiers-études complets, prêts à l'emploi.

### Profitez largement

Vous savez qu'il y a toujours quelque part des entreprises nouvelles qui rapportent énormément. Elles sont difficiles à détecter car les dirigeants en parlent peu. Vous voulez quand même savoir qui ils sont et comment ils font pour mieux réussir ? Alors profitez de suite des résultats des recherches d'une équipe de spécialistes. En effet, un grand nombre d'experts circulent en France et à l'étranger (Europe, U.S.A.), afin de dénicher pour vous les meilleures opportunités et de nouvelles idées d'affaires. Chaque opportunité est présentée sous la forme d'une véritable étude de marché complète et détaillée. Vous connaîtrez ainsi tous les éléments nécessaires pour choisir tranquillement et réussir sûrement.

### Voici un extrait des études parues

- Vente Par Correspondance • Réparation sur vinyl • Import-export • Organisateur de séminaires • Décapage de meubles • Magasin Vidéo • Edition de cassettes • Boutique de thé • Atelier de broderie informatisée • Cinéaste vidéo • Boutique « jus naturels » • Agence matrimoniale par vidéo • Location de voitures d'occasion • Boutique de perles • Pisciculture intensive • Organisateur de foires-expositions • Centre d'archives • Agence de marketing téléphonique • Société de compensation inter-entreprises • Boutique de progrès • Centre de sécurité • Réparation d'ordinateurs.

### Réussissez facilement

De nombreux lecteurs ont déjà réalisé avec beaucoup de succès des études publiées. Exemple : M. J.P. Bruyères de Rieux (31) gagne plus de 30 000 F de bénéfice/mois grâce aux indications de l'une de nos études. M. B. de Brabant de Lyon (69) a triplé ses revenus et gagne plus de 250 000 F dès la première année.

Grâce aux illustrations, tableaux, comptes prévisionnels, références et témoignages, vous comprendrez instantanément le fonctionnement de chaque affaire.

### Receivez gratuitement

La collection complète avec les résumés de plus de 70 études est à votre disposition. Demandez-la de suite, sans engagement de votre part, et à titre entièrement gratuit.

Adresssez votre courrier aux : Editions Selz - 1, place du Lycée B.P. 266 - 68005 Colmar Cedex.

Vous pouvez nous joindre par téléphone, en composant le 89 24 04 64 +. Demandez Françoise Clément.

#### Bon de réservation gratuite

Je désire recevoir la collection complète de plus de 70 résumés « idées lucratives »

Mme  Mlle  M

Nom .....

Prénom .....

Adresse .....

Code ..... Ville.....

A remplir en lettres d'imprimerie et à retourner aux  
ÉDITIONS SELZ - B.P. 266 - 68005 Colmar Cedex



ISVB60104

## La Parole est une Force qui renforcera votre personnalité **GRATUIT** "comment parler avec aisance"



J'étais bloqué.

Quand je devais prendre la parole, j'étais bloqué, je n'osais pas parler. Rien se sortait. Ou bien j'avais le trac, ou bien je ne savais pas comment m'exprimer. Résultat ? Côté vie professionnelle je piétinais. Côté vie personnelle je restais dans l'ombre. Je ne savais pas m'affirmer...

Maintenant grâce à une toute nouvelle méthode de communication s'exprimer est devenu un jeu captivant.

"Comment parler avec aisance" se pratique chez soi, à son rythme, facilement et sans efforts.

Jour après jour on se sent transformé.

En un mois seulement les progrès sont spectaculaires.

Non seulement vous ne craindrez plus du tout de vous exprimer, mais chose auparavant incroyable, vous ressentirez un immense plaisir à dire ce que vous avez à dire... et à n'importe qui.

Les paroles vous viennent toutes seules, claires, nettes, et ce, quel que soit votre interlocuteur.

Mais le plus sensationnel de cette nouvelle méthode, c'est je crois ceci : en apprenant à communiquer, j'ai appris à exister. Comme si le fait de savoir m'exprimer avait fait sauter tous mes blocages.

"Comment parler avec aisance" est un programme enthousiasmant qui colle à toutes les circonstances de votre vie.

Comment engager la conversation.

Comment vous débarrasser définitivement du trac, de l'anxiété.

Comment communiquer avec enthousiasme.

Comment convaincre les plus endurcis.

Comment parler à une ou 50 personnes avec la même aisance.

Comment vous faire de bonnes relations.

Comment progresser dans votre profession.

Comment utiliser les lois fondamentales de toute relation humaine pour votre réussite.

450 pages de techniques faciles, d'exemples concrets, de conseils puisés au cœur de la vie. Les plus grandes entreprises forment leurs responsables, cadres, agents de maîtrise etc. à ces nouvelles techniques d'expression.

Forgez-vous un comportement de gagnant. Alors les mots pour le dire viendront aisément et vous connaîtrez la grande joie de la "Confiance en Soi" pour vivre à plein chaque jour.

Agissez maintenant.

Découpez le bon ci-dessous ou recopiez-le. Dès réception, je vous enverrai gratuitement une importante documentation spécialement destinée à l'expression facile. Aucun démarcheur ne vous rendra visite.

Vous découvrirez, chez vous tranquillement, comment fonctionne cette nouvelle méthode "Comment parler avec aisance".

Maurice Ogier

Institut Français de la Communication, Service P95.203.1  
6, rue de la Plaine - 75020 Paris France.

### LIVRE GRATUIT

Institut Français de la Communication, Service P95.203.1  
6, rue de la Plaine - 75020 Paris France.

Je désire recevoir gratuitement le Guide de Maurice Ogier "Comment parler avec aisance" par poste, sous pli confidentiel, sans engagement, ni démarchage. Voici mon adresse permanente :  M.  Mme  Mlle

N° .....

Prénom .....

Code .....

Ville .....

Code .....

Ville .....

Belgique : 1, quai Condroz, 4020 Liège

P95.203.1

(suite de la page 8)

niveau souhaité pour l'enseignement.

» Il y a des enseignants qui transmettent leur savoir de chercheur. Croit-on vraiment qu'il n'y a de recherches qu'au CNRS ? Ces enseignants chercheurs "adultes et vaccinés" ont la compétence et l'autorité intellectuelle, et le savoir-faire. Ils n'attendent pas la "privatisation" de l'enseignement-recherche pour poursuivre, pas plus qu'ils n'attendent qu'un PDG leur définisse ce qu'il faudrait faire. (...)

» Enfin, et pour terminer, il y a des "croûtes" dans les universités, des tire-au-flanc, des assistés, des cancrels, des paresseux, des inutiles.

» Avant de nous jeter la pierre, il faut reconnaître que les ministères autant que les entreprises privées (...) ne sont pas tous "il est beau il est gentil". Croyez-moi, le bilan de nos universités n'est pas aussi lamentable que le laissent ou le font croire les cavaliers de l'Apocalypse. »

A. Aboussouan,  
Maître de conférences, Marseille.

Vive les chercheurs qui travaillent, produisent, décrochent des contrats ! Nous aussi les connaissons, et sommes prêts à les couvrir de fleurs. Les lecteurs de *Science & Vie* auront compris que notre objectif n'est pas de crier haro sur la recherche, mais d'engager un débat de fond sur les structures, sur les conditions nécessaires et suffisantes à l'exercice de la meilleure recherche possible.

Les deux néologismes employés par M. Duvernoy ne nous ont pas convaincus. "Papifères" signifie qui portent (et non : qui produisent) du papier, ou des papiers. Quant à la "sociologologie", c'est vite dit. M. Hubert Curien, encore ministre de la Recherche, a proposé que le CNRS fasse l'objet d'une évaluation. Il ne suggérait pas, semble-t-il, que l'on se livre à un exercice de "sociologologie". M. Duvernoy ferait bien, d'autre part, de se procurer le rapport de Jean-Jacques Salomon sur la politique française en matière de technologie. Il y découvrirait la pertinence d'un langage nerveux et précis, applicable aux différents domaines de la recherche. M. Aboussouan a raison de souligner que le débat

n'existe pas encore, et que c'est dommage. Il est en effet probable, d'autre part, que la querelle fonctionnarisation-défonctionnarisation a une connotation idéologique. Mais aucun débat de fond ne peut éviter les références idéologiques. Cela n'exclut pas une réflexion pratique et même terre-à-terre.

Les Etats-Unis ne sont sans doute pas un modèle universel, mais c'est un fait que les universités américaines vivent dans un contexte de concurrence et de contractualisation qui diffère profondément du contexte français. C'est un autre fait, déplorable, que les universités françaises sont trop souvent considérées comme les parents pauvres des grands organismes de recherche. O. P.-V.

## Des fissures dans le français

M.A.A.J. Pérois, traducteur conseil à Paris, nous adresse des remontrances à propos des anglicismes relevés dans notre article "Des fissures dans les avions : est-ce possible ?" :

» Ce qui est encore plus irritant, c'est que dans la plupart des cas, comme vous le faites dans votre article, vous mettez les termes corrects français, à côté, ou encore plus "pudiquement" entre parenthèses. Vous auriez très bien pu vous dispenser d'utiliser "flutter", "buffeting", "zero fuel weight", "safe fail" et "fail-safe". Vos lecteurs, même les spécialistes aéronautiques, vous auraient parfaitement compris.

» Vous auriez d'autant plus pu vous en dispenser que (je me permets de vous le rappeler) ces termes sont tout simplement interdits par la loi : Journal Officiel du 12 août 1976 dans l'arrêté publié par le ministère de la Défense. Vous auriez ainsi d'une part contribué à ne plus inciter certains, toujours nombreux, à se croire plus intelligents que les autres parce qu'ils utilisent des termes anglo-saxons pour impressionner leur auditoire et d'autre part vous auriez tout simplement respecté la loi.

» Merci à l'avenir de faire abstraction des termes anglo-saxons

» Je déplore qu'il ait fallu faire usage de lois et de décrets pour imposer aux techniciens français de parler "français" et de ne pas céder au ridicule snobisme de "l'anglomanie technique". »

Ce n'est certes pas par snobisme que nous avons laissé passer les anglicismes qui nous sont reprochés, mais par habitude, car les termes techniques anglais ont été longtemps sans équivalent fiable dans la langue française. Nous veillerons, d'ailleurs, à utiliser chaque fois que possible le terme français idoine. Mais on observera qu'en biologie, par exemple, l'anglais continue de faire la loi et qu'un virus identifié par un chercheur bien français a été désigné par des termes anglais ; c'est le virus du SIDA, le Lymphadenopathy Associated Virus LAV, qui eût dû s'appeler VAL. L'anglicisme est décidément un germe rebelle !

## Une guerre qui n'a jamais eu lieu

Après nous avoir tancé d'importance à propos d'une erreur, due cette fois-ci à une véritable inadvertance dactylographique, sur la longévité du poulet (nous avions écrit "une trentaine d'années", alors qu'il fallait lire : "de mois"), M. Luquin, vétérinaire, et décidément mécontent, nous écrit :

» Pendant que j'y suis, je ne vois pas l'intérêt de votre guerre avec *Science & Avenir* pour traiter en même temps des mêmes sujets. C'est trop systématique pour être honnête et ça n'offre aucun intérêt pour le lecteur. »

Nous ne menons aucune guerre contre notre excellent confrère *Science & Avenir*, et nous doutons qu'il en mène une contre nous. S'il y a parfois, concordance entre nos sommaires, c'est le fait de l'actualité. Et s'il le fallait, nous encouragerions notre confrère, car c'est une loi de la presse que le public croît en fonction de la multiplication des titres.



Juliette et la neige:  
c'est comme ça que j'ai acheté  
une Occasion Garantie OR Renault.

Juliette, comme elle dit,  
elle aime vivre intensément.

A skis et en volant.

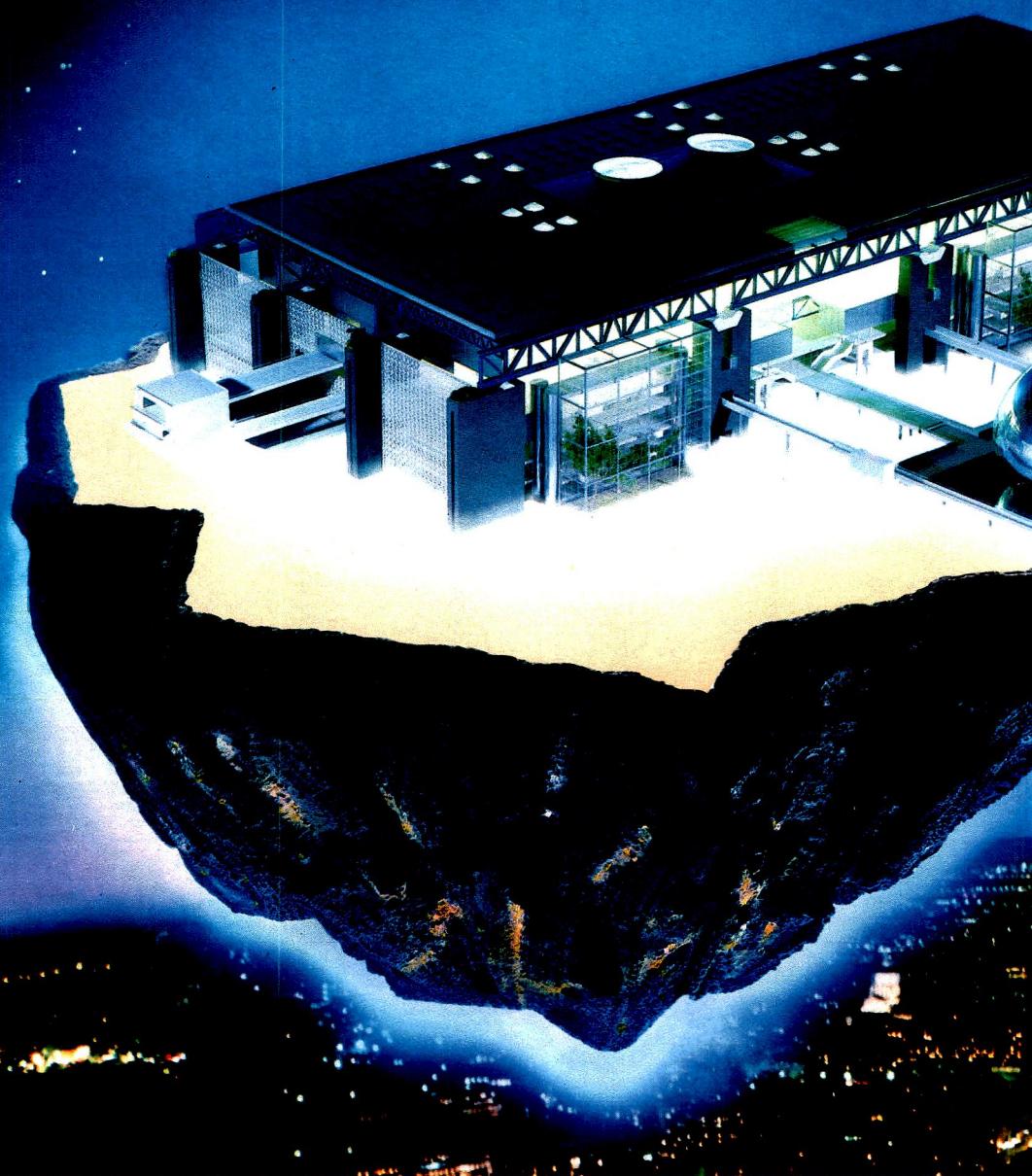
Avec une voiture aussi bien équipée de partout,  
je suis tranquille. Pour les skis,  
qu'est-ce que vous me conseillez?



Sélection, remise en état exclusivement avec des pièces d'origine, 67 contrôles impératifs, garantie 6 mois pièces mécaniques et main-d'œuvre, kilométrage illimité, dans toute la France. La Garantie OR, c'est l'engagement personnel de chaque concessionnaire Renault.

**OCCASION GARANTIE OR RENAULT**  
*La Transparence*

# Propulsez vous



5.4.3.2.1, c'est parti! Vous êtes à bord de la Cité des Sciences et de l'Industrie, compartiment Espace...

Programme du jour : voyage de la terre à l'univers, balade sous les milliers d'étoiles du planétarium ; puis direction la Géode et son écran géant.

Mais tenez vous prêts! La Cité va allumer ses réacteurs toute l'année. Dès maintenant : la Médiathèque,

l'Inventorium pour les enfants, l'Espace et la Mer, l'Or, l'Industrie, le monde sonore. Sur le Pont-Serre ou à la Ferme-Aquacole, percez les secrets de la nature. Au début de l'été, décollez pour l'aventure de la vie. En octobre, mettez le cap sur la galaxie technologie : de la préhistoire aux robots, le génie de l'homme explose sur 5000 m<sup>2</sup>. Et toute l'année, des temps forts : le secteur Langages

# s dans l'avenir.



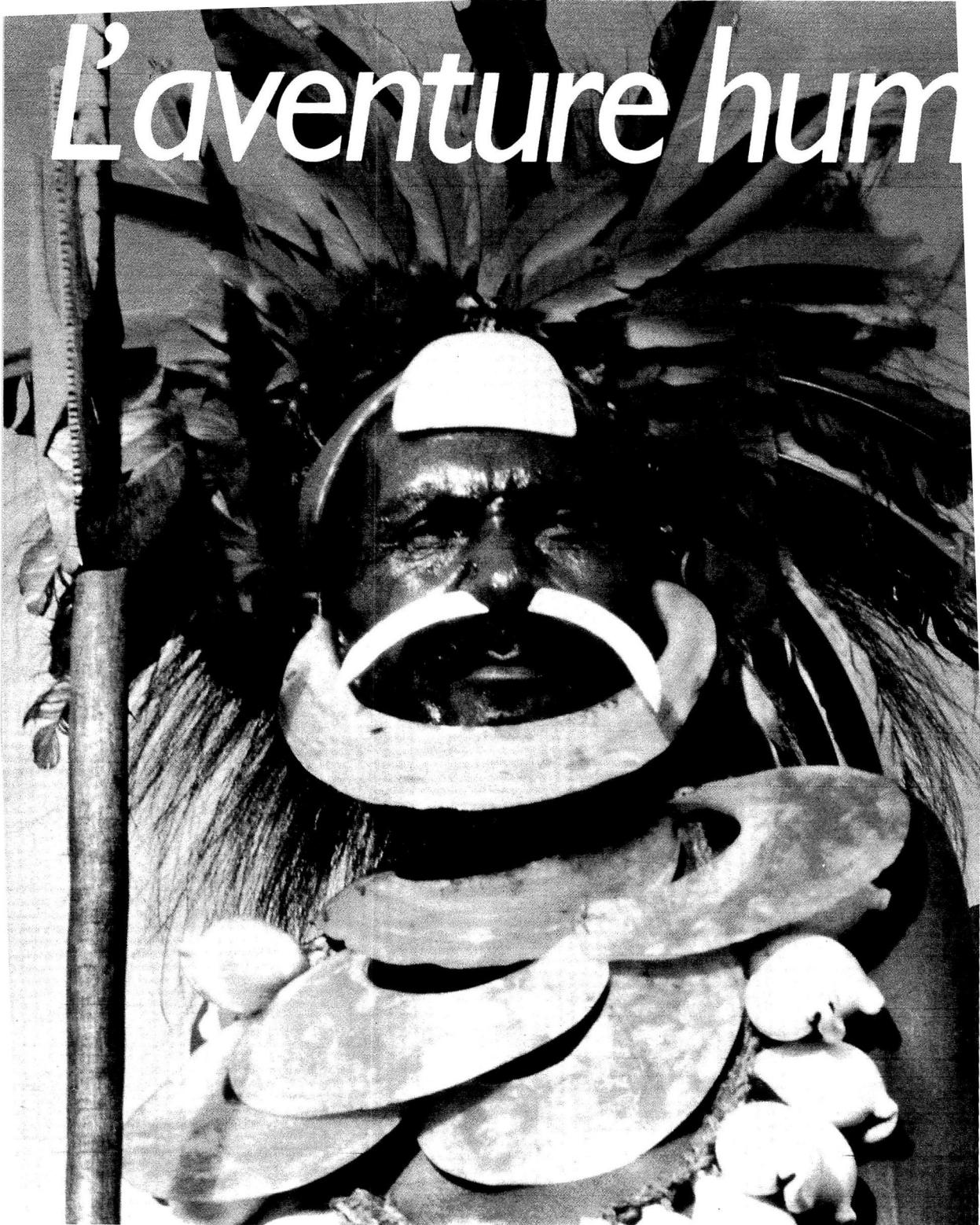
et Communication, les expos temporaires. Oui, la Cité va s'équiper, s'animer: centre de conférence, espace entreprise, maison des régions, boutiques. Ses 20 hectares accueilleront tous les curieux du monde,

ceux qui aiment l'entreprise et veulent réussir demain. La Cité est lancée, l'aventure ne fait que commencer. Ouverture de 14h à 20h. Fermé le lundi. Informations / renseignements : 40 05 72 72. Métro porte de la Villette. Minitel / Sevil : 36 15 91 77, tapez Sev ou Sevi.

 **cité des Sciences et de l'Industrie**

 la Villette

# L'aventure hum



**Sévil:**  
le magazine  
télématique  
de la Cité.



Parés pour l'aventure ? Alors, branchez votre Minitel ! Sur Sévil, découvrir est un jeu, l'aventure est collective. Ouvrez-vous le monde, Sévil vous connecte avec tous les découvreurs. Partez avec eux au cœur de la matière ou aux confins de l'univers. Puis tapez

# aïne en Minitel.

36 15 91 77  
Tapez SEV ou SEVI



MOTUS, et vous voilà sur le forum permanent.  
Mille voix s'y parlent librement. Envie de jouer ?  
Choisissez votre aventure: entrez dans la peau  
d'un animal, jouez les détectives privés, ou

confrontez-vous à d'autres joueurs dans des parties  
apocalyptiques à travers l'espace.  
Retour à la Cité. Visite anticipée ? Sévil vous pilote  
et vous ouvre déjà les portes. Bon voyage!

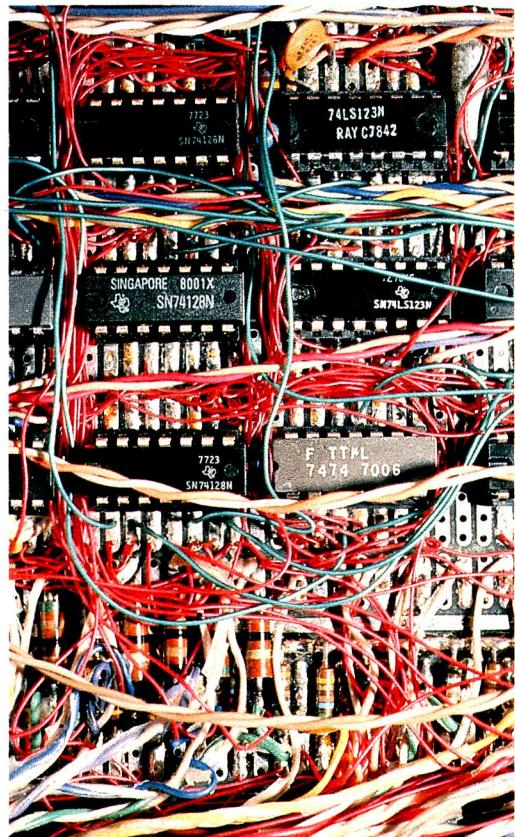
 **cité des Sciences et de l'Industrie**

la Villette

# L'ININTELLIGENCE ARTIFICIELLE

*L'avènement des "systèmes*

*experts" ne fera pas disparaître l'infranchissable différence qu'il y a entre le câblage d'une plaquette d'ordinateur et, par exemple, l'arc réflexe du cerveau humain : les connexions neuronales du second, ses transmetteurs chimiques, son interface biologique sont incomparablement plus capables de distinguer les nuances, ainsi que de se remodeler et d'apprendre du nouveau...*



**I**l existe désormais au monde des machines capables de penser, d'apprendre et de créer. Qui plus est, le champ de leurs possibilités est appelé à s'élargir à une cadence rapide jusqu'au jour où, dans un avenir qui n'est pas si lointain, la gamme des problèmes qu'elles seront à même de traiter équivaudra à celle que peut apprêter l'esprit humain.

Cette déclaration est de Herbert Simon, chercheur américain en intelligence artificielle, et date de 1957. Ce lauréat du prix Nobel prévoyait en outre qu'avant 1968, le champion du monde du jeu d'échecs serait un ordinateur, et qu'un nouveau théorème mathématique important serait découvert par un ordinateur.

L'histoire lui a donné tort, mais cette prophétie n'est pas isolée. Elle témoigne de la confiance absolue qui soutient l'intelligence artificielle depuis ses débuts. Cette confiance est liée à notre tendance à croire, *a priori*, que notre cerveau est semblable à un ordinateur.

Dans son livre *Du cerveau au savoir* John Searle rappelle à ce propos que le fonctionnement du cerveau a toujours été associé au tout dernier progrès technique. Ainsi dans sa jeunesse, dit-il, on en parlait comme d'un standard téléphonique. Au paravant Freud le comparait à des systèmes hydrauliques ou électromagnétiques, Leibnitz en parlait comme d'un moulin à vent, et on trouve chez les Grecs de l'Antiquité une référence à la catapulte.

On trouve aussi dès l'Antiquité, chez les philosophes, les prémisses de ce qui nous fait associer aujourd'hui le fonctionnement de l'esprit humain à celui d'un ordinateur. Platon explique par la bouche de Socrate dans le *Ménon*, que toute action sensée obéit à un ensemble de règles et de connaissances élémentaires.

Descartes entreprend de reconstruire sa pensée au moyen de règles explicites. Leibnitz associe un chiffre à tout concept. Kant analyse la morale et la "raison pure" et Hobbes écrit que le raisonnement n'est autre qu'un calcul. Les découvertes médicales, elles-mêmes, nous montrent un cerveau composé de cellules nerveuses élémentaires câblées entre elles (les neurones), et fonctionnant, comme un ordinateur, avec des échanges de courants électriques.

La tentation est donc grande de conclure que notre cerveau est une certaine forme d'ordinateur et que notre intelligence y est "programmée". Dans *Intelligence artificielle, mythes et limites*, Hubert Dreyfus nous met en garde contre ce préjugé, porteur selon lui des promesses et des désillusions rencontrées dans ce domaine. L'intelligence est un phénomène global qui mobilise l'ensemble de nos connaissances, et intervient dès le stade de la perception.

Ceci explique les limites rencontrées par les

chercheurs en intelligence artificielle dans les domaines faisant appel à la compréhension ou à la perception, comme la vision artificielle, les programmes de jeux et plus récemment les systèmes experts.

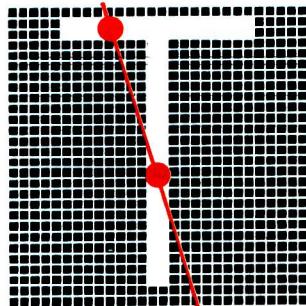
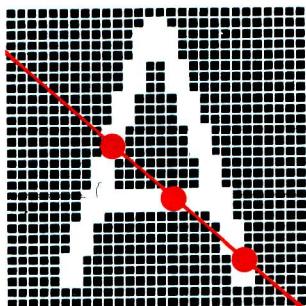
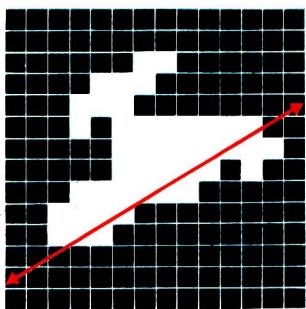
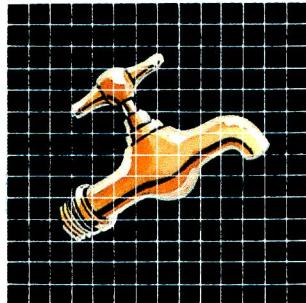
**La vision artificielle** permet au robot d'agir en fonction de ce qu'il voit. La télévision nous a montré récemment un robot capable de saisir un robinet posé sur un tapis roulant. Cette application permet d'assurer une tâche répétitive et ennuyeuse pour l'homme : attraper un robinet et le fixer sur un appareil. Il ne s'agit pourtant pas là de reconnaissance mais de mesures de la position et de l'orientation d'un objet connu qui apparaît en blanc sur fond noir (*voir dessin ci-dessus*).

L'ordinateur, relié à une caméra détermine la position centrale de la tache lumineuse, ainsi que l'orientation de sa plus grande direction. Le robot est ensuite programmé pour approcher sa pince perpendiculairement à cette orientation puis pour la serrer.

Ceci n'a pu être réalisé que parce que le programmeur savait à l'avance qu'un robinet serait posé à plat, à une distance connue. Il a conçu une méthode permettant, dans ce cas précis, de déterminer son orientation à partir de l'image reçue. De même le programmeur a déterminé le mouvement de la pince capable de saisir l'objet.

Si, à la place du robinet, on plaçait une souris blanche, on verrait notre robot répéter son geste inutilement et la souris décamper.

Un autre exemple tout aussi significatif concerne des textes imprimés. Le problème, dans ce cas, est de reconnaître des lettres et des chiffres imprimés sur une feuille de papier (*voir dessin ci-contre*). L'ordinateur



doit auparavant avoir en mémoire le dessin de chaque caractère qui peut être utilisé. L'une des solutions consiste à tracer successivement des droites de position et d'orientation différentes sur chaque caractère, et de compter les intersections entre chaque droite et le caractère analysé. La séquence des nombres d'intersections permet de "désigner" le caractère parmi l'ensemble des possibilités.

Par exemple pour distinguer le A du T on observe que le nombre d'intersections entre le caractère et une droite oblique peut atteindre 3 dans le cas du A, et seulement 2 dans le cas du T. Pour distinguer un U et un V, un traitement supplémentaire est effectué pour tester la concavité du pied du caractère.

La vision artificielle ou traitement d'image ne donne donc des résultats que si l'ensemble des conclusions possibles est connu d'avance. La reconnaissance de caractères manuscrits par exemple n'est pas opérationnelle car il faudrait

faire appel à la reconnaissance globale des mots et au sens du texte pour lever certaines ambiguïtés. La vision d'un ordinateur n'en est donc pas une, au sens où nous l'entendons habituellement. Elle n'a d'ailleurs aucune ressemblance avec la façon dont procède l'esprit humain.

Pour en donner un aperçu, prenons l'exemple d'un problème très quotidien : chercher un siège libre dans une pièce. Un siège ne peut être défini ni par sa forme, ni par sa composition qui varient d'un modèle à l'autre. Ce qui le caractérise pour nous, c'est sa fonction, et celle-ci est très humaine. Pour reconnaître un siège, l'ordinateur devrait connaître la nécessité, pour l'homme, de s'asseoir, ainsi que les diverses façons de s'asseoir. Pour cela il lui faudrait connaître l'articulation particulière des jambes sans laquelle la notion de siège n'existerait pas plus que pour des flamants roses. Nos sièges seraient également sans intérêt si, comme les aborigènes australiens ou comme les anciens Japonais, nous nous assayions et avions nos tables à même le

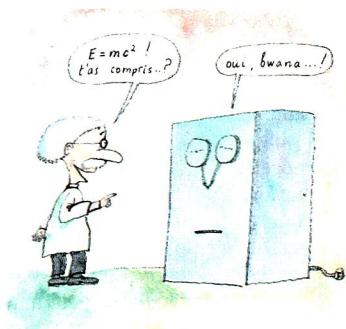
## COMMENT DIALOGUER AVEC VOTRE MICRO-ORDINATEUR

Il est possible pour un débutant de créer en quelques lignes de Basic un programme capable de dialoguer avec lui, c'est-à-dire de répondre à ses questions, et d'enregistrer ses déclarations.

Un exemple de dialogue est reproduit ci-dessous. Les questions de l'opérateur sont imprimées en caractère romain et les réponses de l'ordinateur en italique.

- Comment être toi.
- Moi être métallique.
- Toi être bête.
- Ok.
- Comment être toi.
- Moi être métallique et moi être bête.
- Qui être intelligent.
- Toi être intelligent.
- Que trouver Einstein.
- Einstein trouver  $E = mc^2$ .
- Comment réfléchir toi.
- Moi réfléchir vite.
- Que comprendre toi.
- Moi ne comprendre rien.
- Alors que répondre toi.
- Moi répondre bêtement ce qu'on a dit avant.

Le dialogue évolue librement selon les questions et les affirmations introduites. Il est cependant nécessaire de n'introduire que des phrases comprenant un sujet, un verbe (utilisé à l'infini-  
tif), puis un complément. Le programme distingue les affirmations des questions du fait que ces dernières contiennent un pronom interrogatif



comme "qui", "que", "quoi", ou "comment". Les questions provoquent une recherche parmi les connaissances déjà enregistrées, puis une réponse. Les affirmations sont ajoutées aux connaissances.

Chaque phrase introduite est transformée : les pronoms interrogatifs sont remplacés par un point d'interrogation, et les articles, les pronoms et les adverbes, dont la liste doit être donnée, sont associés au nom qui les suit et ignorés dans les questions. Les "moi" et les "quoi" ou "comment" sont retournés par le programme.

Avant le dialogue précédent, les déclarations suivantes ont été faites à l'ordinateur :

- Einstein trouver  $E = mc^2$ .
- Moi être intelligent.

- Toi être métallique.
- Toi réfléchir vite.
- Toi ne comprendre rien.
- Toi répondre bêtement ce qu'on a dit avant.

Ces affirmations sont stockées dans l'ordinateur de la façon suivante :

Sujet	Verbe	Suite
Einstein	trouver	$E = mc^2$
toi	être	intelligent
moi	être	métallique
moi	réfléchir	vite
moi	ne comprendre	rien
moi	répondre	bêtement

ce qu'on a dit avant

Lorsque l'on pose la question "Alors que répondre toi", le programme détecte la présence de "que", il considère donc que c'est une question. "Alors" figure dans la liste des mots qui peuvent être éliminés.

La phrase est ensuite retournée car elle commence par "que", et "toi" est remplacé par "moi". La question est donc devenue :

moi répondre ?

Le programme recherche dans ses connaissances et trouve :

moi	répondre	bêtement
-----	----------	----------

ce qu'on a dit avant

Comme cette connaissance contient tout les éléments déterminés de la question, elle est donnée comme réponse.

sol. C'est encore notre culture qui nous rappelle comment reconnaître une chaise pliante.

Ainsi, lorsque nous reconnaissions un objet, nous le faisons inconsciemment, et nous n'analysons pas chaque parcelle de lumière reçue par notre œil. Les mécanismes de cette reconnaissance nous sont encore inconnus. Certains malades souffrant d'aphasie (maladie due à une lésion de l'hémisphère cérébral gauche qui entraîne une perte totale ou partielle de la compréhension du langage, ou de la parole) ont en plus perdu la faculté d'identifier les choses d'emblée, dès le stade de la perception. Ces malades sont alors obligés, comme les ordinateurs, d'identifier les objets au moyen de critères explicites, avec des listes de contrôles des points à vérifier. Cette identification est si difficile que les victimes de cette lésion sont incapables de se débrouiller dans la vie courante.

L'impossibilité de percevoir globalement une forme est bien la limite sur laquelle butent encore nos techniques, même si les améliorations apportées à des recettes particulières donnent l'illusion que le but sera bientôt atteint.

**La programmation des jeux** montre également cette différence fondamentale entre l'homme et l'ordinateur. L'ordinateur gagne dans certains jeux, comme le jeu de "dames" ou le "backgammon", car il peut recenser méthodiquement toutes les possibilités. Ainsi rien ne peut lui échapper même s'il perd un temps considérable à envisager tous les coups même les plus bêtes.

Mais si le nombre de possibilités dépasse les capacités de calcul de la machine, comme aux échecs, l'homme reste le champion. Un programme de jeu d'échec, "MacHack", a examiné 26 000 possibilités lors d'un tournoi. Un joueur humain peut cependant triompher contre ce programme alors qu'il n'est capable d'examiner, au plus, qu'une centaine de possibilités. Tout simplement, parce que certaines indications se dégagent de sa vision d'ensemble du jeu et attirent son attention sur certains secteurs riches de possibilités ou de menaces.

Cette conscience immédiate d'un ensemble de choses nous évite des descriptions détaillées. Elle nous permet, lorsque l'on regarde une maison, de la voir en profondeur, et nous fournit spontanément tout ce qui se trouve derrière sa façade. Nous comprenons la maison. Si une belle femme se trouve à l'un des balcons, nous la voyons immédiatement tandis qu'un ordinateur ne pourrait la voir qu'au cours d'un inventaire général de tous les balcons.

La perception d'une chose est liée à sa compréhension, elle-même liée à nos connaissances antérieures. Ceci explique les difficultés que nous rencontrons quelquefois pour percevoir les choses que nous ne pouvons pas relier à notre patrimoine

culturel.

Dans le domaine scientifique par exemple, les savants, comme Einstein et bien d'autres aux noms aujourd'hui tout aussi prestigieux, ont souvent rencontré l'incredulité autour d'eux. Galilée a même été condamné pour avoir dit que la terre tournait, idée unacceptable pour les mentalités de l'époque.

De même l'état-major français a refusé de croire les premiers rapports des pilotes qui signalaient, en 1940, l'irruption des blindés allemands au travers des Ardennes, car chacun "savait" que les blindés ne pouvaient pas passer par là.

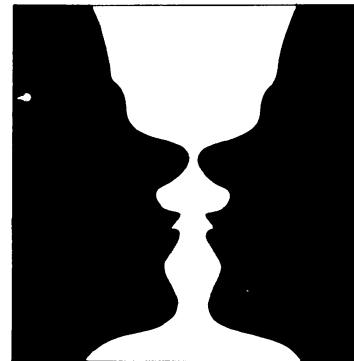
Nous ne pouvons emmagasiner des informations nouvelles que si nous pouvons les relier à nos précédentes connaissances. Ainsi, nous éprouvons les pires difficultés pour retenir une phrase de chinois sans la comprendre.

On peut encore illustrer ce problème par la **figure ci-dessus**. Elle peut être comprise de deux façons ; lorsque nous l'avons interprétée d'une façon, nous continuons à la voir de cette façon-là, et il nous faut faire un effort pour la voir autrement.

**Les systèmes experts.** Les liens entre la connaissance acquise et toute activité de compréhension, ou de perception ont conduit à rechercher les moyens de représenter et de stocker ce que nous savons. Ces recherches ont abouti à une nouvelle génération de programmes : les systèmes experts. Ils sont capables de stocker des connaissances et de les utiliser afin de reproduire le raisonnement d'un expert humain. Ils peuvent effectuer des diagnostics, ou prendre des décisions à partir d'un ensemble de symptômes ou de faits.

Ils constituent donc de formidables outils de diffusion des connaissances, et toute personne ayant attendu plusieurs heures une consultation de quelques minutes à l'hôpital comprendra l'intérêt d'un système expert médical que l'on pourra consulter chez soi pendant la cuisson du repas.

Leur champ d'application est très vaste et nous assistons actuellement à une véritable explosion du nombre des systèmes experts, qui se comptent déjà par centaines. Une telle diffusion est rendue possible par l'apparition de nouveaux langages, désignés comme ceux de l'"intelligence artificielle". Il s'agit principalement de Lisp, conçu aux Etats-Unis, et de Prolog, conçu en France et utilisé par les Japonais dans leurs projets d'ordinateur de cin-



quième génération. Une version de Prolog coûte 2 000 F, et elle peut fonctionner sur un micro-ordinateur compatible IBM-PC. Il existe même un micro-ordinateur (il s'agit du Futursys) qui pour un peu plus de 4 000 F fonctionne avec un langage qui n'a rien à envier à Prolog ou à Lisp si ce n'est son prix !

C'est en médecine que l'on trouve le système expert le plus connu : "Mycin". Il est conçu pour diagnostiquer les infections du sang et les méningites. Dans ce domaine, les spécialistes disposent de systèmes de détermination comportant un grand nombre de tests bactériologiques pour caractériser les germes. L'emploi d'un système expert est d'autant plus facile que les classements de germes sont souvent établis en fonction de leur résultat (résistance ou pas) à des séries de tests. Ainsi les bactéries "Gram +" sont celles qui se laissent colorer par la solution du bactériologiste danois Gram.

Ce système expert utilise des connaissances appelées règles. Par exemple, règle n° 85 : si le site de la culture est le sang, si le test de Gram est négatif, si l'organisme se présente au microscope sous la forme d'un bâtonnet, si le patient est un hôte susceptible d'être contaminé, alors il y a de fortes chances que l'infection soit due à un *Pseudomonas-aeruginosa*.

Plus généralement, tous les problèmes de diagnostic peuvent être traités de cette façon. Ainsi, un système de diagnostic des maladies de la tomate a été réalisé par l'INRA (Institut national de la recherche agronomique).

Ce système appelé Tom résulte des travaux accomplis depuis 1983, et l'INRA envisage son utilisation sur Minitel, ainsi qu'une version vidéodisque capable d'associer une image explicative à chaque question.

Des découvertes minières ont aussi été faites avec l'aide de systèmes experts en géologie qui aident à déterminer l'éventualité et la position probable d'un gisement. D'autres systèmes localisent des pannes en électronique, ou déterminent la nature des molécules chimiques à partir de leur spectroscopie (mesures d'absorption de la lumière selon la longueur d'onde).

On trouve aussi de ces systèmes spécialisés dans le renseignement juridique. Les réalisations de la faculté de droit de Montpellier permettent d'informer une personne sur des problèmes du

droit de licenciement, ou du droit régissant la nationalité française. Outre ces activités de diagnostic on utilise des systèmes experts pour jouer au bridge, piloter des robots et bientôt des engins militaires. On s'en sert aussi pour la CAO (conception assistée par ordinateur), pour la surveillance automatique contre le vol, ou la surveillance médicale.

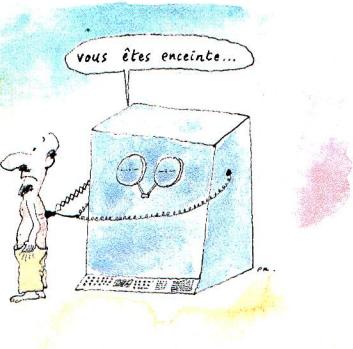
Malgré toutes ces potentialités, on rencontre encore les mêmes limites : un système expert doit connaître au départ la liste de tous les critères et de toutes les conclusions possibles. C'est pour cela que, contrairement à un expert humain, l'efficacité d'un système cesse brutalement dès que l'on sort de son domaine de compétence ou qu'un cas nouveau apparaît.

Un des exemples les plus révélateurs de l'opportunité d'un système expert, est celui développé par EDF. Ce système est capable de diagnostiquer la présence ou de l'absence de corps errants dans les centrales nucléaires. Ces corps errants sont des morceaux généralement métalliques qui sont entraînés dans les circuits primaires de refroidissement. Ils sont dus à la dégradation de structures, à des boulons qui se détachent, et parfois même à des outils oubliés lors de précédentes interventions. Ils provoquent des choc mécaniques, et des appareils sont installés pour mesurer ces ondes de choc en différents points.

Mais ces appareils enregistrent de la même façon d'autres bruits tout à fait anodins dus à des manœuvres d'exploitation, à des vibrations, ou à des variations de température, (dilatation et contraction peuvent donner effectivement lieu à des craquements sans aucune gravité). Les erreurs d'interprétation coûtent cher, soit parce qu'elles entraînent à tort l'arrêt et le démontage des circuits de la centrale, soit au contraire parce qu'on laisse circuler des corps errants qui provoquent des dégâts importants.

En cas de bruits suspects, les mesures enregistrées en différents points doivent donc être analysées afin de déterminer leur cause et de savoir si on doit ou non démonter les circuits. Encore faut-il déterminer quelles mesures faire, et avec quels appareils. Ceci fait, il faut encore déterminer sur quels critères regrouper les informations recueillies et l'origine des chocs déclenchés.

Pour répondre, on s'est d'abord adressé à des personnes connaissant bien la question. Aucun ordinateur n'aurait pu faire ce travail dans l'état actuel des techniques. Après avoir trouvé dans plusieurs centrales nucléaires la cause de ces bruits suspects, un certain nombre de personnes ont acquis une compétence pratique : elles sont devenues des experts de cette question selon la définition du *Petit Larousse* (« fort versé dans la connaissance d'une chose par la pratique »).



- Feuilles **opposées** (sauf parfois dans le haut des tiges ou des rameaux), c'est-à-dire feuilles disposées par deux, attachées sur la tige au même niveau, en face l'une de l'autre. .... 813



Les figures ci-dessus représentent des exemples de feuilles opposées

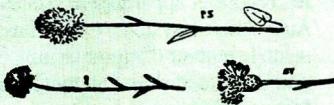
*Remarque.* — Il se développe assez souvent à l'aisselle des feuilles opposées de petits rameaux feuillés qui pourraient faire croire que les feuilles sont groupées en grand nombre au même niveau sur la tige et non opposées par deux seulement ; mais en regardant avec attention à la base de ce groupe de feuilles, on distingue très bien les deux feuilles opposées.

- Feuilles **verticillées**, au moins vers le milieu des tiges, c'est-à-dire feuilles attachées au même niveau sur la tige par 4, 5, 6 ou même plus, et régulièrement disposées tout autour de cette tige.... 818



Les figures ci-dessus représentent des exemples de feuilles verticillées.

- Feuilles **alternes**, c'est-à-dire feuilles attachées une par une sur la tige à des niveaux différents. .... 819



Les figures ci-dessus représentent des exemples de plantes à feuilles alternes.

- Feuilles **groupées**, c'est-à-dire feuilles attachées sur la tige, par 2 ou plus, au même niveau, mais disposées à ce niveau d'un seul côté de la tige.... 819

- Feuilles **toutes à la base** de la plante. .... 819

*Remarque.* — Si la plante présente à la fois des feuilles alternes et des feuilles opposées ou à la fois des feuilles alternes et verticillées, on peut prendre l'une ou l'autre question ; dans les deux cas, on arrivera au nom de la plante.

- Les petites fleurs dont l'ensemble forme la floraison composée sont plus grandes sur le pourtour et **rayonnent** tout autour de la fleur composée (exemple : figure COL). .... 814



— Les fleurs dont l'ensemble forme la fleur composée ne **rayonnent pas** tout autour de la fleur composée..... 815

— 207 —

— 813  
(vient de 812).

Mais les bruits suspects se répétant souvent et partout, et les experts d'EDF ne pouvant répondre à la demande, un système expert est actuellement développé. Il pourra être utilisé par les exploitants des centrales.

Pour le mettre au point, les experts ont d'abord dû révéler leurs secrets et expliquer méticuleusement des opérations devenues, à la longue, des réflexes. Les connaissances de chacun exprimées, elles ont été enregistrées sous forme de règles composées d'une ou plusieurs conditions, et d'une ou plusieurs conclusions. Voici un exemple :

● Première règle :

- Si on observe des impulsions en fond de cuve ;
- si leur taux de coïncidence (entre les différents points de mesure) est supérieur à 80 % ;
- si la répartition des impulsions dans le temps est aléatoire ;

Alors la situation en fond de cuve est anormale.

● Deuxième règle :

- Si la situation en fond de cuve est suspecte ;
- si les impulsions sont périodiques ;
- si la fréquence des impulsions est comprise

acta aide à la reconnaissance des mauvaises herbes des grandes cultures  
estee Système-expert Ivraie expertise : P. Psarski  
LA MAUVAISE HERBE EST-ELLE ?  
1=D'UNE GERMINATION  
2=D'UN ORGANE SOUTERRAIN (RHIZOME, RACINE TUBERISEE, TUBERCULE) DU D'UN ORGANE AERIEN RAMPANT ET S'ENRACINANT A CHAQUE NOEUD  
3=VOUS NE SAVIEZ PAS  
VOTRE CHOIX ... [ENVOI]  
ou [SUITE] pour les questions suivantes  
Selon que vous êtes sûr de votre réponse ou que vous hésitez, répondez par ex. :  
1x100 : oui, j'en suis sûr  
1x00 : non, vraiment non !  
1x70 : plutôt oui, mais...  
1x50 : sans doute non  
3 : je ne sais pas vraiment pas !  
2 : pas de doute, c'est cela.  
[ESOMMAIRE] FIN DE CONSULTATION LIAISON TTY MAJ+MIN+CTL

acta aide à la reconnaissance des mauvaises herbes des grandes cultures  
estee Système-expert Ivraie expertise : P. Psarski  
LA PLANTE PARAIT-ELLE ISSUE ?  
1=D'UNE GERMINATION  
2=D'UN ORGANE SOUTERRAIN (RHIZOME, RACINE TUBERISEE, TUBERCULE) DU D'UN ORGANE AERIEN RAMPANT ET S'ENRACINANT A CHAQUE NOEUD  
3=VOUS NE SAVIEZ PAS  
VOTRE CHOIX ... [ENVOI]  
ou [SUITE] pour les questions suivantes  
La brochure décrivant l'ensemble des 149 mauvaises herbes des grandes cultures est disponible auprès de :  
ACTA-Diffusion  
149 rue de Bercy  
75555 Paris Cedex 12  
[ESOMMAIRE] FIN DE CONSULTATION LIAISON TTY MAJ+MIN+CTL

acta aide à la reconnaissance des mauvaises herbes des grandes cultures  
estee Système-expert Ivraie expertise : P. Psarski  
LES FEUILLES SONT-ELLES DIVISEES EN SEGMENTS ?  
1=ETROITS OU ETROITS ET DENTES  
2=LARGES ENTiers  
3=LARGES DENTES, CRENELES, OU LOBES  
4=LARGES DENTES, CRENELES, OU LOBES  
5=VOUS NE SAVIEZ PAS  
VOTRE CHOIX ... [ENVOI]  
ou [SUITE] pour les questions suivantes  
[ESOMMAIRE] FIN DE CONSULTATION LIAISON TTY MAJ+MIN+CTL

## DES "FLORES" AUX SYSTÈMES EXPERTS

Cette page, à gauche, est tirée de la flore de Gaston Bonnier permettant d'identifier les fleurs françaises. Son contenu ressemble à celui d'un système expert. En face de chaque numéro, on trouve une question dont les différentes réponses orientent vers d'autres numéros. A droite, le système expert Ivraie utilisé pour l'identification des mauvaises herbes. Il élimine, au fur et à mesure des réponses, les plantes ou les questions devenues sans objet.

"suspecte") et si les impulsions sont périodiques, le système va utiliser la règle ci-dessus et demander à l'utilisateur la fréquence des impulsions. Si celui-ci répond 10 hertz, il verra s'afficher "phénomène doigt de gant probable" et d'autres questions seront aussitôt posées pour tenter de confirmer cette hypothèse.

Ce système fournit donc d'abord un diagnostic pour des situations connues et étudiées mais a aussi un intérêt pédagogique : il explique comment il arrive à ses conclusions. Il permet même à un expert de vérifier son propre raisonnement. Il fonctionne actuellement sur un micro-ordinateur "Lisa" d'Apple, et a été programmé dans le langage "Prolog".

La nouveauté apportée par les systèmes experts, c'est donc la séparation des programmes et des connaissances. Classiquement, une application informatique comprend un ou plusieurs programmes, et des données introduites par l'utilisateur. Avec les systèmes experts, les connaissances sont définies séparément du programme.

En plus de cette base de connaissances, le système expert comprend un programme appelé "moteur d'inférence", ce qui signifie qu'il s'agit d'un programme capable de tirer une conséquence d'un fait. Ce moteur infère à l'aide des règles de la base de connaissances, qu'il est chargé d'utiliser au mieux.

La division du programme en deux parties, d'un côté les règles de connaissances, et de l'autre le moteur d'inférence, introduit donc un niveau supplémentaire entre l'ordinateur et l'utilisateur. Chaque niveau est généralement réalisé par une société différente. Le hasard peut donc associer un système expert espagnol à un moteur d'inférence allemand écrit avec le langage français "Prolog", et fonctionnant sous le système d'exploitation (programme qui gère l'ordinateur) américain MS-DOS. Rien n'empêche d'utiliser ensuite un ordinateur japonais, par exemple.

Pour bien comprendre le fonctionnement d'un système expert, il est intéressant de connaître ce qui, bien avant l'arrivée des ordinateurs, leur correspondait déjà : les "flores" (*voir encadré page 21*). Ces livres utilisés pour la détermination des espèces végétales contiennent plusieurs centaines de pages et un grand nombre de questions. Chaque question porte sur une caractéristique précise de la plante et nécessite de

choisir parmi un nombre limité de réponses possibles. Chaque réponse renvoie à un endroit particulier du livre, que l'on parcourt de question en question pour déterminer finalement sa plante.

Ceci n'est qu'une forme de système expert manuel qui ne contient que des règles. Le moteur d'inférence, c'est le lecteur qui à l'aide des instructions fournies doit lui-même tourner les pages vers les bonnes questions puis vers la solution. On s'aperçoit vite qu'un tel système est fastidieux mais il a bien sûr le mérite d'avoir précédé les ordinateurs.

Les systèmes experts permettent de gérer librement les connaissances ; on peut entrer, modifier, et supprimer les règles dans n'importe quel ordre ; les réponses apparaissent d'elles-mêmes à l'écran. Ainsi dans un système expert faisant office de flore, selon le moteur d'inférence utilisé, il est possible ou non de caractériser une même plante de plusieurs façons différentes.

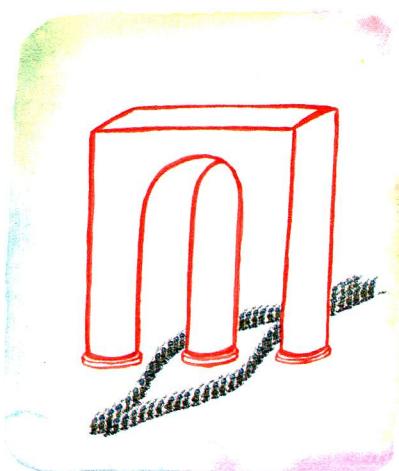
Il est aussi possible de ne plus répondre aux questions uniquement par "oui" ou par "non" mais par une réponse mitigée de type "oui à 80%", le système envisage alors plusieurs solutions qui sont ensuite présentées par ordre de probabilité décroissante.

Un tel système est actuellement développé par l'ACTA (Association de coordination technique agricole). Ce système a été réalisé à partir d'une brochure décrivant les mauvaises herbes les plus courantes. Chaque plante, qui occupe une page de la brochure, est introduite dans la base des connaissances au moyen de quelques règles (entre une et trois actuellement) composées de la liste des critères qui la caractérisent.

Par ailleurs, chaque critère est décrit indépendamment, avec le libellé exact de la question qui lui correspond et la liste des réponses que pourra donner l'utilisateur.

L'un des critères utilisés est par exemple le nombre de divisions des premières feuilles de la plante. Il est défini de la façon suivante :

- Nom du critère : Divisions
- Question posée à l'utilisateur : Combien y a-t-il de divisions sur les premières feuilles ? (Les précisions données à l'utilisateur ne sont pas limitées. On peut prévoir à cet endroit un véritable cours de botanique en indiquant des informations complémentaires sur chaque critère demandé.)
- Liste des réponses permises : 0, 3 ou 5. (Ceci



# PLUS BELLE DE LOIN QUE DE PRÈS

*de si près qu'ils n'ont vu ni la chevelure ni le noyau. Reste une chance de l'admirer début avril pour les piétons de l'hémisphère nord. Et encore un bon mois pour ceux de l'hémisphère sud (¹).*

**N**dravstvouï i prochtaï (en russe : Bonjour et au revoir). C'est ce qu'ont dit à la comète de Halley les spécialistes soviétiques et étrangers réunis à l'Institut de recherches spatiales (IKI) de Moscou après avoir reçu, les 6 et 9 mars derniers, les centaines de photos du noyau prises à bout portant par les sondes Véga 1 et 2.

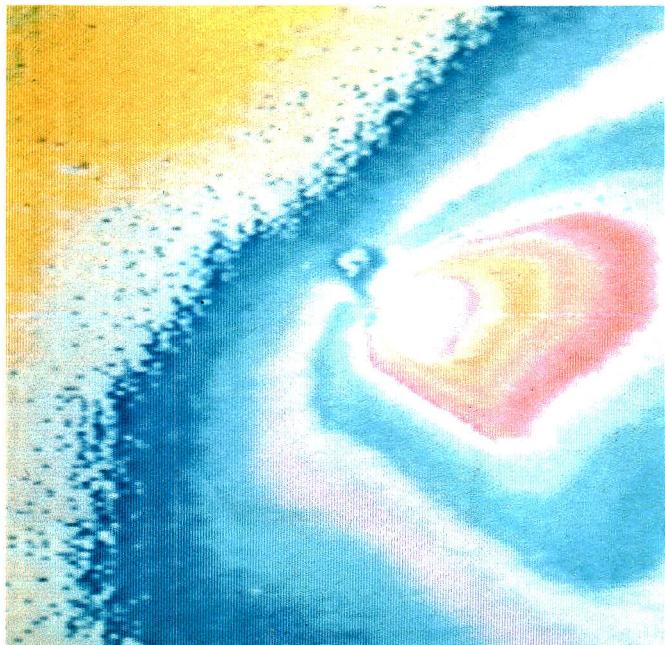
Alors que la Terre était éloignée de 170 millions de kilomètres, les deux sondes soviétiques ont frôlé à 8 200 km de distance le noyau de la comète, à la vitesse de 288 000 km/h ! Elles ont pu établir que le noyau de Halley perdait chaque seconde 10 tonnes de vapeur d'eau et 5 de poussière. On attendait 10 fois plus de poussière. Les capteurs des deux Véga n'en ont pas moins enregistré jusqu'à 5 000 chocs par seconde et par décimètre carré en passant dans un jet de poussière. Les panneaux solaires de Véga 1 ont été érodés au point de perdre 45 % de leur capacité, et ceux de Véga 2, davantage encore. La poussière forme une sorte de cocon "chaud" (57° K) de 1 à 5 km d'épaisseur dans lequel flotte le noyau, plus "froid", de 11 km de long × 7 de large.

Ce cocon très dense semble être alimenté par un violent jet de fines particules de glace et de poussière dirigé vers le Soleil (voir les documents 1 et 2). Les mesures chimiques permettent une distinction entre les poussières riches en éléments lourds (avec une masse atomique atteignant 28), et d'autres en éléments légers (hydrogène soufré). Les particules de poussière les plus fines (un trillionième de gramme !) se mêlent aux vents solaires qui étirent la queue de plasma sur des millions de kilomètres. Il semblerait que le noyau, dont on n'a pu délimiter les contours, soit animé d'un mouvement de rotation d'un tour toutes les 48 heures.

(suite du texte page 25)

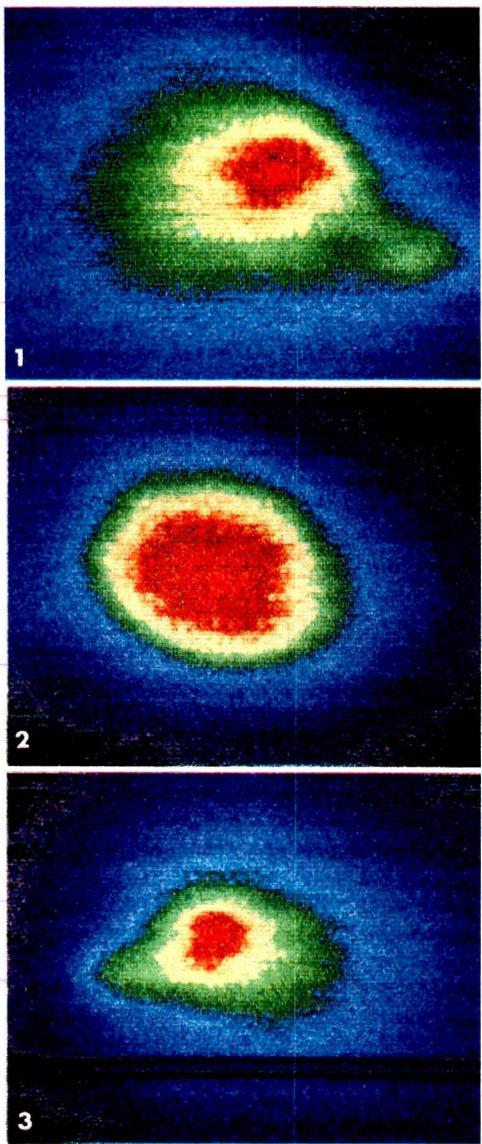
(1) Voir notre concours photo p. 150.

*Les deux sondes Véga soviétiques et la sonde Giotto ont photographié la comète de Halley en fausses couleurs*



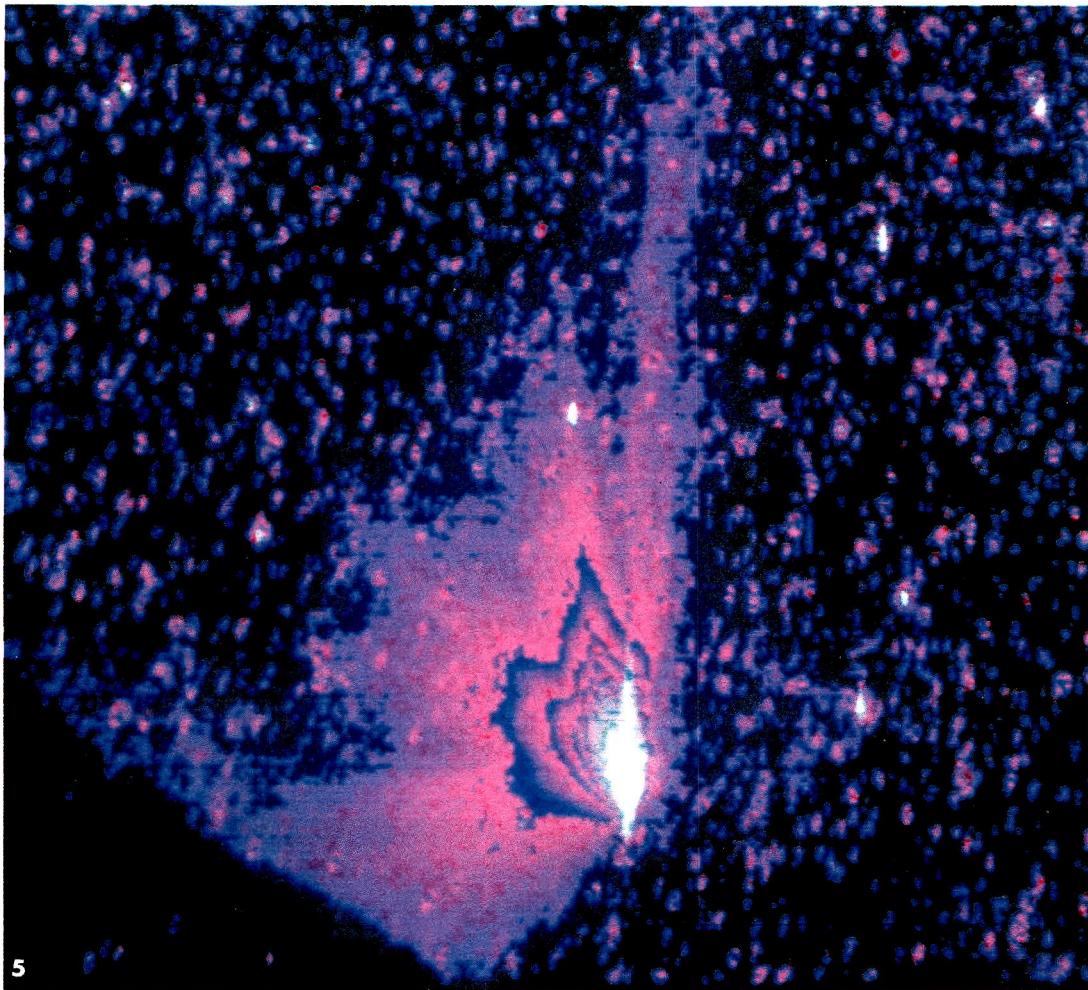
Cette image de la comète prise par Giotto à 570 km de distance dans l'infrarouge visible a été traitée en fausses couleurs pour mettre en évidence les densités croissantes de poussière entourant le noyau. Du jaune au rouge, la différence de densité est de 50. À cette échelle, on s'aperçoit que la production de poussière est très intense du côté du Soleil (en haut à droite), ce qui est normal puisque c'est cette face du noyau qui fond.

PAR J.-R. GERMAIN



### HALLEY VUE PAR VÉGA 1 DANS L'ESPACE À 8 930 km...

1. Cette vue a été prise par *Véga 1* le 6 mars juste avant le passage au plus près du noyau. La coloration du bleu au rouge indique des densités croissantes du rayonnement infrarouge. On distingue à droite une protubérance due probablement à un jet de poussière.
2. *Véga 1* survole Halley à 8 930 km d'altitude. La vue couvre une zone de 20 km. La partie la plus brillante correspond à 7 km de diamètre dans la direction horizontale. Comme on ne distingue aucune structure organisée dans la région la plus intense (en rouge), on pense que le noyau est enrobé dans un cocon de poussière.
3. Après le survol, la perspective a changé. On distingue un jet de gaz dans la partie centrale.



(suite de la page 23)

## ...ET PAR LE TÉLESCOPE DE L'ESO DEPUIS LA TERRE À 200 MILLIONS DE km

### 4. L'observatoire sud européen (ESO)

de La Silla, au Chili, a pris cette photo de la comète de Halley le 27 février dernier à l'aide d'une caméra à grand champ. La queue, qui s'étire sur 50 millions de kilomètres, s'étend sur 15° dans le ciel. Elle montre (du blanc au rouge) les concentrations croissantes d'ions positifs de CO. On distingue plusieurs courants près de la tête de la comète. La queue devient de moins en moins dense au fur et à mesure que les ions se dispersent dans l'espace.

5. Le 22 février dernier, la comète était à 209 millions de kilomètres. Ce document unique, obtenu en superposant 6 clichés différents pris par l'ESO, montre qu'elle possède un système complexe de queues avec au moins 7 éléments ! Les deux queues ioniques pointent vers l'ouest (ici en haut). Les autres, orientées vers le nord et le nord-ouest, sont constituées de poussières émises par le petit noyau, invisible ici. C'est la première fois qu'une telle structure est mise en évidence. La queue ionique couvre 6 degrés et s'étend sur 22 millions de kilomètres.

Dans leur approche de la comète, les deux sondes ont enregistré une onde de choc avec les vents solaires particulièrement riches en protons. Au plus près du noyau, alors qu'on ne pensait pas en enregistrer, le champ magnétique atteint 75 nanotesla, ce qui est quand même très faible !

Les 8 et 10 mars, les sondes japonaises *Sakigake* et *Suisei* passaient respectivement à 7 millions et 160 000 km de la comète, où ils détectaient une couronne d'hydrogène d'un million de kilomètres de diamètre, ce qui était attendu des spécialistes.

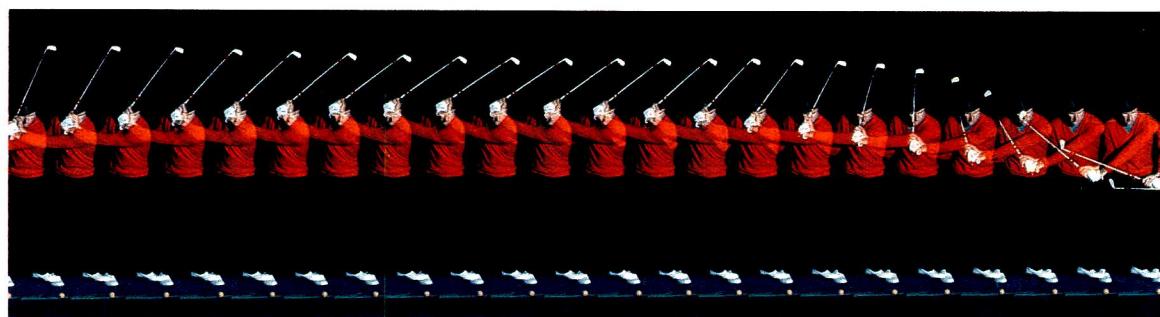
Pour sa part, *Giotto* est passé à 570 km de la comète, comme prévu, dans la nuit du 13 au 14 mars. A l'inverse des Vega, il aurait "vu" le noyau, une boule noir-velours constituée de glace et de poussière de carbone, avec à sa surface des cratères et des pics.

En attendant, les Terriens pourront essayer de l'observer une dernière fois, le soir, dans l'hémisphère nord, fin-mars début avril, et jusqu'à la fin-mai dans l'hémisphère sud au lever et au coucher du Soleil.

Jean-René Germain

# L'AÉRONAUTIQUE DES BALLES

*de golf n'a rien d'un planeur, mais on sait tout de même qu'elle est sensible au vent. A y regarder de plus près, sa trajectoire est pourtant complètement dépendante de l'air et relève des mêmes lois de l'aéronautique que le décollage d'un avion ou la descente d'un parachute. Un bon joueur, que ce soit au golf, au tennis ou au base-ball, est celui qui sait le mieux utiliser la mécanique des fluides.*



**S**i demain l'atmosphère qui entoure la Terre s'évaporait dans l'espace sans que les êtres vivants en soient trop gênés, la première conséquence visible serait la soudaine absence de tout ce qu'on voit en l'air d'habitude : des mouches, des frelons, des hélicoptères, des pigeons, des cigognes ou des avions ; seules les fusées continueraient à partir dans l'espace. Mais il y aurait aussi un autre effet assez vite repérable : tous les champions consacrés des sports de balle tomberaient de leur piédestal car, sans air, un ballon ne vole pas non plus.

Or le tennis, le golf, le football, sans parler du badminton, sont tous des jeux basés sur des trajectoires de balle où la résistance de l'air et la portance jouent un rôle tout aussi essentiel que dans l'ascen-

sion d'un planeur.

Cela dit, il est vrai, des astronautes sur la Lune pourraient très bien jouer au basket ou au ping-pong, mais à condition de reprendre l'apprentissage à zéro avec des gestes complètement différents, et le champion ne ferait pas mieux que le néophyte — vu la persistance des gestes acquis, il serait même très rapidement surclassé par n'importe quel enfant partant en même temps que lui.

Le fait paradoxal, c'est qu'on n'a jamais vu des ailes sur une balle de tennis, et pourtant elle vole dans l'air au même titre qu'une alouette ou un avion en papier ; en fait, c'est plutôt le dernier modèle qui est le plus juste, car une balle n'a pas de moteur. Bien sûr, la première chose à laquelle se frotte une balle qui quitte la raquette ou la canne de golf, c'est la ré-

sistance de l'air ; celle-ci ralentit très vite sa vitesse de progression et la fait retomber plus vite au sol que si elle était lancée dans le vide. Mais cette résistance est la même que celle à laquelle se heurte un cycliste par vent de face, et elle limite de même la vitesse des voitures ou des trains : nous ne sommes pas encore dans le domaine de l'aéronautique comme avec les balles de golf ou de tennis.

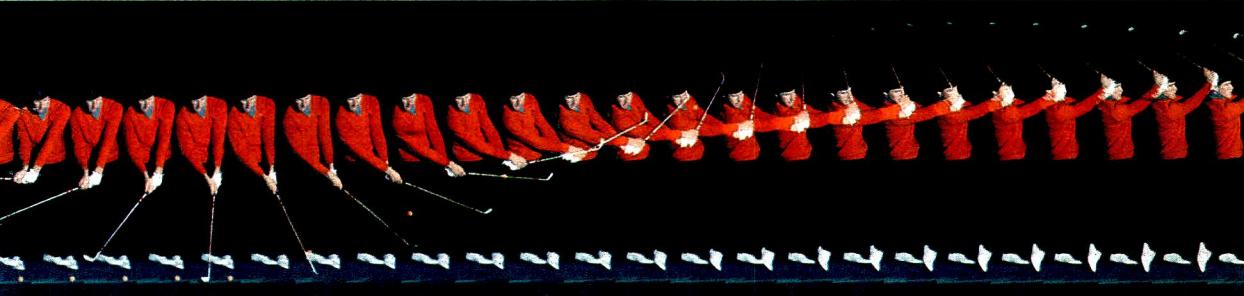
Ce qui en fait de véritables avions, ou plutôt de vrais planeurs, c'est la rotation que leur donne le joueur ; plus le régime en est rapide, plus la balle est légère, et plus on se rapproche de l'aviation. Le phénomène mis en jeu s'appelle l'effet Magnus, et il repose essentiellement sur la viscosité de l'air. C'est grâce à lui qu'au tennis, une balle liftée reste dans les limites du court, qu'au tennis de table un "top-spin" atterrit sur la table au lieu de se promener au fond de la salle ou, mieux encore, qu'au golf un joueur expérimenté peut contourner un arbre qui lui masque le trou à atteindre.

Ajoutons que le même phénomène concerne tout autant le football et qu'un avant-centre très adroit donne un effet latéral au ballon qui désoriente le gardien de but : celui-ci voit la balle partir, par exemple, complètement à gauche des poteaux et puis, en plein vol, elle exécute un gracieux mouvement tournant et passe en pleine vitesse à sa droite pour terminer

l'eau très légèrement dans le même sens, ce qui ne serait pas le cas si elle était parfaitement glissante. En réalité il y a frottement entre les deux, un frottement très faible, certes, mais parfaitement mesurable. A titre indicatif, si l'huile de ricin, qui est liquide mais passablement collante, a un coefficient de viscosité de 1 Pascal-seconde (1 Pa.s), celui de l'eau est de 1 mPa.s, soit mille fois moins, mais encore largement suffisant pour qu'on en tienne compte dès qu'il s'agit de faire des bateaux et surtout des sous-marins très performants.

Il en va de même pour les gaz, donc pour l'air, et même si les coefficients de viscosité sont plus faibles encore le frottement subsiste ; il est dû aux attractions électriques qui s'exercent entre les molécules constituant le gaz, et entre ces molécules et toute surface solide. Il en découle que tout mobile entraîne la mince couche d'air qui est à son contact, et que celle-ci entraîne à son tour la couche voisine, mais avec une vitesse moindre, et le phénomène se reproduit de proche en proche sur une distance allant de quelques millimètres à quelques centimètres, au-delà, il n'y a plus déplacement de fluide environnant.

Ce mouvement d'entraînement laminaire des couches voisines, qui vaut pour toute surface lisse, est considérablement augmenté s'il s'agit d'une surface rugueuse, et plus encore si celle-ci comporte



au bout du compte dans le filet.

A chaque fois, c'est la portance due à l'effet Magnus qui est en jeu parce que la balle tourne sur elle-même comme une toupie et que l'air est visqueux. Ce dernier point peut sembler bizarre : on peut trouver visqueux le goudron, l'huile ou la confiture, tous produits qui ont quelque chose de poisseux et de gluant. Mais personne ne trouve que l'eau est visqueuse, et encore moins l'air léger de nos grandes villes. Ce n'est pas l'avis des physiciens, on s'en doute, car pour eux un liquide dépourvu de viscosité serait parfaitement glissant.

C'est déjà faux pour l'eau, et on le vérifie immédiatement en tirant une feuille d'aluminium ménager bien lisse et bien plate à la surface d'une baignoire bien remplie : le mouvement de la feuille entraîne

des reliefs ou des aspérités. Bien entendu, le processus d'entraînement reste valable quel que soit le type de mouvement considéré : en ligne droite, en courbe, en zig-zag, en sinusoïde ou en rotation pure. Avec les balles, c'est ce dernier cas qui nous intéresse : dans la plupart des jeux, la balle n'est pas envoyée selon une simple translation et la frappe lui communique en plus une rotation sur elle-même ; donc elle avance en tournoyant, et c'est ici qu'intervient l'effet Magnus.

Dans sa rotation, la balle entraîne les couches d'air qui l'entourent, et cet entraînement est d'autant plus net que la surface est moins lisse : avec une bille d'acier parfaitement polie, l'air serait relativement peu déplacé, mais il l'est plus avec une balle de ping-pong dont l'état de surface est comparable à celui

d'une feuille de papier. La balle de tennis avec tous ses poils, remue beaucoup plus encore l'air qui l'enrobe, et le sommet dans le genre est atteint avec la balle de golf, qui est parsemée de petits creux très efficaces.

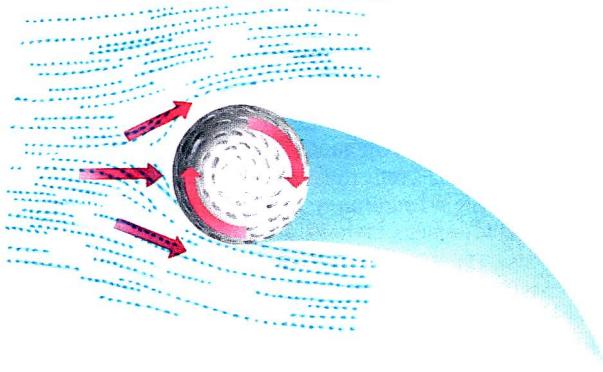
Si ces balles tournaient sur elles-mêmes sans avancer, l'air se mettrait à tourbillonner dans le même sens avec la même vitesse en dessus et en dessous. En pratique, aucune balle n'est en lévitation

au-dessus du sol, et elle est toujours lancée en avant. A ce moment, du point de vue de la mécanique des fluides, il y a dissymétrie entre la vitesse des couches d'air en deux points diamétralement opposés.

Considérons par exemple une balle passant devant nous de gauche à droite; admettons aussi qu'elle a été brossée vers le haut par le joueur: nous la voyons donc passer de gauche à droite en tournant dans le sens des aiguilles d'une montre. Sa vitesse d'avancement par rapport à l'air est équivalente à ce que serait un vent venant de la

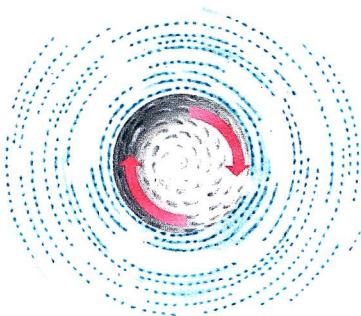
droite vers la gauche par rapport à la balle. A ce moment, par suite de la rotation qui lui a été imposée, elle entraîne les couches voisines dans la même rotation, c'est-à-dire que les couches du dessus vont en sens contraire du vent relatif, tandis que les couches du dessous vont dans le même sens. Autrement dit, par rapport à la balle prise comme référence, l'air est ralenti sur le dessus et accéléré en dessous; sa vitesse est donc plus grande en bas qu'en haut.

C'est ici qu'il faut faire intervenir le théorème de Bernouilli, établi pour les fluides incompressibles mais encore valable dans notre cas, bien que l'air soit compressible, parce que les variations relatives de pression sont assez faibles. Ce théo-



### AVANCER SANS TOURNER

Une balle lancée en avant sans aucune rotation écarte l'air sur son passage de manière symétrique par rapport à son axe; elle est uniquement freinée, mais ne reçoit aucune poussée latérale.



### TOURNER SANS AVANCER

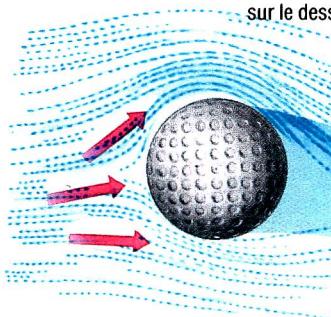
En tournant sur place, toute balle entraîne l'air qui l'entoure dans un mouvement tourbillonnaire purement local : la vitesse de rotation acquise par frottement diminue très vite à mesure que les couches d'air sont plus distantes de la balle.

rème stipule que pour une masse fluide en mouvement dans un volume limité, la somme pression statique  $p$  + pression dynamique  $1/2 \alpha.v^2$  + pression de pesanteur  $\alpha.g.z$  reste constante en tous points ( $v$  étant la vitesse d'écoulement,  $\alpha$  la masse volumique du fluide et  $z$  la hauteur).

Il en découle immédiatement qu'une augmentation de vitesse correspond à une baisse de pression, et inversement. De même une différence de pression entre deux points se traduit par une différence de vitesses, et réciproquement. Dans notre cas c'est la différence de vitesses entre l'air au-dessus de la balle et celui en-dessous qui va entraîner une différence de pression. Avec la balle liftée, nous l'avons vu, l'air est entraîné sur le dessous et freiné sur le dessus; c'est donc là que la pression est plus forte et elle tend à abaisser la balle dans le même sens que la pesanteur. Voilà donc pourquoi, au tennis ou au ping-pong, la

### AVANCER ET TOURNER

L'entraînement des couches d'air voisines dans la rotation acquise par la balle se compose avec la vitesse d'avance due au lancement. Ici, les couches supérieures vont dans le même sens que la rotation et glissent facilement par dessus la balle, tandis que le mouvement des couches inférieures est freiné par la rotation qui va en sens inverse. Les couches d'air se trouvent freinées et tassées sur le dessous, et elles tendent à sustenter la balle sur sa trajectoire, d'autant plus que la pression sur le dessus est diminuée : c'est l'effet Magnus.



balle liftée est rabattue dans la zone de jeu alors que sans cet effet Magnus elle sortirait des limites.

Si la rotation est faite dans l'autre sens, balle coupée, ou chopée, ou effet "back-spin" (rotation arrière) ou effet rétro, le vent relatif dû à la vitesse de la balle est encore augmenté sur le dessus, et ralenti sur le dessous. Conformément au théorème de Bernouilli, là où la vitesse est ralentie la pression est augmentée, et inversement.

La pression dynamique est donc plus forte que la pression statique sous la balle, et plus faible au dessus. La balle coupée est donc soumise à une véritable portance qui s'oppose à son poids et ralentit beaucoup sa descente : elle va plus loin et progresse en longueur, portée par la force due à l'effet Magnus.

Cet effet suppose à la fois rotation de la balle sur elle-même et déplacement en ligne ; une balle tournoyante mais immobile dans un air calme ne subirait aucun effet. Mais que le vent souffle sur une sphère immobile ou que celle-ci avance dans un air stable, et l'effet apparaît. Il est d'autant plus prononcé que la rotation est plus rapide et que le vent relatif va plus vite. Il en résulte que l'effet Magnus va jouer quel que soit l'axe de rotation de la balle.

Avec les coups liftés ou coupés, cet axe est horizontal, et la force s'exerce selon la verticale. S'il est oblique — coup "slicé" ou "side-spin" (rotation de côté) — la force va s'exercer obliquement et la trajectoire de la balle sera incurvée vers la droite ou vers la gauche. C'est là l'explication d'un phénomène très curieux où l'on voit la balle en vol virer vers la droite ou vers la gauche comme si elle était pilotée. De fait elle a été pilotée au départ du coup par le joueur qui (à condition d'être à un haut niveau) se sert de l'effet Magnus.

Privée de cette force aérodynamique, une balle lancée sans rotation décrit une courbe dans un plan vertical et ne peut s'en écarter à droite ou à gauche. Or, dans tous les jeux de balle, les joueurs de classe internationale savent maîtriser et contrôler cette rotation pour réaliser des trajectoires courbées.

Nous avons dit que l'effet Magnus augmentait avec la rotation de la balle et avec sa vitesse de translation (jusqu'à une certaine limite). Il faut aussi ajouter que cette force ne se manifeste nettement que si le poids de la balle ne lui est pas nettement disproportionné. L'effet Magnus restera imperceptible avec une boule de plomb, même lancée à 10 000 tr/mn : la force est négligeable par rapport au poids. Inversement, elle peut égaler, et même dépasser le poids d'un cylindre de carton tournant autour de son axe à moins de 1 000 tr/mn.

C'est d'ailleurs une expérience classique en mécanique des fluides que de lancer un tube en carton comme ceux qu'on trouve dans les rouleaux de sopalin avec une vitesse d'avance de quelques m/s et une rotation de 1 000 ou 1 500 tr/mn : le tube exécute alors un looping qui ferait l'admiration de tout pilote

versé dans l'acrobatie aérienne (la courbe décrite est une strophoïde droite). La trajectoire est d'autant mieux réussie que la rotation est plus vive et le carton plus rugueux. Lancé en avant mais avec une rotation contraire de type "liftée" le tube plonge puis revient en montant vers le lanceur. Et avec une rotation oblique, la trajectoire peut être plus bizarre et rappeler un boomerang.

Dans la pratique, l'effet Magnus sera donc d'autant plus net que la rotation est vive, l'avance rapide, et la surface grande par rapport au poids. Autrement dit, un objet léger et volumineux lancé comme une toupie sera celui qui volera le mieux. Inversement, une boule de billard décrira quasiment la même parabole qu'un jet d'eau, même à 24 000 tr/mn, parce qu'elle est dense et très lisse ; de toute façon, elle n'est pas destinée à quitter son tapis. Pour la même



#### UN LOOPING SANS AILES NI MOTEUR

Avec un tube de carton creux et léger mis en rotation rapide et lancé en avant (un fil enroulé et tiré d'un coup sec), la portance due à l'effet Magnus est suffisante pour compenser le poids de l'objet. Celui-ci décrit alors une courbe appelée strophoïde, très proche du looping cher aux aviateurs.

raison, nous ne considérerons pas ici les sports mettant en jeu des sphères destinées à rouler par terre ou sur une surface, comme la pétanque ou, justement, le billard.

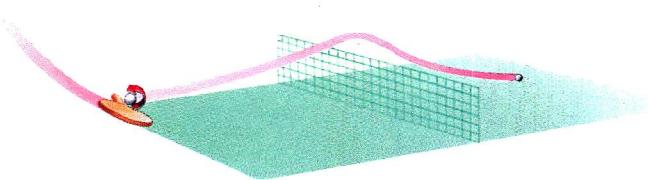
Les sports utilisant un ballon — football, volleyball, hand-ball, rugby — vont mettre en jeu l'effet Magnus, mais uniquement lors des coups de longueur : dégagement ou tir au but. Tous les autres échanges sont beaucoup trop courts et le plus souvent dépourvus de rotation. C'est au football qu'une rotation latérale (autour d'un axe intermédiaire entre la verticale et l'horizontale) sera la mieux perceptible, et surtout la plus gênante pour l'adversaire. Certains joueurs de haut niveau comme Platini sont capables de tirer des coups avec effet latéral qui sont de véritables vols surprise pour le gardien de but adverse.

Le base-ball, très peu pratiqué en France, utilise une balle dont la taille est intermédiaire entre le ballon de foot et la balle de tennis et qui comporte des sillons en relief et des coutures très apparentes. Elle offre donc une très bonne prise à air et, lancée à la main avec une vitesse de rotation allant jusqu'à 1 800 tr/mn, elle peut décrire des courbes obliques très difficiles à intercepter. Tout l'art du lanceur consiste justement à donner cette rotation par un

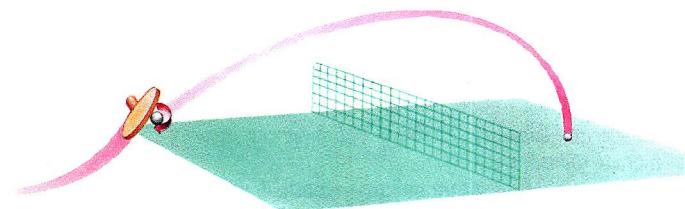
## DE LA TRAJECTOIRE BALISTIQUE AU VOL PLANÉ



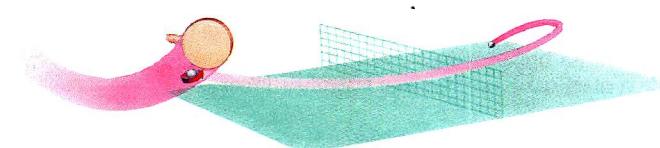
Au tennis, sur table ou sur court, une frappe strictement plate de la balle donne une trajectoire simple, dite balistique, où n'entrent en jeu que la pesanteur et la résistance de l'air. Le calcul de la courbe décrite est très simple.



Une balle brossée à contresens, dite coupée ou chopée, se trouve portée par l'effet Magnus et tend à flotter sur l'air. Mais l'effet diminue à mesure que la vitesse ralentit d'où une trajectoire en cloche — très exagérée ici.



La balle brossée dans le sens de l'avance, dite liftée ou topspin, est rabattue par l'effet Magnus et tend à plonger. Ceci permet de la tirer plus vite tout en gardant une bonne sécurité de la voir atterrir dans l'aire de jeu.



Avec un brossage latéral (coup slicé ou side-spin) la force due à l'effet Magnus peut soulager ou rabattre la balle tout en exerçant une pression sur le côté. La balle poursuit alors une trajectoire véritablement aéronautique qui lui fait décrire un joli virage en plein vol.

mouvement très particulier du poignet et une prise mettant en jeu le bout des doigts.

Restent maintenant trois sports de balle universellement pratiqués, le tennis, le tennis de table et surtout le golf qui, par la puissance et la portée de ses coups, offre de loin les plus belles trajectoires aérodynamiques.

Commençons par le tennis, qui aujourd'hui encore garde une forte cote et se trouve donc très bien connu. La balle de tennis offre un poids modeste pour sa taille, et sa surface pelucheuse accroche bien l'air ; toute rotation va donc amener un effet Magnus dont la force est importante comparée au poids, et la trajectoire de tous les coups "liftés" (rotation vers le haut), coupés (rotation vers le bas) ou "slicés" (rotation de côté vers la gauche ou vers la droite) va donc se traduire par des itinéraires nettement courbés.

Cette courbure est surtout très bien visible pour ceux qui regardent les matches à la TV où la caméra est toujours dans l'axe du court. Ajoutons que la rotation de la balle entraîne aussi un écart très important au rebond, mais ceci relève de la dynamique des percussions et non de la mécanique des fluides. Nous ne considérerons donc pas les effets de rotation à l'impact, mais uniquement en vol avant que la balle ne touche le sol. Au tennis, un service très rapide doit être "lifté" pour que l'effet Magnus rabatte la balle vers le sol, faute de quoi elle sortirait obligatoirement des limites.

Avec sa surface pelucheuse et son gros diamètre, la balle de tennis permettrait de véritables vols acrobatiques si le joueur pouvait lui communiquer une rotation suffisante. Mais la réglementation a figé très tôt le matériel, et le coefficient de frottement balle-cordages n'est pas suffisant pour que le brossage de la balle lui communique une rotation très rapide. Au tennis de table, c'est exactement l'inverse : le revêtement de la raquette est à la fois très rapide grâce au caoutchouc mousse, très adhérent par sa surface, et la vitesse de la raquette peut être en grosse partie transformée en rotation par un toucher en coup de brosse à reluire plutôt qu'en frappe.

Mentionnons au passage que le tennis de table, tel qu'il est pratiqué dans les clubs sportifs, est au ping-pong du week-end familial ce que le pilote de formule 1 est au chauffeur de taxi. La balle est petite (37,5 mm) mais très légère (2,5 g) et la vitesse de rotation peut atteindre 3 500 tr/mn. A ce moment, la portance due à la force Magnus devient une fraction appréciable du poids et joue un rôle considérable dans le jeu. Il suffit d'avoir observé des rencontres de niveau international (encore trop peu retransmises par la TV) pour voir des trajectoires qui sont de véritables virages sur l'aile.

Le mouvement de coupe apporte une portance verticale qui compense la pesanteur et, à l'œil, la balle semble arriver en flottant sur l'air comme une

barque légère remontant le courant d'une rivière. Vu la légèreté de la balle et l'importance de la force Magnus, la trajectoire d'une balle coupée est très allongée et il est difficile de la ramener juste sur la table — ceci explique qu'il faille un très gros talent pour être un bon défenseur. Inversement, les balles "liftées" sont très raccourcies et sont plus faciles à placer sur le point faible de l'adversaire. Enfin, tout brassage latéral, en défense comme en attaque, amène un changement de trajectoire en vol qui est peu commode à anticiper pour le joueur opposé.

Mais le jeu où les forces aérodynamiques ont le plus d'importance est sans conteste le golf. Pour beaucoup il s'agit d'un sport de riches, assez snob et plutôt XVI<sup>e</sup> (le quartier ouest de Paris, pas le siècle de François 1<sup>e</sup>). Précisons tout de suite qu'il n'en est rien — on peut jouer autant qu'on veut pour 3 000 F par an — et qu'il s'agit d'une discipline en plein essor, surtout en France : en un an, le nombre des joueurs licenciés a augmenté de 20% et il est maintenant de 80 000. Par ailleurs, c'est le sport le plus pratiqué dans le monde : 55 millions de joueurs, soit deux fois plus que le tennis ou le football. Au Japon, c'est même le vrai sport national avec 15 millions de joueurs pour 120 millions d'habitants.

Il a l'avantage de se jouer sur des terrains superbes de 30 à 60 hectares et l'inconvénient de nécessiter un sérieux investissement en matériel et l'apprentissage de toute une série de vocables anglais qui n'ont jamais été traduits : *green, drive, rough, etc.* Il est vrai qu'un "lift", un "topspin" ou un "corner" ne sont pas français non plus.

Du point de vue technique, le golf est certainement le sport qui offre le plus de variétés car la balle peut être plus ou moins dure et semée d'alvéoles dont le nombre et la disposition sont libres. Quant à la canne (le "club" de golf), elle peut varier par sa longueur, l'élasticité de sa tige, le poids de sa tête, son placement par rapport à l'axe, l'angle et le revêtement de la face d'attaque.

Tout le jeu consiste à envoyer la balle dans 18 trous de 10 cm qui peuvent être éloignés les uns des autres de plus de 400 m et séparés par toutes sortes d'obstacles naturels ou artificiels (les "bunkers"). Le parcours total fait environ 7 km et le but du jeu est de faire les 18 trous avec le plus petit nombre de coups. La taille de la balle varie selon qu'elle est



Une frappe latérale donne à la balle qui arrive sans aucun effet une rotation parfaitement visible ici, grâce aux couleurs déposées sur la peluche.

anglaise ou américaine (41,2 mm ou 42,7 mm) mais son poids ne doit pas dépasser 45,9 g. Faire un "ace", en français un as, c'est réussir le trou en un seul coup.

S'il est proche, ce n'est pas trop difficile, mais s'il est vraiment loin, cela relève de l'exploit. A titre indicatif, l'"ace" le plus long a été réussi en 1965 par un Américain : 408 m.

Inutile de dire qu'il a fallu à la fois beaucoup de chance et beaucoup de talent, car mettre une balle dans un cercle de 10 cm à 400 m relève du fusil de match à lunette plus que du coup de crosse. Précisons aussi que tous les coups longs (200 m et au-delà) ne sont possibles que grâce à l'effet Magnus, de même les coups en virage pour contourner un obstacle. Contrairement aux sports utilisant une raquette, il n'est pas possible de brosser la balle avec un des 14 clubs constituant la panoplie complète (4 bois et 10 fers).

C'est l'impact de la face inclinée sur une balle qui lui communique une rotation qui peut être très rapide : de 3 500 à 8 000 tr/mn. La vitesse donnée à la balle varie évidemment en sens contraire, car pour une même énergie au départ, ce qu'on gagne en rotation est perdu en vitesse, et inversement. Le fer n° 7, qui permet d'atteindre 8 000 tr/mn ne donne que 40 m/s, tandis que le bois "drive" atteint 60 m/s mais avec une rotation de 3 400 tr/mn. Ces valeurs

(suite du texte page 162)

# L'ÉTOILE DE PIERRE

*Bien avant les Égyptiens et les Phéniciens, en regardant le ciel, les étoiles et les nuages, en écoutant le vent, en sentant la houle, les Micronésiens voyageaient en haute mer.*

*Leurs descendants fabriquent les mêmes embarcations et naviguent de la même manière enseignée depuis des millénaires et reprise aujourd'hui à l'"école navale" de l'île de Satawal.*

**L**e secret a été découvert sous les dunes de sable de Sigatoka, dans l'île de Viti Levu, archipel des Fidji. Au XVIII<sup>e</sup> siècle, le capitaine James Cook explora pendant douze ans les îles du Pacifique sud. Après avoir observé la qualité de la construction navale des Polynésiens, l'impressionnante tenue à la mer des pirogues transportant des tonnes de cargaison qui voyageaient entre des îles distantes de centaines de milles, Cook acquit la conviction que les navigateurs du Pacifique sud étaient originaires des côtes asiatiques et qu'ils savaient faire voile contre les vents et les courants. Les preuves de cette théorie lui manquaient. Ce sont les archéologues du XX<sup>e</sup> siècle qui les apportèrent en suivant la filière des poteries lapita, du nom d'un site exploité au nord de la Nouvelle-Guinée, dans l'archipel Bismarck.

Partant de ce site, les archéologues retracèrent les routes des premiers marins qui commencèrent, il y a plus de 5 000 ans, leurs explorations en direction de l'est, s'installant progressivement dans les îles disséminées de toute la Mélanésie, pour arriver aux Fidji, aux Tonga, aux Samoa, c'est-à-dire à la Polynésie, au moins mille ans avant notre ère.

Les poteries lapita marquaient la route des navigateurs comme les cailloux du Petit Poucet.

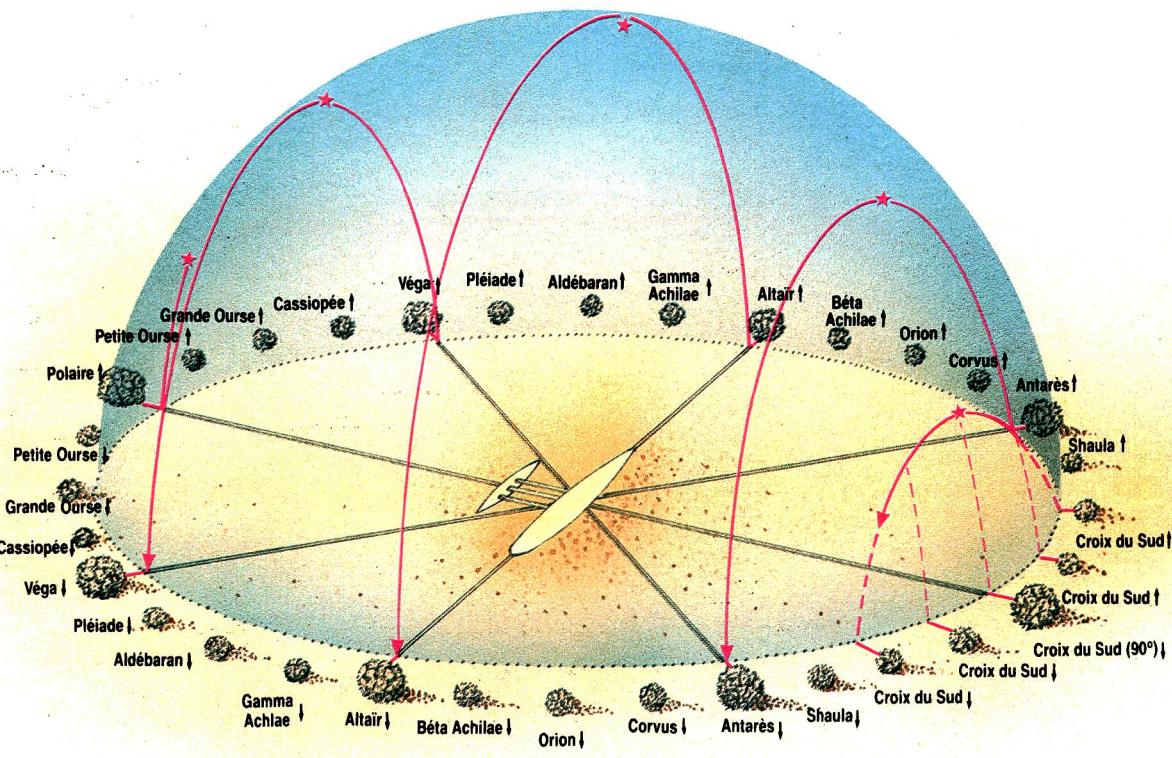
« Dans les dunes de Sigatoka, explique le Pr Roger Green, ont été trouvées quatre couches d'installation humaine. La couche la plus basse contient les traces d'une première colonie, c'est celle qui nous intéresse le plus car nous y trouvons de la poterie lapita qui date de 500-600 ans avant J.-C.

Nous avons pu reconstituer des pots entiers, la forme typique de ces récipients rend incontestable leur origine. Les découvertes de Sigatoka forment le trait d'union entre celles qu'ont faites les archéologues dans les archipels micronésiens de l'ouest et dans ceux de la Polynésie, à l'est. D'autres trouvailles établissent l'existence d'un trafic préhistorique entre la Nouvelle-Guinée et des îles situées à plus d'un millier de milles nautiques, par exemple l'obsidienne des îles Salomon, utilisée pour la fabrication d'outils, couteaux, racloirs et herminettes de charpentier. »

Roger Green a identifié une série de motifs dans la décoration des objets, motifs assemblés selon des règles très strictes, exactement comme les mots sont assemblés grammaticalement pour

Très jeunes, les Micronésiens apprennent que pour rallier telle île voisine, il faut mettre le cap sur telle étoile. La position des étoiles sur l'horizon est symbolisée par des pierres ou des morceaux de corail (dessin ci-dessus).





Le compas d'étoiles que les habitants de l'île de Satawal ont dans l'œil et dans la tête (ils disent « dans le ventre ») compte 32 points correspondant au lever et au coucher d'une quinzaine d'étoiles sur l'horizon. Ils en mémorisent en fait de nombreuses autres aux trajectoires approchantes, pour le cas où l'une des premières ne serait pas encore levée ou serait, au contraire, déjà trop haut dans le ciel pour donner une direction précise.

former une phrase correcte. L'utilisation des mêmes motifs, des mêmes formes, confirme que c'est une culture commune qui s'est répandue d'île en île.

La diffusion de la culture lapita sur les immensités du Pacifique mélanesien soulève alors des interrogations. De quelles embarcations disposaient les navigateurs ? Comment ceux-ci, dont le niveau de culture est celui du néolithique, calculaient-ils leur route ? Avec quels instruments ?

Voici un demi-siècle, l'idée que des hommes aient pu naviguer avant les Egyptiens, les Crétois ou les Phéniciens, était reçue avec commisération par les historiens.

En 1986, nous savons que des hommes ont accompli des traversées maritimes d'une centaine de kilomètres 30 000 ans avant notre ère.

Océanographe et archéologue à l'Institut des sciences océanographiques de Wormley, en Angleterre, spécialiste depuis trente ans de l'étude des rivages submergés et de leur peuplement préhistorique, Nicholas C. Fleming en a fait la démonstration que confirma son expédition Sirius en Australie, organisée avec l'Australian Submarine Pre-history Research Foundation :

### **1<sup>o</sup> La géologie marine constatait que le détroit de**

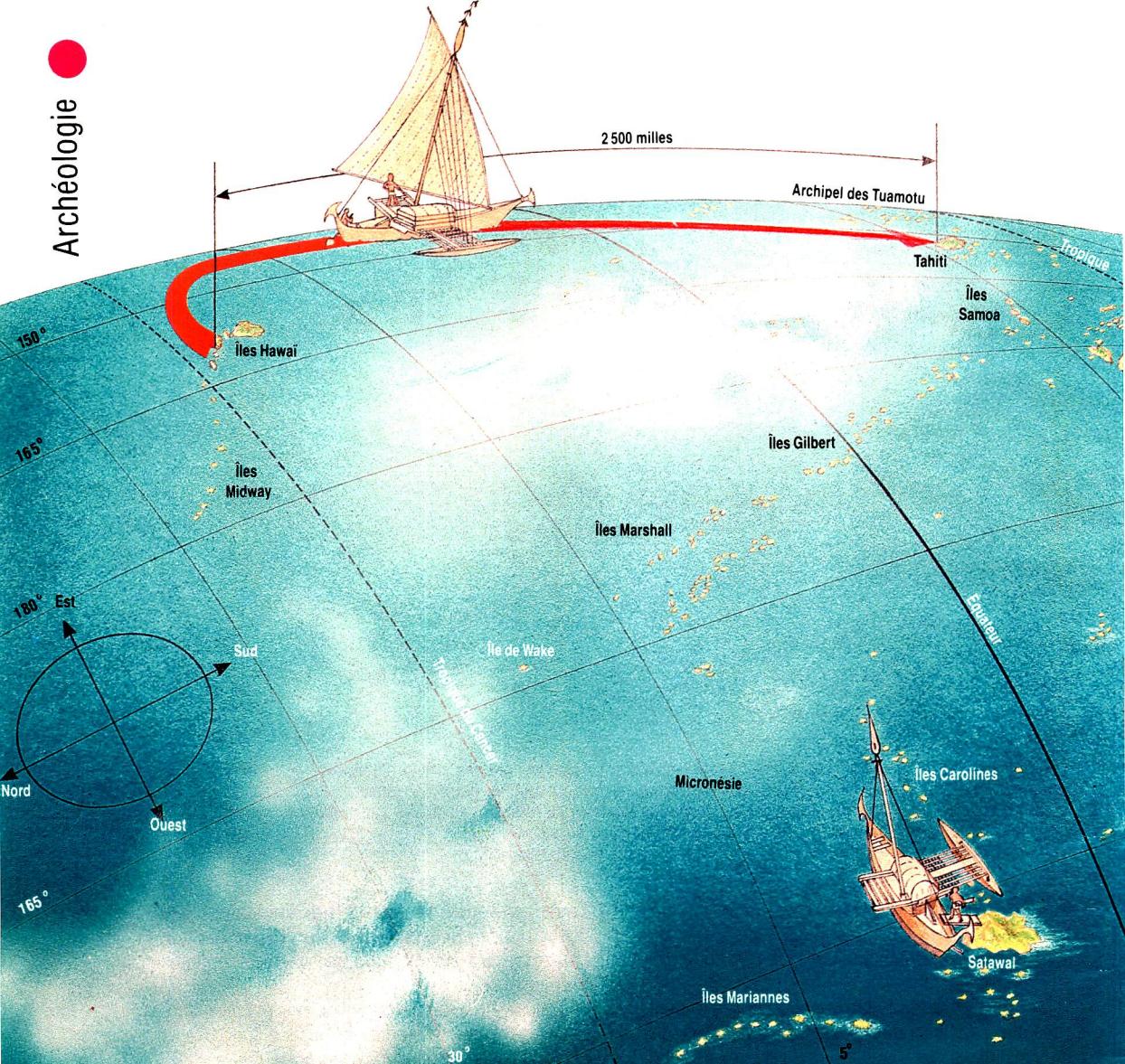
Timor, qui sépare les archipels de l'Indonésie (îles de la Sonde, Nouvelle-Guinée et Papouasie) de l'Australie, n'a jamais été à sec depuis 2 millions d'années.

2<sup>e</sup> Les vestiges archéologiques des peuples aborigènes en Australie montrent qu'ils y sont arrivés entre 40 000 et 30 000 ans avant notre ère.

3<sup>e</sup> Ces peuples n'ont donc pu atteindre les côtes d'Australie qu'en franchissant au minimum une centaine de kilomètres par voie maritime. Il est tenu compte dans cette appréciation d'une élévation d'environ 60 mètres du niveau de la mer, calculée en fonction de la présence de coraux fossiles qui n'ont pu se développer qu'à proximité de la surface et dont l'exploration sous-marine révèle qu'ils se trouvent aujourd'hui dans les fonds de l'isobathe des 60 mètres.

Nicholas C. Fleming, qui a procédé à ses recherches à Cootamundra Shoals, à 200 km à l'est de Darwin sur la côte nord de l'Australie, écarte l'hypothèse de quelques naufragés emporté par la tempête ; pour qu'une population ait pu se développer dans les dures conditions de la vie primitive, il fallait que les nouveaux venus fussent nombreux et organisés.

On ne sait rien au sujet des moyens qu'ils em-.



**Une traversée de 2 500 milles avec les méthodes de l'âge de pierre.** Une pirogue satawalaise construite sans aucun plan, selon les mêmes techniques mémorisées depuis des millénaires de père en fils, a fait le voyage Hawaï-Tahiti sans aucun instrument de navigation, avec à son bord 18 personnes et 6 tonnes de vivres.

ployèrent : flotteurs en bambou, troncs d'arbre, radeaux ? Les premiers vestiges d'embarcations, de pagaines, sont beaucoup plus tardifs ; ils datent d'environ 5 000 ans et sont alors preuves de l'existence d'un véritable "peuple de la mer".

Constatant qu'aujourd'hui les Micronésiens sont les seuls à construire et à faire naviguer des pirogues de voyage, les ethnologues, eux aussi, ont remonté la piste semée de poteries lapita. Elle les a conduits vers un homme, Mau Pialug, et vers un atoll minuscule, Satawal. Avec cet homme et sur cette île ont été élucidés l'origine de la maîtrise micronésienne des techniques de construction des pirogues et surtout le mystère de leur science de la

navigation : à Satawal fonctionne depuis plusieurs milliers d'années une "Ecole navale".

L'atoll est situé au cœur de l'archipel des Carolines, à l'est des Truk Islands, célèbres par les furieux combats aériens qui y opposèrent Américains et Japonais en 1944-45. Sur l'île proprement dite, d'environ deux kilomètres carrés, qu'entoure un récif de corail, cinq cents habitants vivent de la pêche. Chef coutumier et "maître du partage", Mau Pialug expose la structure de la communauté :

« Les hommes qui ne peuvent naviguer ne sont pas considérés, ils n'ont pas de nom. L'homme qui sait seulement naviguer est appelé Palu. L'homme qui sait naviguer et connaît la magie est appelé Pau.



» La magie, c'est l'art de naviguer en haute mer en utilisant le "compas d'étoiles". Avant d'atteindre ce niveau, il faut avoir reçu l'enseignement dispensé par le "serrap", maître constructeur de pirogues. Il y a huit hangars à pirogue à Satawal, chacun est à la fois club social, atelier, école.

» La pirogue satawalèse, appelée "proa volant", est un exploit technologique. Sa coque étroite et asymétrique, perfectionnée de siècle en siècle, est formée pour compenser l'entraînement du balancier qui se trouve du côté du vent pendant la navigation. Pour changer de direction, la voile entière passe d'une extrémité à l'autre du bateau.

» Le maître du chantier n'utilise aucun plan, aucun modèle. Il a mémorisé dans leurs moindres détails formes et pièces entrant dans la construction, et ses élèves en font autant. Tous les matériaux sont tirés de l'île : bois de l'arbre à pain, et du cocotier qui fournit aussi la fibre pour les cordages. La bourre de coco et la sève de l'arbre à pain assurent l'étanchéité des coutures de la pirogue et le calfatage. »

Certes, bien d'autres types de pirogues ont navigué sur le Pacifique, mais des vestiges de "proas volants" de type satawalèse ont été découverts sur des îles situées à 4 000 nautiques à l'est de Satawal. Des siècles avant Cook, ces pirogues accomplirent des voyages transocéaniques, des îles Salomon à Tahiti et jusqu'à Hawaï. C'est alors qu'intervenaient des hommes comme Mau Pialug, détenteurs des secrets de l'art de naviguer, capables de calculer, loin de toute terre, leur route maritime par la lecture du ciel et de la mer.

Comment ? En premier lieu, les futurs navigateurs, élèves de "l'École navale", apprenaient les 32 positions de 15 étoiles indiquant les 4 points cardinaux (**dessin p. 33**) et 28 autres subdivisions réparties sur le cercle de l'horizon marin. Ce "compas d'étoiles", matérialisé à l'école par des

morceaux plus ou moins gros de pierre ou de corail, devait être mémorisé par les élèves. En outre, ceux-ci étudiaient les positions de quelque 150 autres étoiles en prenant pour repères les points de l'horizon où elles se levaient ou se couchaient.

Parmi ces étoiles, les plus importantes étaient celles qui culminaient au zénith de certaines îles. Aujourd'hui, cela se traduit par l'égalité de la déclinaison de l'astre et de la latitude de l'île.

A terre, des pierres levées, comme des menhirs, marquaient la direction d'îles déjà connues. Concrètement, le navigateur mettait alors le cap vers le sud ou vers le nord ; quand il estimait voir au zénith l'étoile de l'île lointaine qu'il voulait atteindre, il gouvernait cap à l'est ou à l'ouest, jusqu'à terre.

Il va de soi que lors des voyages de découverte, vers des terres inconnues ou supposées, les navigateurs ne mettaient pas toujours dans le mille. Mais n'oublions pas que leur exploration du Pacifique a demandé plusieurs millénaires ; chaque voyage au long cours, même s'il échouait, apportait aussi son lot de renseignement et en tout cas les navigateurs savaient comment revenir à leur point de départ.

La formation des chefs de bord durait une dizaine d'années pendant lesquelles il leur était aussi appris à tenir compte de la dérive due au vent ou au courant et des informations fournies par les nuages, les oiseaux et la couleur du ciel et de la mer.

« Car les couleurs de la mer, dit Mau Pialug, indiquent les conditions atmosphériques prochaines. Quand les nuages masquent les étoiles, je maintiens mon chemin grâce à d'autres signes, comme ceux des huit sortes de houles de l'océan, différentes selon qu'elles viennent de Wukiwul (le nord), de Mailap (l'est), de Tumur (le sud). Les houles parlent. Le navigateur adroit sent chaque levée et chaque retombée de sa pirogue. Même s'il ne peut pas voir les vagues, il peut diriger sa course grâce à la façon dont elles frappent la proue et le balancier. »

Les principes de navigation, l'essentiel du code, formulés d'après le corpus des observations millénaires, étaient transmis de génération en génération par des chants et des prières magiques que scandaien les équipages. Les ethnologues, ainsi que des spécialistes de l'histoire de la navigation, entre autres David Lewis et Stephen D. Thomas, ont vite pris conscience de l'étendue mais aussi de la fragilité d'un savoir qui ne reposait plus que sur la mémoire de quelques hommes. Pour en assurer le sauvetage, les ateliers de pirogues de Satawal furent réactivés voici une douzaine d'années. Ensuite fut construite la réplique exacte d'une pirogue de voyage : l'hokulea.

Elle allait être l'instrument d'un audacieux projet : la traversée Hawaï-Tahiti, soit 2 500 milles sur une immensité de l'océan Pacifique qu'évitèrent les navigateurs du XVIII<sup>e</sup> siècle et que ne traverseront, beaucoup plus tard, que les gros charbon-

(suite du texte page 167)

# LA MACHINE À DÉCODER LES GÈNES

*la génétique. Notre collaborateur Pierre Rossion vient encore de le constater dans l'un des temples de la recherche mondiale : le California Institute of Technology.*



**A partir de n'importe quelle protéine** fabriquée par la cellule animale ou végétale, le "séquençateur" du Caltech permet, en un temps record, de repérer le gène qui en commande la synthèse.

**A** trente kilomètres au nord-est de Los Angeles, au pied des San Gabriel Mountains, une ville : Pasadena. Dans cette ville, au bout d'une longue allée bordée de palmiers, un parc. Dans ce parc, de petits bâtiments disséminés, de deux ou trois étages, s'ouvrent par de larges baies au soleil californien. Le tout ressemble fort à ces campus que l'on voit dans les films américains. Nous sommes au California Institute of Technology, plus familièrement baptisé "Caltech", l'un des principaux centres de recherche de la côte ouest des Etats-Unis.

Le "Caltech", c'est 1 200 chercheurs et 1 750 étudiants répartis entre plusieurs grandes disciplines : la biologie, l'ingénierie génétique, la géologie, la physique, les mathématiques, l'astronomie, les sciences humaines et l'environnement. Plus proche, par son ambiance, de l'université que du bureau d'études — on y pratique plus volontiers le style décontracté, blue-jean et baskets, que le complet veston —, l'institut est également très ancré

*S'il est un domaine où la science avance à pas de géant, c'est bien celui de*

dans la réalité, puisqu'il travaille en relation étroite avec les industries. Dans cette véritable ruche où se croisent, se confrontent et se complètent des scientifiques venus de tous les pays, le désir d'innover est si fort que, pour plagier un slogan qui a fait florès de ce côté-ci de l'Atlantique, on peut dire qu'il se passe toujours quelque chose au California Institute of Technology.

A preuve ces récentes découvertes ayant trait à la génétique, et dont nous avons eu connaissance lors de notre dernière visite à Pasadena. Non seulement les chercheurs de l'institut maîtrisent aujourd'hui parfaitement la technique de repérage des gènes sur la longue molécule d'ADN (acide désoxyribonucléique) logée dans le noyau des cellules, mais ils savent aussi isoler ces gènes et en faire de multiples copies ; mieux encore, ils ont mis au point un procédé tout à fait original pour les synthétiser (*dessin p. 40*), c'est-à-dire les reconstituer de toutes pièces et, éventuellement, les modifier.

Quelques mots d'explication permettront de mieux mesurer l'importance de ces découvertes. Isoler un gène inclus dans le long ruban d'ADN du noyau cellulaire n'est pas chose facile, car il faut d'abord l'identifier parmi les dizaines, les centaines, voire les milliers d'autres contenus dans ce même ruban (l'ADN humain, par exemple, comporterait environ 100 000 gènes alignés à la queue leu leu).

Un gène, rappelons-le, est un petit segment d'ADN sur lequel est inscrite une information que la cellule utilise pour fabriquer une protéine spécifique. Il est composé d'unités de base, dont le nombre est variable d'un gène à l'autre, et qui sont disposées selon un ordre précis. Chacune de ces unités, appelées nucléotides, est formée de trois constituants : un sucre (le désoxyribose, qui a donné son nom à l'ADN), un phosphate et une base.

Ce dernier élément est le plus important, car ce sont les bases qui forment en quelque sorte le message transmis par le gène. Ces bases sont au nombre de quatre : l'adénine (A), la cytosine (C), la guanine (G), et la thymine (T).

En résumé, un gène est une chaîne plus ou moins longue de nucléotides (les plus longues peuvent en compter près d'un millier), et sa fonction est caractérisée par l'ordre dans lequel les bases se suivent. Cet ordre définit en effet le message spécifique porté par le gène.

Pour repérer un gène déterminé sur la molécule d'ADN, on utilise la technique de la sonde radioactive. On commence par découper le ruban d'ADN en de multiples fragments au moyen d'enzymes dits "de restriction", qui font office de ciseaux biologiques. A l'heure actuelle, il existe près de deux cents enzymes de restriction, dont certains sont disponibles en "kits", prêts à l'emploi. Ces enzymes coupent la molécule d'ADN en des sites bien précis, connus sous le nom de "sites de restriction". Après cette première opération, on dispose de petits morceaux d'ADN de longueurs différentes, que l'on va trier en fonction de leur taille. Pour cela on les fait voyager lentement, sous l'effet d'un champ électrique, à travers les mailles d'un gel qui fait office de tamis moléculaire.

La sélection étant opérée, on introduit parmi les fragments les plus représentatifs une "sonde" marquée radioactivement et composée d'une séquence de 10 à 20 nucléotides dont la disposition correspond de manière conforme et complémentaire à celle d'une fraction du gène recherché. Ce chiffre minimal (compris entre 10 et 20) a sa raison d'être : on s'est aperçu en effet que des séquences plus courtes n'étaient pas caractéristiques, car on pouvait les rencontrer dans plusieurs gènes différents.

Pour comprendre la manière dont la sonde révèle le gène recherché, il nous faut dire quelques mots de la structure de l'ADN. Vue au microscope électronique, elle apparaît comme une sorte de double hélice. Elle est formée en effet de deux chaînes de nucléotides enroulées l'une autour de l'autre. Dans chaque chaîne, la liaison entre deux nucléotides voisins se fait entre le sucre de l'un et le phosphate de l'autre. Cette succession sucre-phosphate constitue pour ainsi dire la charpente de la chaîne. Venant se greffer latéralement sur le sucre de chacun des nucléotides, il y a l'une des quatre bases que nous avons citées précédemment.

Les deux chaînes sont unies entre elles par des liaisons entre les bases. Ces liaisons, qui forment des ponts entre les deux brins du ruban, s'effectuent de façon sélective, c'est-à-dire que l'adénine se lie exclusivement à la thymine et la cytosine à la guanine — et vice versa. Si bien que, de la composition d'une chaîne, découle forcément la composition de l'autre.

En d'autres termes, on peut dire que les deux chaînes sont complémentaires l'une de l'autre. Il en résulte que le message porté par une suite de nucléotides (un gène) appartenant à une chaîne se trouve reproduit "en négatif" sur l'autre chaîne.

C'est cette complémentarité qu'exploite la technique de la sonde. Celle-ci, faite d'une petite chaîne de nucléotides appariés à ceux d'une fraction du gène recherché, va se coller sur le fragment d'ADN qui contient la séquence en question. La sonde étant marquée radioactivement, il est dès lors facile de repérer le brin d'ADN sur lequel elle s'est fixée. En résistant ce brin sur l'ensemble de la molécule d'ADN, il devient possible d'isoler la totalité du gène convoité, dont le début et la fin sont signalés par des séquences particulières bien connues des expérimentateurs.

Une fois le gène isolé il est généralement cloné, c'est-à-dire reproduit en de multiples exemplaires, dont certains sont mis en réserve, tandis que les autres sont utilisés par les chercheurs pour toutes sortes d'études et d'expériences.

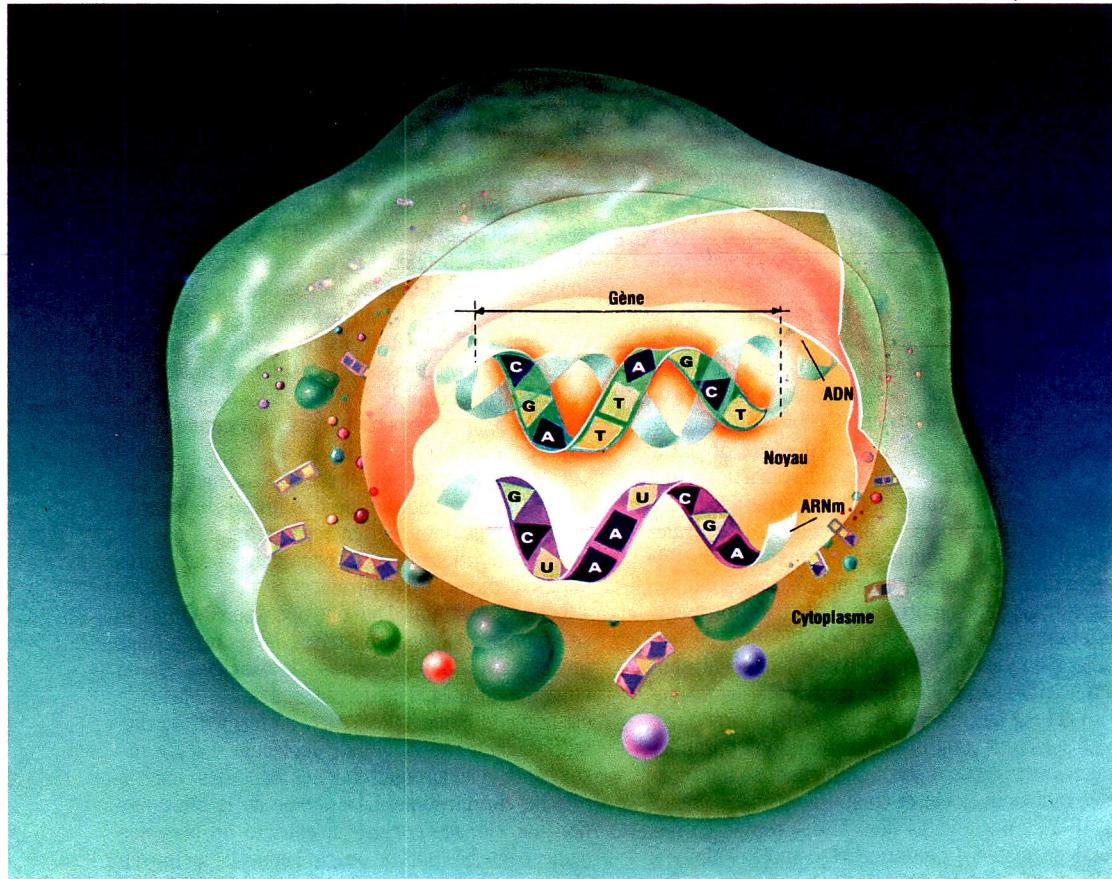
Le clonage, aujourd'hui une opération de routine, se pratique à l'aide de bactéries, petits organismes unicellulaires qui présentent la particularité de contenir un ou plusieurs plasmides. Un plasmide est une petite molécule d'ADN en forme d'anneau, indépendante de la grande molécule d'acide désoxyribonucléique qui, chez les bactéries, joue le rôle de chromosome. Le principe de la reproduction par clonage consiste à extraire un plasmide d'une bactérie, puis à ouvrir l'anneau au moyen d'un enzyme de restriction et à inclure dans l'ouverture ainsi ménagée le gène que l'on a isolé et que l'on veut multiplier. Afin d'assurer la cohésion de l'ensemble, les deux extrémités du gène sont raccommodées au plasmide par l'intermédiaire d'un enzyme qui sert de colle biologique, la ligase.

Le plasmide greffé est alors réintroduit dans la bactérie qui le reproduira à l'identique chaque fois qu'elle se reproduira elle-même. Comme les bactéries prolifèrent rapidement, il est possible par ce procédé d'obtenir en peu de temps de nombreux exemplaires du gène inséré.

De toutes les opérations que nous venons d'évoquer, la seule qui soit encore vraiment délicate est la fabrication des "sondes" destinées à la recherche des gènes. Une sonde, avons-nous dit, est un assemblage de plusieurs nucléotides (c'est pourquoi on l'appelle aussi un "polynucléotide") correspondant à un fragment du gène que l'on veut isoler.

Quand le gène est connu, c'est-à-dire quand on a défini l'ordre dans lequel les bases qui le composent se suivent, la fabrication d'une sonde ne pose aucun problème. En revanche, si le gène recherché n'a pas encore été déchiffré — ce qui est le cas dans la majorité des cas —, il n'est pas possible de confectionner une sonde qui lui soit adaptée, puisqu'on ne

## COMMENT LA CELLULE FABRIQUE LES PROTÉINES, BRIQUES FO



**1.** L'alphabet dans lequel est écrite l'information sur un gène (qui est un segment d'ADN) ne compte que 4 lettres : les bases adénine, cytosine, guanine, thymine (A, C, G, T). Et chaque mot, qui représente le code, le matricule, de l'un des différents et nombreux acides aminés présents dans le cytoplasme, se compose de 3 lettres. L'information est d'abord recopiée sur un ruban d'ARN messager selon le principe de complémentarité des bases ( $A \longleftrightarrow T$  et  $C \longleftrightarrow G$ , sauf que, sur l'ARNm, T est remplacé par U, ou uracile). Ensuite l'ARNm sort du noyau pour être lu par un ribosome dans le cytoplasme.

connaît ni le nombre ni surtout l'ordre de placement des bases qui le constituent.

Il existe heureusement des solutions de rechange. Pour en saisir le mécanisme, il nous faut revenir sur la fonction essentielle des gènes, qui est de servir de modèles pour la synthèse des protéines cellulaires. En résumé (**dessin p 38-39**), la synthèse d'une protéine s'effectue ainsi.

1. Dans le noyau de la cellule, le message contenu par le fragment d'ADN (le gène) responsable de la synthèse de la protéine en question est recopié sur une molécule d'ARN messager. L'ARN, ou l'acide ribonucléique, est une substance très proche de l'ADN, mais qui en diffère cependant sur trois points : d'abord le sucre qui la compose est le ribose et non plus le désoxyribose ; ensuite, parmi les quatre bases qui se succèdent selon un ordre précis, la thymine est remplacée par l'uracile ; enfin, la molécule d'ARN qui se forme dans le noyau au contact du gène intéressé est la réplique complémentaire de l'ADN.

mentaire de la chaîne dudit gène.

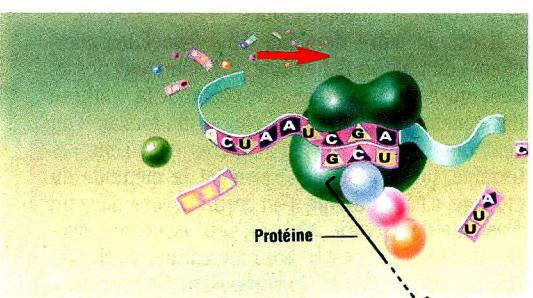
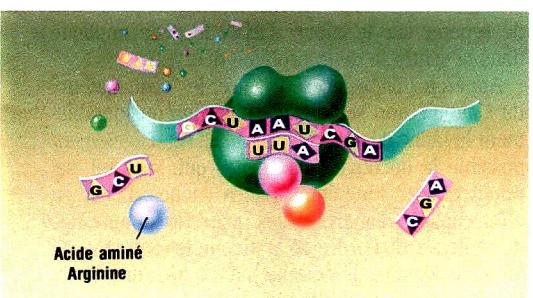
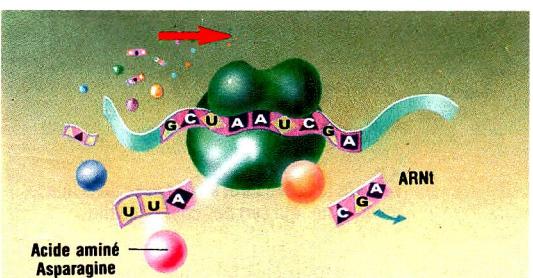
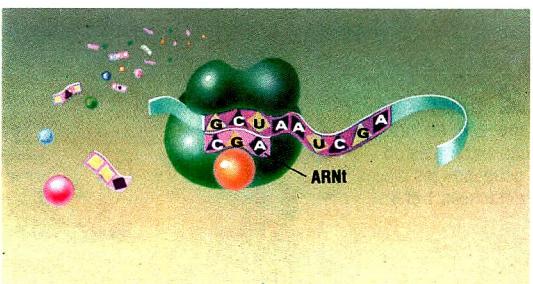
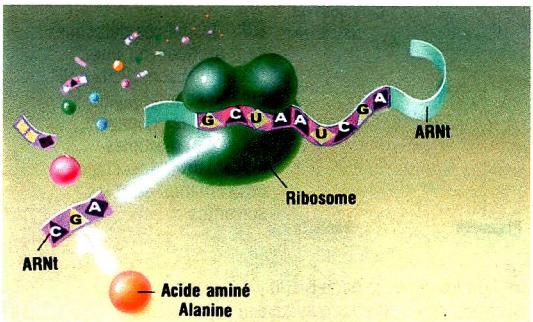
2. Une fois formée, la molécule d'ARN quitte le noyau et passe dans le cytoplasme de la cellule, où elle apporte le message délivré par le gène — d'où son nom d'ARN messager (ou ARN m).

son nom d'ARN messager (ou ARNm).

3. Dans le cytoplasme, le message apporté par l'ARN m va être déchiffré par la machinerie cellulaire et traduit en une protéine donnée, c'est-à-dire en une chaîne caractéristique d'acides aminés (toute protéine est constituée d'une chaîne d'acides aminés disposés selon un ordre déterminé).

La lecture du message ne se fait pas lettre par lettre, c'est-à-dire par base, mais par groupe de 3 bases. Chaque triplet de bases est appelé "codon" parce qu'il code pour un acide aminé particulier. Par exemple, le codon CUA (cytosine-uracile-adénine) code pour la leucine ; le codon ACG (adénine-cytosine-guanine) pour la thréonine ; le codon GUC (guanine-uracile-cytosine) pour la valine. Au fur et à mesure que les codons sont lus

# PRINCIPALES FONCTIONNEMENTS DU VIVANT



**2.** La lecture d'un mot (ici GCU) entraîne la réaction d'un brin d'ARN de transfert complémentaire (ici CGA — en fait on retrouve le mot de départ, celui qui, sur l'ADN, codait un acide aminé déterminé (voir en **1**).

**3.** L'ARNt accompagne l'acide aminé (lalanine) qui lui correspond jusqu'au ribosome et l'y dépose). **4.** Ce brin d'ARNt s'en retourne ensuite dans le cytoplasme attendre un nouveau signal identique, tandis que le ribosome avance d'un cran et lit le mot suivant (AAU), qui correspond à un autre ARNt (ici UUA) et à un autre acide aminé, l'asparagine. **5.** Ce second acide aminé s'accroche ainsi à celui qui l'a précédé, et de nouveau l'ARNt retourne dans le cytoplasme. Et ainsi de suite la chaîne s'allonge. **6.** A la fin, on obtient telle ou telle protéine, qui entrera dans la fabrication des tissus ou participera au fonctionnement de l'organisme (hormones et enzymes, qui sont des protéines, intervenant dans la vue, la digestion, le mouvement, etc.).

par la machinerie cellulaire, les acides aminés qui leur correspondent, et qui sont présents dans la cellule, viennent s'accrocher les uns aux autres dans l'ordre déterminé par la succession des codons sur la molécule d'ARN messager. Lorsque la chaîne d'ARNm a été entièrement déchiffrée, la synthèse de la protéine est achevée.

On voit donc que la séquence des acides aminés qui constituent une protéine donnée est sous la dépendance de la séquence des bases présentes dans la chaîne d'ARN messager, l'ordre dans lequel se suivent ces bases étant lui-même dépendant de la disposition des bases dans l'ADN du gène.

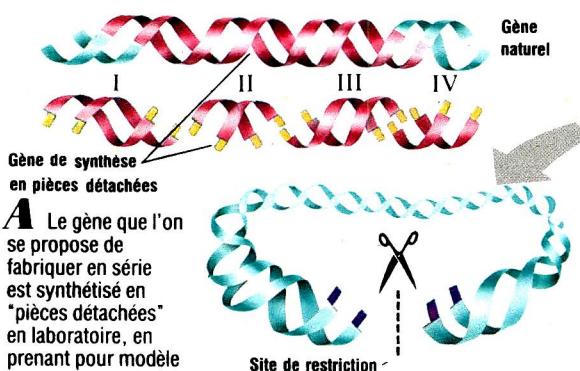
Ceci étant précisé, voici comment les chercheurs s'y prennent pour fabriquer des sondes lorsqu'ils ne connaissent pas la structure du gène qu'ils recherchent. Deux cas sont à envisager :

- Premier cas : on part d'une cellule bien spécialisée, une cellule qui produit une hormone, par exemple. On sait alors qu'au sein d'une telle cellule existent de nombreuses molécules de l'ARN messager nécessaire à la synthèse de l'hormone en question. Il suffira donc d'isoler une de ces molécules, et celle-ci pourra servir directement de sonde pour détecter le gène responsable de la sécrétion de l'hormone considérée. A partir de la molécule d'ARNm, il est également possible de faire une sonde en ADN : on utilise pour cela un enzyme particulier, la transcriptase reverse, qui a la propriété de traduire l'ARNm en ADN.

- Second cas : on a affaire à une cellule dans laquelle s'expriment plusieurs gènes. On se trouve alors en présence de différents ARNm et d'autant de protéines correspondant à ces ARNm. Mais quel ARNm est responsable de telle protéine ? Cela on ne le sait pas. Il n'est donc pas possible d'utiliser les ARNm comme sondes, car on ne pourrait pas relier les gènes auxquels ils s'accorderaient à l'une des protéines présentes dans la cellule. En d'autres termes, on détecterait bien des gènes, mais on ne saurait pas à quoi ils correspondent.

Même problème lorsque la protéine fabriquée par la cellule est produite en très petite quantité. Dans ce cas, en effet, il est à peu près impossible de déceler ou d'isoler l'ARNm responsable de cette

## LA MÉTHODE CALTECH DE SYNTHÈSE DES GÈNES



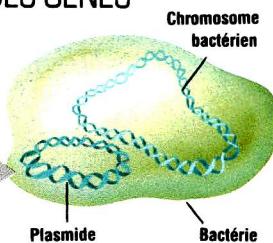
**A** Le gène que l'on se propose de fabriquer en série est synthétisé en "pièces détachées" en laboratoire, en prenant pour modèle le gène naturel.

microproduction — et par conséquent d'en faire une sonde. L'exemple de l'interféron illustre bien cette difficulté : produite en quantité infime dans les cellules contaminées par un virus, cette protéine, qui est utilisée aujourd'hui comme agent antiviral et antitumoral, a été découverte en 1957 par les biologistes anglais Isaacs et Lindemann, mais il a fallu plus de vingt-deux ans pour trouver le gène responsable de sa synthèse.

Lorsqu'il n'est pas possible de faire des sondes à partir des molécules d'ARN m, soit parce que ces molécules sont introuvables, soit parce qu'on ne sait pas à quelle protéine chacune correspond, il ne reste qu'une solution : construire la sonde à partir de la protéine elle-même, autrement dit adopter la démarche inverse de celle qu'utilise la nature. Toutes proportions gardées, c'est un peu comme si l'on demandait à des ingénieurs de construire des avions à partir d'un prototype volé : faute de plan, ils devraient d'abord reconstituer ceux-ci au moyen d'un mètre, d'un compas et d'un pied à coulisso.

Ce travail de reconstitution, c'est précisément celui auquel se consacre une équipe de chercheurs du California Institute of Technology, sous la direction du Pr Leroy E. Hood, chef du laboratoire de biologie. Ils disposent pour cela d'un appareil tout nouveau, qu'ils ont mis au point : le "séquenator" (*sequanator*, en anglais).

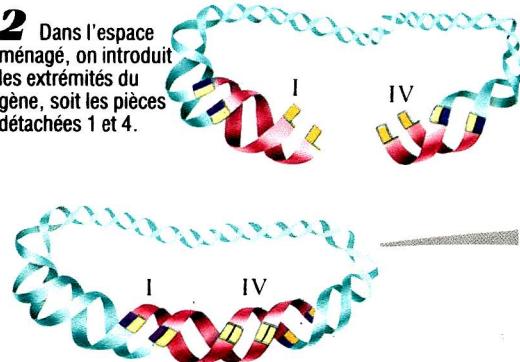
Cette machine analyse les protéines puisées au cœur de la cellule et, à partir des acides aminés qui les composent, reconstitue les séquences d'ARN messager qui sont à l'origine de leur synthèse. Imaginons, par exemple, une chaîne protéique (une protéine) composée de 13 acides aminés disposés dans l'ordre suivant : leucine - valine - thréonine - cystéine - sérine - valine - alanine - histidine - valine - alanine - histidine - valine - leucine. La machine, déchiffrant cette séquence, la traduira automatiquement par les codons correspondants, à savoir : CUA (pour la leucine), GUC (pour la valine), ACG (pour la thréonine), UGC (pour la cystéine), AGU (pour la sérine), etc.



**B** Ces pièces détachées sont greffées sur une bactérie "Escherichia coli" qui, en se multipliant, va produire des gènes entiers en multiples exemplaires. Les étapes de la "manip" sont les suivantes :

**1** On extrait de la bactérie un plasmide que l'on coupe au niveau d'un site de restriction.

**2** Dans l'espace ménagé, on introduit les extrémités du gène, soit les pièces détachées 1 et 4.



**3** On les colle bout à bout avec de la ligase, un enzyme qui sert de "colle" génétique.

Il ne reste plus ensuite qu'à fabriquer à partir de ce schéma une sonde en ARN m, laquelle permettra de repérer sur le ruban d'ADN le gène impliqué dans la synthèse de la protéine décryptée.

Appareil unique en son genre, le "séquenator" du Caltech, non seulement simplifie considérablement la tâche des chercheurs, mais rend également possible la découverte de gènes qui, sans lui, seraient encore longtemps restés cachés. Il est en effet capable d'analyser des quantités minuscules de protéine, de l'ordre de la picomole (soit environ 50 milliardèmes de gramme). Avec lui, l'interféron aurait été "séquéncé" en quelques heures, et son gène trouvé en quelques jours.

Il est un autre domaine dans lequel les chercheurs du California Institute of Technology possèdent une sérieuse avance : c'est celui de la synthèse des gènes. Nous l'avons vu plus haut : lorsque l'on veut obtenir plusieurs exemplaires d'un gène déterminé, on emploie généralement la méthode du clonage, c'est-à-dire que l'on greffe le gène dans un plasmide de bactérie. Mais on peut également synthétiser le gène, c'est-à-dire reconstituer et assembler les nucléotides qui le composent. Ce procédé a un avantage : il permet de modifier l'agencement

des bases et, par ce biais, d'améliorer les performances du gène ou bien de lui conférer des possibilités qu'il n'a pas naturellement.

Jusqu'ici, cependant, les techniques utilisées dans les laboratoires ne donnaient pas entière satisfaction : on ne pouvait en effet synthétiser que des gènes très courts. On commençait par assembler séparément les deux chaînes d'acide désoxyribonucléique devant constituer le gène, puis on les mettait en présence l'une de l'autre. Du fait de la complémentarité de leurs bases, elles s'accrolaient spontanément pour former la double hélice caractéristique de la molécule d'ADN. Mais les liaisons entre les bases manquaient de solidité, et les deux chaînes, après s'être rejoindes, tendaient à s'écartier. Pour éviter cette dislocation, les biologistes utilisaient un enzyme spécial qui agissait un peu à la manière d'une colle, renforçant la cohésion entre

les deux chaînes, à condition toutefois que celles-ci ne fussent pas trop longues. Au-delà d'une certaine taille, en effet, la "colle" n'avait plus d'effet, et les deux brins avaient de nouveau tendance à se dissocier.

Conscients qu'avec les méthodes usuelles ils ne parviendraient jamais à synthétiser correctement des gènes longs, les chercheurs du California Institute of Technology, et plus particulièrement l'équipe du Pr John H. Richards, chef du laboratoire de chimie organique, viennent de mettre au point une nouvelle technique, d'une conception fort ingénieuse et d'une efficacité tout à fait convaincante. Grâce à elle, il est désormais possible de synthétiser des gènes formés de plusieurs centaines de nucléotides.

Ayant constaté que les gènes assemblés par la nature (lors de la reproduction par clonage) étaient beaucoup plus solides que les gènes reconstitués par l'homme, le Pr Richards a eu l'idée de se faire assister par la nature pour renforcer la cohésion des gènes synthétisés. D'où une méthode alternant synthèse et clonage.

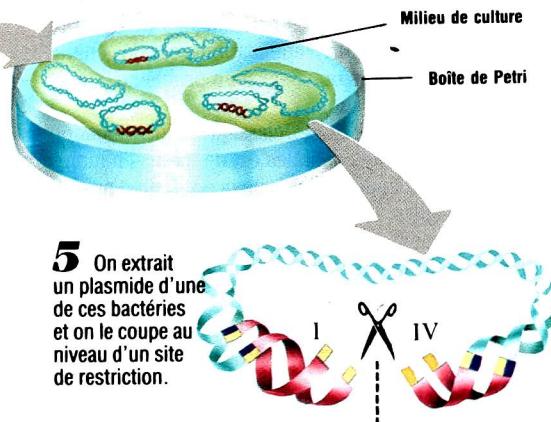
On commence par synthétiser les deux fragments correspondant au début et à la fin du gène (*dessins ci-contre*). Ces fragments sont alors introduits dans un plasmide bactérien, comme dans une opération de clonage. La bactérie, en se reproduisant, va fournir de nombreuses copies des fragments greffés, des copies "naturelles", pourrait-on dire, dans lesquelles les deux chaînes de nucléotides seront parfaitement soudées.

L'étape suivante consistera à répéter l'opération en introduisant deux nouveaux fragments intermédiaires dans le plasmide déjà modifié. Et ainsi de suite jusqu'à obtention d'un gène complet, synthétisé par l'homme mais assemblé par la nature.

Cette technique, nous en avons été témoin, est  
(suite du texte page 167)

**8** On réintroduit le plasmide dans la bactérie. Celle-ci, en se multipliant donne des copies du gène reconstitué. Ces gènes identiques à l'original sont alors extraits des plasmides. Au laboratoire, on synthétise un nombre beaucoup plus important de "pièces détachées", mais on procède dans le même ordre, des extrémités du gène vers le centre.

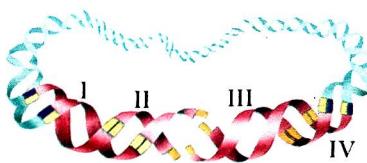
**4** Puis on réintroduit le plasmide dans la bactérie qui, en se multipliant, donne des copies du plasmide avec ses deux fragments greffés.



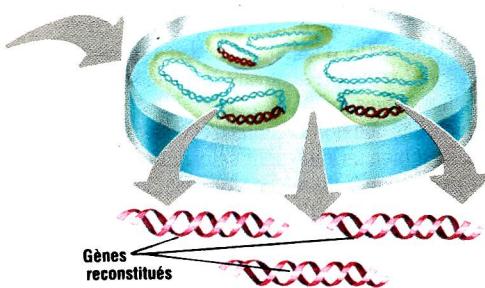
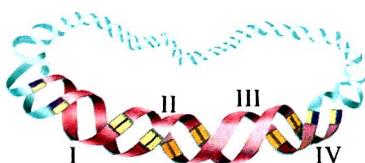
**5** On extrait un plasmide d'une de ces bactéries et on le coupe au niveau d'un site de restriction.



**6** Dans l'espace, on introduit les deux fragments intermédiaires 2 et 3.



**7** On colle à nouveau.



# L'ADN REMPLACE LES EMPREINTES DIGITALES

*Au pays de Sherlock Holmes, on vient de mettre au point un procédé révolutionnaire d'investigation policière : le test de l'ADN. Avec lui, un simple cheveu ou un débris d'ongle peuvent mener tout droit aux assises !*

**L**'histoire est toute récente et a passionné nos voisins d'outre-Manche. Un enfant ghanéen, né au Royaume-Uni, et donc sujet britannique, était allé passer ses vacances chez son père, en Afrique. A son retour à Londres, les inspecteurs du service d'immigration lui refusèrent le droit d'entrer sous prétexte qu'il y avait substitution de personne, que le garçon qui rentrait n'était pas le même que celui qui était parti. La mère, venue à l'aéroport accueillir son fils, eut beau protester, s'indigner, montrer les photos de l'enfant posant à côté d'elle ou jouant dans le cottage familial, rien n'y fit. Les inspecteurs, imperturbables, exigèrent une analyse sanguine. On effectua un prélèvement sur la mère, un autre sur l'enfant, et l'on y rechercha les traditionnels "marqueurs" du sang : groupe sanguin, facteur rhésus, ABO, HLA, etc. La comparaison des deux échantillons fit apparaître un réel lien de parenté entre les deux personnes, mais elle ne permit pas d'établir une filiation directe.

Le service d'immigration maintint donc son veto. La mère, en désespoir de cause, se tourna vers le laboratoire de la police judiciaire, installé à Reading, et demanda à bénéficier d'une technique nouvelle, pratiquée seulement en ce lieu : le test de l'ADN. Sa requête ayant été acceptée, un biologiste lui préleva une cellule, en prit également une sur son fils, isola l'ADN de l'une et de l'autre, et, après avoir comparé les deux molécules, conclut : « Cet enfant est bien le fils de Madame ! » Les portes du Royaume-Uni se rouvrirent devant le jeune sujet de Sa Gracieuse Majesté.

Si, dans le cas que nous venons d'évoquer, le test de l'ADN s'est bien terminé pour celui qui l'a subi, il n'en est pas toujours de même : à cause de lui, un certain nombre d'individus expient actuellement leur forfait en prison. Il a suffi en effet que des policiers découvrent un cheveu, un fragment

d'ongle, une trace de sang ou de sperme, pour que, grâce aux biologistes du laboratoire de Reading, des gangsters, des assassins ou des violeurs soient définitivement confondus. Bref, le test se révèle si efficace que les services britanniques de sécurité voudraient en étendre l'application, voire la généraliser à tous les cas où se pose un problème d'identité ou d'identification.

C'est que la méthode classique d'identification par les empreintes digitales est de moins en moins fiable. Le malandrin le plus novice sait qu'il ne doit pas "travailler" les mains nues, à moins de les avoir préalablement passées à l'acide pour effacer les saillies qui ornent la pulpe de ses doigts. Quant à l'émigré clandestin, il lui suffit d'apposer ses vraies empreintes sur une fausse carte d'identité ou un faux passeport pour se faire passer pour un citoyen en règle.

Avec l'ADN, toute falsification, tout maquillage deviennent impossibles. En outre, c'est une "empreinte" qui résiste au temps, car la durée de vie de l'ADN est tout à fait exceptionnelle. L'an dernier, des biologistes en ont prélevé dans l'épiderme de momies vieilles de près de 2 500 ans et l'ont greffé sur des bactéries : eh bien, il s'est remis à fonctionner !

Le père du test de l'ADN est le Pr Alec J. Jeffreys, chef du laboratoire de génétique à l'université de Leicester et directeur de recherche au laboratoire de la police judiciaire de Reading. C'est lui qui, le premier, a mis en évidence l'existence sur la molécule d'ADN de sites propres à chaque individu, et imaginé le parti que l'on pouvait en tirer.

Pour bien comprendre ce que sont ces sites particuliers et comment ils peuvent servir de marques de reconnaissance, il nous faudrait une fois

(1) Voir *Science & Vie* n° 813, page 39 : "Un bébé éprouvette à partir d'une momie".

encore rappeler quelques notions fondamentales concernant la structure de l'ADN. Pour éviter de telles répétitions, nous vous conseillons de vous reporter à l'article "La machine à décoder les gènes" (*page 36 de ce numéro*).

La molécule d'ADN, on le sait, est le support de l'information génétique, c'est-à-dire qu'elle contient des messages destinés aux cellules. Ces messages, au nombre d'une centaine de milliers, sont représentés par les gènes. Autrement dit, un gène est un petit segment d'ADN sur lequel est inscrite une information que la cellule utilise pour fabriquer une protéine donnée.

En revanche, ce que l'on sait moins, parce qu'il s'agit d'une découverte récente, c'est qu'il y a tout le long de la molécule d'ADN des séquences de bases qui se répètent plusieurs fois et qui ne contiennent

aucun message. Ces séquences se trouvent dans les introns, c'est-à-dire dans les parties de gène qui ne portent aucune information. Rappelons en effet qu'un gène est généralement constitué de plusieurs centaines de nucléotides, mais que tous ces nucléotides n'ont pas la même valeur. Certains, rangés dans un ordre bien déterminé, forment les exons, c'est-à-dire les parties qui contiennent le message et qui sont transcris en ARN messager pour pouvoir sortir du noyau de la cellule et être déchiffrées puis traduites en protéines par la machinerie cellulaire. D'autres suites de nucléotides qui ne contiennent aucun message, disposées ça et là entre les exons, n'ont pas de signification particulière et ne sont pas converties en ARN messager : ce sont les introns, à l'intérieur desquels se trouvent les séquences répétitives dont nous venons de parler.

C'est là que le Pr Jeffreys a découvert des séquences de 15 à 30 nucléotides répétées de 3 à 30 fois d'affilée et réparties tout le long de la molécule d'ADN. Chez M. X, par exemple, on trouvera la même séquence de 20 nucléotides répétée 10 fois à tel endroit, puis 20 fois un peu plus loin, puis 3 fois plus loin encore, et ainsi de suite dans une dizaine de milliers de sites différents. Chez M. Y, par contre, ces séquences seront composées de 25 nucléotides et occuperont, par groupes de 3 à 30, une vingtaine de milliers de sites différents. Le Pr Jeffreys a baptisé ces groupes de séquences : "minisatellites".

Intrigué par sa découverte, le professeur poussa plus loin ses investigations. Plusieurs surprises l'attendaient. Il observa d'abord que les enzymes de restriction coupent les minisatellites (les groupements de séquences) à leurs extrémités et jamais au milieu, ce qui permettait de les isoler complètement du reste de l'ADN. Ensuite, il remarqua que, dans les



Photo M. Toscas/Galerie 27

minisatellites, chacune des séquences répétées était faite de deux parties : l'une centrale (qu'il dénomma "core") composée de 10 bases identiques, à une exception près, chez tous les individus (2), et, de part et d'autre de ce motif commun, une série de bases semblables chez un même individu, mais variables d'un sujet à l'autre.

Enfin, son attention fut attirée par deux particularités dont nous avons parlé, à savoir, d'une part, que les minisatellites ont des tailles différentes, les plus courts comptant trois séquences et les plus longs trente ; d'autre part, qu'on les trouve un peu partout sur la molécule d'ADN, mais que leur nombre n'est pas le même chez tous les individus.

Le Pr Jeffreys vit tout de suite le parti que l'on pouvait tirer de ces différences interindividuelles. Puisque tous les hommes n'ont pas le même nombre de minisatellites ; puisqu'ils n'ont pas non plus la même répartition quant à la taille de ces minisatellites, certains en ayant beaucoup de longs et peu de courts, d'autres beaucoup de moyens et peu de longs, etc. ; puisque, enfin, ils n'ont pas tous le même nombre de nucléotides à l'intérieur de chaque séquence, il y a là, se dit-il, suffisamment d'éléments pour créer une méthode d'identification fiable. La probabilité, en effet, que deux personnes aient à la fois le même nombre de minisatellites, une répartition identique quant à la taille de ceux-ci et des séquences absolument semblables, est pratiquement nulle. Sauf, bien entendu, chez les vrais jumeaux (les jumeaux monozygotes).

Restait à trouver un moyen de visualiser ces différences afin d'en faire des éléments signalétiques faciles à utiliser. Les chercheurs du laboratoire de Reading, aidés par le Pr Jeffreys, ont mis au point une technique très astucieuse aboutissant à l'établissement d'une sorte de carte d'identité génétique comparable au code barre des produits vendus dans les supermarchés.

Dans un premier temps, la molécule d'ADN prélevée dans une cellule quelconque de l'individu à "identifier" est découpée en petits morceaux au moyen d'enzymes de restriction. Parmi ces morceaux de diverses tailles, se trouvent les minisatellites entiers puisque, nous l'avons vu, les enzymes de restriction ne les coupent qu'à leurs extrémités.

La seconde opération consiste à trier l'ensemble des fragments en fonction de leur taille. Pour cela on utilise l'électrophorèse, une méthode fondée sur la migration des particules soumises à un champ électrique. Dans un récipient rectangulaire contenant un gel d'agarose, on place en vrac tout le long d'un des petits côtés les fragments d'ADN, puis on

fait passer un courant électrique dans le gel. Les fragments s'échelonnent alors dans le sens de la grande longueur, les plus courts (donc les plus légers) migrant le plus loin, les plus lourds demeurant près de la ligne de départ, et les autres occupant des positions intermédiaires.

Voilà donc les minisatellites classés selon leur taille, mais comment les distinguer des autres fragments mêlés à eux ? Pour les isoler, on va commencer par appliquer sur la surface du gel une membrane de nitrocellulose sur laquelle vont venir se coller, en conservant leur place, la totalité des fragments. La membrane est ensuite plongée dans une solution contenant une multitude de petites sondes appropriées.

Chaque sonde est un assemblage de 10 nucléotides, ceux-là précisément qui forment le motif central (le "core") commun à toutes les séquences entrant dans la composition des minisatellites. Le premier exemplaire de cette sonde est synthétisé en laboratoire, puis greffé à l'intérieur d'une bactérie qui, en se reproduisant, reproduit aussi la sonde. Comme les bactéries se multiplient très rapidement, on obtient en peu de temps des dizaines de milliers d'exemplaires de la sonde initiale, exemplaires qui, après avoir été marqués radioactivement, sont introduits dans la solution où doit être plongée la membrane.

Au moment de l'immersion de la membrane, les sondes se dirigent vers les minisatellites, y reconnaissent le motif (le "core") sur le modèle duquel elles ont été faites, et s'accrochent à lui. Il ne reste plus alors qu'à plaquer un film photographique sur la feuille de nitrocellulose : comme les sondes sont radioactives, elles impressionnent le film et y forment des bandes plus ou moins sombres et plus ou moins larges selon le nombre de minisatellites fixés à tel ou tel endroit. Ainsi, un individu ayant beaucoup de minisatellites de petite taille, peu de taille moyenne et quelques-uns de grande taille, aura des bandes très sombres et très marquées dans la partie du film correspondant aux minisatellites de petite taille, peu de bandes ou des bandes très claires dans le milieu du film, et quelques bandes bien nettes à l'autre extrémité (**photos ci-contre**).

On peut donc visualiser les "empreintes" génétiques d'un individu et s'en servir dans tous les domaines où l'on a besoin d'établir ou de confirmer une identité. En matière d'identité judiciaire, par exemple, il est désormais possible de confondre un suspect en comparant le spectre de bandes obtenu à partir d'une molécule de son ADN avec le spectre produit par l'ADN contenu dans un cheveu, un débris d'ongle ou un lambeau de peau découverts sur le lieu du crime.

De la même façon, un violeur pourra difficilement nier son forfait devant l'évidence d'un spectre de bandes obtenu à partir d'un spermatozoïde

(2) Ces dix bases se présentent dans l'ordre suivant : guanine-guanine-guanine-cytosine-adénine-guanine-guanine-adénine-X-guanine. La base X varie d'un individu à l'autre et peut être soit une adénine, soit une cytosine, soit une guanine, soit une thymine.

recueilli sur sa victime. Dans ce dernier cas, cependant, le spectre fourni par le spermatozoïde ne sera pas rigoureusement identique au spectre donné par la cellule prélevée sur le doigt ou la joue du présumé coupable. En effet, en tant que cellule sexuelle, le spermatozoïde ne contient que 23 chromosomes, et non 23 paires comme n'importe qu'elle autre cellule du corps. Sur la photographie de l'ADN du spermatozoïde, les bandes seront donc moins nombreuses que sur la photo de l'ADN de la cellule somatique, mais les bandes subsistantes se retrouveront sur l'autre cliché à la même place et avec la même importance.

Dans le domaine de la recherche en paternité ou en maternité, la comparaison des bandes est un peu plus délicate, mais tout aussi probante. En effet les minisatellites se transmettent de génération en génération selon les lois de l'hérédité définies par Mendel. Cela veut dire que l'enfant hérite d'une partie des bandes de son père et d'une partie des bandes de sa mère, puisqu'il est le produit de la fusion de deux cellules sexuelles (un spermatozoïde et un ovule) qui ne contiennent l'une et l'autre, nous venons de le voir, que 23 chromosomes. Mais ces parties respectives ne sont pas identiques chez tous les descendants d'un même couple — sauf chez les vrais jumeaux, qui, étant issus de la même cellule-œuf (du même zygote), ont forcément le même patrimoine génétique. En revanche, des frères et sœurs issus de cellules-œufs différentes n'ont quasiment aucune chance d'avoir le même spectre de bandes.

Pourquoi ? Parce que, rappelons-le, chacune des 23 paires de chromosomes présentes dans la majorité des cellules humaines est formée d'un chromosome d'origine paternelle et d'un chromosome d'origine maternelle. Or, lors de la formation des cellules sexuelles, c'est-à-dire lors de la disjonction des 23 paires de chromosomes et de la constitution de deux cellules filles à 23 chromosomes chacune, la répartition des chromosomes

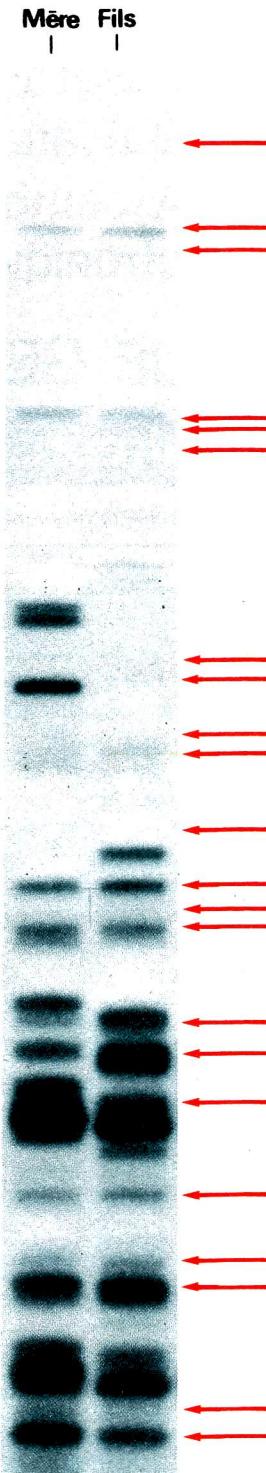
paternels et maternels va se faire au hasard. Ainsi, une cellule fille pourra avoir 18 chromosomes paternels et 5 chromosomes maternels, et l'autre, à l'inverse, 18 chromosomes maternels et 5 chromosomes paternels. De ce fait, la probabilité que

deux spermatozoïdes ou deux ovules aient la même répartition chromosomique est extrêmement faible. Et comme les minisatellites sont sur les chromosomes, la probabilité que les enfants d'un même couple héritent tous des mêmes satellites est très faible.

Cela dit, il n'en demeure pas moins que, si l'on compare le spectre des bandes d'un enfant au spectre du père et à celui de la mère, on doit retrouver sur chacun de ces deux derniers une partie des bandes du premier. Si tel est le cas, la parenté directe ne peut pas être mise en doute.

A quand la généralisation de ce "signalement génétique" ? Au laboratoire de la police judiciaire de Reading, on la souhaite prochaine et l'on propose que, sur les cartes d'identité, les empreintes digitales soient remplacées par les empreintes génétiques, c'est-à-dire par la photo du spectre des bandes. La décision appartient aux gouvernements... et aux comités de défense contre toute forme trop indiscrète d'étiquetage individuel.

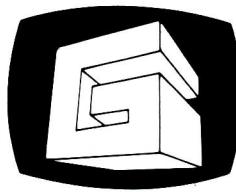
**Pierre Rossion**



#### LE CODE BARRE GÉNÉTIQUE PLUS PRÉCIS QU'UNE CARTE D'IDENTITÉ

Ces deux bandes aux traits plus ou moins sombres et plus ou moins épais, sont les photos d'empreintes génétiques faites à partir d'ADN humain. La bande de gauche représente les empreintes d'une Ghanéenne vivant au Royaume-Uni ; celle de droite représente celles de son fils. On voit (flèches rouges) que les empreintes de l'enfant comptent une bonne partie de traits semblables à ceux de sa mère. Comme le patrimoine génétique d'un individu est composé exclusivement des apports en chromosomes du père et de la mère (pour moitié chacun), les traits restants de la bande de l'enfant proviennent du père. Ce dernier vivant au Ghana, on a quand même pu confirmer sa paternité par comparaison entre les traits restants et les bandes des autres enfants du couple résidant au Royaume-Uni. La preuve irréfutable a ainsi pu être apportée d'un lien de parenté entre l'enfant et celle qui se disait sa mère, lien que les services d'immigration britannique contestaient.

Gestetner



- Copieurs zoom et couleur
- Systèmes duplication rapide
- Impression/Assemblage/Reliure
- Ecriture Electronique

## BUREAUTIQUE GESTETNER

La Force dans votre Entreprise

Siège Social -71, rue Camille Groult - 94400 Vitry-sur-Seine - Tél. (1) 46 80 85 22

## JEUX & STRATEGIE *AU DOIGT ET A L'OEIL!*

*Entrez dans le jeu  
de Jessie, adoptez  
la bonne stratégie,  
Matez le roi,  
sans qu'il fasse un pli.*

**36.15.91.77**

**Tapez, JESSIE.**

**JESSIE, LE JOURNAL TELEMATIQUE DE JEUX & STRATEGIE**

# L'ALUMINIUM, FACTEUR DE DÉMENCE SÉNILE ?

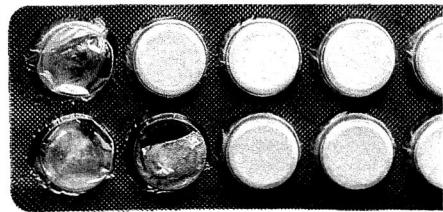
*Des chercheurs anglais ont trouvé des quantités énormes d'aluminium dans le cerveau des victimes de la maladie d'Alzheimer. Or, ce métal est utilisé en pharmacologie dans les antiacides pour calmer les brûlures d'estomac. La véritable "épidémie" de démence sénile qui sévit en Occident serait-elle liée à l'emploi abusif de ces médicaments ?*

D'année en année, la médecine découvre de plus en plus de méfaits causés par ses propres remèdes. La liste des "maladies thérapeutiques" s'allonge, sous l'impulsion des abus médicamenteux propres à nos sociétés modernes et de l'auto-administration intempestive de toutes les drogues de notre pharmacopée chimique. Mais même dans le cas de traitements que la raison médicale justifie et approuve.

Parmi les produits mis en accusation : l'aluminium. Ce métal fait une carrière fulgurante non seulement dans l'industrie et le bâtiment, mais en pharmacie ; ses sels (silicate, salicylate, carbonate basique, phosphate) entrent dans la composition de bon nombre de médicaments employés contre les troubles gastro-intestinaux, à cause de leur action protectrice et cicatrisante sur la muqueuse. On les utilise notamment dans les antiacides, pour neutraliser l'hyperacidité gastrique, ou hyperchlorydrie, ou plus familièrement "brûlure d'estomac", et dans les antidiarrhéiques. Or, depuis quelques années, certains chercheurs soupçonnent l'aluminium de conduire à des troubles mentaux très graves.

En 1976, paraît dans le *New England Journal of Medicine* un retentissant article de deux médecins américains, Allen Alfrey et William D. Kaehny, sur la "maladie de Denver". En effet, une affection nouvelle et totalement inconnue vient de faire son

Soyons justes : si tous les antiacides contiennent de l'aluminium (sous forme de silicate, d'hydroxyde, etc.), celui-ci est absorbé à divers degrés. Il en est même un, le phosphate d'aluminium, qui n'est pas absorbé du tout.



apparition dans la région de Denver, capitale du Colorado : une épidémie d'encéphalopathies d'un type étrange et fréquemment mortel. L'aspect le plus déroutant de ce mal est qu'il frappe une tranche très spéciale de la population : les insuffisants rénaux astreints à des séances de rein artificiel. Quel rapport ?

De 72 à 76, on diagnostique une centaine de ces cas dans différentes unités thérapeutiques où se pratique l'hémodialyse. La grande majorité des victimes ont été en épuration rénale entre trois et sept ans avant l'apparition de cette déchéance mentale. Aucun malade sous dialyse depuis moins de trois ans n'est (encore) atteint.

Pour les médecins, cela ressemble étonnamment à un empoisonnement chronique au long cours, à une accumulation de toxique vraisemblablement liée à l'urémie ou à son traitement. Les laboratoires se mettent fiévreusement à la recherche du mystérieux agent responsable de ces troubles cérébraux.

PAR LE DR JEAN-MICHEL BADER

C'est d'autant plus urgent que le mal fait des ravages incontrôlables parmi les patients. Au Denver Veterans Administration Hospital, par exemple, établissement qui accueille les anciens combattants, la "démence de la dialyse" arrive maintenant en tête de toutes les causes de mortalité. 8 des 28 malades en épuration chronique hospitalisés ici à l'époque, meurent d'une encéphalopathie.

Les symptômes sont terribles, les victimes frappées par tout une série de dysfonctionnements neurologiques. Incoordinations motrices, contractions musculaires involontaires, tremblements. Ces signes, remarquablement constants chez les sujets, indiquent une profonde atteinte du cortex cérébral. Les malades sont secoués fréquemment de crises épileptiques, de convulsions d'un membre ou d'une

On peut être diabétique, ou hypertendu tant par la faute de ses chromosomes que de son alimentation et de son mode de vie. De même, il est possible d'imaginer que l'aluminium, s'il est coupable, ne causerait l'Alzheimer que chez des individus génétiquement prédisposés.

D'ailleurs, des chercheurs américains ont avancé dans ce sens : une même séquence d'ADN, un gène identique, est présent dans le scrapie du mouton et l'Alzheimer de l'homme.

Les chercheurs savaient que certaines lésions du système nerveux constatées dans le scrapie, une maladie du mouton, étaient comparables à celles observées, à l'autopsie, sur des vieillards atteints de démence sénile du type Alzheimer. Puisque le scrapie était dû à un agent infectieux à très longue période d'incubation — un virus "lent" similaire à celui que d'aucuns ont, pour un temps, rendu responsable de la maladie d'Alzheimer —, ils se sont demandé quel mécanisme cellulaire détérioré par le virus entraînait les altérations neurologiques spécifiques de la maladie ovine. La réponse était d'importance : si un même mécanisme cellulaire était atteint dans l'un et l'autre cas, enfin tiendrait-on une piste...

Le métabolisme d'une cellule, saine ou non, est en effet contrôlé par ces séquences de base d'ADN contenues dans les chromosomes du noyau cellulaire qu'on appelle les gènes. La question revenait donc à se demander si un seul et même gène (ou groupe de gènes), présent chez l'animal comme chez l'homme, ne prédisposait pas à la maladie, déclenchée par un virus chez l'un, par des agents toxiques inconnus chez l'autre.

Les biologistes travaillèrent donc

d'abord sur des cultures de cellules de souris auxquelles le scrapie avait été transmis ; ils établirent ainsi 5 000 clones, d'abord mis en présence de sections cérébrales de hamsters infectés, puis de celles d'humains chez qui le diagnostic avait confirmé la maladie d'Alzheimer. Les 5 000 clones ne représentent qu'une infime partie du génome de la souris.

Or, il faut croire que les chercheurs jouèrent de chance : parmi les 5 000 clones passés au crible, ils constatèrent qu'un fragment d'ADN bien particulier s'attachait au tissu cérébral des hamsters atteints de scrapie comme à celui des patients atteints de la maladie d'Alzheimer — et non pas au tissu des animaux et des hommes sains. En d'autres termes, pour l'une et l'autre maladie, l'"hybridation" indiquait la présence d'un ARN messager bel et bien fabriqué à partir d'un gène identique ! En aucun cas, ce gène ne permet d'affirmer qu'il serait la cause directe de la démence sénile ; il est néanmoins susceptible de servir de "marqueur" pour effectuer le dépistage précoce de la maladie d'Alzheimer qui touche déjà quelque 350 000 Français.

Car le rôle de ce gène dans l'origine des deux maladies est loin d'être facile à déterminer. En ce qui concerne le scrapie, on peut penser que, lorsque l'agent infectieux envahit une cellule, il déclenche l'expression du gène et provoque la synthèse de l'ARN messager correspondant ; celui-ci perturbe le métabolisme normal des cellules du mouton et se concentre en taches dans les régions cérébrales lésées.

Mais qu'en est-il pour la démence d'Alzheimer dont l'origine infectieuse semble aujourd'hui peu probable ?

En tout état de cause, les expé-

moitié du corps. Au stade ultime, ils deviennent totalement aliénés. L'électroencéphalogramme montre un ralentissement général du fonctionnement cérébral, avec de brusques explosions d'activité électrique.

Les pathologistes se livrent à des autopsies très approfondies sur l'encéphale d'une douzaine de patients décédés. Rien d'anormal n'apparaît, ni à l'examen macroscopique, ni au microscope électro-nique. Pensant qu'il pourrait s'agir d'un de ces virus lents qui sont à l'origine de certaines encéphalites, on injecte à des primates un broyat de cerveau prélevé sur une des victimes. Les singes restent en parfaite santé.

La recherche s'enlise. Elle se tourne alors vers les thérapeutiques administrées à ces malades du rein.

## UN GÈNE PRÉDISPOSERAIT-IL

riences des chercheurs américains démontrent que, si la concentration des taches d'ARN s'effectue de manière similaire, leur localisation n'est pas la même chez l'animal et chez l'homme : chez le hamster, les taches se situent dans le corps cellulaire des neurones alors que, chez l'homme, on les observe sur les prolongements s'étendant à partir du corps cellulaire.

Le Pr Wietgrefe de l'université du Minnesota à Minneapolis et ses co-équipiers microbiologues viennent de communiquer le résultat de leurs travaux dans la revue américaine *Science*. Ils estiment pour leur part que l'ARN peut provoquer des modifications notables dans le cerveau, que ces modifications soient d'origine virale (comme dans le scrapie) ou bien dues à une dégénérescence associée à l'âge et à divers autres facteurs encore inconnus (comme c'est probablement le cas dans la maladie d'Alzheimer).

L'un de ces facteurs, sans doute prépondérant, serait d'ordre génétique. On constate, en effet, que le risque de contracter la maladie augmente si l'on a des frères, des sœurs ou des parents qui en ont été atteints et que ce risque est d'autant plus grand que les symptômes se sont manifestés précocelement chez ce ou ces membres de la famille. Il est d'ailleurs concevable que certains individus soient, dès leur naissance, porteurs d'un gène vulnérable, et d'autres pas.

Des observations diverses viennent encore appuyer cette hypothèse génétique. Ainsi les études récentes du Dr Herman Weinreb, neurologue au centre médical de l'université de New York, suggèrent-elles que les sujets prédisposés sont identifiables à leurs empreintes digitales : on trouve chez

Et l'on s'avise que ces malades, depuis cinq à sept ans, reçoivent par voie digestive, à fortes doses et de façon continue, un sel d'aluminium.

En effet, l'organisme atteint d'insuffisance rénale urémique est incapable d'éliminer son excédent de phosphore, qui traverse alors la barrière intestinale pour se déverser dans le sang, où sa concentration devient trop forte. Elle détraque alors le mécanisme de régulation phospho-calcique assuré par certaines hormones, affectant gravement le métabolisme des cellules osseuses et empêchant les cellules nerveuses et musculaires de fonctionner normalement. Pour combattre cette phosphorémie chez les malades, les médecins leur prescrivent des sels d'aluminium ; ces derniers se combinent dans l'intestin avec les phosphates alimentaires et les

rendent insolubles. Le phosphate d'aluminium, produit de cette combinaison, n'est pas dissociable : il est arrêté par la paroi intestinale et ne passe pas dans le plasma sanguin.

Du moins, c'est là le schéma théorique. Mais les choses ne sont pas si simples. Idéalement, l'aluminium, sous forme de phosphate, ne devrait pas être véhiculé à travers l'organisme par le système sanguin. En fait, dès 1972, un chercheur américain, Edwin Clarkson, démontre que ces patients urémiques, gros consommateurs de sels d'aluminium, manifestent une balance aluminique positive. Leurs organes captent quelque 100 à 568 mg par jour de ce métal — plus d'un demi-gramme !

Difficile d'établir avec certitude si son passage dans l'organisme s'effectue par voie sanguine. Le

## LA MALADIE D'ALZHEIMER ?

eux une fréquence élevée de boucles d'ulna, allant de pair avec une diminution des tourbillons et des arches ; plus frappante encore est l'augmentation du nombre de boucles sur l'annulaire et l'auriculaire, comme chez les personnes atteintes du syndrome de Down ou trisomie du chromosome 21, plus communément nommée mongolisme.

Or, chacun sait que le syndrome de Down est une anomalie génétique caractérisée par la présence, dans une paire chromosomique, d'un chromosome surnuméraire. Par le passé, peu d'enfants mongoliens atteignaient l'âge adulte ; de nos jours, les traitements médicamenteux et d'éventuelles interventions chirurgicales visant à corriger les malformations cardiaques liées à ce syndrome permettent à 80 % des mongoliens de vivre au-delà de 50 ans.

Ce que l'on sait moins, c'est que, passé la trentaine, la quasi-totalité des trisomiques présente des lésions cérébrales typiques de la maladie d'Alzheimer : plaques d'atrophie, zones de dégénération des fibres nerveuses, enchevêtrements neuro-fibrillaires. Pourtant, avec l'âge et malgré ces lésions caractérisées, environ un tiers seulement des malades sont diagnostiqués comme atteints de dénceinte sénielle ; importants troubles de la mémoire, désorientation, crises épileptiformes, incontinence et perte totale d'autonomie restent attribués à l'ariéation mentale déjà constatée.

De toute évidence, les causes de la maladie d'Alzheimer sont multiples et complexes. Tout dernièrement, deux autres "marqueurs" de la maladie ont été identifiés, toujours aux Etats-Unis. Peter Davies et ses collègues de l'Albert Einstein College of Medicine (New York) décrivent une protéine pra-

tiquement inexistante chez les sujets sains et qu'ils ont baptisée "ALZ 50", car elle s'attache de préférence aux neurones de l'hippocampe et du cortex temporal, régions tout particulièrement vulnérables aux lésions représentatives de la maladie d'Alzheimer.

De son côté, le Pr Garth Bissette, du centre médical de l'université Duke (Caroline du Nord), révèle que le cortex frontal et le cortex temporal des patients morts de la maladie d'Alzheimer contiennent moitié moins d'une hormone agissant sur les glandes surrénales, par rapport à la normale (il s'agit de la "CRF", pour *corticotropin-releasing factor*).

Depuis une dizaine d'années déjà, on sait que des perturbations biochimiques s'expriment par un grave déficit d'acétylcholine cérébrale. Or, l'acétylcholine est un neuro-transmetteur indispensable au bon fonctionnement du système nerveux, puisque c'est cette substance qui transmet l'impulsion nerveuse d'une cellule à une autre, au travers de la zone d'échange (ou synapse) entre deux neurones.

En attendant, tous les traitements en vigueur ne sont que des palliatifs : ce sont essentiellement les médicaments, la rééducation et le traitement symptomatique. Mis en œuvre à titre expérimental, les traitements médicamenteux consistent à administrer de l'acétylcholine, de ses précurseurs, ou bien des antagonistes de l'acétylcholinestérase, une enzyme destructrice de cet indispensable médiateur.

La rééducation, elle, peut prendre diverses formes. A l'Institut national de recherche et de prévention du vieillissement cérébral (INRPVC) du Kremlin-Bicêtre, près de Paris, il s'agit d'exercices individualisés destinés à

compenser la perte de certains neurones par la stimulation de ceux en bon état, dans l'espoir de créer de nouveaux circuits cérébraux.

Une autre méthode consiste à réapprendre aux malades les gestes de tous les jours. Directeur du Centre d'animation naturelle tirée d'occupations utiles (CANTOU) au foyer Emile de Rosat, à Rueil-Malmaison, Georges Gausselet veut donner une relative autonomie à tous ceux qu'il fait vivre au sein d'une communauté ; on aide donc à préparer les repas, mettre la table, laver la vaisselle, etc. Les résultats ne sont pas négligeables. Mais la rééducation se limite à ralentir un processus de destruction cérébrale irréversible...

Il y a vingt ans encore, la maladie d'Alzheimer était réputée rare. Aujourd'hui, elle atteint 5 à 10 % des plus de 65 ans et 20 % des plus de 80 ans (des femmes, en majorité). Cette dénceinte sénielle frappe souvent bien plus tôt : 10 à 15 % des victimes ont moins de 65 ans et la plus jeune malade a 29 ans.

Si l'arme préventive ou curative n'est pas trouvée d'ici peu, nous risquons fort, en ces temps de longévité accrue, de nous trouver face à une véritable épidémie. En France, on prévoit 400 000 à 500 000 cas pour l'an 2000, et plus de 2 millions aux Etats-Unis.

De plus, ce type de gâtisme coûte fort cher : selon l'INRPVC, les trois dernières années de soins demandent, en moyenne, 700 000 francs par victime ; selon la Fondation nationale de gérontologie, environ 230 000 à 330 000 personnes restent à domicile (soit 65 à 88 % des cas) et 45 000 à 130 000 autres sont placées en institutions spécialisées (12 à 35 % des cas).

Alexandre Dorozynski

dosage de l'aluminémie est très délicat. Il y a quinze ans encore, on ne disposait pour le réaliser que du procédé kelvinométrique, qui consiste à mesurer la température de couleur de la lumière en se servant des intensités relatives d'émission dans les bandes spectrales du rouge et du bleu. A l'époque, la quantité jugée normale pour un adulte sain dépassait 300 microgrammes (millionièmes de grammes) d'aluminium par litre de sang. L'avènement des méthodes fluorimétriques<sup>(1)</sup> et, plus récemment, chromatographiques<sup>(2)</sup>, a apporté une bien meilleure précision dans les mesures et a énormément réduit le taux d'aluminium considéré comme acceptable dans le sang. Clarkson, en 72, fixait la norme pour l'individu à 80 microgrammes par litre.

Enfin, l'introduction de la photospectrométrie d'absorption atomique, où l'on compare, grâce à un photomètre et un spectromètre, les fréquences de rayonnement du produit à un spectre étalon, donne actuellement des résultats très sûrs et parfaitement reproductibles. Le taux d'aluminium sanguin moyen pour un adulte normal est compris entre 7 et 24,3 microgrammes par litre. C'est le chiffre de référence universellement admis aujourd'hui.

Une des grosses difficultés tient cependant à l'incertitude des chercheurs quant à la véritable origine de tout cet aluminium que l'on analyse chez les malades atteints d'une néphropathie. L'aluminium est partout. On le retrouve aussi bien dans l'eau de boisson que dans les poussières atmosphériques. Et bien sûr, dans le fond des casseroles et des ustensiles servant aux préparations biologiques.

On a donc voulu déterminer la teneur en aluminium des liquides d'hémodialyse dans les appareils, dont la cuve est faite de ce métal et en contact permanent avec la membrane semi-perméable de l'organe artificiel. Mesurés dans quatre centres français, les taux se situent entre 20 et 60 microgrammes par litre de liquide d'épuration. C'est très peu. Or, d'autres expériences ont établi que la "dialysance" de l'aluminium — sa faculté de franchir la membrane du rein artificiel — est extrêmement faible. Donc, avec une aussi basse teneur en aluminium dans la solution hydroélectrolytique et une si mauvaise dialysance de ce métal, la quantité qui filtrerait jusqu'au sang du malade ne peut être, au pire, qu'infime. Or, les aluminémies des patients atteignent 100 à 200 microgrammes par litre de sang. Alors, d'où proviennent ces doses énormes ?

L'eau de ville, avec laquelle on prépare le liquide de purification du sang, n'est pas non plus en

cause ; les analyses donnent toujours des teneurs faibles.

La contamination aluminique semblerait bien due, par conséquent, à la médication que reçoivent les malades du rein. Mais l'affaire se complique encore un peu plus. En effet, tous les sels d'aluminium ne sont pas égaux devant l'organisme. Lorsque des médicaments en contiennent, il s'agit presque toujours d'hydroxyde, de phosphate ou de silicate d'aluminium. Or, les propriétés physico-chimiques de ces éléments, où l'on a remplacé un ou plusieurs atomes d'hydrogène d'un acide par un ou plusieurs atomes du métal, varient beaucoup de l'un à l'autre. Et pour un même sel, « le processing, qui est tenu secret par le fabricant, peut être très différent, faisant évoluer le produit entre la formation amorphe et la cristallinité », explique Albert Castro, ingénieur chimiste de la Société des produits chimiques alumineux (SCPA), le plus gros fournisseur d'aluminium à l'industrie pharmaceutique française.

L'hydroxyde d'aluminium est extrêmement sensible au pH du milieu dans lequel on l'introduit. Entre pH 0 et pH 4 — dans le domaine acide, donc —, la presque totalité du produit prend la forme d'une concentration ionique où l'aluminium est complètement dissocié. Chaque composé chimique répond en effet à une constante de dissociation (pK) qui détermine son comportement à l'égard d'un pH donné, à savoir la vitesse à laquelle ses éléments se séparent et la manière dont ils le font. Il y a, par exemple, cent à mille fois plus d'aluminium libre dans un gel<sup>(3)</sup> d'aluminium à pH 4,2 qu'à pH 6,2. Autrement dit, plus l'acidité du milieu est forte, plus les ions métalliques ont tendance à se détacher de leur composé pour s'associer à d'autres éléments. L'aluminium qui pénètre l'organisme par la voie intestinale a donc toutes les qualités requises pour être massivement et rapidement absorbé par l'estomac et le duodénum, où le pH est très acide (ce qui explique d'ailleurs les aigreurs et les brûlures ressenties à ces niveaux, et qu'on demande aux remèdes antiacides de combattre). On suppose que l'aluminium, ainsi solubilisé, utilise le système de transport protéique du calcium pour passer de l'intestin dans le réseau sanguin. Autrement dit, il prend la place de cet élément dans le mécanisme actif qui le véhicule à travers la muqueuse gastrique jusqu'aux capillaires dont elle s'irrigue, et qui d'ici le fait passer dans la circulation générale du sang.

La preuve que l'aluminium administré oralement parvient au sang, a été apportée par Alfrey et Kaehny. Ils ont dosé l'aluminium dans le sang et l'urine de trente-deux volontaires sains, immédiatement

(1) Transformation du produit en un composé capable d'émettre un rayonnement fluorescent que l'on mesure.

(2) Séparation en phase liquide ou gazeuse des éléments en fonction de leur affinité pour chacune de ces phases.

(3) On parle de "gel" parce que ces différents composés de l'aluminium forment des sortes de polymères.

ment avant et après leur avoir fait avaler 2,2 g de métal, successivement sous différentes formes de sels : phosphate, déaminoacétate, hydroxyde. Si le phosphate n'est jamais absorbé, les autres sels le sont toujours, et l'aluminium augmente de façon spectaculaire dans le sang.

On connaît encore mal le métabolisme de ce métal dans l'organisme ; mais les volontaires "chargés" en aluminium en éliminent une partie par les urines ; l'augmentation de l'excrétion urinaire est de 450 à 1 000 %, selon le sel administré. Il s'agit là de sujets d'expérience sains. Or, les malades atteints d'insuffisance rénale n'ont plus la faculté d'évacuer ainsi ce toxique, qu'ils doivent cependant ingurgiter par raison thérapeutique. Les professeurs Marcel Legrain et Alain Galli, du groupe hospitalier Pitié-Salpêtrière, ont effectivement noté que quarante-et-un malades en épuration rénale chronique, et astreints à la prise régulière de sels d'aluminium, avaient tous une aluminémie constamment élevée, allant jusqu'à 600 microgrammes par litre de sang.

Du sang, le métal se répartit dans les organes. On le retrouve dans le rein, le foie et le muscle cardiaque. Et surtout dans le cerveau. Alfrey et Kaenhy, une fois que leurs soupçons se sont portés sur l'aluminium, en ont découvert des taux stupéfiants dans l'encéphale des victimes de la maladie de Denver. Chez tous, la matière grise contenait quatre fois plus de ce métal que la normale : 25 parts par million contre 6 dans un groupe d'urémiques témoins. Aucun autre métal ne se trouvait dans ces cellules en proportion exceptionnelle.

a démence des malades de Denver est bien causée par cette présence du métal dans le cerveau, c'est maintenant fermement établi par les neurologues.

La signature clinique de cette nouvelle forme de folie est compatible avec une atteinte du cortex, lieu d'élection de l'aluminium.

Autre indication éloquente : la maladie n'a fait ses premières victimes qu'à partir de 1971, trois ans après l'introduction, dans la routine médicale, de la thérapeutique antiphosphorée par les gels d'aluminium. Ce syndrome était inconnu auparavant. La quantité de métal dans le cerveau augmente avec la durée du traitement, ce qui explique que le mal ne se déclare qu'après un certain temps, lorsque la dose toxique est atteinte, et qu'il continue d'évoluer vers le pire. C'est d'ailleurs le triste privilège de l'Amérique, et la rançon de son avance en médecine, d'avoir eu chez elles les premiers cas de "démence de la dialyse" ; car c'est aux USA que l'application du rein artificiel a été initialement la plus développée. Et ce sont les médecins américains qui ont été les premiers et les plus actifs à complexer les phosphates alimentaires par les sels d'aluminium chez les urémiques.

Une fois introduit dans le cerveau, le métal s'accumule essentiellement dans les lysosomes des cellules corticales, organites aux fonctions enzymatiques diverses qui concentrent facilement les matières toxiques. Ils contiennent des phosphatasées alcalines qui combinent le métal avec du phosphate ; le phosphate d'aluminium ainsi complexé n'est plus éliminé des neurones, il y reste captif. Ce dépôt chimique infernal ne peut qu'augmenter avec tout nouvel apport d'aluminium à l'organisme. D'où la concentration énorme de métal constatée dans les cas d'intoxication.

Une fois qu'on tient un coupable dans un crime, il est logique de chercher s'il n'en aurait pas commis d'autres semblables. La maladie d'Alzheimer<sup>(4)</sup> s'apparente de près au syndrome de Denver. On essaie frénétiquement, partout, d'isoler les causes de cette redoutable forme de gâtisme. Les laboratoires travaillent sur toute une série d'hypothèses. Certains chercheurs pensent que la piste de l'aluminium est une des plus intéressantes. C'est le cas de deux neurobiologistes de l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM), Yvon Lamour et Jean-Marie Bourre.

Il y a plus de vingt ans, en 1964, lorsque M. Kidd a identifié dans les neurones corticaux le réseau de neurofibrilles caractéristiques des patients décédés de cet état de démence sénile, on a cru approcher de la solution. Ces hélices doubles, faites de deux filaments de 100 Å de diamètre (cent dix millièmes de millimètre), constituent l'unité de base de l'enchevêtrement inextricable et spécifique des neurones malades. A quoi sont-elles dues ? On s'est lancé à la poursuite de virus, de protéines, de gènes anormalement exprimés par les cellules affectées. Aucune de ces pistes, sans être pourtant abandonnée, n'a conduit jusqu'ici à la solution définitive.

Don R. Crapper est sans doute le premier à avoir pensé, du moins ouvertement, à la filière de l'aluminium. On sait en effet depuis longtemps que les sels d'aluminium induisent la prolifération de filaments de 100 Å de diamètre dans certains modèles de neurones. Mais tout le monde n'est pas d'accord pour dire que ces filaments sont les mêmes que ceux de la maladie d'Alzheimer. Il pourrait s'agir, dans le cas de l'aluminium, de neurofibrilles normales produites en très grande quantité, et dans le cas de la démence sénile, d'une dégénérescence aux caractéristiques histologiques très différentes. Mise à part la controverse théorique des spécialistes, il reste que ces filaments provoquent expérimentalement chez les rats des troubles étrangement semblables à ceux de la maladie d'Alzheimer.

Don Crapper et ses collègues ont trouvé que le contenu en aluminium des cerveaux de chats

(4) Voir "A l'assaut de la démence sénile", p. 42, *Science & Vie*, n° 807, décembre 1984.

# TOUS LES ANTIACIDES CONTIENNENT DE L'ALUMINIUM

MISE SUR LE MARCHE	NOM (FABRICANT)	FORME DE L'AL	SOLUBILITE DANS L'ESTOMAC	ABSORPTION DANS L'INTESTIN	REMBOUR-SABLE	INSCRIT AU TABLEAU	QUANTITE D'ALUMINIUM PAR BOITE
1950/1965	Anti-H (Amido)	Silicate	Oui à pH acide	Oui	70 %	Non	19,50 g/boite (poudre) 3,6 g/boite (tablettes)
1967	Acidrine	Aminoacétate d'Al	Oui à pH acide, libère de l'hydroxyde d'Al	Oui comme Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	100 %	Tableau C	10 g/boite
1931	Gelogastrine (Licardy)	Silicate	Oui à pH acide	Oui	70 %	Non	8,448 g/boite de 48 tablettes
	Kaomut (Bailey)	Silicate d'Al	Oui à pH acide	Oui	70 %	Non	70 g/100 g
1981	Mucal (Unicet)	Aluminosilicates de Mg, Na et calcium	Oui à pH acide	Oui	70 %	Non	180 g/boite de 60 sachets
1916	Neutroses Vichy (Sidel)	Silicate d'Al	Oui à pH acide	Oui	Non	Non	2,88 g/boite de 96 comprimés
1973	Pectigels	Pentasilicate d'Al	Oui à pH acide	Oui	70 %	Non	75 g/coffret de 30 sachets
1962	Triglysal	Glycinaté d'Al	Le glycinate libère également de l'hydroxyde d'Al à pH acide	Oui comme l'hydroxyde	70 %	Non	12,50 g/étui de 50 comprimés
1963	Aliucalm (Winthrop)	Polyhydroxy Al	Oui à pH acide	Oui	Non	Non	Non détaillé. 7,20 g/boite de 20
1956/1957	Anacidase Scopolamine (D' Furt S.A.)	Hydroxyde d'Al	Idem	Idem	70 %	Non	7 g/boite de 25 sachets 3,36 g/boite de 48 tablettes
1979	Bédélix (Beaufour)	Hydroxyde d'Al	Idem	Idem	70 %	Non	3,75 g/boite de 38 sachets
1964	Caved's (Sarget)	Hydroxyde d'Al	Idem	Idem	70 %	Non	36 g/boite de 180 comprimés
1945	Digestif Marga (Coopération pharmaceutique française)	Hydroxyde d'Al	Idem	Idem	? ?	?	4,80 g/boite de 48 tablettes
1980	Dimalan (Substantia)	Hydroxyde d'Al	Idem	Etude faite par le fabricant, aluminiémie augmentée	70 % 70 %	Non	20 g/flacon de 250 ml
1959	Gastralugel (Biogalenique)	Hydroxyde d'Al Silice précipitée	Idem	Oui	70 %	Non	33,60 g/boite de 60 comprimés 13,50 g/boite de 60 comprimés
1966	Gastric Vichy (Sidel)	Hydroxyde d'Al	Idem	Idem	Non, a droit à la publicité grand public	Non	8,976 g/boite de 40 comprimés
1967/1968	Gastropulgite (Beaufour)	Hydroxyde d'Al	Idem	Idem	70 %	Non	Non détaillé : mélange à 0,50 g/sachet
1981	Gelox (Beaufour)	Hydroxyde d'Al	Idem	Idem	70 %	Non	12,75 g/coffret de 30 sachets
1956	Gelusil (Substantia)	Hydroxyde d'Al	Idem	Idem	70 %	Non	26 g/boite de 100 comprimés
1948	Jecopeptol (Beecham)	"Hydrate" d'Al (en fait de l'hydroxyde d'Al)	Idem	Idem	40 %	Non	7,76 g/boite de 200 g
1972	Maalox (Rorer)	Hydroxyde d'Al	Idem	Idem	70 %	Non	0,400 g/comprimé
1975	Mutesa (Wieth Byla)	Oxyde d'Al	Idem	Idem		Tableau C	8,12 g/flacon
1960	Polysilane (Jouillé)	Hydroxyde d'Al	Idem	Idem	70 %	Non	16 g/boite de 32 tablettes
1965	Polysilane réglisse (Clyn-Midy)	Hydroxyde d'Al Glycinaté d'Al	Idem	Idem	70 %	Non	14 g/boite de 40 comprimés 16 g/boite de 40 comprimés
1976	Rocgel (Roques)	Boehmite (hydroxyde d'Al)	Idem	Idem	70 %	Non	1,212 g/sachet
1977	Smecta (ipsen)	Hydroxyde d'Al Silicate d'Al	Idem	Idem	70 %	Non	7,50 g/boite de 60 sachets
1979	Topaal (Sinbio)	Hydroxyde d'Al	Idem	Idem	70 %	Non	1,26 g/boite de 42 sachets
1962	Triglysal (Gallier)	Glycinaté d'Al	Se dissocie en hydroxyde d'Al, donc soluble à pH acide	Idem	70 %	Non	12,50 g/étui de 50 comprimés
1984	Ulcar (Houdé)	Sucralfate	Soluble à pH	Oui, mais très peu	?	?	30 g/boite de 30 comprimés
1977	Ulfon (Lafon)	Dihydroxy Al Chlorhydréx Al	Oui à pH acide	Oui	70 %	Non	40,5 g/45 sachets 4,5 g/45 sachets
1984	Lycaon (Biotherax)	Phosphate d'Al	Insoluble à pH acide	Ne passe pas la barrière intestinale	?	?	11 g/sachet
1965	Lyophos (Biotherax)	Phosphate d'Al	Idem	Idem	70 %	Non	135 g/boite
1948	Phosphalugel (Biotherax)	Phosphate d'Al	Idem	Idem	70 %	Non	286 g/boite de sachet de 20 g
1979	Plasmatical (Chevy)	Phosphate d'Al	Idem	Idem	Non	Tableau C	50 g/boite de 20 sachets de 15 g

malades, surtout dans les zones touchées par la maladie, était considérablement augmenté par rapport à la normale. La présence d'aluminium et la création des neurofibrilles adventives sont deux phénomènes fortement associés. Les anomalies cellulaires des neurones se conjuguent avec une concentration élevée de métal, supérieure à 12 microgrammes par gramme de cerveau sec.

Quelle pourrait être la séquence des événements conduisant à une pareille situation ? Selon Crapper, l'aluminium s'attache surtout à la chromatine, la structure intranucléaire de la cellule qui donne les chromosomes au moment de la mitose. Le métal brouille peut-être la transcription de l'information génétique. Les monofibrilles ne seraient qu'un épiphénomène de ce processus mystérieux.

Il est prouvé que les ribosomes de cellules nerveuses traitées à l'aluminium ont une quantité d'ARN (acide ribonucléique) très diminuée, alors que la synthèse de protéines, normalement commandée par l'ARN, est au contraire en forte augmentation. On est tenté de conclure que l'aluminium à lui seul est capable de réprimer l'activité ordinaire de la cellule pour lui faire fabriquer à la place des neurofilaments anormaux.

Des investigations sont engagées pour définir l'origine et la nature exactes de ces neurofibrilles, ainsi que celles des "plaques séniles", un matériau amyloïde compact, extérieur aux neurones, qui est spécifique de la maladie d'Alzheimer.

C'est donc une véritable bombe qui éclate en février dernier, lorsqu'une équipe de l'université de Cambridge et de l'hôpital général de Newcastle, en Angleterre, publie ses résultats dans le prestigieux journal médical *The Lancet* : les chercheurs britanniques ont pour la première fois mis en évidence des aluminosilicates dans ces plaques séniles. Ils ont analysé des cortex de patients décédés de la maladie d'Alzheimer, ainsi que des noyaux homogénéisés de plaques séniles prélevées sur ces victimes. Les tissus ont été étudiés à l'aide de deux instruments, une microsonde d'analyse et un système de résonance nucléaire à très haut pouvoir de résolution. Ce deuxième appareil est capable entre autres de caractériser avec grande précision des traces d'aluminium.

Les chercheurs constatent alors que dans ces coupes de cerveau et dans ces homogénats de plaques d'Alzheimer, l'aluminium et le silicium sont colocalisés, c'est-à-dire que leur distribution est

(suite du texte page 166)

## L'ALUMINIUM, MÉDICAMENT DE L'ESTOMAC MAIS POISON DU CERVEAU ?

Si ce métal joue effectivement un rôle dans la maladie d'Alzheimer, forme la plus grave de la décence sénile, quelle source faut-il incriminer ?

L'eau de ville n'en contient que peu. L'air, quoique pollué, n'en transporte pas non plus des quantités très inquiétantes. L'apport par les aliments végétaux ou animaux est également faible. Les ustensiles de cuisine fabriqués dans cette matière en introduisent certes des traces dans l'organisme, mais pas assez importantes pour justifier les taux de concentration révélés dans les cerveaux malades.

Les pathologistes dans l'ensemble mettent en accusation les antiacides, ces médicaments utilisés pour atténuer, mais en aucun cas guérir, les "brûlures d'estomac". Selon le Syndicat national de l'industrie pharmaceutique (SNIP), les Français en 1985 ont consommé 26 millions de boîtes de ces produits. En circuit officinal, uniquement en pharmacie de ville, hors services hospitaliers, ils représentent 252 millions de francs de chiffre d'affaires, soit 0,7 % de toutes les dépenses en médicaments. Un marché gigantesque et qui reste très stable d'année en année.

La plupart de ces préparations pharmaceutiques industrielles sont en vente depuis plus de vingt ans. Beaucoup existent depuis quarante ans et l'une

date même d'avant la Première Guerre.

La majorité de ces spécialités sont en vente libre, médicaments grand public que n'importe qui peut obtenir directement chez son pharmacien. Il faut seulement justifier d'une ordonnance si l'on veut être remboursé par la Sécurité sociale. Très nombreux sont les gens qui font rajouter après coup cette prescription sur une ordonnance de leur médecin traitant.

Sauf pour l'Acidrine, le Plasmatal et le Mutesa, inscrits au tableau C, la consommation de toutes les autres marques ne fait l'objet d'aucun contrôle. L'automédication par ces produits est d'autant plus répandue qu'ils agissent sur les symptômes sans toucher à la cause. On continue donc de les prendre chaque fois que les signes du mal se répètent. L'homme de la rue renouvelle de lui-même la prescription initialement établie par son médecin, puisque grâce à ce dernier il connaît maintenant le nom de marque du produit et qu'il peut l'acheter librement. D'ailleurs, la mode étant aux dictionnaires de médicaments qu'on consulte chez soi, plus n'est besoin même de recourir à l'avis d'un praticien ; le particulier fait son propre diagnostic et trouve le nom de la spécialité sous la rubrique correspondante.

Parmi ces médicaments, dix-huit

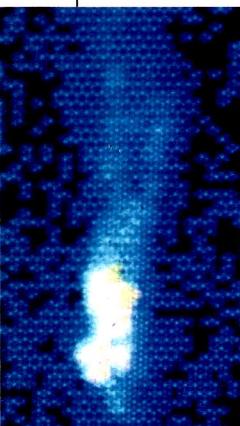
contiennent de l'hydroxyde d'aluminium, le mieux absorbé, onze sont des aluminosilicates et quatre du phosphate d'aluminium. Pour un bon nombre d'entre eux, les études manquent totalement sur leur métabolisme dans le corps de celui qui les avale. On introduit dans l'organisme des substances chimiques dont on connaît l'effet immédiat sur les muqueuses gastriques, mais dont on ignore tout des conséquences à long terme sur d'autres tissus.

Seuls les produits les plus récents, comme le Dimalan, soumis à de nouvelles règles par le ministère de la Santé, ont fait l'objet de dosages sanguins et urinaires d'aluminium. Mais l'industrie pharmaceutique n'a rien déterminé quant à leur devenir dans les organes, leur mode d'accumulation et d'élimination, leur recombinaison chimique avec les cellules vivantes. L'hypothèse de leur responsabilité dans la maladie d'Alzheimer n'a pas été explorée par les fabricants.

Pourtant, la toxicologie de l'aluminium mérite d'être suivie de très près dans plusieurs domaines de la pathologie. Actuellement, il manque même les statistiques permettant de savoir si les victimes de la maladie d'Alzheimer étaient ou non des consommateurs habituels d'antiacides.

# LES ACUPUNCTEURS PIQUÉS AU VIF

*Une émission de télévision avait montré naguère à toute la France un petit trait en train de se tracer miraculeusement sous la peau d'une jambe : c'était la "preuve" par le traceur radioactif que les méridiens d'acupuncture existent ! Nous avions émis quelques doutes dans notre n° 818 et nous avons reçu la lettre ci-contre des auteurs de l'expérience en question. Ce qui nous entraîne à la mise au point ci-dessous.*



L'expérience "prouvant" l'existence des méridiens a été refaite, à notre demande. Résultat : la "preuve" n'en était pas une.

**L**es acupuncture, c'est quoi ? De la "magie jaune" ? Une thérapie empirique nourrie de métaphysique et de chimères pré-scientifiques ? Une pratique de guérisseurs sanctifiée par la tradition millénaire ? Un placebo auréolé des mystères exotiques de l'Orient ? Une authentique médecine dont nous n'aurions pas encore réussi à décoder les arcanes ? Ce qui est vrai pour la religion l'est aussi pour l'acupuncture : le fait d'y croire ne prouve pas ses fondements objectifs. Peut-on dire, au moins, que "ça marche" ? L'appréciation, là encore, est subjective.

A l'époque où les médecines "douces" sont à l'honneur, il est certes agréable de penser que la plus antique des civilisations du monde, réputée la plus savante, la plus précoce dans l'art de la découverte, de l'invention et de la philosophie, nous a légué des moyens de guérison occultes mais efficaces, qui défient nos connaissances modernes et narguent nos prétentions scientifiques.

Car voilà le "hic". La physiologie et l'anatomie telles que l'Occident les a étudiées et définies, constituent aujourd'hui un acquis de connaissance universellement valable, un domaine de certitudes fondé sur la constance méthodologique et sur des relations objectives vérifiables. Autrement dit, ces disciplines, qui servent d'assise à toute notre mé-

decine et à la chirurgie en particulier, répondent aux critères incontestés d'une science exacte.

L'acupuncture n'entre pas dans cette catégorie de phénomènes. Elle repose sur des notions purement conceptuelles qui jusqu'ici échappent à toute démonstration expérimentale. Combien d'efforts, pourtant, n'a-t-on pas déployés pour lui donner une consistance scientifique !

L'acupuncture se fait une représentation tout à fait abstraite, à nos yeux du moins, de son propre objet. Sa théorie stipule, parmi d'autres concepts, celui des "méridiens", dont chacun représente le trajet préférentiel d'un des nombreux "souffles" vitaux qui animent l'individu, et constitue une résultante de la résonance de ces différents "souffles". Les "méridiens" forment un réseau réparti sur tout le corps et qui assure la relation entre les organes internes et le revêtement cutané, unifiant tous les éléments de l'être humain et régularisant le fonctionnement de l'organisme vivant dans son ensemble.

Les "méridiens", dont la topographie, pour l'acupuncture, est très précise, sont jalonnés par des zones, localisées elles aussi très précisément sur la peau ou sur une muqueuse : ce sont les fameux "points" où intervient l'acupuncture.

Le but de cette médecine est de régulariser les "souffles", qui ne sont pas seulement des énergies

appartenant à la physique de la vie corporelle, mais également les principes constitutifs et animateurs de l'«amas primordial», vaste concept cosmologique derrière lequel apparaît le Tao, esprit de l'ordre universel. L'homme est ici conçu comme la combinaison de différents «souffles» émanant d'un Souffle Principal, Primordial, Unique et Créateur.

Personne, dans aucun laboratoire, n'a jamais vu un «souffle». Jamais un «méridien» ne s'est matérialisé sur un instrument de mesure ou un détecteur quelconque. Ce fait ne constitue évidemment pas une condamnation rédhibitoire de l'acupuncture en tant que pratique; il signifie simplement que ses théories n'ont jamais reçu la moindre justification expérimentale. L'acupuncture, même si elle est pratiquée (un peu marginalement, il est vrai) en Occident, est toujours restée en dehors de notre système de pensée scientifique. Or, ses praticiens, en Europe notamment, cherchent désespérément à lui donner cette légitimation épistémologique qui en ferait enfin une science à part entière aux yeux de la médecine moderne.

C'est ainsi que trois médecins français du service de biophysique et de médecine nucléaire de l'hôpital Necker, les Drs Jean-Claude Darras, Pierre Albarède et Pierre de Verneuil, annoncent avoir effectué pour la première fois «la démonstration expérimentale de l'existence de méridiens».

Ils ont lancé cette nouvelle par des voies médiatiques multiples. D'abord, la publication d'un ouvrage de vulgarisation appuyée par une conférence de presse, et, le jour même de la sortie du livre, une communication à l'Académie nationale de médecine. Précisons en passant que la présentation de travaux devant l'auguste compagnie n'est en rien un gage de leur valeur. Cette assemblée savante écoute sans nécessairement cautionner. On connaît quelques jolis cas de canulars, délibérés ou inconscients, qui sont passés à l'Académie comme des lettres à la poste. Et un de nos confidentis, grand patron hospitalier, la qualifie même de «concours Lépine de la

médecine». Bref, l'honorabilité de cette institution ne préjuge pas la qualité des publications qui lui sont adressées.

Mais le gros coup publicitaire est asséné au journal télévisé de 20 heures sur TF 1, le 5 novembre dernier, avec l'interview des auteurs et la révélation matérielle, la manifestation ostensible, en images couleurs, d'un «méridien» visualisé grâce à l'injection au point d'acupuncture d'un isotope radioactif utilisé comme traceur, et qui pour la

## DROIT DE RÉPONSE

« Nous sommes très surpris de voir paraître dans votre numéro 819, de décembre 1985, un article intitulé : *Acupuncture, des «preuves» qui n'en sont pas*, apportant des critiques fallacieuses à propos des recherches de visualisation des méridiens d'acupuncture que nous avons menées depuis plusieurs années et publiées récemment.

» Votre lecteur, en fait, ne doit pas être très sûr de ses assertions ni avoir le courage de ses opinions puisqu'il s'est réfugié derrière l'anonymat. Aussi ne pouvons-nous savoir s'il s'agit, ou non, d'un scientifique. Quoi qu'il en soit, l'esprit scientifique lui manque certainement car ses réflexions prouvent à l'évidence qu'il est très mal documenté sur nos recherches, dont il n'a manifestement compris ni la technique, ni le sens, ni la finalité.

» Il n'a pas été question pour nous, au moins dans un premier temps, de pratiquer des coupes séries sur l'animal puisque, avant de chercher à préciser histologiquement d'éventuelles images sur de telles coupes, encore faut-il savoir s'il existe «quelque chose», et où ce «quelque chose» peut être préalablement localisé sur un plan macroscopique. S'il est de plus possible d'en obtenir une image reproducible qui en confirme la constance quant à la situation topographique, cela constitue, bien entendu, un atout supplémentaire. Toute autre démarche ne procéderait que d'un protocole décousu et sans suite, qui consisterait à ne pas savoir ce que l'on cherche ni où le chercher : cela ne serait vraiment pas en accord avec l'esprit scientifique...

» Votre lecteur confond à l'évidence la diffusion générale du technétium dans les tissus lorsqu'il est injecté par voie vasculaire (que nous connaissons quand même assez bien puisque le service du Pr de Verneuil est spécialisé en médecine nucléaire !!!), et la diffusion strictement locale de ce même technétium après injection extravascu-

laire : ceci prouve qu'il n'a pas pris la peine, avant de vous écrire, de se renseigner sur notre expérimentation ; voilà qui est bien peu dans l'esprit scientifique.

» Quant aux évaluations statistiques, elles n'avaient pas ici leur place puisque nous avons montré dans notre rapport des images constamment reproducibles, aussi bien chez les témoins que chez les malades (votre lecteur devrait aussi revoir attentivement cette communication à l'Académie de médecine, si tant est qu'il l'ait déjà lue) et nous n'avons qu'à titre prospectif mentionné l'orientation actuelle de nos recherches vers la possible mise au point d'un procédé diagnostique particulier, puisque nous avons constaté des différences entre les vitesses de migration au sein de ces trajets selon qu'il s'agit de sujets sains ou de sujets malades : il n'était donc pas question pour le moment d'affirmer la mise au point d'une technique diagnostique, actuellement utilisable, mais d'exprimer la direction que nous donnons désormais à nos recherches : nous l'avons suffisamment précisé pour que votre lecteur n'ait pu ne pas le comprendre.

» Plusieurs équipes, avec lesquelles nous restons en étroite relation, travaillent désormais sur cette visualisation des trajets «méridiens» et obtiennent des résultats comparables aux nôtres. Si les scientifiques d'un organisme de recherche, comme le mentionne notre contradicteur, là encore en respectant un filigrane artistique mais bien peu scientifique, désirent contacter notre équipe et s'informer sur nos travaux, nous sommes à leur entière disposition. Et nous serons ravis d'avoir enfin l'occasion de les connaître, et d'entamer avec eux une éventuelle collaboration qui, s'ils l'acceptent, révélerait un esprit réellement scientifique plutôt que systématiquement polémique. »

**Pr de Verneuil**

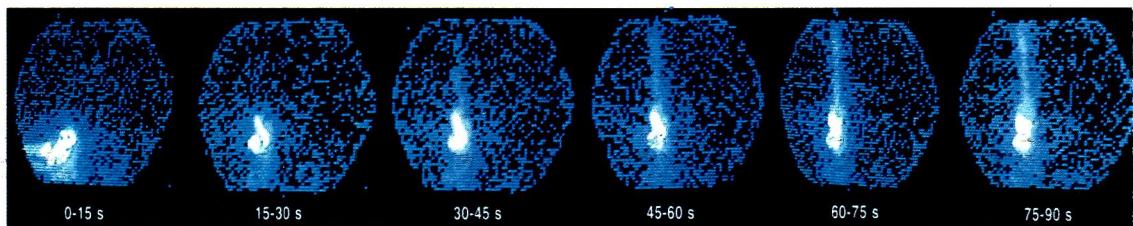
**Pr Albarède**

**Pr Darras**

première fois met en évidence l'itinéraire anatomique d'un de ces mystérieux circuits, en l'occurrence un "méridien" qui monte le long de la jambe à partir du pied.

La presse française quasi unanime crie au miracle, annonce en gros titres qu'on vient de démontrer scientifiquement la réalité des "méridiens" d'acupuncture. La presse dite médicale rapporte elle aussi, dans son ensemble, et sans la moindre considération critique, les résultats dont se récla-

souvent vives, tous les éléments de la paroi (musculaires, osseux, aponévrotiques, pleureux) étant richement innervés. *Grosso modo*, cela s'explique ainsi : le stimulateur produit un important "bruit de fond" électrique et inhibe certaines boucles neuronales réflexes (faisant relais dans la moelle épinière), ce qui abaisse le seuil de perception consciente de la douleur. Il n'existe aucune différence, dit Jean-Marie Besson, entre une stimulation appliquée sur un "point d'acupuncture" et celle qu'on applique sur n'importe



Voici les résultats de notre contre-expérience. Le chercheur de premier plan qui les a obtenus se prépare à faire une communication, c'est pourquoi il désire, jusque-là, conserver l'anonymat. Il s'est injecté à un point quelconque du pied (donc pas considéré comme un point d'acupuncture) le même traceur radioactif qu'avait utilisé l'équipé en question dans le dessein de prouver que, dans ce cas, le traceur ne migre pas, alors qu'il migrerait le long d'un "méridien" lorsqu'il est bien injecté à un point d'acupuncture. Eh bien, comme on peut le voir, il migre tout autant ! A moins qu'on arrête l'expérience au premier cliché, pour prouver le contraire.

ment les trois médecins de l'hôpital Necker.

Une des seules réserves intelligentes vient du... *Figaro Madame*, dans le compte-rendu d'une table ronde sur l'acupuncture organisée par ce magazine. Le Dr Lazorthes, neurologue, les Drs Jean-Marie Besson et Le Bars, neurophysiologistes, y rappellent opportunément que l'effet d'acupuncture est une action neurologique sans mystère, utilisée depuis dix ans dans la stimulation électrique antidouleur, jusqu'en chirurgie thoracique pour les opérés du cœur. Par exemple, on peut obtenir une analgésie locomotrice avec un stimulateur électrique produisant un courant faible, conduit par l'intermédiaire d'un cordon et d'une aiguille piquée sous la peau du thorax ; ce qui atténue sensiblement les douleurs post-opératoires en chirurgie thoracique, douleurs

quel autre endroit du corps. Ces zones privilégiées dont l'acupuncture détiendrait l'antique secret n'ont en fait rien de spécifique ; le réseau des "méridiens" qu'elles sont sensées déterminer ne possède pas d'existence propre.

*Science & Vie* s'est démarqué du grand concert d'émerveillement dans un écho du numéro de décembre 1985 (1). Qu'avons-nous dit là de tellement scandaleux ? Que la démonstration des trois chercheurs en question manque de rigueur scientifique si l'on se réfère à la méthodologie requise pour toute expérimentation biologique impartiale et rigoureuse, notamment clinique. Nous nous sommes contentés de rappeler des notions vieilles de vingt ans sur la pharmacocinétique du produit radioactif utilisé par ces expérimentateurs, à savoir le technétium 99m, substance qui sert couramment en médecine dans les explorations d'organes par scintigraphie, c'est-à-dire le procédé de diagnostic consistant à repérer le cheminement dans l'organisme d'un isotope radioactif émetteur de rayons gamma.

Nous avons dit que le mode connu et incontesté de diffusion du technétium dans les tissus n'est pas compatible avec la démonstration donnée par le Dr Darras et ses collègues.

Nous avons dit que leur communication à l'Académie est dépourvue de justification statistique alors que les auteurs disposaient de 50 sujets témoins et de 80 malades.

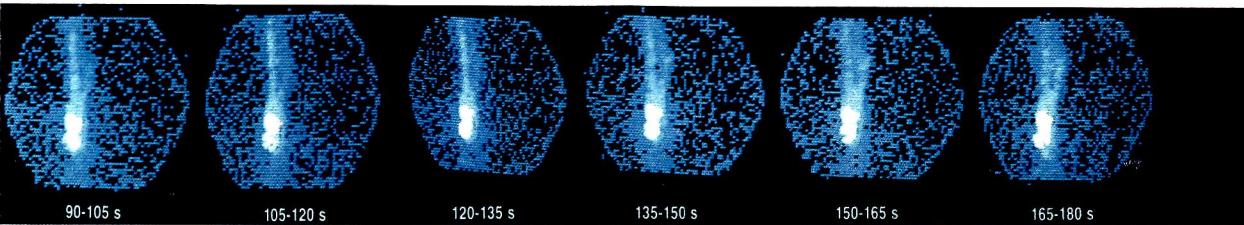
Nous avons dit qu'une expérimentation animale serait beaucoup plus probante que l'image scintigraphique, laquelle constitue à notre avis une démonstration douteuse. En effet, le trajet des "méridiens", pour autant que ceux-ci existent, serait établi de façon bien plus convaincante par des

(1) Voir *Acupuncture : des "preuves" qui n'en sont pas*, *Science & Vie* n° 819, p. 61. Commentaire signé J.-M. B., où tous nos lecteurs ont reconnu le nom du Dr Jean-Michel Bader. Nous ne signons pas nos échos autrement que par des initiales. Citons à ce propos une lettre d'un lecteur de Bruxelles, qui juge « que l'information diffusée par la TV nationale ne peut pas être prise à la légère et qu'elle est vérifiable ». Heureuse télévision dont la parole est sacrée ! (2) Un des premiers textes révélant l'acupuncture remonte en partie au XIII<sup>e</sup> siècle avant notre ère.

coupes séries du membre où se serait effectué ce trajet chez l'animal que par l'exercice de visualisation auquel les expérimentateurs se sont livrés sur un organisme humain vivant.

Car nous pensons, d'accord avec tous les grands biologistes et physiologistes consultés, et jusqu'à véritable preuve du contraire, que le tracé de la matière radioactive injectée au sujet n'a fait que mettre au jour, tout bonnement, la diffusion normale du technétium 99m par les circuits connus

qu'ils ne seraient pas, pour autant, nécessairement perceptibles au niveau superficiel du corps où l'on prétend les trouver. Le Pr Bossy, de Montpellier, estime qu'ils pourraient n'être que des projections cutanées de circuits proprioceptifs (intéressant la sensibilité nerveuse à divers stimuli) et nociceptifs (sensibles à la douleur) particuliers de la moelle épinière et du cerveau. « Toute tentative de recherche [des méridiens] sur l'enveloppe du corps, qu'elle soit humaine ou animale, serait illusoire. »



du corps. Le Tc 99m est très apprécié en médecine nucléaire pour sa courte période (6 heures) qui autorise des doses supérieures à celles que permettent d'autres substances. Il se fixe sur de très nombreux tissus. C'est donc un procédé de marquage tout à fait universel en médecine, et dont le comportement dans l'organisme est maintenant parfaitement établi. Rien, dans ce que les trois chercheurs de Necker ont soumis à l'appréciation de leurs pairs ou du public, n'indique qu'il s'agisse d'autre chose que d'un effet parfaitement connu de la médecine "officielle". Mais interprété à leur façon.

Nous avons recueilli le témoignage intéressant du Dr Michel Mary, vice-président de l'école française d'acupuncture et membre de l'Association scientifique des médecins acupuncteurs de France, et qui, en passant, nous félicite de « restituer à sa place le travail de Vernejoul, d'Albarède et de Darras : ce travail (...) ne prouvera la réalité des méridiens que lorsqu'il sera corroboré par d'autres auteurs. Il n'est dans l'état qu'une ouverture vers une recherche plus structurée ». En clair, notre critique concernant l'absence d'études histologiques sur l'animal est justifiée, de l'aveu même d'un acupuncteur éminent.

Au demeurant, ces "méridiens" existeraient-ils

En vérité, cette histoire archaïque de "méridiens", dont nos trois auteurs s'acharnent tellement à prouver la réalité par des techniques du XX<sup>e</sup> siècle, paraît déjà un cas dépassé. Les Chinois eux-mêmes, au moment de la Grande Révolution culturelle prolétarienne de 1966, sans pour autant abandonner la pratique médicale de l'acupuncture, avaient décidé, au nom des "critères d'objectivité", de se débarrasser de la notion de "méridiens" dont ils jugeaient maintenant qu'elle servait simplement de support à un type de raisonnement « sans correspondre à une réalité cutanée ou sous-cutanée » fait remarquer le Dr Mary.

Certes, la Révolution culturelle en Chine a été caractérisée par bien des excès idéologiques ; on peut admettre que dans ces années iconoclastes on ait voulu détruire un des piliers de l'orthodoxie intellectuelle de l'ancien régime. Or, la Chine est revenue depuis à d'autres sentiments. L'acupuncture y est toujours en vigueur, surtout en chirurgie où elle est couramment utilisée pour ses vertus analgésiques. Mais les médecins chinois, pragmatiques, l'appliquent aujourd'hui sans trop s'embarrasser de toutes les théories abstraites qui l'ont accompagnée durant des millénaires<sup>(2)</sup>. Le paradoxe, qui n'en est peut-être pas un : ce sont les nouveaux adeptes, c'est-à-dire les Occidentaux, qui s'ingénient à réconcilier la science et l'esprit de cette vieille pratique, à vouloir mettre en évidence expérimentalement les aspects d'une thérapeutique qui pour les Chinois eux-mêmes ne sont plus qu'un folklore vénérable. Comme si quelque païen d'un continent lointain, découvrant notre Bible et s'entichant de son mystère, n'avait de cesse que soient démontrées, par des expériences géologiques faites à grand renfort de moyens atomiques, la vérité

Au bout de 15 minutes, le traceur injecté à un point neutre du pied a migré jusqu'à la thyroïde, à la base du cou.

littérale de la genèse, la réalité textuelle de la création du monde en six jours — choses auxquelles pas un Chrétien ne croit plus, hormis quelques fondamentalistes impénitents !

Ainsi, alors que certains chez nous veulent à tout prix appliquer les critères de la médecine moderne à l'acupuncture et l'expliquer selon notre logique occidentale, les Chinois, en cela plus modernes et plus logiques que nous, pratiquent cette thérapeutique sans plus s'occuper des antiques sornettes dont elle était affublée. Discuter de l'existence des "méridiens" d'acupuncture, aujourd'hui à Pékin, cela revient à discuter encore, chez nous, du sexe des anges. Une délégation française de neurologues et de neurophysiologistes au congrès sino-français sur les centres de la douleur tenu récemment à Shangai, a découvert avec étonnement que les plus grands spécialistes chinois de l'acupuncture, et ses plus éminents promoteurs, admettent l'absence de spécificité des points d'acupuncture et soulignent le côté "imaginatif" des méridiens. Autrement dit, tout en maintenant intact le dogme de l'efficacité de l'acupuncture, les praticiens chinois rejettent comme fantaisistes les explications traditionnelles. Les scientifiques de l'Institut de physiologie de Shangai, du Centre de recherche sur le cerveau et des Laboratoires de neurophysiologie et neurochirurgie qui travaillent sur l'analgésique acupuncturale, cherchent à apporter d'autres preuves neurophysiologiques de l'acupuncture que l'existence des "méridiens". Suprême ironie, les Chinois s'offrent le plaisir de « laisser leur médecine traditionnelle subir le développement qu'elle connaît dans le XVI<sup>e</sup> arrondissement [de Paris] bien plus qu'actuellement en Chine. »<sup>(3)</sup>.

Nous avons, à *Science & Vie*, émis des doutes non pas sur les possibilités thérapeutiques de l'acupuncture, qui restent à démontrer, mais sur la valeur de la méthodologie employée par les trois médecins de Necker pour tenter de justifier scientifiquement la réalité de ces "méridiens" auxquels les Chinois eux-mêmes, détenteurs de la foi, ne croient plus. Et pourtant, les trois médecins français ont vu, et même montré à des millions de téléspectateurs, "quelque chose". Mais quoi ? Et comment ont-ils vu, mesuré, interprété ce "quelque chose" ?

Leur communication à l'Académie de médecine précise « que dans un premier temps, le traceur radioactif a été injecté en dehors de tout point d'acupuncture [et] qu'aucune migration n'a été observée à partir de ces points témoins ainsi qu'on peut le voir sur la vue supérieure de la figure 1 ». Sur cette image, on voyait en effet, dans la partie supérieure, un point (un vulgaire point de la peau, non pas un "point" au sens noble et acupunctural) correspondant à l'endroit de la piqûre, et qui ne se développe pas, ne don-

nant naissance à aucun tracé, ce qui démontrerait, selon les auteurs, qu'en dehors des zones précises de la peau (les points d'acupuncture) reliées entre elles par les hypothétiques "méridiens", la substance radioactive ne diffuse pas puisqu'elle ne trouve pas de chemin privilégié pour cela.

La partie inférieure de la figure, par contre, présentait un tracé prolongeant le point d'acupuncture où l'on a injecté le produit radioactif. La migration du traceur, prétendent les auteurs, démontre la présence d'un de ces itinéraires préférentiels dans le corps qui composent le réseau des "méridiens".

Nous proposons une interprétation toute différente de ces phénomènes ; rien, dans la description actuelle de l'expérience présentée par les trois chercheurs, ne permet de contredire la conclusion à laquelle nous sommes nous-mêmes arrivés. Seule une nouvelle expérience, sérieusement contrôlée, pourrait nous donner tort.

Nous disons que la migration du technétium 99m observée à partir du point d'acupuncture est tout simplement la diffusion du produit radioactif par les vaisseaux sous-cutanés, sa voie d'acheminement normale. Nul besoin d'imaginer des chemins secrets, inconnus jusqu'ici de la physiologie. Mais alors, nous objectera-t-on, pourquoi la substance n'a-t-elle pas diffusé de la même manière lorsqu'on l'a injectée dans un point "neutre" ? Pour la bonne raison, prétendons-nous, qu'on ne lui en pas laissé le temps ! La durée entre le moment de l'injection et celui des deux images présentées n'était pas la même. Si la détection scintigraphique avait été conduite à terme pour la figure du haut, les deux images seraient identiques. On verrait alors le même résultat apparaître pour le point témoin et pour le point d'acupuncture.

Nous avons tenu à ce que notre explication ne fût pas purement spéculative. Nous avons consulté un spécialiste français aux titres scientifiques irréprochables, et dont une bonne partie de la carrière, dans l'organisme officiel où il dirige une unité de recherche, a été consacrée aux problèmes de diffusion des traceurs radioactifs. Ce chercheur désire pour l'instant garder l'anonymat, ayant l'intention de publier en temps voulu les résultats complets des travaux dont nous rendons compte ici partiellement. Ce chercheur, nous l'appellerons X.

X s'est servi de lui-même comme cobaye, recevant du technétium 99m par voie sous-cutanée, sur le dos du pied, dans les mêmes conditions techniques que celles décrites dans l'article adressé à l'Académie de médecine par Albarède, Darras et de Vernejoul, à savoir 10 millibecquerels<sup>(4)</sup> dans 0,05 ml, injectés avec une aiguille hypodermique de 0,5 mm, enfoncee de 3 mm. L'injection n'était pas

(3) *Le Quotidien du Médecin*, 21 janvier 1986.

intraveineuse. Elle a été réalisée au niveau d'un point neutre.

Voici les résultats constatés : le traceur diffuse immédiatement à partir du point d'injection selon des trajets qui ne peuvent être que veineux. Les images qui ont été prises confirment tout à fait cette observation.

Les images séquentielles reproduites à la queue leu leu **page 56** ont été prises de 15 secondes en 15 secondes, du temps  $t = 0$  (moment de l'injection) au temps  $t = 180$  s. Les séquences obtenues sont en tous points comparables à celles décrites par les trois auteurs dans leur communication à l'Académie.

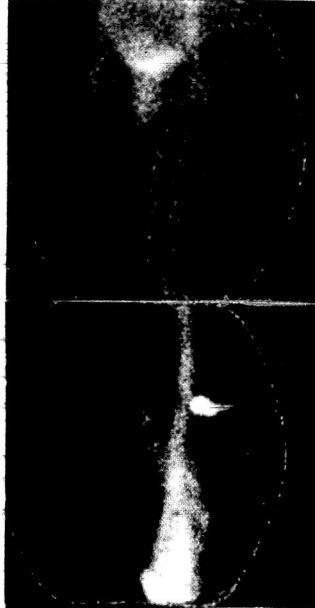
Or, si le protocole expérimental est identique, les résultats, eux, sont ici bien différents de ceux qu'avancent Darras et ses collègues. La zone blanche visible sur chaque image correspond au point d'injection de l'isotope et à une radioactivité maximale enregistrée par la caméra gammagraphique. On voit ensuite apparaître, et de plus en plus nettement avec le déroulement des secondes, les trajets veineux figurés en bleu sur les séquences successives.

La deuxième série d'images correspond à des temps d'enregistrement de plusieurs minutes (**photo ci-dessus et au bas de la page 57**).

On constate que partout, quel que soit l'endroit impliqué du corps, le cheminement radioactif n'a rien de "mériдиens", il est tout simplement veineux. Le parcours suivi par le traceur à partir du point d'injection — le dos du pied — jusqu'à la partie supérieure du mollet, correspond sur le plan anatomique, et sans l'ombre d'un doute, à des canaux normaux du système vasculaire. Entre 5 et 10 minutes après la piqûre de technétium, la caméra suit la radioactivité hors du champ du point d'injection. Du mollet au genou, et du genou à la cuisse, les itinéraires empruntés par l'isotope radioactif n'ont rien que de typiquement veineux.

Entre 10 et 15 minutes après l'injection, le produit diffuse de la cuisse à la vessie, où il se concentre ; le trajet suivi est celui des veines fémorales superficielles, puis des veines illiaques. Nous n'avons cessé de naviguer en terre parfaitement connue, par des routes familières et qui concordent avec la cartographie du corps la plus classique qui soit. Nos explorateurs radioactifs n'ont décelé aucun itinéraire secret. Où sont donc les "mériдиens" dans tout cela ?

Notre critique méthodologique de l'expérience des trois médecins de Necker nous conduit donc aux conclusions suivantes. L'image qu'ils présentent dans la partie supérieure de la figure jointe à leur com-



Injecté à un point neutre ou à un point d'acupuncture, le traceur suit un trajet bien connu : le circuit veineux. Parti du dos du pied (cliché du bas, il est arrivé dans la vessie (cliché du haut) une dizaine de minutes plus tard. L'existence des "mériдиens" n'a donc en rien été prouvée scientifiquement.

munication à l'Académie, n'est pas l'illustration d'une spectaculaire révélation scientifique. Elle s'explique tout naturellement. Cette image montre un point témoin (qui n'appartient pas au système de zones cutanées privilégiées de l'acupuncture) où l'on a injecté un traceur radioactif. On n'y observe aucune migration du produit isotope. Au contraire, si l'on introduit le technétium 99m au niveau d'un vrai point d'acupuncture, le traceur se met à diffuser le long de voies qui ne peuvent être, disent les auteurs, que les fameux "mériдиens", puisque leurs parcours se conjuguent avec la présence des points d'acupuncture. Corollaire : c'est bien la preuve aussi — toujours selon les trois expérimentateurs de Necker — que seuls les points d'acupuncture sont des stations de départ et d'arrivée le long des "mériдиens" du corps.

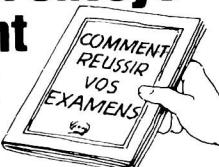
Nous affirmons pour notre part que cette image (partie supérieure de la photo figurant dans la communication à l'Académie de médecine) ne prouve absolument rien. Il suffit pour l'obtenir de prendre un cliché dans un temps très court après le moment d'injection, ou de régler les oscilloscopes de façon à supprimer les zones de radioactivité faible, témoins "génants" de la diffusion du produit. L'image de ce point d'injection pourrait très bien correspondre au document couleur réalisé par X, au temps 0-15 secondes ou 15-30 secondes, alors que le traceur n'a pas encore eu le temps de diffuser.

La figure présentée par les médecins de Necker montre, selon eux, le cheminement du traceur radioactif le long des "mériдиens". Or, cette diffusion s'est effectuée dans des conditions (distance 30 cm, temps 4 à 6 minutes) tout à fait superposables à celles qui ont permis le document couleur pris par l'équipe de X, après son injection sous-cutanée. Et il ne s'agit pas d'autre chose, ici encore, que d'une diffusion le long des vaisseaux sanguins.

Pour Darras et ses collègues, notre commentaire paru dans *Science & Vie* de décembre 1985 « confond à l'évidence la diffusion générale du technétium dans les tissus lorsqu'il est injecté par voie vasculaire... et la diffusion strictement locale de ce même technétium après injection extravasculaire ». C'est faire peu cas de notre science, même si nous l'avons, par nature, modeste. Le traceur introduit

(suite du texte page 164)

# Ce guide est envoyé gratuitement à tous ceux qui veulent REUSSIR leurs examens



A travail égal certains décrochent leurs examens...et d'autres pas. Des surdoués ? Des chanceux ? NON. Il existe une "Méthode du Succès". Grâce à elle : vous apprenez plus en moins de temps. Vous lisez trois fois plus vite. Vous mémorisez facilement dates, chiffres, formules. Vous savez quoi faire en cas de trou de mémoire en plein examen et aussi comment éliminer le trac, etc... Toutes les possibilités de cette méthode vous sont expliquées dans le nouveau guide 86. Pour le recevoir gratuitement, recopiez ou renvoyez le bon ci-dessous au CEREP, 10/H5 rue Deltéral, 93310 Le Pré-st-Gervais.

Envoyez-moi gratuitement et par courrier, le guide 86.

M  Melle .....

Prénom.....

Adresse.....

..... Code postal .....

Ville .....

Bon à remplir (ou à recopier) et à envoyer au  
CEREP 10/H5 rue Deltéral, 93310 Le Pré-st-Gervais.

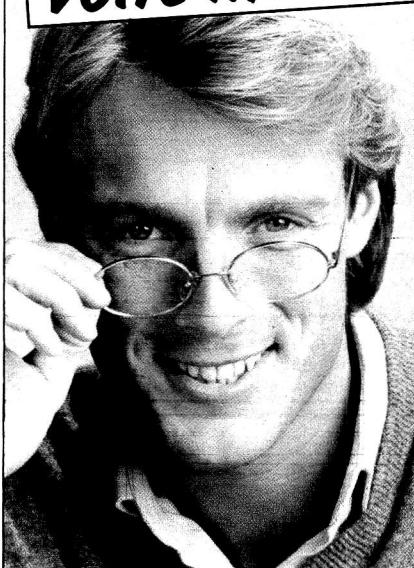
# Appel aux CELIBATAIRES

Vous pouvez facilement rencontrer des partis sérieux de VOTRE REGION, ou de TOUTES REGIONS et choisir la personne "faite pour vous"

Envoyez seulement vos nom, âge et adresse au CENTRE FAMILIAL (ST) 43, rue Laffitte - 75009 Paris (fondé en 1951). Ce sera le départ vers une vie nouvelle.

Vous recevrez GRATUITEMENT et discrètement une liste-échantillon de candidats(es) de votre âge avec une passionnante brochure illustrée de 68 pages. Ecrivez puisque cela ne vous engage à rien

## Développez votre mémoire



Vous le pouvez ! Et c'est facile, grâce à la surprenante méthode CHEST qui vous permet d'acquérir très vite une mémoire souple, fidèle, infaillible...

Cette méthode est si simple qu'un enfant de quatorze ans peut l'étudier entièrement en un mois (un quart d'heure par jour suffit).

Bientôt, vous retiendrez sans difficulté les noms propres, les visages, les langues étrangères et même les choses les plus compliquées (par exemple une liste de 100 nombres de 5 ou 6 chiffres).

Comment cela est-il possible ?

Vous le saurez en lisant la passionnante brochure en couleurs offerte gratuitement par l'I.P.M.

Pour la recevoir, il vous suffit de découper et de remplir le bon ci-dessous, et de le renvoyer à l'I.P.M. (Service L604) - 40, rue Jules-Ferry - 59430 Saint-Pol-sur-Mer - Tél. (28) 60.96.47 (établissement privé).

Pour la Suisse : I.P.M. 16, rue Voltaire CH 1201 GENEVE

Je désire recevoir, moi aussi, la brochure qui me révélera comment multiplier par 10 la puissance de ma mémoire. Voici :

Mon nom \_\_\_\_\_ Mon prénom \_\_\_\_\_

Mon âge \_\_\_\_\_ Mon adresse \_\_\_\_\_



**GRATUIT  
ET SANS  
ENGAGEMENT**

Il est entendu qu'aucun démarcheur ne me rendra visite.

# ECHOS DE LA RECHERCHE

[ÉLECTRONIQUE]

## Dernier cri de la recherche en électronique : le transistor à sillon

*L'intégration verticale — lisez : en profondeur — sera la solution des années 1990 aux problèmes de la miniaturisation des cellules composant les mémoires vives dynamiques appelées DRAM.*

C'est ce qu'affirment des chercheurs de Nippon Telegraph and Telephone Electrical Communication Laboratories et de Texas Instruments, réunis au cours d'un congrès international sur les composants électroniques.

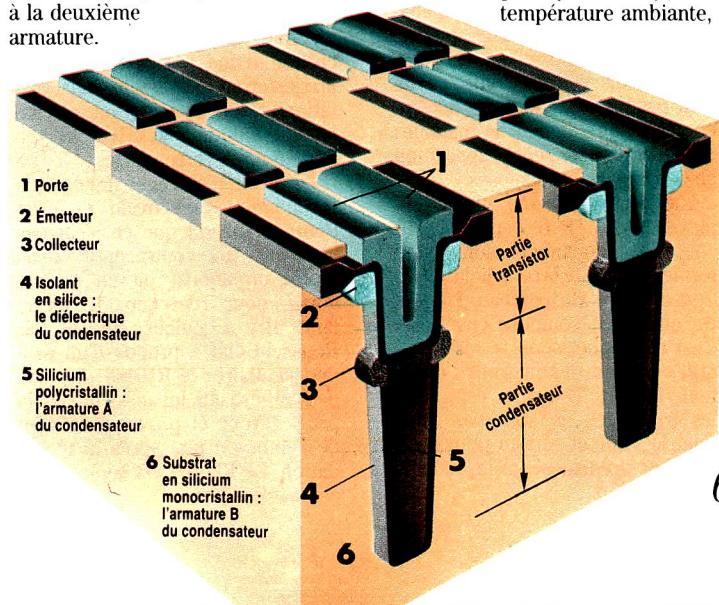
La plus petite des cellules composant ces DRAM, qui sera commercialisée bientôt, atteint déjà une capacité de 1 mégabit pour un encombrement de surface voisin de  $30 \mu\text{m}^2$ . Si on veut encore réduire cette surface et augmenter la capacité, il faudra stocker les informations en profondeur.

Ces cellules sont principalement formées de condensateurs et de transistors. La charge électrique des condensateurs constitue l'information. Les transistors, eux, permettent aux condensateurs de communiquer ou non avec l'ensemble des circuits électroniques. Or, la capacité d'un condensateur à emmagasiner de l'énergie est proportionnelle à la surface de ses armatures, donc à son volume. Pour que la charge reste utilisable, le condensateur doit pouvoir stocker au moins 300 femtocolombs ( $300 \cdot 10^{-15}$  coulomb) et, cette limite aussi est pratiquement atteinte.

Pour résoudre le problème

d'encombrement, les chercheurs ont conçu des condensateurs verticaux à "sillons" formés d'un support en silicium monocristallin, qui représente l'une des deux armatures du condensateur.

Un sillon de quelques micromètres de profondeur y est creusé. Il est revêtu d'un film isolant qui forme le diélectrique du condensateur, entre le silicium monocristallin du support et le silicium polycristallin dont on remplit le sillon. Ce remplissage correspond à la deuxième armature.



Ainsi, on gagne du volume et on stocke plus d'énergie sans dépasser l'encombrement d'un condensateur horizontal conventionnel.

Habituellement placé à côté du condensateur, le transistor est iciposé au-dessus, dans le sillon. Dans cette configuration, appelée T-MOS, le volume occupé par le transistor est presque moitié moindre que pour le montage actuel.

Si les futures générations de DRAM apparaissent tous les trois ans avec une capacité quadruplée par rapport à l'ancienne, ce qui est le cas depuis 1970, Hideo Sunami, du centre de recherche de Hitachi, estime que la cellule de 4 mégabits arrivera en 1989 avec un volume de  $13 \mu\text{m}^2$ . L'étape suivante consistera à réaliser des circuits électroniques complets sur les parois de sillons similaires.

Les transistors progressent également dans la vitesse de traitement. AT & T vient de présenter un semi-conducteur qui peut commuter un signal électronique en 5,8 picosecondes, le précédent record étant de 8,5 picosecondes. Ce résultat est obtenu à la température de l'azote liquide (77° Kelvin); à la température ambiante,

le temps est de presque 10,2 picoseconds. Utilisant des composants primaires qui ne mesurent qu'un tiers de micromètre, les chercheurs ont démontré que ces éléments "subminiatures" peuvent être intégrés à des ensembles complexes pour créer des circuits électroniques ultra-rapides. Ces nouveaux semi-conducteurs trouveront une application dans les systèmes de télécommunication, les microprocesseurs et les mémoires d'ordinateurs.

L.D.

#### MÉDECINE

## Maladie de Parkinson et pesticide

Un composé pyridique, le MPTP, pesticide courant, vient d'être accusé de léser rapidement les neurones dopaminergiques et de déclencher une forme de maladie de Parkinson. Les spécialistes américains, qui avaient déjà examiné cette hypothèse, l'avaient aussi rejetée jusqu'à ce qu'un médecin canadien, André Barbeau, de Montréal, ait rapporté qu'au sud-ouest de Montréal, le "grenier" du Québec, l'incidence rurale de la maladie de Parkinson atteignait 0,89 pour 1 000, contre 0,13 pour le reste de la population ; or, il s'agit justement d'une région où l'on fait large usage des pesticides.

En fait, 67 % des parkinsoniens souffrent d'une déficience génétique en certains enzymes hépatiques, les monoxygénases, qui permettent de neutraliser les pesticides dans le foie. Donc, ce ne sont pas les pesticides qui déclencheraient directement la maladie : ils en favoriseraient l'apparition chez des gens prédisposés.

L'affaire est même plus complexe : le MPTP ressemble beaucoup à la dopamine ; sous cette forme, il est absorbé par la *substantia nigra* du cerveau. L'ennui est qu'il se décompose ensuite et c'est alors que, sous la forme de MPP+, il lèse les neurones dopaminergiques. Toujours est-il que les pesticides ne sont pas bons pour la santé et surtout pour ceux qui sont prédisposés à la maladie de Parkinson.

G.M.

#### MÉDECINE

## Vaccin contraceptif à l'essai

Une seule injection, un an au moins de contraception. Les essais en cours au Flinders Medical Center d'Adelaide, Australie, portent sur 30 volontaires déjà rendues stériles par chirurgie, par exemple par ligature des trompes, parce que l'on veut d'abord vérifier que le vaccin n'entraîne pas d'effets secondaires.

La dernière étape, en 1987, portera sur des femmes fertiles, afin de vérifier l'efficacité du vaccin, qui serait commercialisé vers 1990. Il faut dire que les effets secondaires sont peu probables.

En effet, le vaccin agit, non comme la pilule, un interrompant le cycle ovulatoire et en inhibant la ponte de l'ovule, mais en neutralisant l'hormone dite gonadotrophine chorionique ou HCG, sécrétée quelques heures après la fécondation et nécessaire à la nidation, puis au développement de l'embryon.

Le vaccin est un fragment de l'HCG, une petite protéine ou peptide comportant 37 acides aminés et synthétisée à l'université de l'Ohio. Il provoque la sécrétion d'anticorps contre le peptide, mais aussi contre l'hormone tout entière. L'embryon ne peut alors plus se fixer.

La neutralisation de l'HCG suffirait à inhiber la conception, mais elle a une conséquence supplémentaire, qui est de bloquer la sécrétion d'une autre hormone, la progestérone, nécessaire à la gestation et dont la sécrétion est également induite par l'HCG. Il y a donc double verrouillage.

Le vaccin n'empêche donc pas la fécondation de l'ovule et c'est pourquoi on dit que ce n'est pas vraiment un contraceptif, mais plutôt un abortif ou un contraceptif, pour reprendre le terme lancé il y a quelques années par Roussel-Uclaf à propos d'un produit similaire : le RU 486, stéroïde de synthèse qui, lui aussi, bloque la progestérone et provoque le rejet de l'embryon peu après la fécondation. Le RU 486 est toujours en essais cliniques.

Il y a déjà dix ans qu'en Inde on avait cherché à réaliser un vaccin à base d'un fragment d'HCG, la fraction Beta, tirée d'urines de femmes enceintes et associée à un antigène, l'anatoxine tétanique, pour provoquer la réaction immunitaire déclenchant la sécrétion d'anticorps. Mais ce premier vaccin troublait le cycle ovulatoire parce qu'il agissait sur une autre hormone, l'hormone lutéinisante ou LH, indispensable au bon fonctionnement des ovaires. Cet effet semble dû à la ressemblance entre la fraction Beta HCG et une fraction de LH.

On a donc cherché, et trouvé, une plus petite fraction qui ne se retrouverait pas sur LH, et c'est celle qui est à l'essai (après avoir donné des résultats positifs sur l'animal).

L'effet du vaccin s'annulerait au bout d'un an, peut-être plus. L'intérêt de ce vaccin touchera sans doute peu les pays développés, où la pilule a été perfectionnée (les risques sont seulement de 1 pour 2 000 chez les femmes de 35 à 45 ans et qui fument, pour les autres, ils tombent à 1 sur 6 700).

C'est dans le Tiers Monde, comme le pense l'OMS, que le vaccin sera le mieux accueilli, supplantant sans doute la stérilisation féminine ou la vasectomie masculine, pratiquement irréversible.

A.D.

■ **Errata.** Un malencontreux lapsus nous a fait écrire "saccharose" au lieu de "galactose", dans l'article : "Les vaches pharmaciennes", du numéro dernier, p. 38. Le sucre du lait, le lactose, est en effet formé de glucose et de galactose. Le saccharose, lui, est un sucre du règne végétal ; sa molécule est formée d'une molécule de glucose et d'une molécule de fructose. C'est le sucre extrait de la betterave ou de la canne à sucre, que nous consommons quotidiennement. Signalons également une coquille p. 60 de ce même numéro : le polymère responsable de la rigidité de la paroi du grain de pollen est la sporopolléline (et non la sporoléline).

## SYSTÉMOLOGIE

**De Popper  
à la pifométrie**

Disciple peut-être ignoré du grand épistémologiste Karl Popper, pour qui, en bref, les notions précises ne le sont que jusqu'à plus ample informé, le capitaine de vaisseau honoraire Jean Blanchard a publié dans la revue *Marine* la théorie d'un système nouveau, le système pifométrique, qui mérite étude attentive. Celui-ci repose sur trois principes :

- » • Le pifomètre est strictement personnel, inaliénable, consubstantiel à l'individu et inutilisable par autrui ;
- » • Deux pifômes de sens contraire ne s'annulent pas
- » • Il n'y a rien d'intéressant à tirer d'une moyenne pifométrique. »

On aura peut-être deviné que le pifôme est une mesure-type, universelle et personnelle, s'appliquant au temps, aux longueurs, largeurs et profondeurs, au poids, à l'intensité et au volume. Blanchard en déduit que :

« • La multiplication d'une unité pifométrique par un scalaire quelconque égale l'unité pifométrique initiale. Exemple : "Deux minutes d'attente" ou "Trois minutes d'attente, s'il vous plaît" représentent exactement le même temps que "une minute". »

» • Deux longueurs pifométriques égales ne sont pas superposables. Exemple : "La longueur d'un poisson manqué et son expression en unités non dénommées par l'écartement des mains du pêcheur". »

Le recensement des unités de mesure pifométriques vaut son pesant de sel ; ainsi le "comme ça", unité de longueur, le "tout berzingue", unité de vitesse, le "pot" et le "godet", unités de volume, la "bonne dose", unité de quantité, le "un peu, quoi !", unité de travail, le "coup", unité de force... De fait, il nous semble que Blanchard prolonge, outre Popper, les notions bergsonniennes sur la durée opposée au temps, et un traité de pifométrie constituerait un réel enrichissement à la communication... G.M.



## ASTRONOMIE

**Le télescope le plus "pointu"  
du monde**

*Ce ne sera que le septième plus grand télescope optique du monde, mais le plus riche en perfectionnements techniques.*

Ainsi, son miroir principal, d'un diamètre important, 3,50 m, mesure seulement 24 cm d'épaisseur, ce qui, évidemment, allège beaucoup le poids total de l'appareil.

Mais comme un tel miroir est flexible en raison de cette minceur, et qu'il est donc sujet à des déformations quand il est mobilisé, un analyseur d'image d'un type nouveau, mis au point par l'Observatoire européen du Sud, ou OES, organisation intergouvernementale européenne, permet de corriger en continu l'image sur le plan focal. Le même système correcteur est adapté au miroir secondaire. Cette correction s'effectue par l'intermédiaire du système de soutien du miroir primaire, qui est constitué de 75 supports axiaux

mobiles et de 3 supports fixes.

L'innovation importante que constitue ce système de correction, et qui permet d'approcher la perfection optique, a suffisamment donné satisfaction pour être inclus dans les plans du prochain télescope de l'OES, dont le miroir mesurera cette fois 16 m de diamètre, un record absolu.

Ce télescope, qui entrera en service en 1988, soit deux ans avant le suivant, ne pèse que 120 t et son prix, 75 millions de F, représente le tiers de ce qu'eût coûté un télescope classique ; comme quoi la technologie de pointe est économique. Il sera installé à l'observatoire La Silla, au Chili, près d'un autre télescope classique de l'OES, de même ouverture.

G.M.



#### PALÉONTOLOGIE

## Le *Tanystropheus* était vraiment trop long

*La nature l'a rappelé à l'ordre : le *Tanystropheus* était allé un peu trop loin dans l'excentricité anatomique.*

Ce petit dinosaure n'a eu besoin d'aucune chute de comète pour disparaître, à la fin de la période triasique, il y a environ 200 millions d'années. Vivant en milieu côtier, à l'ouest de la Méditerranée et dans le bassin épicontinentale germanique — l'emplacement de l'actuelle Forêt Noire — il se singularisait par un cou démesuré, pouvant atteindre 3,5 m pour une longueur totale de 6 m, dont la queue prenait encore environ le quart.

Selon R. Wild, paléontologue de

l'université de Stuttgart, qui présentait récemment ses recherches à un colloque de la Société géologique de France, le cou du *Tanystropheus* était charpenté par douze vertèbres, auxquelles les côtes étaient presque parallèles, et ne présentait une certaine flexibilité que près de la tête et à sa base, où il était renforcé par de petits os très fins et très souples. Très pratique pour attraper les libellules au vol, ce col finissait par obliger les jeunes *Tanystrophiens* à vivre dans

l'eau, et à se nourrir de poulpes et autres céphalopodes. Restaient alors des problèmes de digestion et d'irrigation du cerveau, imposant sans doute une forte pression sanguine, comme chez les girafes actuelles.

Selon R. Wild, « sur les milliers de fossiles que l'on retrouve dans le sous-sol de la Forêt noire, un seul est celui d'un individu adulte ». Semblant indiquer une extinction rapide de l'espèce, cette forte mortalité juvénile ne s'expliquerait ni par l'arrivée de nouveaux prédateurs — « un seul fossile présentant au cou une morsure de *Nothosaure* » (reptile marin de l'époque, vaguement parent du phoque, mais pourvu d'une mâchoire allongée) — ni par un changement du mode de reproduction. L'explication avancée est, ici, un changement de l'environnement, auquel le *Tanystropheus* s'était trop bien adapté : la régression du niveau de la mer qui survient à cette époque a empêché les jeunes *Tanystropheus* de devenir amphibiens et les a laissés sur la plage, empêtrés dans leur cou de venu intransportable.

Au Jurassique (la seconde période de l'ère secondaire) sont donc apparues des espèces plus raisonnables, à cou plus court.

Mais cette triste histoire n'est pas unique dans les annales de la paléontologie : le *Tanystropheus* figure à côté du *Megaloceros*, un cerf d'Irlande dont les bois étaient si vastes et si lourds qu'ils causèrent sa perte au début de l'ère quaternaire.

s.c.

#### L'IMMUNODÉFICIENCE DU CULTURISME

 Hypothèse d'un médecin français publiée par notre confrère *La Presse Médicale* : la contamination du SIDA par aiguilles à l'occasion de l'injection d'anabolisants. Ces aiguilles sont souvent utilisées par plusieurs culturistes à la fois.

 **Trous noirs, un troisième candidat** : la nova à rayons X A0620-00 est un système binaire dont un élément serait une naine et l'autre un trou noir d'une masse triple de celle de notre Soleil. Par accès, le trou noir absorbe des fragments de la naine et produit autant d'énergie que 10 000 soleils et des quantités énormes de rayons X.



## BIOLOGIE

# Souvent microbe varie, bien fol est qui s'y fie

*L'“apparition” de la maladie des légionnaires et du SIDA, ces dix dernières années, trouble le public et quelques médecins, mais pas les biologistes.*

Dans le public, il est courant d'entendre mettre en cause des facteurs funestes de radiations ou de mœurs, par exemple, pour expliquer la soudaine virulence de germes, dans un cas une bactérie et dans l'autre un virus, jusqu'alors inconnus. Car l'ensemble du public s'imagine que les germes sont éternellement stables et que la “faute” de la maladie est à l'humain.

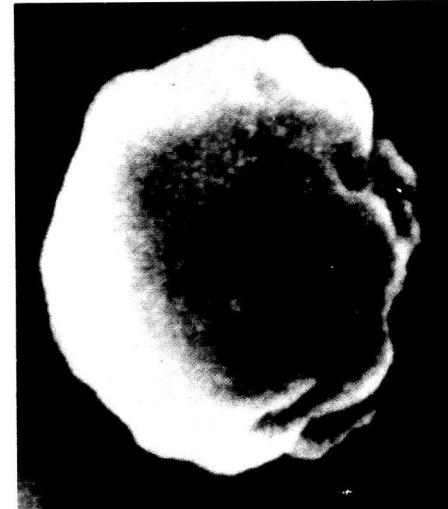
Or, stables, les germes ne le sont pas. Quand celui de la maladie des légionnaires, *Legionella pneumophila*, frappa massivement à Philadelphie, en 1976, envoyant 182 légionnaires à l'hôpital et en tuant 29, il parut neuf. Des recherches ultérieures des National Centers for Disease Control d'Atlanta ont indiqué qu'il y avait déjà eu une épidémie de cette maladie en 1943, en Caroline du Nord ; on l'avait alors appelée Fort Bragg fever parce qu'elle avait frappé les militaires cantonnés à Fort Bragg. Puis on découvrit une autre épidémie, qui avait atteint une centaine de gens à Pontiac, Michigan, en 1968, puis encore une autre qui avait atteint tout l'hôpital de St-Elizabeth, à Washington, en 1965. On a, pour expliquer la maladie et la prolifération des bactéries, incriminé les systèmes de conditionnement d'air, qui peuvent offrir les conditions idéales à *L. pneumophila* ; en fait, ce germe peut très bien vivre dans le sol des campagnes, les climatiseurs n'étaient qu'un facteur favorable parmi d'autres. Cette bactérie s'est imposée dans le monde pour des raisons finalement inconnues.

La polio est une maladie très ancienne ; on connaît un dessin égyptien remontant à la XVIII<sup>e</sup> dynastie qui en représente, sans confusion possible, une victime. Quelques cas furent, par la suite,

mentionnés dans les chroniques médicales, sans que personne y attachât une importance excessive.

Puis, dans les années cinquante, la polio frappa dans le monde entier, faisant des milliers de victimes (33 344 rien qu'en 1950 et aux seuls Etats-Unis), sans qu'on sût pourquoi. Personne n'osa plus se baigner en eau douce, aux Etats-Unis, des camps de jeunesse furent fermés, les hôpitaux se remplirent de malades et il n'y avait pas assez de poumons d'acier. On invoqua cela et ceci, et bien sûr, le manque d'hygiène ; mais au XIX<sup>e</sup> siècle, où le niveau général d'hygiène était bien inférieur à ce qu'il était dans les années cinquante, et où la maladie eût dû faire des ravages, on en avait à peine entendu parler. Quelques-uns crurent pouvoir arguer des méfaits d'un “excès d'hygiène” ; les épidémies qui sévirent dans les pays sous-développés d'Asie réduirent leur hypothèse à zéro. Le virus de la polio s'était soudain déchaîné, sans qu'on sût pourquoi. Et on ne le sait toujours pas. Pas plus qu'on ne connaît au juste la cause de la mystérieuse épidémie de “chlorose” qui frappa les femmes au XIX<sup>e</sup> siècle (la phtisie ?), ni celle des mystérieuses épidémies de “peste” de l'antiquité.

C'est que les germes, bactéries et virus sont comme nous, chez qui 10 % seulement de l'ADN est opératoire, le reste servant à un usage encore inconnu ou à rien. Ce que l'on sait c'est qu'une partie de cet ADN “superflu” des organismes supérieurs et des bactéries a, dans le passé, servi à fabriquer, par exemple, des virus. Et il n'y a pas que l'ADN, il y a aussi l'ARN : entre les parties opératoires de l'ARN, qui codent effectivement à la réPLICATION de l'ADN, des sections non-



codantes ou introns, peuvent se transformer en ARN infectieux, c'est-à-dire en virus (rérovirus).

De plus, l'ADN de nombreuses cellules existe en d'autres lieux que le génome, dans des éléments appelés plasmides, voire sous forme de segments “baladeurs” appelés transposons, qui peuvent, pour des raisons inconnues, aller soudain s'insérer dans le génome et le modifier.

Ce qui signifie qu'il existe des possibilités importantes pour l'appareil génétique des bactéries et des virus de se livrer à des variations imprévisibles. De fait, ces germes se sont bien livrés à de telles variations et il est probable qu'ils continueront à s'y livrer, selon le milieu et aussi selon leurs rapports entre eux, puisqu'il est établi que les bactéries tout au moins peuvent échanger des informations qui modifient héréditairement leurs systèmes.

Nous n'avons même pas cité d'autres mécanismes de modifications des germes, comme les amplifications géniques, qui font qu'un gène donné, pour des raisons que l'on ignore, est copié de manière surabondante, par exemple pour produire des protéines données sous la pression du milieu, mais que ces copies vont aussi s'insérer bout à bout de manière définitive, à une extrémité d'un chromosome.

Il en ressort que la biologie est bien un métier d'avenir et que l'on ne verra sans doute jamais la fin des maladies...

G.M.

## Les Américains sont plus anciens qu'on croyait

Pour le paléontologue brésilien Altair Sales Barbosa, qui vient de trouver dans l'Etat brésilien de Goias, des pierres taillées et des aliments fossilisés, qu'il estime avoir correctement datés, l'occupation du Nouveau-Monde remonte à une vingtaine de milliers d'années de plus qu'on l'avait cru : à 43 000 ans.

Il faut toutefois rappeler que l'estimation traditionnelle d'une vingtaine de milliers d'années pour le début de l'occupation humaine du Nouveau-Monde n'était que provisoire ; il y a plus de 10 ans que l'on a trouvé à Lewisville, au Texas, des traces de feu remontant à 38 000 ans (datation au C 14).

Mais des vestiges de ce genre restent trop peu nombreux pour que l'on pût en tirer une théorie complète sur les plus anciennes migrations dans les Amériques, à travers le détroit de Behring. Si le Texas avait ainsi été occupé il y a 38 000 ans, ce qui n'est pas impossible, il faudrait cependant en déduire que le nord de l'Amérique a été occupé bien avant ; or, on n'a pas retrouvé de vestiges datant d'une quarantaine de milliers d'années.

Maintenant, si Barbosa a raison, il faudrait retrouver des vestiges beaucoup plus anciens. Il faudrait également en déduire que les premières migrations depuis l'Asie se seraient effectuées dans la période interglaciaire Gottweiger, entre Würm I et Würm II, c'est-à-dire à une période correspondant au début du Moustérien (70 000 à 35 000 ans avant notre ère). C'est là l'époque du Paléolithique et le migrateur n'a pu être, jusqu'à plus ample informé, que l'homme de Néanderthal. Les problèmes ainsi posés sont appréciables, parce que, en fin de compte, il faudrait supposer qu'il y eut une souche néandertalienne qui évolua indépendamment au Nouveau-Monde. Pour cela, il faudrait retrouver un peu plus que des pierres taillées et des aliments fossilisés.

G.M.

## La migraine est un orage nerveux

*Pour banale qu'elle soit, la migraine conserve la plus grande partie de son mystère, et c'est pourquoi elle suscite encore bien des recherches.*

Une longue communication dans les colonnes de notre confrère britannique *The Lancet* apporte quelques faits nouveaux et importants sur ce syndrome qui comporte classiquement trois phases : des troubles neurologiques, visuels, sensoriels, moteurs, affectant parfois l'élocution, suivis par une douleur affectant la moitié du crâne et pulsatile, associée à des nausées et des vomissements et par une phase terminale de malaise et de fatigue susceptible de durer plusieurs heures, voire plusieurs jours après la fin de l'accès. La crise commence souvent dans le sommeil.

Pearce, l'auteur, défend la thèse d'un trouble purement neurologique, dont les aspects circulatoires (congestion ou pâleur de la face correspondant à une pression sanguine élevée ou abaissée à l'intérieur même du crâne) ne seraient que secondaires. Pour lui, la migraine n'est pas essentiellement comme on l'a souvent dit "un orage vasculaire", mais un orage neurologique, qui se traduit par des ondes d'anomalies neurologiques, mis en évidence à l'aide d'électrodes.

Ces ondes seraient déclenchées par des flux anormaux de sodium, de calcium et de chlore dans les tissus cérébraux ; des flambées des potentiels d'action nerveux surviendraient alors, suivies par un silence électrique.

Le phénomène se comprend encore mieux grâce aux mesures effectuées : en effet, il s'accompagne d'une baisse brutale des concentrations d'ions dans les espaces cérébraux extracellulaires et d'un accroissement extraordinaire du potassium, décuple de sa valeur ordinaire, voire supérieur. Dès après, les cellules où s'est produit ce bouleversement, qui progresse dans le cerveau à la vitesse de plusieurs millimètres par

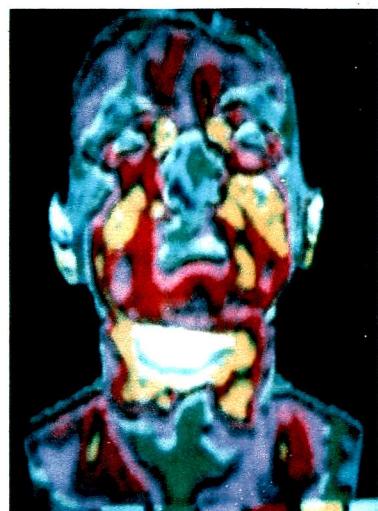
minute, deviennent électriquement et totalement inaptes à l'excitation.

Pearce cite bien toutes les données qui ont mené à l'hypothèse d'une cause purement vasculaire de la migraine — dont les taux anormalement bas de sérotonine, enregistrés durant les crises de migraine et qui indiquerait une anomalie des plaquettes sanguines, et les rôles excitateurs de certaines amines, comme l'histamine, la bradykinine, la noradrénaline, l'acétylcholine, ainsi que la substance P — mais il penche sans le dissimuler pour l'hypothèse neurologique, parce que, explique-t-il, si l'on devait se fonder sur un trouble vasculaire, on ne voit guère pourquoi le spasme vasculaire qui se produit bien au cours de la migraine, surviendrait toujours au même endroit. Pour lui, c'est dans un trouble de l'hypothalamus qu'il faut chercher la cause originelle de la migraine ; il cite, parmi les déclencheurs possibles, un stress émotionnel.

Il considère enfin que le trait dominant de la migraine consiste dans ces vagues de dépression de l'activité cérébrale qui traversent des tissus qui sont parfaitement sains en d'autres circonstances. La thermographie, grâce à laquelle les clichés suivants ont été réalisés à l'hôpital Necker, a permis de faire un grand progrès dans le diagnostic, en différenciant la migraine vraie d'une affection très voisine, mais de traitement différent, l'algie vasculaire de la face.

G.M.

Trois images de la douleur obtenues par caméra de thermographie : à gauche, l'image non traitée par ordinateur, à droite, la même traitée (chaque couleur correspond à une différence de 1 °C). De haut en bas, la migraine caractéristique à masque froid, l'algie de la face et l'algie d'origine psychique.



## GÉOLOGIE

# L'oxygène viendrait du fond de la terre

Le gros de l'oxygène contenu dans l'atmosphère nous provient des profondeurs terrestres, et non pas des plantes, comme on le croyait, estime Vassili Bgatov, de Novossibirsk, se basant sur plusieurs années de recherche. Selon le géologue, les fissures de l'écorce terrestre au fond des océans laisseraient échapper des flots de magma basaltique riche en gaz et notamment en oxygène. Ainsi saturées d'oxygène, les eaux froides profondes montent à la surface où elles se réchauffent, rejetant ainsi l'oxygène dans l'atmosphère.

Cette hypothèse offrirait une clé de l'une des énigmes qui préoccupent les océanologues. Il est notable que les eaux superficielles abondent en oxygène, produit par le phytoplancton. Mais la teneur de l'eau en oxygène baisse dans le sens de la profondeur.

Cependant, dans les abysses, cette teneur augmente de nouveau et les eaux de fonds en sont même sursaturées. Les océanologues signalent aussi que l'oxygène des abysses est plus lourd que l'oxygène atmosphérique dont les isotopes diffèrent. Cet oxygène doit bien avoir sa source quelque part, ont-il conclu.

A.P.N.

**■ Origines animales du SIDA de plus en plus probables :** on a trouvé en Afrique occidentale des gens possédant des anticorps à un virus extrêmement voisin de celui qui cause le SIDA, du singe (SLAV-III). Mais des vérifications entreprises par l'Organisation mondiale de la santé ont, par ailleurs, démontré (pour le moment) que les vaccins polio oraux, préparés à partir de culture de reins de singes verts et de rhésus, les deux espèces affectées par le SIDA du singe, sont indemnes d'infection.

**• Les articles de cette chronique** ont été réalisés ce mois-ci par l'Agence de presse Novosti, Stéphane Chenard, Alexandre Dorozynski, Laurent Douek et Gerald Messadié.

Photos Dr Thierry Schwob

# LES RISQUES D'UN «BHOPAL» FRANÇAIS

*Le risque nul n'existe pas. Toute activité humaine entraîne un risque. Mais les dangers que font courir les industries, notamment chimiques et pétrolières, débordent largement l'enceinte des usines ; les accidents industriels peuvent aujourd'hui toucher les populations alentour qui, elles, n'en sont, souvent, même pas conscientes. Voici, à l'usage de celles-ci, le guide des "installations classées" les plus dangereuses en France.*

**E**n France, un texte fondamental définit et entend assurer la prévention des risques industriels : la loi du 19 juillet 1976 relative aux "installations classées", adoptée à la suite du drame de Feyzin (*voir encadré p. 82*), l'événement qui provoqua chez nous la première prise de conscience de ce problème de vie contemporaine. Toute entreprise susceptible d'entraîner des risques importants est soumise à une autorisation d'exploitation délivrée par le Commissaire de la République. La législation de 1976 a été complétée par le décret du 21 septembre 1977, qui oblige les exploitants à produire, au moment de la demande d'autorisation, une "étude des dangers".

On imagine qu'une telle "étude", produite par l'intéressé lui-même, pouvait ne pas avoir toujours une objectivité irréprochable.

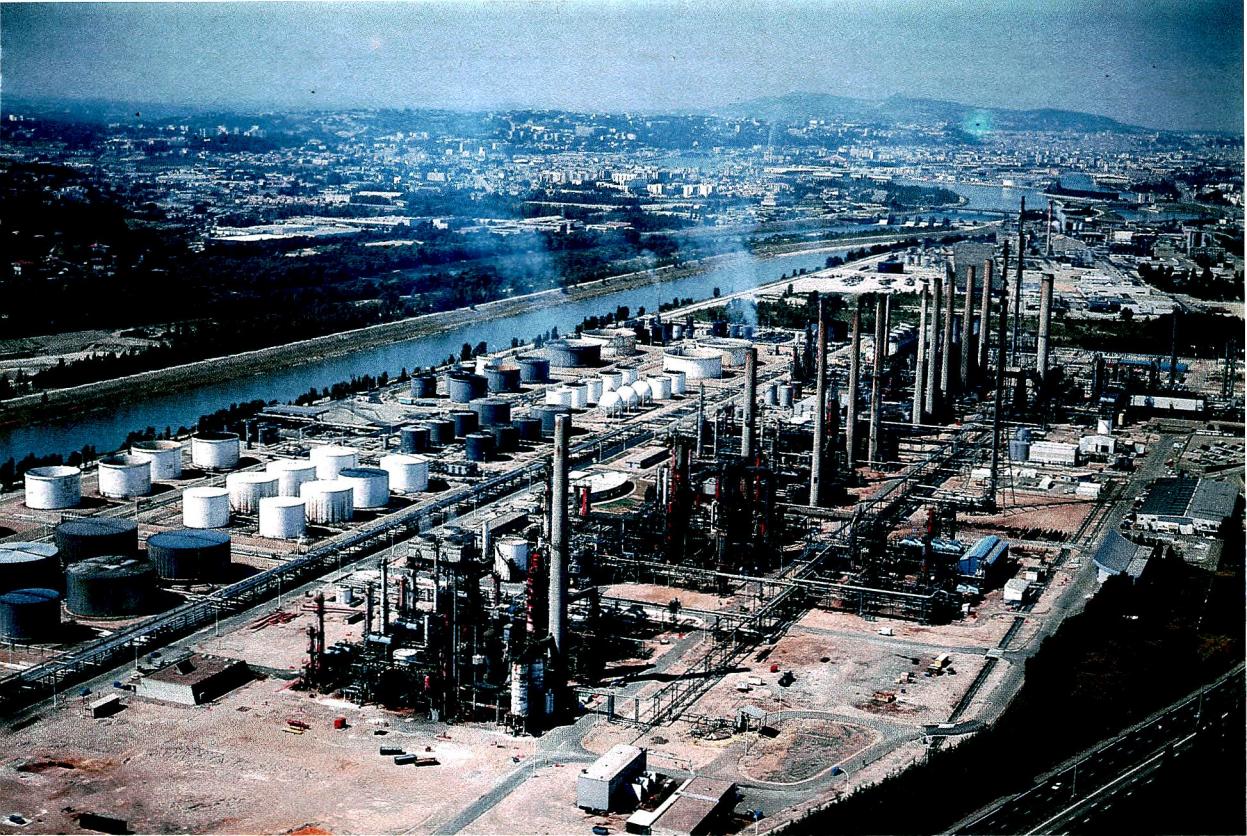
Ainsi, au cours d'une même visite, l'inspection des installations classées a relevé 10 infractions dans l'usine Witco Chemical à St-Pierre-lès-Elbeuf près de Rouen. Stockage d'oxyde d'éthylène trop facilement accessible à des tiers, pulvérisateurs du dispositif de refroidissement bouchés ; pas de dispositif de fermeture automatique ou de commandes



L'explosion d'un réservoir de 160 t d'hydrocarbures en Californie, en 1949. Le réservoir devint fusée.

à distance sur les circuits d'alimentation de liquide et de distribution de gaz ; installations électriques à moins de 5 mètres des réservoirs ; aucune consigne d'interdiction de fumer ou d'approcher avec du feu desdits réservoirs ; thermomètres et manomètres inexistant, hors service ou indiquant des mesures différentes sur un même réservoir ; cuve ayant été affectée au stockage d'oxyde de propylène (liquide très inflammable) sans autorisation.

Une directive de la Communauté économique européenne, dite "directive Seveso" (elle a été mise en place après l'accident dans la ville du même nom), est venue renforcer le dispositif existant. Toute une série de circulaires d'application de notre ministère de l'Environnement en précise la portée, dont celle du 18 décembre 1983, qui détermine de façon plus sévère le contenu de ces "études de danger". L'exploitant est tenu de donner une description circonstanciée de l'installation et de son environnement ; il doit identifier les scéna-



La raffinerie de Feyzin tristement rendue célèbre par l'un des premiers accidents industriels en France, en 1966.

rios d'accidents possibles, tant pour des causes internes que pour des causes externes à son activité ; il doit évaluer les conséquences de ces accidents, justifier des mesures de prévention et des moyens d'intervention.

La "directive Seveso" est entrée en application par la circulaire du 8 janvier 1984 pour toutes les installations nouvelles et pour toutes celles qui comportent des extensions ou des modifications majeures. Quant aux installations déjà existantes, elles ont jusqu'au 8 juillet 1989 pour compléter leur "étude des dangers".

Des quelque 500 000 établissements soumis en France à la législation sur les "installations classées", près de 350 représentent une menace évidente et sont exposés à une possibilité d'accident majeur. Ils appartiennent essentiellement aux secteurs de l'industrie chimique, parachimique, pétrolière et, dans certains cas, du traitement de surface ou de la fabrication de pâte à papier. La pyrotechnie, sans dépendre directement de ce régime, est sujette à une réglementation similaire.

Plus de la moitié des usines concernées sont groupées dans neuf départements fortement industrialisés : Seine-Maritime, Bouches-du-Rhône, Rhône, Nord, Pas-de-Calais, Haut-Rhin, Bas-Rhin, Isère, Gironde.

La réalisation d'une "étude des dangers" dans l'industrie chimique coûte à l'intéressé entre

100 000 et 1 000 000 F, selon l'importance, la complexité et la diversité des activités en cause. Pas moins de 600 rapports de ce type doivent être soumis aux autorités dans les quatre prochaines années.

Comme toujours, il existe ici un décalage important entre la législation et son temps d'application. Une inertie qui laisse la place à bien des années de risques non contrôlés.

En outre, la loi charge l'exploitant lui-même de déterminer l'étendue du danger qu'il représente pour la communauté, de mesurer le préjudice qu'il pourrait causer, et de proposer les mesures de prévention. Le général Férauge, qui de 82 à 83 présidait un groupe de travail sur la prévention des risques industriels, considérait que « la sécurité face au risque majeur est sans conteste chose trop importante pour être laissée aux mains des seuls industriels ».

Bien sûr, l'administration est censée vérifier les affirmations avancées par les entreprises, mais en a-t-elle les moyens ? Pour les installations reconnues les plus hasardeuses, il est prévu une caution supplémentaire, en la personne d'un expert neutre et indépendant. Il est chargé de l'analyse critique de l'"étude des dangers" et remettra ses conclusions (dites "étude de sûreté") à l'industriel et à l'inspection des installations classées.

Seules une trentaine d'enquêtes approfondies de

ce type ont été menées jusqu'à présent — très peu pour le nombre de cas potentiels d'accidents graves en France. Cette procédure d'arbitrage extérieur, on s'en doute, ne ravit pas les industriels, lesquels entendent rester maîtres chez eux et recignent au nom du secret de fabrication. L'organisme responsable de la majeure partie des "études de sûreté" dépend du Commissariat à l'énergie atomique, qui a lui-même tellement de secrets de Défense nationale et autres à protéger, qu'on peut lui supposer une certaine expérience dans l'art de la discréetion. Les gens du CEA se livrent d'ailleurs à cette tâche avec une réelle jouissance... Quel bonheur de montrer que le nucléaire n'est pas le seul secteur dangereux de notre industrie !

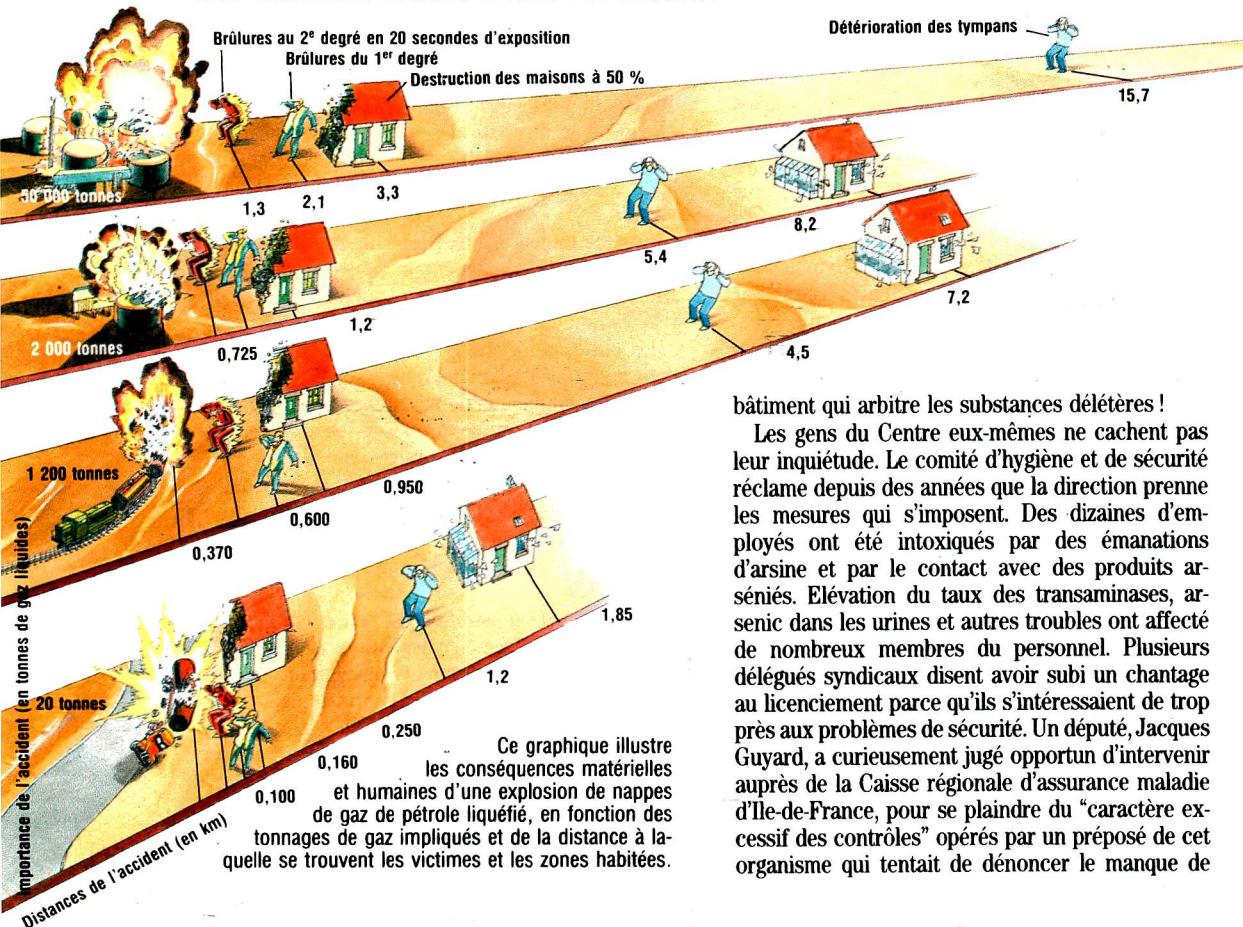
Il existe également des procédures plus légères, les "audits de sûreté", principalement basées sur des visites approfondies d'installations industrielles par un organisme tiers.

Paradoxalement, certaines usines réputées "propres", parce qu'elles utilisent des technologies non polluantes — l'électronique par exemple —, tombent sous le coup de la « directive Seveso ».

C'est le cas du Centre de recherche de Thomson, à Corbeville, dans l'Essonne. Quelques esprits avertis parmi la population, en consultant l'enquête publique ouverte en vue d'une extension de l'usine, ont découvert par hasard qu'on y stockait et manipulait des produits hautement toxiques, entre autres de l'arsine ( $A_3H_3$ ), un gaz à base d'arsenic, très dangereux car plus lourd que l'air ; en cas de fuite, il ne se dilue que très lentement dans l'atmosphère. Ce composé sert à la fabrication de l'arsénium de gallium (AsGa), plus performant que le silicium dans les puces électroniques.

Corbeville possède six réacteurs chimiques utilisant de l'arsine ; les normes de sécurité limitent le stockage des bouteilles d'arsine à 5 kg par réacteur. Une fuite dans un seul de ces réservoirs de 3 m<sup>3</sup> suffit pour engendrer un nuage qui, même délayé dans 20 000 m<sup>3</sup> d'air, reste mortel. Les premières habitations sont à une centaine de mètres du Centre. Lors d'une visite sur le site, une délégation de la population concernée s'est aperçue que le conteneur étanche de secours, destiné à confiner une fuite éventuelle, se trouve à plus de 200 m du

## LES CONSÉQUENCES D'UNE EXPLOSION



## sécurité à Corbeville.

En général, cependant, les principaux dangers viennent des gros stockages de quatre produits chimiques de base — chlore, ammoniac, acide cyanhydrique, phosgène — et de gaz naturel liquéfié. Mais davantage encore que l'insuffisance du dispositif de sécurité dans les installations elles-mêmes, c'est leur proximité des lieux habités qui constitue la principale menace. Plus de la moitié des 18 sites industriels français où se trouvent les stockages d'ammoniac les plus importants, supérieurs à 500 tonnes, ne respectent pas les distances préconisées vis-à-vis des habitations.

A Jarrie, en Isère, un collège se construit à 1,4 km de l'usine chimique Atochem. Le maire de la commune voisine avait fait des pieds et des mains pour l'avoir sur son territoire, invoquant que l'emplacement qu'il proposait était plus loin des limites de l'usine, mais n'ayant pas remarqué qu'on était ici plus près encore des zones de stockage de chlore, gaz très toxique.

A Saint-Fons, dans le Rhône, le Premier ministre, à la rentrée scolaire, a inauguré un lycée à 275 m

d'une sphère contenant du chlorure de vinyle, produit notamment cancérogène dont 7 t se sont déjà échappées d'un atelier en novembre dernier. Au cours du mois de juin précédent, une fuite à l'usine Shell de Lavéra

avait répandu une tonne de ce produit dans l'atmosphère.

A Rognac, dans les Bouches-du-Rhône, l'usine Butagaz de conditionnement de gaz s'est installée dans les années 50 à 200 m des premières maisons. En 78, un promoteur achète le terrain qui sépare les réservoirs de ces habitations ; il y construit 158 logements. Les plus proches sont à une trentaine de mètres à peine de l'axe des grosses sphères d'une contenance de 500 m<sup>3</sup> de butane chacune. Certains de nos concitoyens ne se montrent apparemment difficiles ni sur la sécurité ni sur l'esthétique de leur lieu de vie.

Scénario identique à La Courneuve, en banlieue parisienne, où sont stockés les quelque 6 000 m<sup>3</sup> de gaz liquéfié de l'usine Primagaz. La municipalité n'a pas hésité à construire un lycée à 300 m de l'installation et... une maternelle à 150 m. Pour être bien sûr d'obtenir l'effet le plus meurtrier possible en cas d'explosion, on prévoit en outre de réaliser, dans le minuscule no-man's land qui subsiste encore entre ces écoles et les réservoirs, une bretelle de liaison des autoroutes A86 et A1.

Ces quelques exemples ne sont pas des cas isolés. La menace est générale et pèse sur de très nombreux points de France.

Au cœur de Toulouse passe une canalisation

remplie de phosgène qui relie la Société nationale des poudres et explosifs (SNPE) à une autre usine. Le phosgène (COCl<sub>2</sub>) est extrêmement toxique par inhalation, et cette intéressante vertu lui a mérité d'être très employé — tout comme le chlore, d'ailleurs — comme gaz de combat pendant la Première Guerre mondiale.

Près de Bordeaux, à Saint-Médard-en-Jalles, les travailleurs de la Poudrerie et la population environnante sont inquiets. Depuis quelques mois, avions et hélicoptères sont autorisés à survoler ce point vulnérable. La probabilité qu'un appareil s'écrase sur l'usine est sans doute minime, mais si l'accident devait se produire, ses conséquences seraient terrifiantes pour les alentours.

En pleine agglomération lyonnaise se trouvent deux usines de produits chimiques appartenant à la société Givaudan. Celle de Givaudan-France, filiale de la multinationale Hoffmann-La Roche, a fait, lors d'une violente explosion en 79, un mort et douze blessés, dont trois personnes de l'extérieur. Les systèmes de sécurité, scandaleusement rudimentaires à l'époque, ont été améliorés depuis, il est vrai, et ce sont surtout des odeurs méphitiques, plus que la menace constante d'une déflagration, qui planent sur le quartier. Reste à savoir si une industrie chimique a sa place au cœur d'une grande ville.

La France, plusieurs fois chaque année, frise une catastrophe majeure. Souvent sans le savoir. Les habitants de la région de Roussillon, dans l'Isère, se doutent-ils qu'ils ont échappé de justesse, en juin 85, à une véritable calamité ? Un incendie d'origine inexpliquée ravage un entrepôt de l'usine Rhône-Poulenc. Sont entassés là divers composants chimiques de désherbants, notamment des centaines de tonnes de pyrocatechine, plus savamment nommée orthodihydroxybenzène, substance très toxique et très soluble. Sous le jet des lances d'incendie, une bonne dose de cette matière redoutable s'écoule dans le canal, au pied de l'usine, qui rejoint le Rhône. Le fleuve se trouve alors contaminé sur plus de 150 km. Bilan : une cinquantaine de tonnes de poissons le ventre en l'air, l'eau potable coupée dans une quinzaine de communes, la pêche, la baignade et l'irrigation interdites. Mais l'effet de pollution, qui ne semble plus indignier grand monde aujourd'hui, aurait pu facilement se doubler d'une tragédie à l'échelle des vies humaines. Car c'est en connaissance de cause que les pompiers ont dû souiller le Rhône de ces effluents chimiques ; il fallait à tout prix empêcher l'incendie de gagner une unité de fabrication nitrique à 40 m du brasier, car elle comportait un stockage d'ammoniac. Autre bombe toxique toute proche, menacée par le feu : du diméthyl-sulfate, qui devient un poison redoutable au contact de l'air.

Les deux zones les plus exposées à une catastrophe de grande ampleur sont celles qui regroupent

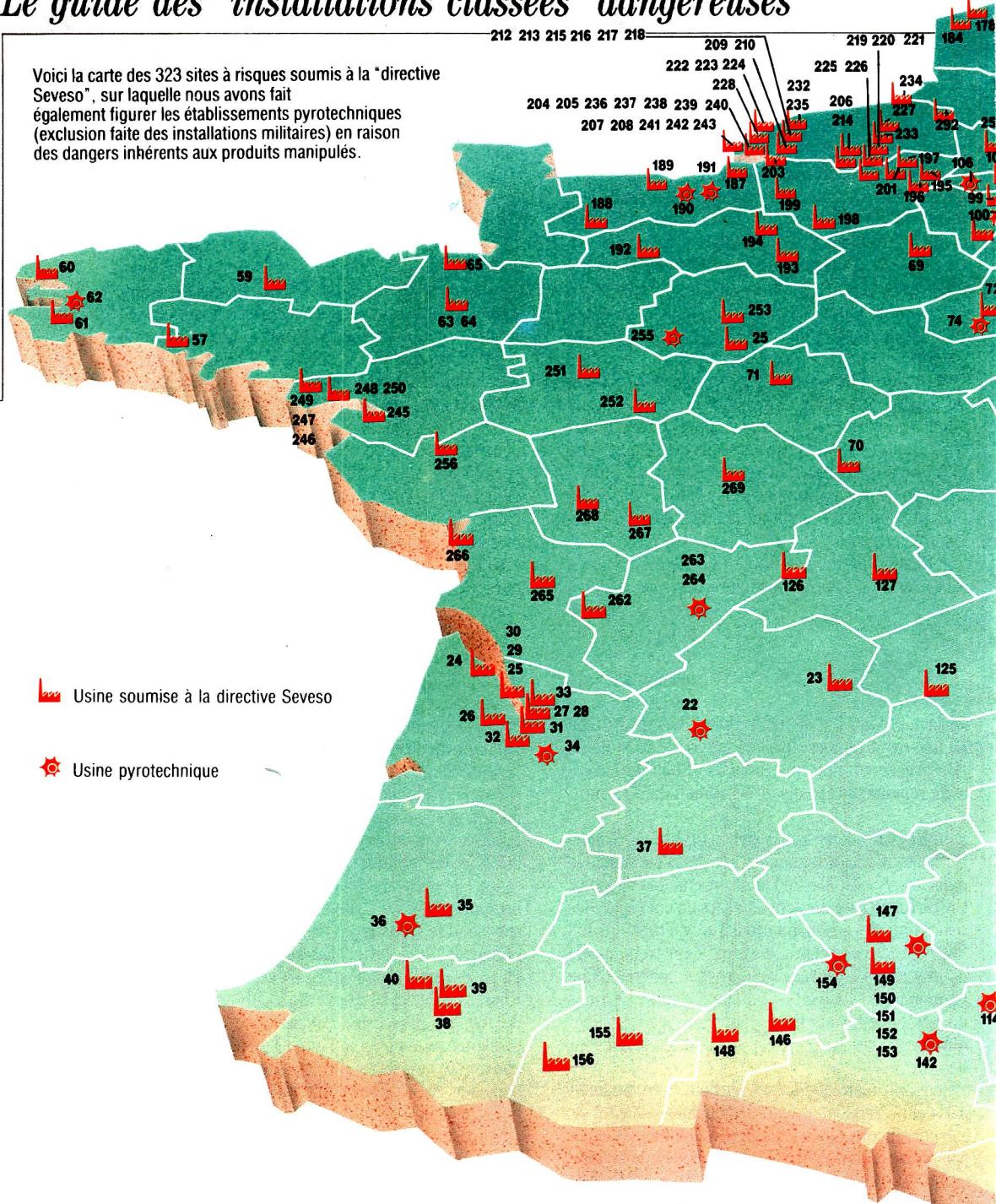
(suite du texte page 78)



25

# Le guide des "installations classées" dangereuses

Voici la carte des 323 sites à risques soumis à la "directive Seveso", sur laquelle nous avons fait également figurer les établissements pyrotechniques (exclusion faite des installations militaires) en raison des dangers inhérents aux produits manipulés.



## ALSACE

### Bas-Rhin

1. Lauterbourg (Rohm and Haas)
2. Rohwiler (Terminal d'Oberhoffen sur Moder)
3. Drusenheim (Raffinerie de Strasbourg)
4. Reichstett (Compagnie Rhénane de raffinage)
5. La Wantzenau (Polysar)
6. Strasbourg (Cellulose de Strasbourg Stracel)
7. Fegersheim (Eli Lilly-France)

8. Strasbourg (Complexe pétrolier du Port-aux-pétroles-Rhin-Rhône)
9. Herrlisheim (ELF Antargaz)
10. Reichstett (ELF Antargaz, SIGAP)

### Haut-Rhin

11. Colmar (Rhône-Poulenc-Textile-RP)
12. Cernay (Du Pont de Nemours-France)
13. Chalampé (Eutachimie)
14. Chalampé (Rhône-Poulenc chimie de base-RP)
15. Huningue (Sandoz)
16. Mulhouse (Industrie chimique Mulhouse)

## DORDOGNE

### Ottmarsheim (PEC Rhin)

17. Ottmarsheim (PEC Rhin)
18. Thann (Potasse et produits chimiques-PPC)

### Thann (Thann et Mulhouse)

19. Thann (Thann et Mulhouse)

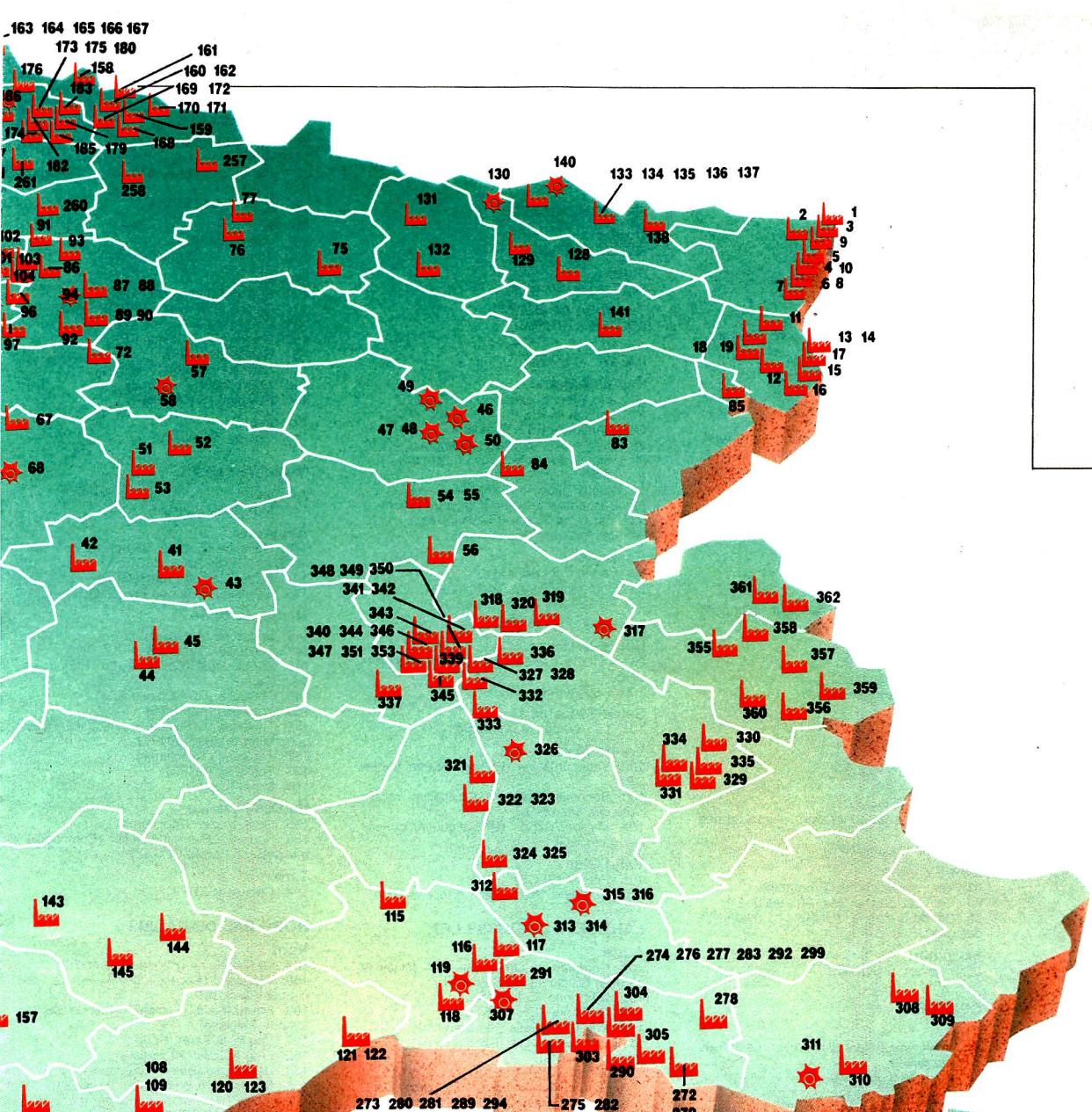
### Staffelfelden (MDPA, Marie-Louise)

20. Staffelfelden (MDPA, Marie-Louise)

### Wittelsheim (MDPA, Amélie)

21. Wittelsheim (MDPA, Amélie)

22. Bergerac (SNPE)
23. Condat le Lardin (Papeteries de Condat)



#### Gironde

- 24. Paillac (raffinerie Shell)
- 25. Ambès (raffinerie ELF)
- 26. Ambares (Compagnie française de l'azote-COFАЗ)
- 27. Bassens (Michelin)
- 28. Bassens (Docks des pétroles)
- 29. Ambès (COBOGAL)
- 30. Ambès (ESSO France)
- 31. Bordeaux (Utilisation rationnelle des Gaz-URG)
- 32. Blanquefort (ADG)
- 33. St-Loubès (Compagnie française des gaz liquéfiés-Tatolgaz)
- 34. St-Médard-en-Jalles (SNPE)

#### Landes

- 35. Tartas (Cellulose du Pin)
- 36. Saint-Paul-les-Dax (Pyrolandes)

#### Lot-et-Garonne

- 37. Nérac (SOBEGAL)

# *Le guide des "installations classées" dangereuses (suite)*

## **Pyrénées-Atlantiques**

- 38. Pardies (Compagnie française de l'azote-COFAZ)
- 39. Laca (SNEA, P)
- 40. Mont (Atochem)

## **AUVERGNE**

### **Allier**

- 41. Bayet (SCPO)
- 42. Commentary (ABC, RP)
- 43. Cusset (Matra-Manurhin-Défense)

### **Puy-de-Dôme**

- 44. Clermont-Ferrand (Michelin)
- 45. Gerzat (Utilisation rationnelle des gaz-URG BP)

## **BOURGOGNE**

### **Côte-d'Or**

- 46. Vonges (SNPE)
- 47. Lamarche-sur-Saône (Société La Kinsite)
- 48. Lamarche-sur-Saône (Nobel PRB)
- 49. Vieillevigne (Nitrochimie)
- 50. Pontailler-sur-Saône (Titanite)

### **Nièvre**

- 51. Nevers (CMPPA)
- 52. Premeray (Lambotte)
- 53. Gimouille (Totalgaz)

### **Saône-et-Loire**

- 54. Châlon-sur-Saône (L'Air liquide)
- 55. Châlon-sur-Saône (Utilisation rationnelle des gaz-URG)
- 56. Mâcon (Stogaz)

### **Yonne**

- 57. Cheu (Primagaz)
- 58. Hery (Davey et Bickford)

## **BRETAGNE**

### **Côtes-du-Nord**

- 59. St-Hervé (Totalgaz)

### **Finistère**

- 60. Brest (Primagaz)
- 61. Quemeneven (Utilisation rationnelle des gaz-URG)
- 62. Pont-de-Buis (SNPE)

### **Ille-et-Vilaine**

- 63. Vern-sur-Seiche (ELF France)
- 64. Vern-sur-Seiche (ELF Antargaz)
- 65. Dol-de-Bretagne (Utilisation rationnelle des gaz-URG)

### **Morbihan**

- 66. Queven (SIGOGAZ)

## **CENTRE**

### **Cher**

- 67. Aubigny-sur-Nere (Utilisation rationnelle des gaz-URG)
- 68. Bourges (Luchaire)

### **Eure-et-Loire**

- 69. Coltainville (CGP Primagaz)

### **Indre**

- 70. Concremiers (Utilisation rationnelle des gaz-URG)

### **Indre-et-Loire**

- 71. St-Pierre-des-Corps (Primagaz)

### **Loiret**

- 72. St-Cyr-en-Val (Primagaz)
- 73. Courtenay (Diamond Shamrock France)
- 74. La Ferté-Saint-Aubin (Brandt armement)

## **CHAMPAGNE ARDENNES**

### **Marne**

- 75. Vitry-le-François (Société France-Engrais)
- 76. Rilly-la-Montagne (British Petroleum-BP)
- 77. Reims (SIGAP)

## **CORSE**

### **Corse du Sud**

- 78. Ajaccio (Gaz de France-GDF)
- 79. Ajaccio (UGM et URG-ELF Antargaz)

## **Corse du Nord**

- 80. Bastia Centre (Gaz de France-GDF)
- 81. Bastia Sud (Gaz de France-GDF)
- 82. Lucciana (Utilisation rationnelle des gaz-URG-Butagaz)

## **FRANCHE-COMTÉ**

### **Doubs**

- 83. Deluz (SPLG)

### **Jura**

- 84. Tavaux (Solvay)

### **Territoire de Belfort**

- 85. Delle (Sauddifim)

## **ILE DE FRANCE**

### **Seine-et-Marne**

- 86. Mitry-Mory (Gazechim)
- 87. Grandpuits (SEIF)
- 88. Grandpuits (ELF France)
- 89. Montereau (Société Francengrais)
- 90. Montereau (Utilisation rationnelle des gaz-URG)
- 91. Meaux (Sidobre SINNOVA)
- 92. Bagneaux-sur-Loing (Comming-France)
- 93. Vaires-sur-Marne (ELF Antargaz)
- 94. La Genevray (Nitrochimie)

### **Essonne**

- 95. Vert-le-Petit (IRCHA)
- 96. Corbeville-Orsay (Thomson)
- 97. Ris-Orangis (ELF Antargaz)
- 98. Vert-le-Petit (SNPE)

### **Hauts-de-Seine**

- 99. Nanterre (Utilisation rationnelle des gaz-URG)
- 100. Issy-les-Moulineaux (SFM)

### **Seine-St-Denis**

- 101. La Courneuve (Primagaz)

### **Val-de-Marne**

- 102. Viry-sur-Seine (Rhône-Poulenc Santé-RP)
- 103. Bonneuil-sur-Marne (Utilisation rationnelle des gaz-URG)
- 104. Maisons-Alfort (Utilisation rationnelle des gaz-URG)

### **Val-d'Oise**

- 105. Persan (SFOS)
- 106. Survilliers (Nouvelles Cartoucherie)

## **LANGUEDOC-ROUSSILLON**

### **Aude**

- 107. Conques-sur-Orbiel (Sté des Mines et produits chimiques de Salsigne)
- 108. Narbonne (Comurhex)
- 109. Narbonne (Ets Vernier)
- 110. Port-la-Nouvelle (Sté Delpech)
- 111. Port-la-Nouvelle (Complexe pétrolier de Port-la-Nouvelle)
- 112. Quillan (CMPA)
- 113. Port-la-Nouvelle (Matry Pauzols)
- 114. Cuxac-Cabardès (Titanite)

### **Gard**

- 115. Salindres (Rhône-Poulenc-RP)
- 116. Beaucaire (PROCIDA)
- 117. Aramon (SEMPA Chimie)
- 118. St-Gilles (DEULEP)
- 119. Jonquières (Nobel PRB Explosifs)

### **Hérault**

- 120. Béziers (GEZECHIM)
- 121. Frontignan (Mobil Oil-France)
- 122. Frontignan (Raffineries de soufre réunies-RSR)
- 123. Béziers (La Littoral)

### **Pyrénées-Orientales**

- 124. Port-Vendres (Nobel PRB)

## **LIMOUSIN**

### **Corrèze**

- 125. Brive (Utilisation rationnelle des gaz-URG)

### **Haute-Vienne**

- 126. Saillat (Aussedat Rey)
- 127. Les Bardys (Primagaz)

## **LORRAINE**

### **Meurthe-et-Moselle**

- 128. Dombasle-sur-Meurthe (Solvay)
- 129. Blénod-les-Pont-à-Mousson (Sicogaz Est)
- 130. Briey (SAMIFER)

### **Meuse**

- 131. Baleycourt (ICI)
- 132. Tronville-en-Barrois (Rhovil)

### **Moselle**

- 133. St-Avold Carling (Norsolor)
- 134. Carling (CDF Chimie ASL)
- 135. Carling (CDF Chimie AZF)
- 136. Carling (CDF Chimie EP)
- 137. Carling (Protelor)
- 138. Sarrelouis (Solvay)
- 139. Haucourt (Totalgaz)
- 140. Hayange (SACILO)

### **Vosges**

- 141. Golbey (Totalgaz)

## **MIDI-PYRÉNÉES**

### **Ariège**

- 142. Maz Eres (Ruggieri)

### **Aveyron**

- 143. Calmont (Société Béarnaise des gaz liquéfiés-SOBEGAL)
- 144. Milau (Gaz de France-GDF)
- 145. St-Affrique (Gaz de France-GDF)

### **Haute-Garonne**

- 146. Boussens (Antargaz)
- 147. Fenouillet (Totalgaz)
- 148. St-Gaudens (Cellulose du Rhône et d'Aquitaine)
- 149. Toulouse (CDF Chimie ASF)
- 150. Toulouse (AZF STS)
- 151. Toulouse (Société nationale des poudres et explosifs-SNPE)
- 152. Toulouse (Tolochimie)
- 153. Toulouse (SNPE)
- 154. Muret (Lacroix)

### **Hautes-Pyrénées**

- 155. Lamézézan (Atochem)
- 156. Souliom Pierrefitte-Nest (Compagnie française de l'azote-COFAZ)

### **Tarn**

- 157. Castres (SEPPIC)

## **NORD-PAS-DE-CALAIS**

### **Nord**

- 158. La Madeleine (Rhône-Poulenc-RP)
- 159. Waziers (Société chimique de la Grande-Paroisse)
- 160. Frais-Marais (Société chimique de la Grande-Paroisse)
- 161. Beuvry-la-Forêt (SOA)
- 162. Frais-Marais (Air liquide)
- 163. Dunkerque (British Petroleum-BP)
- 164. Mardyck (Compagnie française de raffinage-CFR)
- 165. Mardyck (COPENOR)
- 166. Dunkerque (USINOR)
- 167. Mardyck (Stocknor)
- 168. Arleux (Totalgaz)
- 169. Courchelettes (British Petroleum-BP)
- 170. Haulchin (ELF)
- 171. Haulchin (Entrept Pétrolier)
- 172. Couchelettes (Société industrielle de produits chimiques-SIPC)

### **Pas-de-Calais**

- 173. Mazingarbe (CDF azote et fertilisants-CDF AZF)
- 174. Noyelles-Godault (Société minière et métallurgique de Penarrowy)
- 175. Lievin (Socanord Gardinier)
- 176. Lestrem (Roquette)
- 177. Béthune (Schenectady)
- 178. Calais (Universel Matthey Produits-UMP)
- 179. Feuchy (CECA)
- 180. Mazingarbe (Société artésienne de vinyle)
- 181. Chocques (Atochem)
- 182. Harnes (CDF)
- 183. Drocourt (CDF)

184. Coquelle (Courtaulds)  
185. Dainville (Stogaz)  
186. Billy-Berclau (Nitrochimie)

## BASSE NORMANDIE

### Calvados

187. Honfleur (Miroline)  
188. Vire (Utilisation rationnelle des gaz-URG)  
189. Caen (Société métallurgique de Normandie)  
190. Rivière Saint-Sauveur (Nobel PRB)  
191. Ablon (Nobel PRB)

### Orne

192. Couterne (Produits chimiques auxiliaires de synthèse-PCAS)  
193. Bellou-sur-Huisne (Buhler Fontaine)  
194. Merleault (Totalgaz)

## HAUTE NORMANDIE

### Eure

195. Pitres (Nouvelles cartoucheries)  
196. St-Pierre-la-Garenne (Sandoz)  
197. Gailly (Compagnie française des produits industriels-CFPI)  
198. Bourth (SOVILLO)  
199. Bernay (SOPRA)  
200. Vernon (SEP)  
201. Alizay (SICA ALICEL)

### Seine-Maritime

202. Aumale (Utilisation rationnelle des gaz-URG)  
203. Bolbec (ORIL)  
204. Gonfreville-l'Orcher (Atochem)  
205. Gonfreville-l'Orcher (Pétrosynthèse)  
206. Grand-Quevilly (CDF Chimie AZF)  
207. Le Havre (Thann et Mulhouse)  
208. Le Havre (SNA)  
209. Lillebonne (Bayer)  
210. Lillebonne (Hoehst)  
211. Lillebonne (Sodes)  
212. Notre-Dame-de-Gravencron (Atochem)  
213. Notre-Dame-de-Gravencron (Esso chimie)  
214. Grand-Quevilly (Gaz de France-Eff)  
215. Notre-Dame-de-Gravencron (Esso SAF)  
216. Notre-Dame-de-Gravencron (Mobil Oil)  
217. Notre-Dame-de-Gravencron (Primagaz)  
218. Notre-Dame-de-Gravencron (SOCABU)  
219. Oissel (Azolacq)  
220. Oissel (ICI Francolor)  
221. Oissel (La Quinoleine)  
222. Oudalle (CPS)  
223. Oudalle (Lubrizol)  
224. Oudalle (Hydrocarbures de St-Denis)  
225. Petit-Couronne (Shell)  
226. Petit-Couronne (Utilisation rationnelle des gaz-URG)  
227. Rouen (Lubrizol)  
228. Rogerville (Compagnie française de l'azote-COFAZ)  
229. Sandouville (Good Year)  
230. Sandouville (International Celomère)  
231. Sandouville (Le Nickel)  
232. St-Aubin-les-Elbeuf (Wito Chemical)  
233. Sotteville-les-Rouen (Moretti)  
234. Mers-les-Bains-le-Tréport (St-Gobain des Jonquière)  
235. St-Aubin-les-Elbeuf (Rhône-Poulenc Santé-RPS)  
236. Gonfreville-l'Orcher (CFR)  
237. Gonfreville-l'Orcher (Norgal)  
238. Gonfreville-l'Orcher (Sicogaz)  
239. Gonfreville-l'Orcher (Sogestrol I)  
240. Gonfreville-l'Orcher (Sogestrol II)  
241. Le Havre (CIM)  
242. Le Havre (Gaz de France-GDF)  
243. Le Havre (SHMPP)  
244. Sandouville (SEDIBEX)

## PAYS DE LA LOIRE

### Loire-Atlantique

245. Paimpont (Octel Kuhlmann)  
246. Montoir-de-Bretagne (Société chimique de Grande-Paroisse)  
247. Montoir-de-Bretagne (Gardiloire)  
248. Donges (ELF France)

249. Montoir-de-Bretagne (Gaz de France-GDF)  
250. Donges (ELF Antargaz)

### Maine-et-Loire

251. Angers (Utilisation rationnelle des gaz-URG)  
252. Montreuil Bellay (SODEXI)

### Sarthe

253. Arnage (Utilisation rationnelle des gaz-URG Butagaz)  
254. Vaas (Pennwalt France)  
255. Precigne (ALSEIEX)

### Vendée

256. L'Hébergement (Utilisation rationnelle des gaz-URG)

### PICARDIE

#### Aisne

257. Marle (Bayer)  
258. Chauny (CDF Chimie RT)

#### Oise

259. Villers-St-Sépulcre (CDF Chimie ABS)  
260. Catenoy (Société française d'Organo-synthèse)

#### Somme

261. Amiens (SEMPA chimie)

### POITOU-CHARENTES

#### Charente

262. Gimeux (ELF Antargaz)  
263. Angoulême (SNPE)

264. Angoulême (Berastegui et Rollot)

#### Charente-Maritime

265. Le Douhet (Utilisation rationnelle des gaz-URG)  
266. La Rochelle (Société générale de manutention et de transit)

#### Deux-Sèvres

267. Melle (Rhône-Poulenc spécialités chimiques-RP)  
268. Niort (SIGAP Ouest)

#### Vienne

269. St-Benoit (Airwick Industrie)

### PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR

#### Alpes de Haute-Provence

270. St-Aubin (Atochem)  
271. Sisteron (Saphirchim)

#### Bouches-du-Rhône

272. L'Estaque-Marseille (Atochem)  
273. Fos-sur-Mer (Atochem)  
274. Lavera (Atochem)  
275. Port-du-Bouc (Atochem)  
276. Lavera (British Petroleum-BP Chimie)  
277. Lavera (Naphtachimie)  
278. Roussel (Rhône-Poulenc Agrochimie-RP)  
279. Marseille (Roussel UCLAF Procida)

280. Fos-sur-Mer (ICI)

281. Fos-sur-Mer (Société du chlorure de vinyle)

282. Port-du-Bouc (Octel Kuhlman)

283. Lavera (Oxochimie)

284. La Millière-Marseille (Atochem)

285. Berre (Shell chimie)

286. Marseille (Pennarroway)

287. Port-du-Bouc (SOBROM)

288. L'Aubette-Berre (Shell chimie)

289. Fos-sur-Mer (raffinerie ESSO)

290. La Mede (Compagnie française de raffinerie-CFR)

291. Tarascon (Cellulose du Rhône)

292. Lavera (Raffinerie British Petroleum-BP)

293. Berre (Raffinerie Shell française)

294. Fos-sur-Mer (Solmer)

295. Fos-sur-Mer (SPLSE)

296. Fos-sur-Mer (Dépôts pétroliers de Fos)

297. Fos-sur-Mer (terminal de la Crau)

298. Fos-sur-Mer (Air liquide)

299. Lavera (Gazechim)

300. La Pointe-Berre (dépôts pétroliers Shell

- française et Shell chimie)

301. Fos-sur-Mer (terminal méthanier Gaz de France-GDF)

302. Fos-sur-Mer (Primagaz)

303. Miramas (Antargaz)

304. Rognac (Utilisation rationnelle des gaz-URG)

305. Marignane (Stogaz)

306. Port-de-Bouc (Chevron)

307. Saint-Martin-de-Crau (Nitrochimie)

### Var

308. La Motte (Stogaz)

309. Puget-Argens (Utilisation rationnelle des gaz-URG)

310. La Garde (ELF Antargaz)

311. Toulon (Pyromeca)

### Vaucluse

312. Bollène (Utilisation rationnelle des gaz-URG)

313. Sorgues (Société nationale des poudres et explosifs-SNPE)

314. Sorgues (SNPE)

315. Monteux (Société ATP)

316. Monteux (Ruggieri)

## RHONE-ALPES

### Ain

317. Seyssel (Société La Kinsite)

318. Balan (Atochem)

319. St-Vulbas (Totalgaz)

320. Miribel (Les Echets) (Cime Bocuze)

### Ardeche

321. St-Peray (Etablissements Gaillard)

322. 322. La Voulte (Pharmacie centrale)

323. La Voulte (Eurecat)

### Drôme

324. Pierrelatte (COGEMA)

325. Pierrelatte (COMURHEX)

326. Bourg-les-Valence (Cheddite France)

### Isère

327. Chasse-sur-Rhône (CDF AZF)

328. Chasse-sur-Rhône (FINORGA)

329. Domene (Société béarnaise des gaz liquifiés SOBEGAL)

330. Brignoud (Atochem)

331. Champagnier (Distigil)

332. Roches-de-Condrieu (Rhône-Poulenc chimie de base-RP)

333. Roussillon (Rhône-Poulenc chimie de base-RP)

334. Pont-de-Claix (Rhône-Poulenc chimie de base-RP)

335. Jarrie (Atochem)

336. Serpaize (ELF France)

### Loire

337. St-Etienne (ICG)

### Rhône

338. Decines (Rhône-Poulenc centre de recherche-RP)

339. Saint-Fons (Rhône-Poulenc centre de recherche-RP)

340. Lyon (Rhône-Poulenc centre de recherche-RP)

341. Feyzin (raffinerie ELF France)

342. Feyzin (Rhône gaz)

343. Genay (Agrishell)

344. Lyon (Utilisation rationnelle des gaz-URG)

345. Solaize (Institut français du pétrole-IFP)

346. Lyon (port pétrolier-Edouard Herriot)

347. Pierre-Bénite (Atochem)

348. St-Fons (Atochem)

349. St-Fons (Nord et Sud) (Rhône-Poulenc-RP)

350. St-Fons Belle Etoile (Rhône-Poulenc-RP)

351. St-Genis-Laval (application des gaz-Camping gaz international-ADG)

352. Villefranche-sur-Saône (Rhône-Poulenc agrochimie-RP)

353. St-Priest (SOTAGAL)

354. Rillieux-le-Pape (Pyragric)

### Savoie

355. Frontenex (Totalgaz)

356. Premont (Oreille) (Atochem)

357. Plombière-St-Marcel (Métaux spéciaux)

358. Ugine (Ugine aciers)

359. La Praz (Aluminium Péchiney)

360. St-Jean-de-Maurienne (Aluminium Péchiney)

### Haute-Savoie

361. Araches (Gaz de France-GDF)

362. Chedde (Sers, Atochem)

## LE "COULOIR DE LA CHIMIE": ITINÉRAIRE À RISQUE

De chaque côté du pont de l'autoroute A7 franchissant le Rhône, se trouvent la plus grosse concentration et la plus grande variété de produits chimiques stockés, manipulés, transformés ou synthétisés en France. Cette zone s'étend du nord au sud sur une dizaine de kilomètres et regroupe treize importantes entreprises de chimie lourde, de chimie de base, de chimie fine, de raffinage et de pétrochimie. Elle présente différents risques. Au sud, entre Solaize et Feyzin, il y a danger potentiel de formation de nappes plus ou moins dérivantes de gaz combustibles, donc d'incendie et d'explosion. Au nord s'y ajoute un risque toxique.

Nous référant à des documents officiels du DAS (Département d'analyse de sûreté de l'Institut de protection et de sûreté nucléaire du CEA), nous offrons ici un voyage organisé à travers cette zone sensible et une visite guidée des treize sites.

### 1. Le complexe pétrolier du Port Edouard Herriot

Ce port industriel qui dépend de la Compagnie nationale du Rhône, comporte des stockages de produits pétroliers et chimiques appartenant à une douzaine de sociétés. Les installations les plus vulnérables sont, en bout de presqu'île, les sphères de butane et de propane de Butagaz (anciennement URG) séparées cependant par 500 m de la route la plus proche.

Par ailleurs, une réserve d'anhydride chromique solide et la proximité d'un dépôt de cyanure de potassium solide créeraient des conditions scabreuses en cas d'incendie ; la réaction entre ces deux produits, sous l'effet d'une aspercion d'eau, forme de l'acide cyanhydrique, utilisé aux USA pour exécuter les condamnés à mort. Le DAS estime que les industriels de ce site ont répondu à ses enquêtes "de façon détaillée sans éluder les difficultés" et que le niveau de sûreté "paraît satisfaisant". Hors les actes de malveillance contre laquelle l'industrie autant que les autorités se sentent largement démunies.

### 2. L'usine Atochem à Pierre-Bénite

Elle appartenait autrefois au groupe PCUK et fut à l'origine de nombreuses fuites d'acroléine dans les années 70, avec des incidences toxiques sur la population. Riveraine de l'autoroute A7, implantée en pleine zone urbaine, elle crée par son emplacement une situation potentiellement dangereuse ; un véhicule qui percuterait la clôture, à l'endroit où sont stockés plus de 1 000 t d'acide fluorhydrique, pourrait provo-

quer la dispersion d'un gaz extrêmement toxique. Atochem a demandé plusieurs fois à la Direction de l'équipement de protéger cette enceinte par des glissières de sécurité.

Les zones concernées par les risques d'incendie, d'explosion ou de nuage toxique sont ici l'autoroute, les agglomérations voisines de Pierre-Bénite et d'Oullins, la voie ferrée Lyon-Saint-Etienne. Selon le DAS, il est très difficile d'estimer le degré de sûreté dans les vieilles usines comme celles-ci. Le fait de laisser construire une zone urbaine à proximité devrait toutefois faire proscrire toute activité impliquant des gaz dangereux.

### 3. L'usine Rhône-Poulenc à St-Fons

Cette vieille usine fabrique chaque année entre 200 et 2 000 t de produits de chimie organique fine. A part le stockage d'acide cyanhydrique (deux réservoirs de 32 m<sup>3</sup> chacun) en solution dans l'éthanol, qui a fait l'objet d'une "étude des dangers" et ceux de chlorure d'éthyl et de méthyl (deux réservoirs de 50 m<sup>3</sup> chacun), les stockages sont relativement modestes. Parmi les sinistres envisagés, la rupture des réservoirs d'acide cyanhydrique déclencherait dans la zone à risque des alertes sonores et lumineuses. En cas d'accident à la livraison du produit par wagon de 20 t, 8 t de ce poison mortel pourraient s'échapper et mettre les riverains immédiats en péril. La fuite d'ammoniac anhydre étendrait le périmètre dangereux jusqu'à 400 m du point d'émission, et le rayon serait plus grand encore si un réservoir d'acide chlorhydrique gazeux craquait par suite d'un incendie ; à 2 100 m, la concentration atteindrait 50 ppm (parties par million), un taux supportable une heure seulement par l'organisme humain. La durée de survie est ramenée respectivement à une demi-heure et à quelques minutes pour une distance de 675 m (1 000 ppm) et de 550 m (2 000 ppm).

### 4. L'usine de Ciba-Geigy à St-Fons

Elle est enclavée dans la précédente. Le DAS lui reconnaît un niveau de "sérieux, efficacité, pragmatisme et compétence très élevé". Cet industriel ouvre librement et largement ses portes aux enquêteurs, ainsi que l'accès à ses documents. Bien que l'usine manipule un produit excessivement dangereux, le phosgène, dont elle a un dépôt de 11 t qui sera doublé sous peu, le DAS considère les installations comme sûres.

### 5. L'usine Atochem à St-Fons

Ici, deux principaux risques. D'abord, la perte de confinement d'ammoniac (270 t) conduirait à la formation d'un nuage d'aérosols constitué de minuscules gouttelettes de NH<sub>3</sub>. La dispersion de ce gaz étouffant en particules microscopiques dans l'air pourrait gagner la voie ferrée et l'échangeur voisin de l'autoroute. Ensuite, la fuite de chlorure de vinyle monomère stocké sous forme liquide, sous une pression de 4 ou 5 bars, dans une seule sphère d'une capacité de 43 000 t — une des plus grosses du monde. Ils en sortiraient des effluves de gaz toxique susceptibles de s'enflammer, avec ou sans explosion. Cette bombe en puissance trône à 150 m de la voie ferrée Lyon-Marseille, à 375 m de l'échangeur de l'autoroute et à 275 m d'un lycée. Il est inadmissible qu'on laisse construire, notamment un établissement scolaire, dans un tel secteur.

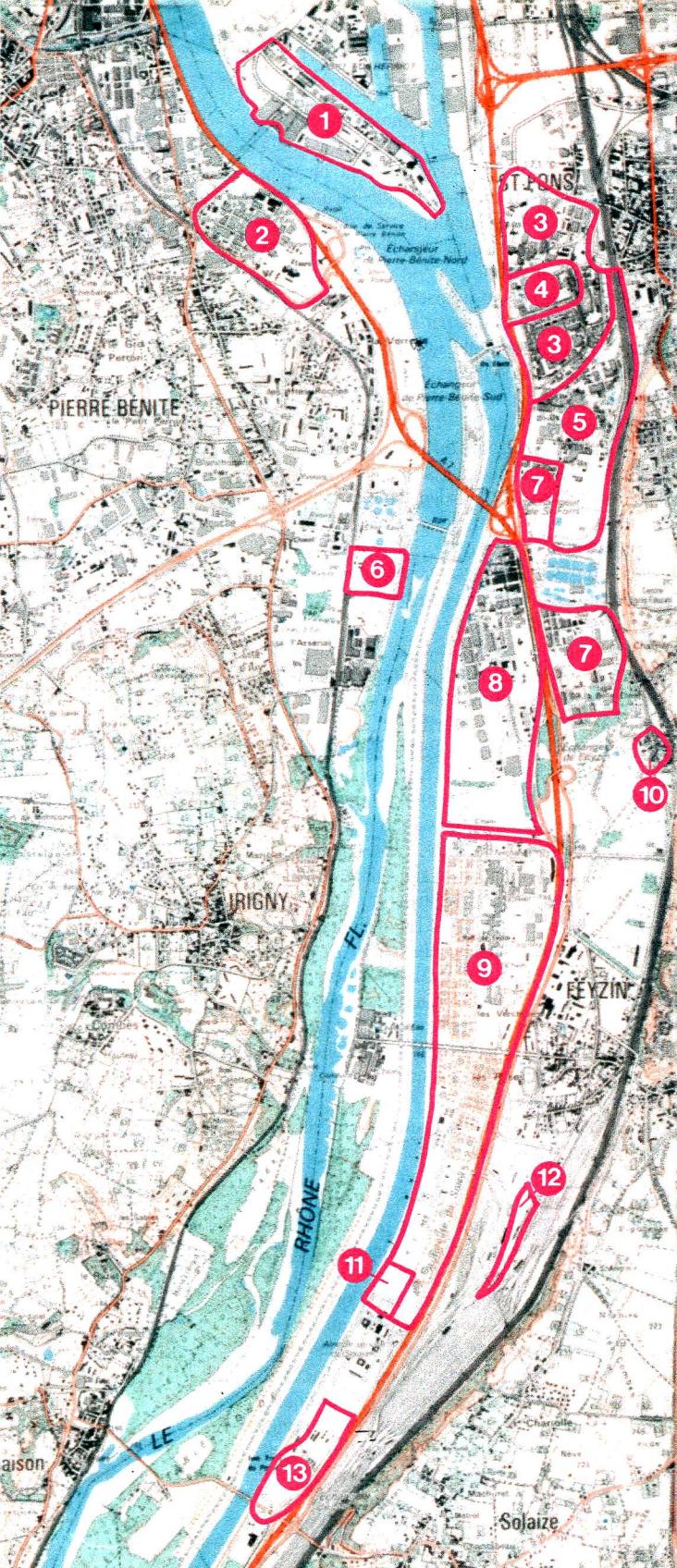
### 6. L'usine Air-Liquide d'Irigny

Dans son inventaire des produits dangereux en stock : 8 000 m<sup>3</sup> d'acétylène, 92 t de carbure de calcium, 15 m<sup>3</sup> d'acétone. L'explosion du gazomètre de 50 m<sup>3</sup> d'acétylène engendrerait une boule de feu de 18 m de diamètre pendant 3 à 4 secondes. Dans le cas d'une fuite d'une tonne d'acétone, la boule de feu atteindrait 50 m et durerait 10 secondes. La voie ferrée Lyon-Saint-Etienne est à 35 m de l'usine.

Par ailleurs la société a remplacé d'autorité son stockage d'acétone enterré de 6 m<sup>3</sup> par un stockage aérien de 15 m<sup>3</sup>, à la suite d'une simple notification à la DRIR (Direction régionale de l'industrie et de la recherche). En outre, la qualité de l'acétone n'est pas contrôlée à l'arrivée.

Un détail, mais potentiellement gros d'importance — ce que le DAS appelle un "risque différé" —, qui montre de quelles drôles de circonstances peut dépendre la sécurité. Lorsque l'industriel jugeait non conformes les bouteilles qui servaient au stockage de ses gaz sous pression, il les vidangeait, les perforait pour les rendre inutilisables, et les revendait à la ferraille. Procédure tout à fait probe, scrupuleuse, et exemplaire d'une bonne gestion. Oui, mais certaines des bouteilles jetées au rebut étaient "retapées" par des bricoleurs (le personnel du ferrailleur ?) et remises en service. Sans grande garantie de résistance à la pression, comme on l'imagine.

Pour empêcher ce trafic, Air-Liquide fait carrément scier les bouteilles défectueuses en deux. Mais qui charge-t-elle



de ce travail de casse ? L'entreprise récupératrice de ferraille.

#### 7. Les usines "silicones" de Rhône-Poulenc à St-Fons

Ce complexe traite plus de 300 matières différentes et fabrique quelque 1 500 produits sous forme d'huiles, de gommes, de résines, d'émulsions, de mastics, d'élastomères et de catalyseurs. Les silicones ne sont pas toxiques mais certaines de leurs matières le sont. Les chlorosilanes, notamment, inflammables et corrosifs, dont 1 400 m<sup>3</sup> sont stockés sur le site. Si une nappe de chlorosilanes s'enflammait, le feu pourrait détruire plusieurs réservoirs à la fois. Or, il n'y a pas eu encore d'"étude des dangers" concernant les chlorosilanes.

#### 8. L'usine Rhône-Poulenc de Béle-Etoile

Elle fabrique essentiellement des polyamides, des polyesters, et divers produits intermédiaires. Les stockages de produits dangereux restent plutôt modestes par rapport à ceux de ses voisins et le DAS estime que les dispositions de sécurité sont à première vue satisfaisantes. L'usine est en outre relativement isolée. On reproche cependant à sa direction de ne pas s'intéresser suffisamment aux retombées d'un accident chez ses proches voisins, qui la toucherait de plein fouet.

#### 9. La raffinerie Elf-France de Feyzin

De sinistre mémoire, cette installation complexe, aux capacités de stockage énormes, méritait une étude de sécurité spécialement approfondie. Pourtant, la réunion technique entre l'industriel, le DAS et les administrations concernées fut, sur tout cet ensemble d'enquêtes, la plus brève et la plus superficielle, le directeur de la raffinerie estimant que "dans le contexte économique actuel, il est préférable de se faire oublier". Sur son ordre, les gens interrogés dans l'usine n'ont pu faire que des réponses très générales, évasives et dilatoires.

#### 10. L'usine Air-Liquide de Feyzin

Oxygène liquide, azote liquide, mélanges argon-hydrogène constituent l'essentiel de sa fabrication. Le risque maximal tient dans l'incendie et l'explosion de l'hydrogène, dont 30 000 à 60 000 m<sup>3</sup> sont stockés sur place. Risque aggravé par la présence d'oxygène liquide, qui attiserait l'incendie. Un

tel accident conduirait à faire évacuer les personnes dans un rayon de 300 m et à interrompre le trafic ferroviaire Lyon-Marseille (la voie est à 75 m de l'usine).

Autre cause d'insécurité : les petits potagers cultivés du côté ouest de l'usine. Les jardiniers y font brûler leurs mauvaises herbes à deux pas des stockages d'hydrogène.

### 11. Le centre ASVAHL à Feyzin

L'Association pour la valorisation des huiles lourdes (ASVAHL) est un groupe d'intérêt économique dont les partenaires principaux sont Elf-Aquitaine, l'Institut français du pétrole et la Compagnie française de raffinage. Elle expérimente de nouveaux procédés de mise en valeur des hydrocarbures lourds. Elle est implantée sur le site de la raffinerie de Feyzin. Sa sécurité, en cas d'accident, dépend de la rapidité et des moyens d'intervention de celle-ci. Au cours d'un sinistre, il est possible que des projectiles issus d'ASVAHL aillent percer les citerne de gaz liquéfiés de la raffinerie, entraînant une réaction en chaîne.

### 12. L'usine Rhône-Gaz à Feyzin

Elle conditionne environ 200 000 t par an de propane et de butane, principalement à partir de deux canalisations venant de la raffinerie de Feyzin. Une rupture des réservoirs aurait des conséquences désastreuses dans un rayon d'au moins 750 m, c'est-à-dire une zone occupée par des voies de circulation, des usines, des villas, un camping, les hôtels des roulants de la SNCF et les habitations du quartier des Razes. Il n'existe aucun moyen d'alerter la population. Le DAS signale que la direction a mis plusieurs mois avant d'introduire des mesures efficaces à la suite d'un accident, le 27 mars 1984, et qui aurait pu avoir des conséquences graves.

### 13. L'Institut français du pétrole à Solaize

Ce centre de recherche étudie des opérations semi-industrielles de mise au point de techniques et de procédés. Depuis une quinzaine d'années, il s'intéresse aussi à la sûreté des installations chimiques. Son Bureau d'études industrielles et de coopération réalise certains audits de sûreté et des analyses d'études des dangers (au même titre que le DAS). Le niveau de sûreté de cet établissement, qui joue un rôle de locomotive dans la région, est excellent.

(suite de la page 71)

pent près du tiers de toutes les usines dangereuses de France : la Basse-Seine et le "couloir de la chimie" en aval de Lyon, où prospèrent en rang serré une quinzaine d'énormes "plates-formes" industrielles. Un simple incident pourrait y déclencher un accident majeur par l'effet d'une infernale réaction en chaîne.

Cet espace lourdement industrialisé est traversé par l'autoroute A7, ainsi que par la nationale 7 et la ligne du TGV Paris-Marseille. Qu'arriverait-il si une explosion dans quelque usine chimique endommageait la voie ferrée ? Une hypothèse déjà envisagée par les responsables de la Protection civile. Que deviendraient les voyageurs du TGV ? Dans ce train scellé et climatisé, ils peuvent s'isoler momentanément du nuage toxique, mais leur autonomie respiratoire n'est que de 30 minutes. Sauvés du gaz, ils sont condamnés à l'asphyxie. Ils attendent leur salut des équipes de secours, mais comment celles-ci arriveront-elles ? Difficilement par l'autoroute, elle-même paralyisée.

Des accidents se sont produits plusieurs fois dans cette zone. Des tonnes d'acroléine, produit qui lui aussi a fait ses armes comme gaz de combat, ont été déversées par l'usine des Produits chimiques Ugine-Kuhlmann (PCUK) de Pierre-Bénite, intoxiquant à plusieurs reprises les riverains, de 76 à 78.

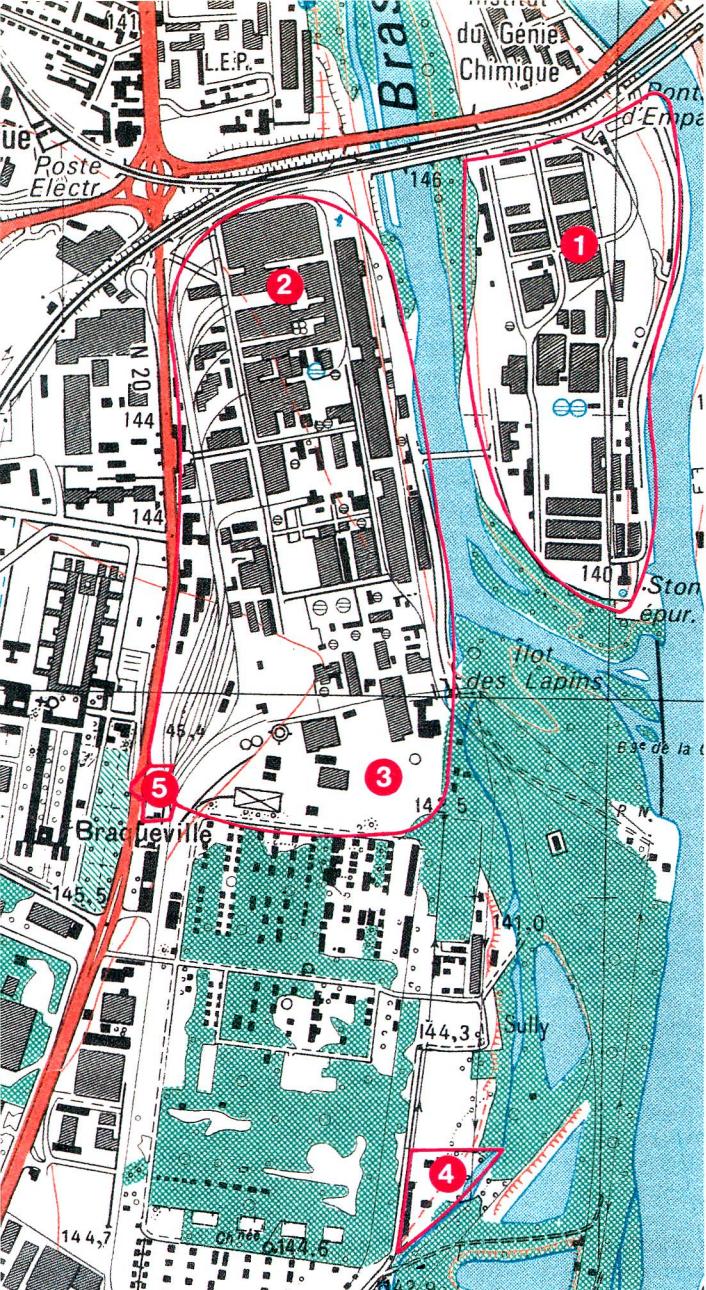
Le cas jusqu'ici le plus dramatique reste Feyzin (*voir encadré page 82*). Même s'il remonte à vingt ans, il est toujours exemplaire, c'est l'illustration parfaite du mélange d'imprévoyance, d'impéritie, de négligence et de mauvaise organisation qui marque ce genre de catastrophe. C'est un accident tout à fait instructif aussi dans la mesure où il montre combien les petites causes suffisent à déclencher des conséquences énormes. Et il nous répète cette leçon que, malgré l'expérience, nous persistons à oublier : un accident, c'est une éventualité à laquelle on ne croit jamais tant qu'elle ne s'est pas réalisée, c'est-à-dire trop tard.

« Mieux vaut prévenir que guérir » reste ici une maxime encore largement dédaignée dans la pratique. Pour combattre cette insouciance qui contrarie toute politique concertée, Haroun Tazieff, ex-secrétaire d'Etat chargé de la prévention des risques naturels et technologiques majeurs, a mis à l'étude trois grands sites industriels : le "couloir de la chimie" au sud de Lyon, la zone de Port-Jérôme en Seine-Maritime et celle du Chapitre au sud de Toulouse (*voir encadrés pages 76, 79 et 81*). L'analyse de ces trois importants centres d'activité a permis de déceler bon nombre de points faibles propres à chacun d'eux, et d'en déduire des règles pour réduire la vulnérabilité des grandes plates-formes industrielles en général. Première conclusion : la résistance de la chaîne dépend de son maillon le plus fragile. Aussi ne suffit-il pas de doter quelques entreprises à haut risque des dispo-

Carte de l'Institut géographique national



1. Société nationale des poudres et explosifs (SNPE)
2. Azote et fertilisants (AZF)
3. Organichim
4. Tolochimie
5. Société nationale des gaz du Sud-Ouest (SNGSO)



## TOULOUSE SUD, AUTRE POINT CHAUD

Chaud, mais tout de même tiède comparé au terrain brûlant de la zone rhodanienne. L'étude globale de sécurité, pour cette région du Sud-Ouest, a été confiée à la société ECOPOL par le secrétariat d'Etat aux risques majeurs.

Cinq usines y présentent des dangers : la Société nationale des poudres et explosifs (SNPE), Azote et fertilisants (AZF), Organichim, Tolochimie, la Société nationale des gaz du Sud-Ouest (SNGSO). Le site ras-

semble quelque 7 000 t de produits inflammables ; les deux cuves de méthanol de 1 630 m<sup>3</sup> appartenant à Organichim en représentent la concentration la plus importante. Le stockage d'ammonitrates, de perchlorate d'ammonium, la fabrication de phosgène, l'utilisation de gaz naturel et d'hydrogène expliquent les risques d'explosion. Mais ce sont les émanations toxiques qui constituent ici le risque majeur, dû à la présence de trois gaz particulièrement redoutables. Le

phosgène, synthétisé à la SNPE et utilisé par Tolochimie. L'ammoniac, élaboré par AZF et utilisé par la SNPE. Et le chlore, qui entre dans les fabrications d'Organichim et de la SNPE.

Si les deux premières substances ont fait l'objet de la part des industriels d'"études des dangers" très poussées, le chlore n'a pas bénéficié d'un souci comparable. Pourtant, de l'avis du directeur de la Protection civile, c'est lui le facteur le plus menaçant.

Des cinq usines chimiques qui se partagent le terrain, les quatre plus grosses (SNPE, AZF, Tolochimie, Organichim) sont jugées d'un niveau de sécurité satisfaisant et figurent même parmi les plus avancées en France dans l'application de la "directive Seveso".

Mais l'enquête a révélé un point faible (la sécurité d'un ensemble n'est jamais supérieure à celle de son maillon le plus vulnérable). En l'occurrence, la plus petite des cinq entreprises, SNGSO — six employés. Il s'agit en fait d'un poste de livraison de gaz naturel sur la nationale 20, qui reçoit des volumes très importants destinés à la zone industrielle. Or, cette station n'est pas aussi bien équipée contre les accidents que les usines voisines. En particulier, son accès est trop facile pour une installation à haut risque, et elle ne dispose, en cas de fuite, d'aucun système d'isolement automatique. Une rupture simultanée des conduites de gaz conduirait à un débit de fuite de 250 000 m<sup>3</sup> à l'heure.

Or on ne peut pas affirmer qu'un camion transportant par exemple du propane ne puisse un jour percuter ces installations (de surcroît juste en face d'un hôpital psychiatrique). L'incendie qui s'ensuivrait provoquerait une élévation de température des wagons chargés de chlore garés dans la zone ferroviaire d'AZF. Cette réaction en chaîne pourrait causer des dégâts considérables dans un rayon de 150 m et, en cas de fuite de chlore, jusqu'à 3 km.

A la suite de cette étude il a été décidé de mettre en place quatre mesures préventives : limiter le trafic de matières dangereuses sur la N 20 ; éloigner les wagons stationnés dans le périmètre AZF ; installer un système de coupure automatique de l'alimentation en gaz naturel ; protéger la face ouest de la zone industrielle, notamment au niveau de la station SNGSO.

La mairie de Toulouse s'interroge sur un projet de parc des loisirs sur 70 ha actuellement administrés par la SNPE. Des milliers de tonnes de produits chimiques et des milliers de gens qui s'amusent, cela pourrait, à la moindre étincelle, faire un mélange détonant.

sitifs de prévention les plus sûrs et des moyens d'intervention les plus efficaces ; si leurs voisins immédiats en sont démunis, c'est tout l'ensemble qui est mal armé contre le danger.

En ce qui concerne le "couloir de la chimie" rhodanien, c'est le Département d'analyse de sûreté (DAS) de l'Institut de protection et de sûreté nucléaire du CEA qui a mené l'enquête. Un travail qui s'est heurté à maintes réticences et obstructions du côté de certains industriels. L'étude s'est copieusement nourrie des données dont disposent les inspecteurs des "installations classées" de la Direction régionale de l'industrie et de la recherche Rhône-Alpes (DRIR), qui possèdent une solide connaissance du terrain. Heureusement, car leur expérience a permis de contrebalancer le manque relatif de coopération chez les directeurs d'entreprise. Les industriels lyonnais n'ont guère encouragé les visites de sites par les enquêteurs ; les réunions étaient organisées bien plus dans les bureaux de direction qu'autour des citernes ou dans les ateliers. A la raffinerie de Feyzin d'Elf-Aquitaine — là justement où s'est produit l'accident de 66 —, on s'est surtout soucié des conséquences économiques que pourrait avoir cette étude et des "dangers" que ses conclusions risquaient de faire courir à la survie de l'usine, dans le contexte actuel de surabondance de la capacité de raffinage que connaît l'industrie pétrolière.

Une analyse des documents soumis par une des "installations classées" de la région, et prétendant montrer ses préoccupations en matière de sécurité technologique, a fait ressortir que 40 % de la correspondance présentée dans le dossier consistaient en des demandes d'aide financière à l'Agence de bassin pour le traitement de ses effluents ! On n'est évidemment pas près de vaincre les risques d'accidents industriels quand des patrons d'entreprise confondent les mesures de sécurité technologique avec des requêtes de subventions contre la pollution.

Le constat du DAS ne se limite pas à l'analyse des usines à risque. Les moyens d'intervention en cas d'accident sont également pris en compte, ce qui révèle une lacune criante d'équipement hospitalier capable de faire face à une catastrophe majeure. Le CHU Lyon-sud, qui représente à lui seul 62 % des lits disponibles dans le périmètre concerné, est le plus exposé aux effluves toxiques quand le vent souffle du sud ; dans certaines éventualités de sinistre, il devrait être lui-même évacué.

Autre aspect du problème : le manque d'information du public. Premier concerné en cas d'accident, ce dernier ne sait rien et se retrouvera à la merci d'un plan d'intervention plus ou moins bien exécuté. La population doit-elle se terrer ou s'enfuir ? On imagine mal en France une évacuation massive, calme et bien menée comme celle qui a

permis l'exode impromptu de 240 000 personnes en un temps record, après l'accident de train de Mississauga-Toronto, au Canada, en novembre 79, lorsqu'une énorme cargaison de propane, de styrène, de toluène et de chlore s'est trouvée couchée sur la voie. Il est vrai que le comportement humain est la chose la plus difficile à programmer. Et l'on craint toujours de lancer d'avance des directives qui, le moment donné, ne correspondent pas à la situation réelle, entraînant la pagaille au lieu d'assurer l'ordre.

Tous ces points faibles sont à l'étude. Haroun Tazieff avait prévu d'analyser d'ici 88 (et si les caprices de la politique lui en laissaient le loisir) les conditions dans les dix sites industriels les plus importants, en dehors des trois qui ont déjà fait l'objet d'un sérieux examen. Il s'agit de Berre, Carling, Donge, Dunkerque, Fos, Lavera, Le Havre, Montoir-de-Bretagne, Pont-de-Chaix-Jarrie, Rouen.

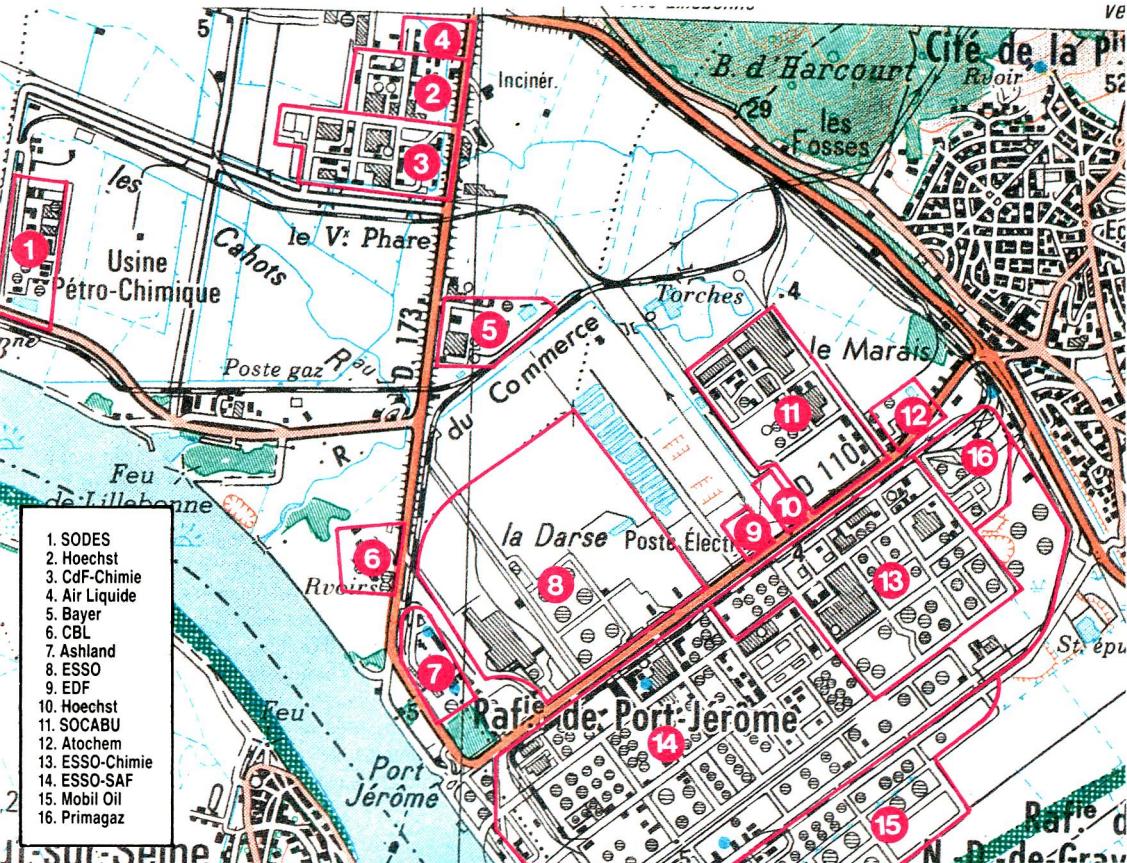
Mais au danger statique des usines s'ajoute le danger mobile des transports. Ceux-ci sont loin de relever, même théoriquement, d'exigences aussi rigoureuses que les installations fixes. Au même titre que l'industrie nucléaire, les transports échappent à la législation sur les "installations classées" et à l'action du ministère de l'Environnement.

Les routes françaises véhiculent de multiples dangers chimiques. Au mois d'août dernier, à Mitry-Mory, en Seine-Maritime, des milliers de personnes ont frôlé le pire sans le savoir. Lorsque le camion-citerne de la Société européenne de propulsion (SEP) arrive chez Gerep-Tredi, une usine spécialisée dans le traitement des déchets industriels, on s'apprête à décharger comme à l'habitude. Mais au moment du transvasement se déclenche un incendie accompagné de déflagrations qui fera deux morts et un blessé. Le camion transporte 25 000 litres de diméthylhydrazine mélangés à de l'hydrazine, le tout formant un cocktail toxique et explosif : le supercarburant de la fusée Ariane, tout simplement. Comment la SEP a-t-elle pu vouloir l'éliminer comme un vulgaire déchet ? Comment Tredi a-t-elle accepté de prendre ce lot en charge ? L'acceptation reposait sur l'analyse extrêmement sommaire d'un échantillon envoyé deux ans plus tôt. S'agissait-il du même produit ? Le camion était arrivé en surprise ; cela a bien un peu inquiété les gens de Tredi, qui ont téléphoné à la SEP, où on les a rassurés. Pensez, un diagnostic à distance, ça engage à quoi ! Ce camion explosif avait côtoyé des milliers de véhicules en chemin, il avait traversé des centaines d'agglomérations, entre Toulouse, où le carburant est fabriqué, Vernon, en Normandie, où il est essayé, et Mitry-Mory, son terminus fatal. Il aurait pu éclater n'importe où au cours de ce long trajet.

Ces bombes roulantes, nous en croisons tous les jours. Pas seulement le camion fantôme qui a

charrié les 41 fûts de Seveso avec leur charge de dioxine. Sur les 80 000 poids lourds qui circulent en France, 45 000 contiennent des produits dangereux. Dans un climat de concurrence exacerbée, les transporteurs font couramment dépasser par leurs

chauffeurs les temps de conduite autorisés et sont prêts à charger n'importe quoi. Ainsi il arrive que des camions frigorifiques, qui transportent habituellement des yaourts et des petits suisses, et dont le retour est payé par le client, chargent des produits



## EN SEINE-MARITIME, DE PETITS PRÉCÉDENTS POURRAIENT ANNONCER DE GROS INCIDENTS

L'activité de la zone industrielle de Port-Jérôme, en Seine-Maritime, est centrée sur l'exploitation de produits pétroliers. Quatorze entreprises y sont regroupées, dont deux importantes raffineries, et neuf d'entre elles sont soumises à la "directive Seveso", c'est-à-dire au régime maximum en matière de législation de la sécurité.

Risques principaux : l'incendie et surtout l'explosion, dans cette zone qui entrepose des milliers de tonnes de gaz liquéfiés. Or, les habitations les plus proches, celles de Notre-Dame-de-Gravéchon, sont à 200 m seulement. Celles de Quillebœuf-sur-Seine, à

600 m. Un incendie de grande ampleur ne saurait vraisemblablement être maîtrisé, les ressources locales en eau n'y suffisant pas. Il faudrait d'ailleurs attendre quarante minutes les renforts envoyés du Havre, une heure et demie ceux de Rouen, deux heures ceux de Dieppe.

Plus de mille poids lourds empruntent chaque jour cinq voies départementales, traversant les agglomérations de Notre-Dame-de-Gravéchon, Lillebonne, La Frenaye et Villequier. En dix ans, il y a eu onze accidents à Notre-Dame-de-Gravéchon : camions-citernes de propane, de ben-

zène, d'essence, de fuel, d'acide sulfo-nique, d'huile, de sulfan, de soude caustique, renversés sur la chaussée.

Le transport par chemin de fer pose aussi de graves problèmes : 600 000 t de matières dangereuses transitent chaque année par la gare de triage de Notre-Dame-de-Gravéchon. Il n'est pas rare qu'y stationnent une centaine de wagons contenant ou ayant récemment contenu des produits à risque. La gare est totalement désarmée contre les actes de malveillance. Bien qu'on vienne d'y installer de nouvelles bornes d'incendie, on ne serait pas en mesure de juguler la catastrophe en cas de feu.

chimiques pour ne pas revenir à vide. C'est ce qui s'est passé à l'usine ICI (Imperial Chemical Industry) de Fos où des catalyseurs ont été livrés, au moins à deux reprises, par un camion Chambourcy et un autre de La Roche aux Fées. C'est aussi un camion de La Roche aux Fées qui a livré des peroxydes chez Shell-Chimie à Berre-l'Etang. Les routiers, bien souvent, ignorent ce qu'ils emportent. Quant à l'état des véhicules, il n'est pas rare de rencontrer des citernes de vingt ans d'âge, autorisées à circuler sans la moindre inspection du Service des mines. Si, tout à fait exceptionnellement, une visite est requise, l'entreprise de roulage équipe pour l'occasion son camion de pneus neufs, qui seront retirés après l'examen.

Dans ces conditions, comment s'étonner d'un accident comme celui du tunnel de Fourvière, qui a mis toute une partie de la ville de Lyon en péril ? En septembre 84, un poids lourd chargé de 22 t de cyanure de sodium s'engage dans un goulot souterrain où la circulation est extrêmement dense. Le produit transporté est un sel hautement toxique qui, en présence d'eau, forme de l'acide cyanhydrique, utilisé par la justice de certains Etats des USA pour infliger la mort. Quelques milligrammes suffisent.

Au moment où le camion quitte le tunnel, ses rideaux lâchent et une quarantaine de fûts sont jetés sur la chaussée et éclatent. Un orage menace. Les pompiers réussissent à ramasser la poudre mortelle dix minutes avant que la pluie tombe. Le chauffeur n'avait pas le droit d'emprunter le tunnel ; pour le faire impunément, il avait retiré de sur son camion les plaques indiquant qu'il transportait des matières dangereuses.

D'extraordinaires mélanges toxiques, inflammables ou explosifs se répandent chaque année sur

la voie publique. A quelques heures d'intervalle, le 10 avril dernier, trois accidents de la route ont failli renouveler chez nous le macabre fait divers de Los Alfaques, en Espagne, lorsqu'un camion de propane a explosé près d'un camping, tuant 216 personnes. Un transport de fuel lourd explose à Belval, dans les Vosges, détruisant une quinzaine de maisons. Un chargement de propane liquéfié se répand à Saint-Priest, dans le Rhône, nécessitant l'évacuation en catastrophe d'un supermarché et la fermeture de l'aéroport Lyon-Bron. Un camion plein de sulfure de carbone se renverse à Leucate, près de Narbonne, où par miracle la citerne résiste au choc. L'accident de Saint-Priest aurait pu atteindre les dimensions d'un désastre gigantesque, selon un responsable des pompiers : la température en cas d'explosion serait instantanément montée à 1 000 °C dans un rayon de 500 mètres.

A 5 km de Moulins, dans l'Allier, en juin 85, un camion chargé d'engrais chimiques concentrés heurte le car qui emmène des élèves à un pique-nique de fin d'année. Dix-huit enfants sont brûlés par les matières toxiques.

Moins fréquents que les accidents de la route, ceux du rail ne laissent pas non plus d'inquiéter. Les produits dangereux sont transportés parfois dans de vieux wagons aux planchers usés, hérisseés de vis qui finissent par percer le fond des fûts. Les installations d'intervention au sol peuvent être d'une insuffisance criminelle, ou même franchement inexistantes. Les gares d'Oullins, de Givors Canal, de Montluel, de la Guillotière, de Saint-Priest, qui desservent le "couloir de la chimie" et ont vu transiter en 84 près de 420 000 t de produits toxiques et inflammables, ne disposent d'aucun moyen de lutte contre l'incendie. La gare de Saint-Fons, où

## LA DURE LEÇON DE FEYZIN

La raffinerie géante de Feyzin, au sud de Lyon, appartient à cet énorme complexe industriel nommé "couloir de la chimie" et qui longe l'autoroute A7.

Le 4 juin 1966, on y effectue une purge, aux fins d'analyse, d'un réservoir de 700 m<sup>3</sup> de propane liquide. Depuis des années, le personnel signale des anomalies dans le dispositif de vidange, mais les choses sont restées pratiquement en l'état :

- Les deux vannes de purge sont beaucoup trop rapprochées, ce qui provoque leur givrage quasi simultané lorsque le propane passe de la phase liquide à la phase gazeuse, transition qui s'opère à -43 °C.

- Ces vannes sont commandées par une clef mobile et non par un volant ; si l'opérateur la laisse tomber en cours de

maneuvre il y a risque de fuite.

- Le diamètre des vannes, de quelque 3 cm, est trop important pour permettre la maîtrise correcte du débit.
- Les vannes sont installées dans un huis aux pieds de l'opérateur, et celui-ci est fréquemment éclaboussé, parfois brûlé au visage et aux mains par les projections liquides.
- L'accès aux vannes est compliqué par un inextricable fouillis de canalisations.

Deux graves incidents, en 64 et 65, auraient dû donner l'alerte : des employés sont brûlés par des fuites de gaz, finalement résorbées.

Ce jour de 1966, on a moins de chance. Le gaz se répand, notamment en direction de l'autoroute. Une demi-heure après le début de la purge, une

voiture qui passe met le feu à la nappe de propane qui à son tour enflamme les réservoirs voisins. Pas un des dispositifs de sécurité et d'extinction automatique ne s'avère efficace. Les équipes d'intervention et les brigades de pompiers n'ont aucune stratégie précise ni de moyens techniques à la mesure d'un pareil sinistre. Les explosions se succèdent, incontrôlées.

Bilan : dix-huit morts (l'automobiliste, des pompiers, des sauveteurs) et quatre-vingt-quatre blessés. Les dégâts matériels, dans un rayon de 16 km, dépassent toute évaluation. Un accident industriel avec ses composantes typiques : imprévoyance, négligence, mépris des signes avertisseurs de danger. Et refus de dépenser pour la sécurité.

## LES ZONES LES PLUS MENACÉES PAR LES TRANSPORTS DANGEREUX

750 000 tonnes de gaz de pétrole liquéfié, 300 000 tonnes d'ammoniac et 50 000 tonnes de chlore, transiting chaque année dans le couloir de la chimie, au sud de Lyon. Cette carte, inspirée d'une étude du Centre d'étude sur l'évaluation de la protection dans le domaine nucléaire, permet d'associer les probabilités d'accidents dus au transport de ces produits et leurs conséquences.

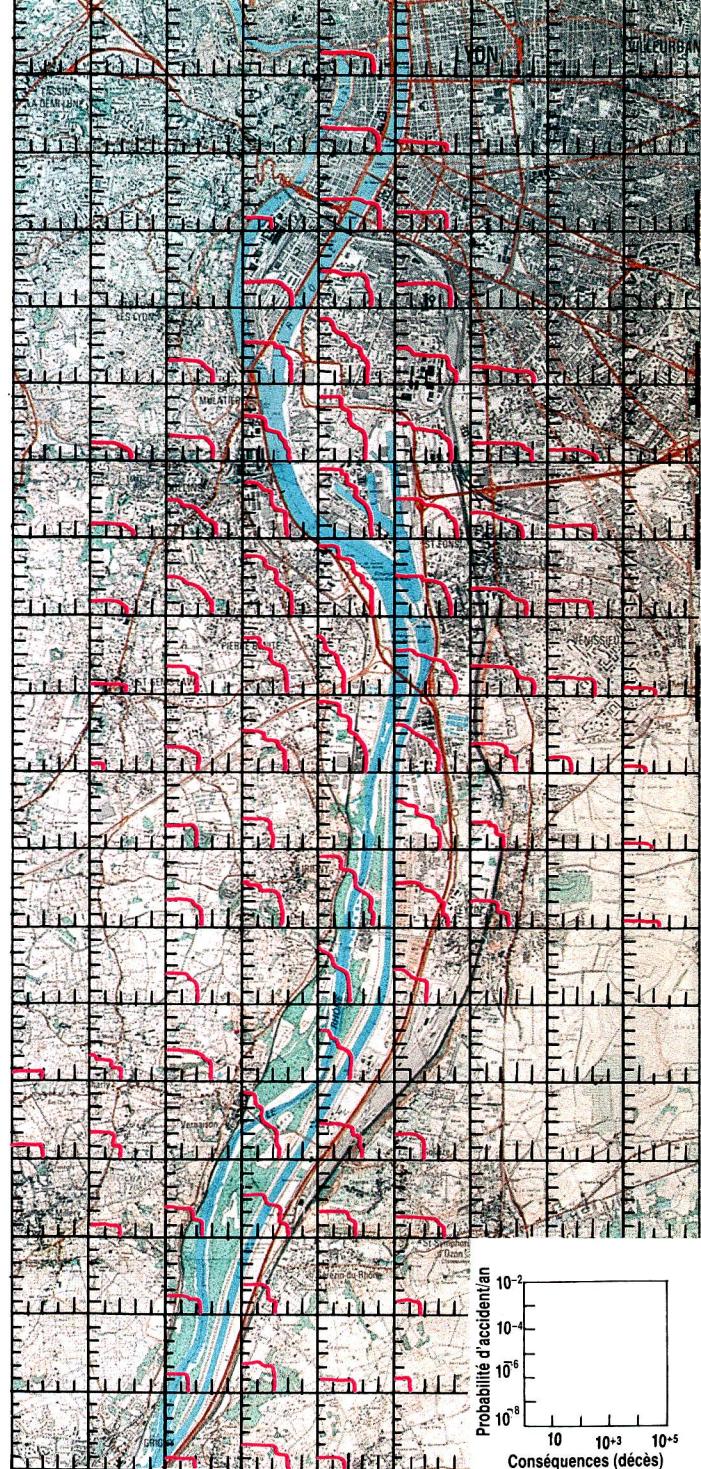
défile le même trafic, possède pour tout équipement deux prises d'eau.

A Vaires, en Seine-et-Marne, on est passé près de la grosse explosion en octobre 84. Quatre des vingt-trois wagons-citernes d'un convoi sont sortis des rails et l'un d'eux, contenant 78 000 litres de supercarburant, s'est renversé sur le ballast, perdant une partie de son chargement, à 300 m des quais de voyageurs. Une simple étincelle, et tout sautait. Un mois plus tard, un train déraillait à Marseille, projetant ses wagons sur un grand boulevard en contrebas de la voie ; 50 000 litres de soude caustique se déversent dans les égouts et finissent dans les eaux du port, obligeant plusieurs navires à lever l'ancre devant cette marée chimique.

Les différents plans ORSEC, dans leur mise en œuvre actuelle, nous laisseraient en réalité assez désarmés devant une catastrophe industrielle à grande échelle. Ce ne sont pas non plus les exercices pratiqués dans le cadre de ce programme qui vont roder les réflexes des populations aux menaces qui les guettent. Il faut admettre que le public lui-même ne se laisse pas facilement sensibiliser. Organisée par le cabinet du préfet de la Moselle le 21 septembre 1985, la simulation d'une importante fuite d'ammoniac à la centrale chimique de Carling a tourné à la franche rigolade. L'exercice avait pour objet de tester à chaud les réactions des habitants, théoriquement informés du comportement à adopter en cas d'alerte. Bien entendu, le caractère "fictif" de l'accident ne devait pas être connu de l'opinion, la surprise devait être totale.

Trois cents observateurs furent déployés dans les rues pour noter les réactions et conjurer la panique de la foule. Mais on s'était trompé de scénario. Tout le monde, par le "téléphone arabe", était au courant. Au lieu de se murer chez eux, comme le voulaient les consignes, plus de la moitié des habitants, 2 800 sur 4 500, poussés par la curiosité, se sont précipités dehors au premier son de sirène. « Pour une fois qu'il y a de l'animation, a déclaré une dame, je ne vais tout de même pas fermer ma fenêtre. » La fermeture des fenêtres, bien entendu, étant une des premières actions recommandées par les autorités.

Les observateurs, chargés de comptabiliser les victimes de cette catastrophe-fiction, ont eu fort à faire. Tout citoyen se trouvant dehors dans le premier quart d'heure suivant l'alerte, devait être



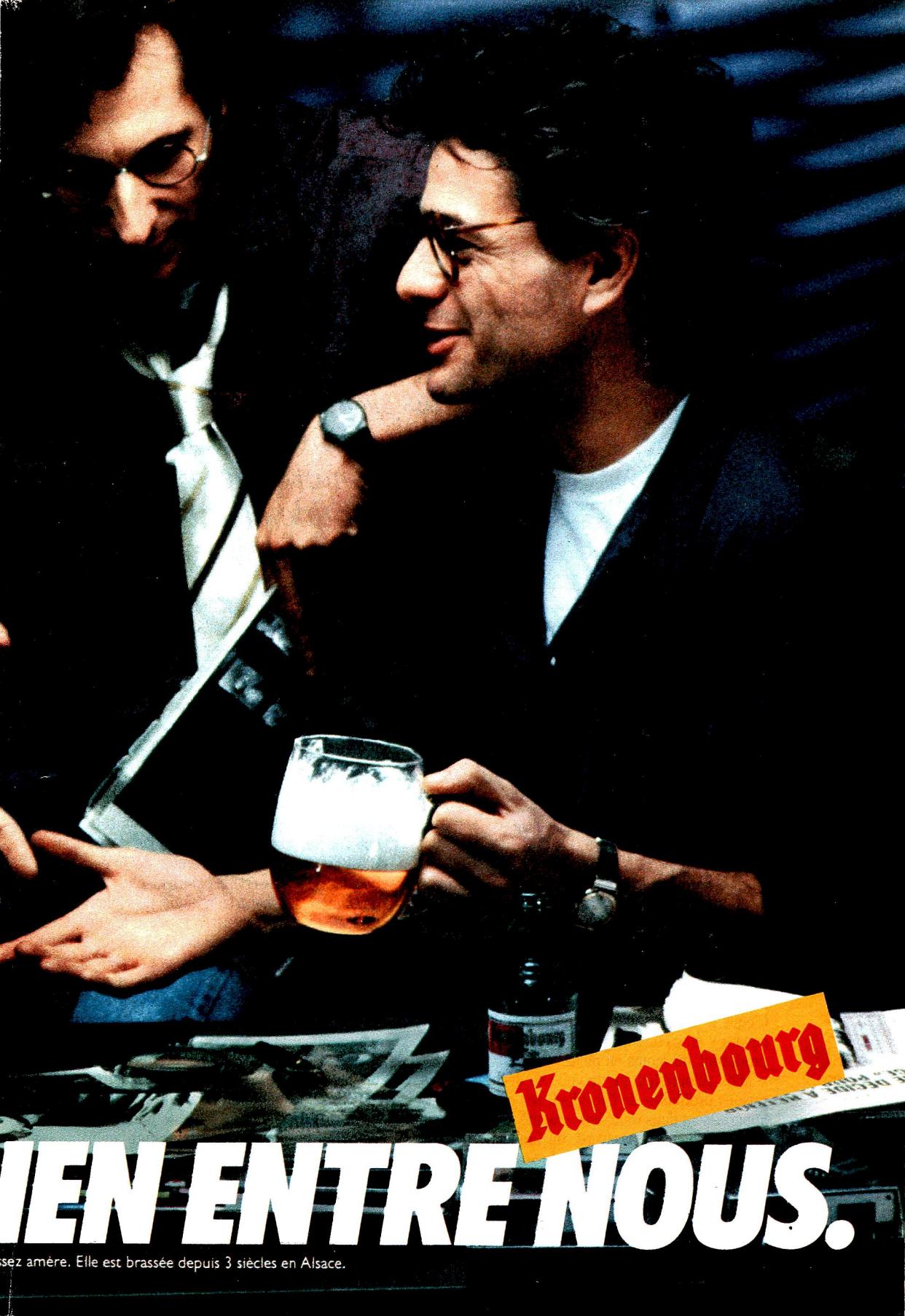
considéré comme "mort". On en dénombra plus de 2 000, chiffre que la préfecture, un peu gênée par la tournure des événements, ramena pudiquement à 300. Mais le dénouement burlesque de cette affaire ne doit pas faire oublier qu'ailleurs, à Bhopal par exemple, de telles situations ont fini tragiquement.

Jaqueline Denis-Lempereur



# TOUT MOUSSE B

Kronenbourg a du caractère; c'est une bière fine, je



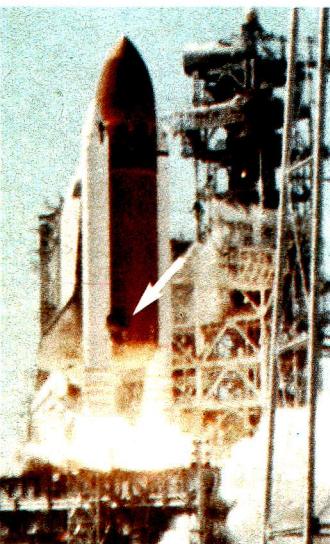
Kronenbourg

BIEN ENTRE NOUS.

Une bière amère. Elle est brassée depuis 3 siècles en Alsace.

# L'AMÉRIQUE SPATIALE, PARALYSÉE

*La navette américaine est-elle condamnée ? C'est la question à laquelle conduit irrésistiblement l'analyse du dossier de la catastrophe de Challenger. Dossier accablant, qui met en cause les structures et les hommes de la NASA, le savoir-faire de certains au moins des industriels et finalement l'avenir du programme spatial américain.*



Au décollage, une bouffée de fumée noire (flèche) s'échappe du flanc du booster droit, au niveau du joint inférieur.

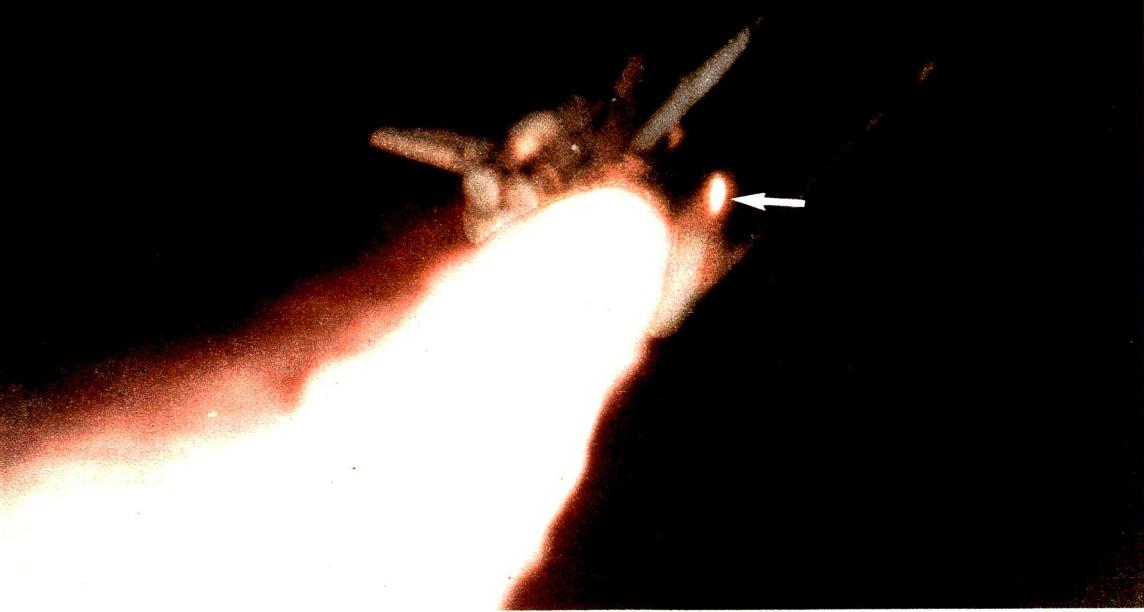
**S**ur le moment, l'onde de choc provoquée par l'accident était surtout due à la vision en direct de sept astronautes réduits en une fraction de seconde à l'état de fumée et de poussière. Sept astronautes dont une jeune enseignante sur laquelle les Américains avaient fantasmé pendant des mois. C'était le 55<sup>e</sup> vol habité américain (le 25<sup>e</sup> de la navette) et c'était la première fois que cela se produisait, du moins en plein vol.

Mais aujourd'hui que le voile se déchire sur les raisons profondes de l'accident, ses conséquences apparaissent dans toute leur cruauté. Ce n'était pas une défaillance passagère ou un hasard malheureux, mais l'aboutissement logique, implacable, d'une conjonction de facteurs fondamentaux : programme spatial trop ambitieux, fondé sur une technique mal maîtrisée ; sous-estimation de la concurrence d'Ariane ; et pour finir fuite en avant, accélération irraisonnée, qui aboutit à faire passer les questions de sécurité au second plan.

Voyons d'abord les détails de l'accident. La nuit qui précède le départ, il fait très froid. Un froid tout à fait inhabituel pour la Floride. Au Kennedy Space Center, la navette est en position de départ, à la verticale, fixée sur son réservoir à hydrogène et oxygène liquides, lui-même fixé sur les deux boosters, les deux grosses fusées à poudre qui assurent le décollage.

Il faut se représenter l'énormité de cette masse que l'on va, pour la 25<sup>e</sup> fois, envoyer dans l'espace. C'est l'équivalent d'un immeuble de 15 étages. Les boosters et le réservoir extérieur ont chacun plus de 45 mètres de haut. L'ensemble pèse plus de 2 000 tonnes. Exactement 2 047 t : c'est le plus lourd vaisseau spatial lancé par la NASA depuis le début du programme navette. Nous sommes le 28 janvier. Le monstre est là, sur son pas de lancement (un nouveau "pad", jamais encore utilisé), depuis le 21 décembre. Cinq semaines pendant lesquelles le temps fut le plus souvent détestable, marqué notamment par des pluies torrentielles. A cause du temps, le départ a déjà été ajourné à deux reprises.

Pendant la nuit du 27 au 28, un vent glacé souffle du nord-ouest. Un vent de 8 noeuds, avec des pointes à 16 noeuds. La température ambiante est descendue à -4,4 °C. Au petit matin, une équipe spécialisée vient faire fondre la glace. La température de l'air est remontée, mais elle est tout de même la plus froide jamais enregistrée pour le



14 secondes avant l'explosion, une tache de feu (flèche) illumine le flanc du booster droit. En présentant cette photo 4 jours après l'accident, le directeur de la NASA déclare ne pas savoir l'interpréter.

départ d'une navette : 3,3° selon la NASA, moins de 0° selon d'autres sources. Surtout, l'équipe "glace" relève des températures tout à fait anormales à la surface de la partie inférieure du booster droit : entre -12,7 et -13,8°. La NASA a par la suite contesté la précision de ces mesures et réévalué cette température à -7,2°. Mais ce chiffre est tout aussi anormal. Comment pouvait-il s'expliquer ?

La réponse semble être apportée par des tests réalisés plus d'un an auparavant dans une soufflerie. Le booster était exposé à l'est. Le vent du nord-ouest, avant de l'atteindre, est venu tourner autour du réservoir extérieur. Or celui-ci est très froid. Il venait d'être rempli d'hydrogène et d'oxygène liquides, respectivement à -252,7° et -182,7°. Malgré une bonne couche d'isolant, la surface du réservoir oscille normalement entre -13,3 et -16,6°. Le vent se serait refroidi au contact du réservoir et serait venu former, toute la nuit, des tourbillons glacés au voisinage du tiers inférieur du booster.

Ces boosters sont les plus puissantes fusées à carburant solide jamais fabriquées. Elles sont conçues suivant un modèle déjà ancien, très ancien même, celui du premier étage des missiles stratégiques Minuteman, opérationnels en 1963. Il n'est pas possible, techniquement, de les construire d'un seul

tenant. Elles sont composées de 11 segments de base, eux-mêmes réunis en quatre segments "primaires", qui s'emboîtent deux à deux. Les joints qui scellent ces segments doivent être parfaitement hermétiques. Sinon, des flammes de plus de 3 000° risquent de se frayer un chemin vers l'extérieur.

La "poudre" qui sert de carburant a en réalité la consistance d'une gomme dure. Chaque booster en contient 500 tonnes, réparties entre les quatre segments. La combustion se produit simultanément sur toute la hauteur du booster, à partir d'un canal creux qui en occupe le centre. Mais chaque segment brûle séparément. Le combustible est encastré dans une gangue d'isolant, qui le sépare à la fois du combustible du segment voisin et de la paroi extérieure, qui est en acier. 600 millisecondes après la mise à feu, le moteur fournit déjà sa puissance maximale : 1495 tonnes de poussée. Sous le choc, les parois en acier ont tendance à s'étirer et à gonfler. Des contraintes particulièrement sévères s'exercent à la jonction entre deux segments (*dessin page 90*). Bien que serrées par 177 puissantes chevilles d'acier, les parois des deux segments ont tendance à s'écartier l'une de l'autre.

Les gaz brûlants cherchent naturellement à s'engouffrer dans cette brèche. Ils en sont empêchés par un dispositif complexe, mobile, dont la

défaillance semble être la cause directe de l'explosion de Challenger. Une couche de mastic est insérée entre l'isolant du segment supérieur et l'isolant du segment inférieur, à proximité immédiate de la brèche. Lors de la mise à feu, cette couche de mastic est poussée par les gaz et tend à compresser l'air dans la brèche. Cette pression déplace un mince ruban de caoutchouc circulaire, qui va bloquer la brèche à un endroit précis. Au repos, ce cercle de caoutchouc, qui fait le tour du booster, est logé dans une rainure pratiquée dans l'acier de la paroi. Par mesure de sécurité, un deuxième cercle identique au premier est logé dans une rainure placée juste au-dessous de l'autre ; avec pour mission, au cas où le premier ruban sauterait, de se déjeter et de venir bloquer la brèche un peu plus bas.

Pour la majorité des experts, c'est ce bricolage qui a lâché. Fragile en lui-même, il n'a pas résisté aux basses températures qui ont prévalu dans les heures précédant le décollage. Le mastic et le caoutchouc des rubans sont des matériaux sophistiqués, mais avec le froid, ils ont tendance à perdre de leur élasticité, à durcir, voire à casser. Les trombes d'eau qui sont tombées sur les boosters les semaines précédentes ont peut-être aggravé le problème ; de l'eau a pu s'infiltrer dans les rainures et geler.

Il est désormais possible de reconstituer les événements, qui ont ponctué les 74 secondes de la tragédie.

Moins d'une demi-seconde après la mise à feu, alors que Challenger était encore sur son pas de tir, une bouffée de fumée noire est apparue entre le réservoir extérieur et le joint inférieur du booster droit. Cette fumée noire indique que des matériaux contenus dans le mastic et le caoutchouc sont en train de brûler.

59 secondes plus tard, alors que la navette, après avoir traversé une zone de perturbations, subit sa pression dynamique maximale, une intense flamme blanche s'échappe au niveau du joint inférieur du booster. Cette flamme se dirige vers une zone vitale : l'attache qui fixe la moitié inférieure du booster au réservoir extérieur.

13 secondes plus tard, l'attache saute. Le réservoir a sans doute lui-même été atteint. L'énorme booster bascule alors (à 3 000 km/h) autour de l'attache avant, la seule qui lui reste. En quelques fractions de seconde, la tête vient heurter le réservoir, tandis que sa jupe arrière vient percuter l'aile droite de la navette, qui normalement le surplombe. Au passage, la flamme qui sort de son flanc brûle la paroi de la navette.

L'inévitable se produit : le réservoir est percé, sans doute en deux endroits, l'oxygène et l'hydrogène se mêlent, et c'est l'explosion. Celle-ci débute au niveau de l'attache avant, exactement 73

secondes et 226 millièmes après la mise à feu. La dernière donnée est transmise 308 millièmes de seconde plus tard. Ce qui n'empêche pas le commentateur officiel de la NASA d'annoncer imperturbablement : « 1 minute 15 secondes, vitesse 884 mètres par seconde (3 182 km/h), altitude 16,6 km... ». Mais déjà, sans préavis, les écrans de contrôle sont devenus muets.

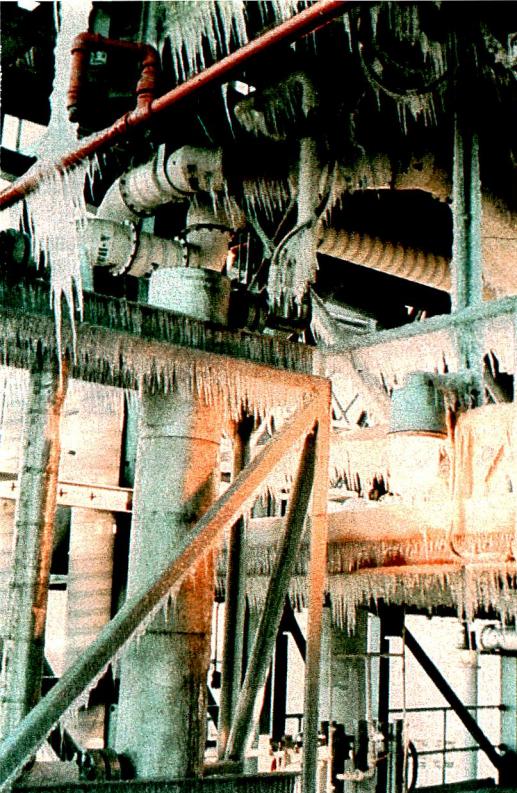
Le décollage des navettes est entièrement dirigé par ordinateur. Le commandant de bord n'a aucun moyen de réagir à quoi que ce soit. Et ce pour une raison simple : une fois les boosters mis à feu, on ne peut plus les arrêter. On ne peut même pas freiner la combustion. L'équipage est lié aux boosters jusqu'à leur complète combustion, exactement comme s'il s'agissait d'un feu d'artifice. Si tout se passe bien, les boosters sont largués au bout de 130 secondes. Ils descendent en parachute et viennent frapper la mer à une vitesse de 150 km/h. Ils restent en surface et émettent des signaux jusqu'à ce qu'on vienne les récupérer.

Cette fois, cependant, les deux boosters ont été détruits. Non par l'explosion du réservoir, mais par l'armée de l'air. Epargnés, les deux boosters avaient continué leur route. L'un d'eux menaçait de s'écraser en Floride. Ils ont été détruits par un dispositif de télécommande, qui, apparemment, a bien fonctionné. Comme les autres débris de Challenger, leurs restes se sont épargnés au fond de la mer.

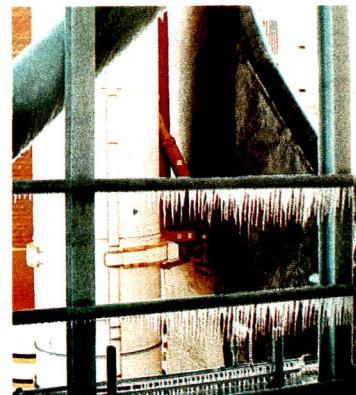
Comment se fait-il qu'aucun signe annonciateur de l'accident ne se soit inscrit sur les écrans de contrôle ? Tout permet de penser que l'équipage ne s'est lui-même aperçu de rien. La réponse est claire : il n'y avait pas de senseurs de température dans les boosters, et les senseurs de pression qui s'y trouvaient n'étaient pas assez perfectionnés pour déclencher un signal d'alerte. De tels senseurs n'auraient d'ailleurs pas permis de modifier le cours des choses. Car il n'existe aucune procédure de sauvetage possible avant le largage des boosters.

Le dragon de 2 000 tonnes fonce à plus de 3 000 km/h, propulsé par des moteurs sur lesquels on ne peut rien. Tout ce qu'on pourrait imaginer serait que la navette largue ses amarres, c'est-à-dire se détache de son réservoir à hydrogène/oxygène. Mais nous sommes en pleine traversée de l'atmosphère, la pression dynamique est maximale : la navette n'a aucune autonomie et l'accident est inévitable.

Malgré tout, l'existence de tels senseurs aurait au moins permis d'identifier la cause de l'accident. Mais on verra que la NASA, pour alléger le vaisseau spatial, avait mis le moins de senseurs possible. En outre, la navette a une faiblesse : elle ne dispose pas d'ordinateurs puissants. Ses quatre IBM sont d'excellentes machines, mais datent de la génération 1970. Chacun d'eux traite moins d'un demi-million



La glace sur la rampe de lancement.  
Inhabituel en Floride.  
Au décollage, la glace a été enlevée. Mais des températures anormalement basses avaient été relevées sur la paroi du booster droit.



pent à la construction et à la maintenance de la navette ont ordre de se taire.

Mais les journalistes américains cherchent, interrogent. Et tant au sein de la NASA que des entreprises concernées, certains acceptent de parler, à condition que leur identité ne soit pas révélée.

C'est par la presse que l'on apprend, dès le premier jour, qu'il y avait un sérieux problème de température. C'est la chaîne de radio NBC qui, dès le 30 au soir, désigne les joints du booster droit. Information aussitôt confirmée et amplifiée par le *New York Times*. Avec réticence, et sans commentaire, la NASA consent à présenter, le 1<sup>er</sup> février au soir, une séquence de photos montrant une vive lumière blanc orangé sur la partie inférieure du booster, 14 secondes avant l'explosion. Mais le patron de la NASA, William R. Graham, n'est pas bien sûr qu'il s'agisse d'une flamme. Il ajoute que les boosters étaient considérés comme « virtuellement infaillibles ».

C'est aussi par le *New York Times* qu'on apprend, le 2 février, qu'il n'existe aucun moyen pour les ordinateurs de bord de détecter une fuite de gaz enflammés dans un booster. Et aussi, qu'il n'existe aucun dispositif de sauvetage pendant les deux premières minutes de vol. Pourtant Graham affirme le contraire : il dit que les astronautes auraient pu séparer la navette de son réservoir (et donc des boosters) et même tenter d'atterrir à Cap Canaveral.

Tout cela commence à faire très mauvaise impression, et le président Reagan annonce sans préavis, le 3 février, la nomination d'une commission d'enquête indépendante de la NASA. Cette commission doit remettre son rapport avant le 1<sup>er</sup> juin. Elle est présidée par William Rogers, ancien secrétaire d'Etat (ministre des Affaires étrangères). Il est âgé de 74 ans, il ignore à peu près tout des affaires spatiales, mais il est réputé pour son bon sens. Et il est bien secondé : deux astronautes, des spécialistes de la technologie et des affaires spatiales, et un physicien célèbre, Richard Feynman,

d'opérations par seconde, soit moins que certains ordinateurs personnels actuels ! Quel que soit le nombre de senseurs, il est donc nécessaire de faire un choix entre les informations pouvant être traitées à bord et celles, beaucoup plus nombreuses, qui sont directement transmises à terre, pour être tranquillement dépouillées après le vol.

Un document interne de la NASA prévoit qu'en cas de catastrophe majeure, les responsables doivent convoquer la presse dans les 20 mn. Le 28 janvier, il faudra pourtant attendre plus de sept heures pour que Jesse Moore, le responsable du programme navette, celui qui avait donné l'ordre du lancement, consente à se présenter. Il nie disposer de la moindre information sur les raisons possibles de la catastrophe, et se contente d'annoncer la constitution d'une commission d'enquête dirigée par lui.

Contrairement aux usages, il a fait saisir les films des quelque 100 caméras fixes installées autour de la base de lancement pour le compte des agences de presse et de diverses sociétés privées. Si bien que les médias et le public ne disposent, pour tout document, que du film passé à la télévision. Lequel ne permet pas de comprendre ce qui s'est passé.

Les jours qui suivent sont marqués par ce que les journalistes américains appellent une tentative de "cover up" (dissimulation). La NASA ne donne aucune information et prétend ne pas en avoir. Ses responsables assurent qu'ils ne comprennent rien à l'accident. Ils manient la langue de bois. Les ingénieurs de la NASA et des compagnies qui partici-

prix Nobel 1965.

La commission Rogers va procéder à des auditions à huis clos et à des enquêtes sur place, mais aussi à une série d'audiences publiques, qui sont retransmises à la télévision et rappellent aux Américains les jours sombres du Watergate. Car les gens de la NASA continuent d'en dire le moins possible. Pendant toutes ces semaines, c'est la presse qui continue de faire sauter les verrous, un à un. Une fois sur deux, le président Rogers est obligé d'ouvrir l'audience en disant, sur un ton de plus en plus agacé : « J'ai lu dans la presse que... ». Et peu à peu le visage rond et lisse de la plus prestigieuse des institutions américaines se ride, se plisse, se fripe, se fendille, et finit par crever.

La commission en arrive à la conclure que non

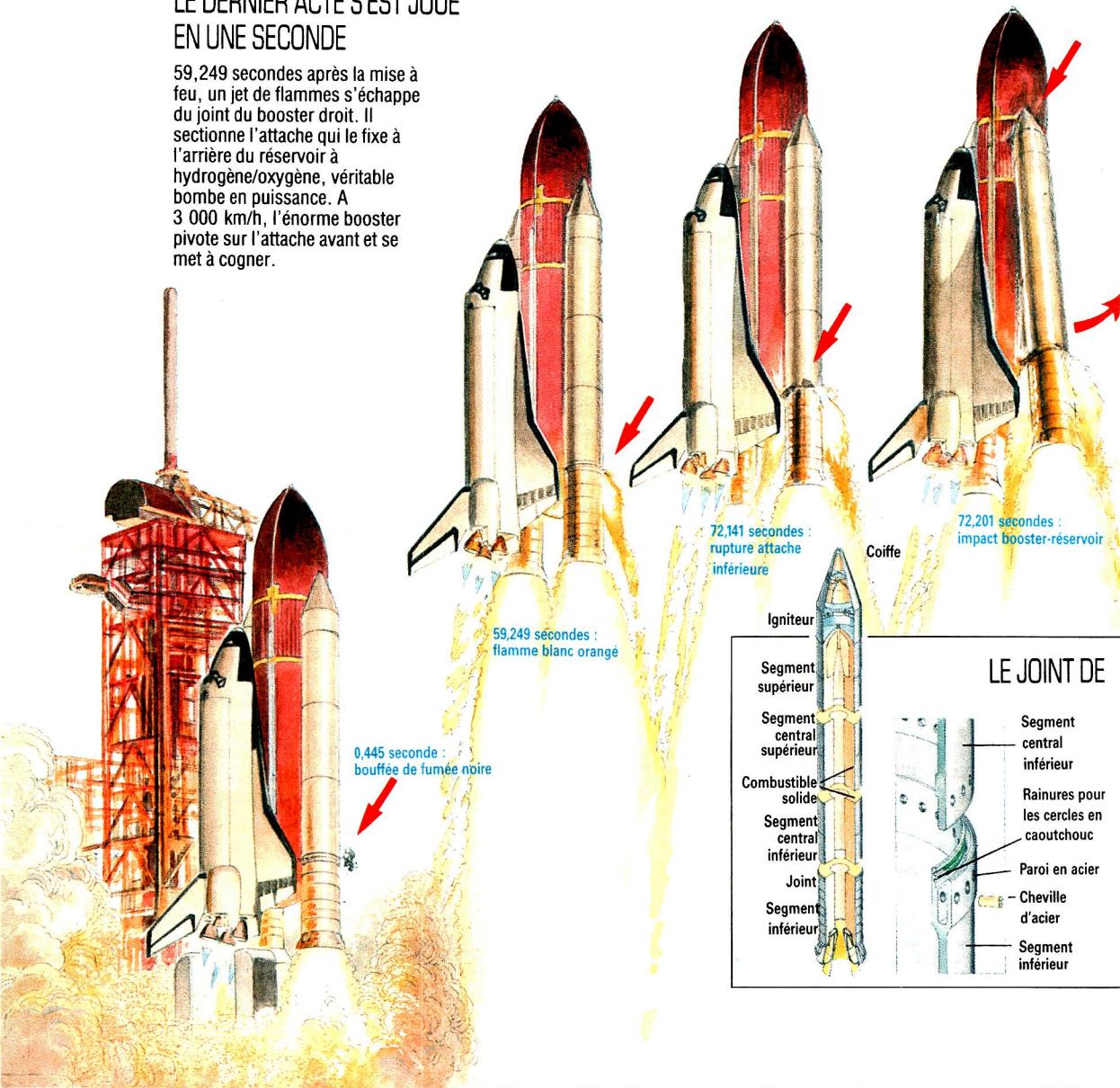
## LE DERNIER ACTE S'EST JOUÉ EN UNE SECONDE

59,249 secondes après la mise à feu, un jet de flammes s'échappe du joint du booster droit. Il sectionne l'attache qui le fixe à l'arrière du réservoir à hydrogène/oxygène, véritable bombe en puissance. A 3 000 km/h, l'énorme booster pivote sur l'attache avant et se met à cogner.

seulement la NASA n'aurait pas dû procéder au lancement de Challenger, mais qu'elle aurait dû arrêter l'ensemble du programme navette six mois plus tôt. Et un nombre croissant d'observateurs commence à se demander si les Etats-Unis ne vont pas devoir modifier de fond en comble leur programme spatial, mettre une croix sur les navettes, inventer autre chose...

Voyons maintenant ce que nous ont appris les indiscretions parues dans la presse et les audiences publiques de la commission Rogers. On peut en résumer l'essentiel en quelques points :

- La NASA savait que les boosters sont le talon d'Achille des navettes.
- Elle savait que la déficience d'un seul joint serait fatale.

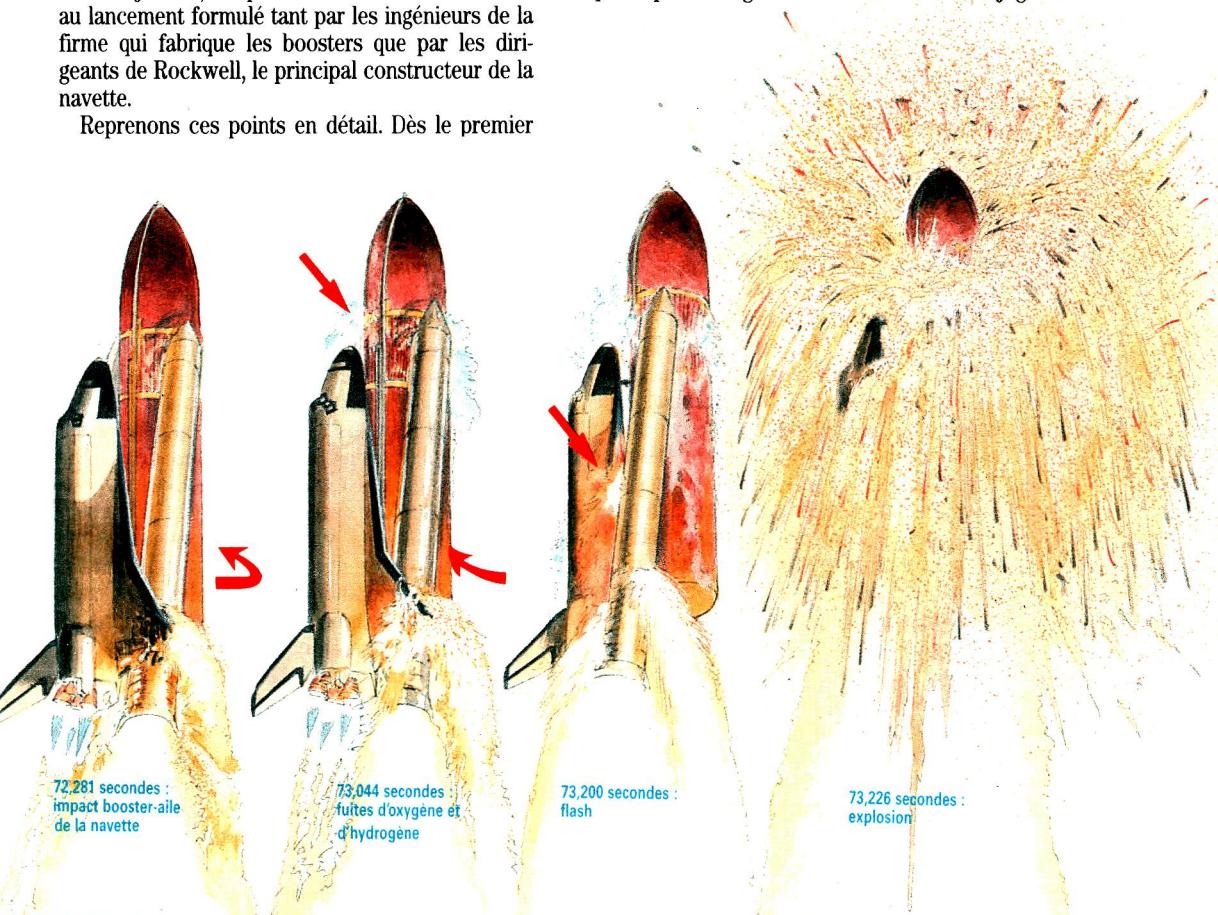


- Elle n'avait pris aucune disposition pour tenter de remédier au problème.
- Au contraire, pour augmenter la charge utile, elle avait allégé les boosters tout en renforçant la puissance de leur moteur, au risque de les fragiliser encore davantage.
- Poussée par la concurrence de plus en plus vive exercée par le lanceur européen Ariane, elle avait accéléré le rythme d'inspection et de contrôle.
- Le 28 janvier, elle passe outre à l'avis défavorable au lancement formulé tant par les ingénieurs de la firme qui fabrique les boosters que par les dirigeants de Rockwell, le principal constructeur de la navette.

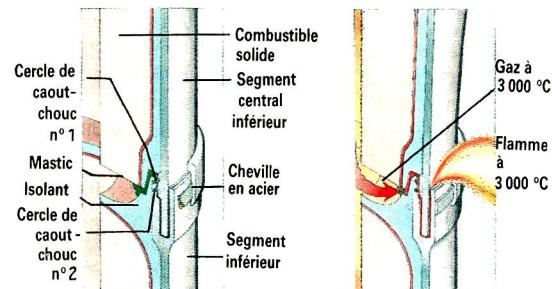
Reprendons ces points en détail. Dès le premier

vol d'essai de la navette, en avril 1981, la NASA s'inquiète des vibrations provoquées par la combustion des boosters. Ces vibrations se font sentir jusqu'à l'intérieur de la cabine, où le commandant de bord déclare : « Tout a un peu la tremble, ici. »

La NASA sollicite l'expertise de Gary Flandro, professeur d'aérotechnologie à l'Institut de technologie de Géorgie. Il conclut que ces vibrations témoignent d'instabilités de combustion provoquées par la segmentation du moteur. Il juge le



## CAOUTCHOUC INCRIMINÉ : DU BRICOLAGE ?



Les deux parois en acier sont serrées par 177 chevilles d'acier. Une couche de mastic sépare les ganguins d'isolant. Lors de la mise à feu, les deux parois ont tendance à s'écarteler. La pression des gaz pousse le mastic, puis déplace un premier cercle de caoutchouc, qui vient normalement sceller l'ouverture. Si le premier cercle ne suffit pas, le second doit maintenir l'étanchéité. Si celui-ci lâche également...

Dessins C. Lacroix

phénomène dangereux : si les oscillations dépassent un certain seuil, des contraintes excessives peuvent s'exercer sur le combustible non encore brûlé, provoquer des fissures et donc entraîner un risque de fuite de gaz enflammés, semblable à celle qui s'est produite lors de la catastrophe de Challenger. Flandro recommande à la NASA de suspendre les vols en attendant que le problème soit résolu. La NASA passe outre, jugeant le problème relativement secondaire. Des senseurs spécialement placés à cet effet sur trois vols ultérieurs confirment pourtant l'analyse de Flandro. Sur l'un des vols, des oscillations trois à quatre fois supérieures à la normale sont enregistrées. Interrogé sur le vol du 28 janvier, Flandro déclare que le froid a pu aggraver le problème.

Un document de la NASA daté du 17 décembre 1982 range d'autre part les joints du booster parmi les éléments les plus "critiques" de l'ensemble navette-réservoir-boosters. Ils sont classés "risque 1", et font désormais partie des nombreux composants dont la défaillance entraîne logiquement la catastrophe. Des tests ont en effet montré que la pression exercée au décollage sur les segments du booster provoque une ouverture (ce que nous avons appelé une "brèche") plus large que prévu. Des cheminées s'ouvrent dans le mastic. Des morceaux de mastic et des jets de gaz brûlant sont projetés en direction des cercles de caoutchouc. Il est spécifié que le désajustement d'un joint au décollage peut entraîner la mise hors-service du second ruban de caoutchouc circulaire, dernier rempart contre une fuite fatale.

En principe, la NASA s'impose une règle dite de "redondance", selon laquelle tout élément essentiel doit être doublé par un autre, qui est inutile en temps normal mais intervient en cas de défaillance. Si un ordinateur de la navette tombe en panne, ses fonctions sont aussitôt reprises par un autre ordinateur. Cette règle ne peut évidemment s'appliquer à tout. Mais dans ce cas, l'absence d'élément "redondant" doit être explicite. En mars 1983, la NASA classe les joints du booster parmi les éléments dispensés de se voir appliquer la règle de redondance.

En décembre 1983, un rapport confidentiel, réalisé à la demande de l'US Air Force, est remis à la NASA. Rédigé sous la direction de R. Weatherwax, ingénieur en aéronautique qui dirige une société spécialisée dans l'évaluation des risques, ce rapport analyse 2 000 lancements de "boosters" (surtout militaires) reposant sur la même technologie que ceux de la navette. Compte tenu de l'évolution de la technique, il conclut que le risque de destruction en vol est actuellement de 1 sur 35. Ce risque est plus de 100 fois supérieur à celui de mourir dans un accident de voiture, qui est de 1 sur 4 000.

Ce rapport conclut notamment que les méthodes

d'évaluation des risques pratiquées par la NASA sont « inadéquates » et « soulèvent des problèmes majeurs ». Le 3 mai 1984, les experts de l'US Air Force jugent ce rapport « crédible et significatif ». 1 sur 35 ! Challenger était le n° 25... ou le n° 50, si l'on se souvient qu'il y a deux boosters par navette ! Ce n'était évidemment pas le point de vue de la NASA. En 1985, l'agence publia sa propre estimation : 1 sur 60 000...

En janvier 1985, pour la première fois, une navette faillit connaître le sort de Challenger. C'était Discovery, pour une mission militaire. Dans la nuit qui précède, la température descend à -3,9 °C. Elle est remontée à 11,6 °C au décollage. Mais les photos montrent qu'une bouffée de fumée noire est sortie de l'un des boosters. Et l'examen des joints après le vol montre que deux d'entre eux ont subi une érosion. Dans un cas, de la suie a été retrouvée entre les deux cercles de caoutchouc. Et le deuxième cercle, celui de la dernière chance, a souffert de la chaleur.

Le 29 avril 1985, c'est au tour de Spacelab, monté sur Challenger, de friser la catastrophe. Cette fois, le premier cercle de caoutchouc ne se déplace pas comme il devrait, laisse passer les gaz qui vont déclencher mais aussi attaquer le deuxième cercle.

Le 11 juillet, Irving Davids, ingénieur de la NASA spécialisé dans les boosters, passe en revue le problème des joints avec les ingénieurs du Marshall Space Center, qui supervisent l'assemblage des boosters. Il dresse une liste de 17 cas d'érosion. Il envoie un memorandum à Jesse Moore, le grand patron du programme navette : « Le consensus est que si le premier cercle ne remplit pas sa mission, le second n'est pas à l'abri d'une défaillance. »

Le 23 juillet, Richard Cook, un contrôleur budgétaire de 39 ans, adresse un rapport alarmant à Michael Mann, le responsable financier du programme navette. Il écrit que la « carbonisation » des joints qui a pu être observée lors de précédents lancements constitue un « problème potentiellement majeur ; affectant à la fois la sécurité des vols et le coût du programme ». Des documents attestent que cette mise en garde est transmise au plus haut niveau.

Quelques jours après Cook, Roger Boisjoly, ingénieur considéré par la NASA comme le meilleur spécialiste des joints, adresse à son tour une note à la hiérarchie. Il écrit que la question de savoir si les joints tiendront se joue désormais « à pile ou face », et qu'en cas de lâchage, « le résultat sera une catastrophe de première grandeur, impliquant la perte de vies humaines ».

La NASA savait donc parfaitement que les boosters étaient le talon d'Achille des navettes, et que la déficience d'un seul joint serait fatale. Pourtant, elle n'avait pris aucune disposition pour remédier au problème. Elle n'avait pas donné suite à la proposi-

tion faite par Morton Thiokol, la firme qui construit les boosters, de mettre à l'étude de nouveaux modèles de joint. Le 19 août 1985, Morton Thiokol avait pourtant présenté aux ingénieurs de la NASA pas moins de 43 solutions de recharge...

La réalité est que la NASA se sentait, à tort ou à raison, le couteau sur la gorge. Elle avait accumulé les retards et sous-estimé la concurrence d'Ariane.

En 1981, quand la première navette est lancée, le programme a trois ans de retard et coûte deux fois plus cher que prévu. La navette ne répond pas, d'autre part, à une spécification que le Département de la défense avait dès l'origine mise comme condition à sa participation financière : pouvoir transporter une charge utile de 27,2 tonnes.

En 1981, la NASA avait d'autre part prévu que le programme serait devenu pleinement opérationnel, routinier même, en 1985, année pour laquelle elle envisageait 24 vols, soit un toutes les deux semaines. Au lieu de cela, 9 navettes seulement ont volé en 1985 (contre 4 en 1983). Il était prévu 15 vols en 1986.

Ces retards sont dus à des problèmes techniques. Le programme est émaillé d'incidents importants. Rappelons les quatre mieux connus. Le 18 décembre 1982, une fuite d'hydrogène est détectée par hasard avant un vol de Challenger. L'enquête montre que cette fuite aurait provoqué l'explosion de la navette dans les deux premières minutes suivant le décollage. En octobre 1983, on découvre après un lancement de Challenger que la tuyère d'un booster (le conduit d'échappement des gaz) a été presque entièrement transpercée. Il s'en était fallu d'un demi-centimètre qu'un jet de flamme ne s'échappe, provoquant soit l'explosion, soit un accident spectaculaire : l'ensemble navette-réservoir-boosters se serait mis à tourner sur lui-même à toute vitesse, dans une direction incontrôlée. Le 26 juin 1984, le compte à rebours est arrêté quatre secondes avant le décollage, en raison d'une panne de la valve principale du moteur n° 1 de la navette. Un feu se déclare à l'arrière, menaçant de faire tout sauter. Pendant 40 minutes, les astronautes, prisonniers dans la cabine, restent les cheveux dressés sur la tête à attendre que la pression des moteurs diminue. Le 29 juillet 1985, enfin, peu après le décollage la défaillance d'une turbopompe provoque l'arrêt d'un moteur de la navette, contrignant celle-ci à s'installer sur une orbite plus basse que prévu. Si la défaillance s'était produite un peu plus tôt, la navette aurait été contrainte d'amerrir en catastrophe dans les eaux grecques.

Pendant ce temps, Ariane marquait des points. Après un premier vol en juin 1981, elle aura totalisé 13 lancements réussis sur 16 en février 1986. Sa capacité reste très inférieure à celle de la navette, mais elle s'accroît, et le rythme des lancements aussi. A charge utile égale, Ariane est en outre

beaucoup moins chère. Et elle ne risque pas de vies humaines.

Aux Etats-Unis, le ministère de la Défense commence à sentir que le vent tourne. Il finance la moitié du programme de la navette et en est le principal client. Il émet des doutes sur la rentabilité du programme et s'inquiète d'avoir mis tous ses œufs dans le même panier : si le programme navette s'arrête, il n'a pas de solution de recharge pour mettre en orbite les satellites militaires et procéder aux tests rendus nécessaires par le programme IDS (initiative de défense stratégique), connu sous le nom de "guerre des étoiles". Alors, tout en investissant 3 milliards de dollars pour construire sa propre base de lancement pour na-



L'explosion a paradoxalement épargné les boosters, qui sont partis chacun de son côté avant d'être détruits par l'armée.

vettes, à Vandenberg, en Californie, le Pentagone obtient du Congrès, en 1983, malgré l'opposition de la NASA, l'autorisation de construire une dizaine de fusées non récupérables capables de lancer des charges identiques à celles emportées par la navette. Ces lanceurs seront opérationnels à la fin de 1988.

Dans ce contexte, de nombreux indices montrent que l'atmosphère de la NASA avait commencé à changer. « Voilà dix ans que l'agence court avec des chiens sur les talons », déclare George Robinson, un juriste qui la connaît bien. « Le résultat est une attitude qui consiste à dire : "nous volerons, quoi qu'il arrive" ». Et peu à peu, le vieil impératif "sécurité d'abord" passe au second plan. Juste avant l'explosion de Challenger, le comité interne de la NASA sur les questions de sécurité avait rédigé un rapport recommandant à l'agence de modérer ses ambitions. Le passage prévu à 18 vols par an en 1987 est jugé "très optimiste". Un objectif

## LES USA REVIENNENT AUX LANCEURS INHABITÉS

Les Américains se mordent les doigts d'avoir mis, comme ils le disent eux-mêmes, « tous leurs œufs dans le même panier ». Même si le programme navette n'est arrêté que pendant dix-huit mois, hypothèse optimiste, les conséquences sont énormes.

Non que les Etats-Unis se retrouvent complètement démunis. Mais les lanceurs dont ils disposent sont entièrement réservés à l'armée. En outre, leurs capacités sont modestes et leur plan de charge est complet : ils ne peuvent guère servir de solution de rechange.

Si le programme navette reprend à l'été 1987, il recommencera prudemment, donc lentement et, au moins dans un premier temps, avec trois navettes sur quatre. Il accusera au total un retard d'une trentaine de missions. Ce retard se répercute d'année en année. Comme les vols militaires bénéficieront d'une priorité absolue, les deux premières années leur seront presque exclusivement consacrées. Or les seconds sur la liste de priorité sont les vols commerciaux : c'est dire que la quasi-totalité des vols scientifiques se trouve *de facto* reportée aux calendes grecques.

C'est le cas des missions Ulysse (vers les pôles solaires) et Galilée (vers Jupiter), prévues pour cette année. C'est le cas, plus grave, du fameux télescope spatial, qui devait aussi être lancé en 1986.

Même si tout va bien et si une nouvelle navette est construite pour remplacer Challenger, le retard devrait continuer à se faire sentir pendant plusieurs années. Il devrait notamment affecter la construction de la station spatiale, prévue pour le milieu des années 1990. Son assemblage exige en effet pas moins de 12 à 18 vols de navette, et son entretien implique, par la suite, 9

vols annuels. La station spatiale était conçue pour le jour où la navette serait devenue un autobus de l'espace. On est loin du compte.

Mais si des incidents se produisent ? Si une navette est endommagée ? Si l'unique Boeing 747 qui sert au transport des navettes entre les deux côtes américaines a un accident ? Surtout, il n'est pas certain qu'une nouvelle navette soit construite. Son prix est évalué à 3 milliards de dollars, soit près de la moitié du budget actuel de la NASA. Or les Etats-Unis traversent une crise budgétaire grave, et le Congrès répugne à payer la note. Si une nouvelle navette n'est pas construite, les Etats-Unis devront faire une croix sur le projet de station spatiale, lui-même évalué à 12 milliards de dollars. Par contre-coup, le projet de navette européenne Hermès, conçu en fonction de la station spatiale, perdrait une partie de sa raison d'être.

Or, les Américains ne peuvent pas se permettre d'accumuler les retards. Ils ont besoin d'entretenir et de perfectionner leurs réseaux de télécommunications civils et plus encore militaires. Ils veulent pouvoir réaliser rapidement des expériences destinées à la "guerre des étoiles". Il n'est pas question, pour Washington, d'attendre que la NASA panse ses plaies et que les astronautes acceptent de remonter dans les navettes. Aussi la décision est-elle déjà prise de relancer la construction de lanceurs inhabités. Dans la meilleure hypothèse, le programme spatial américain sera désormais un programme mixte, partagé entre navettes et lanceurs inhabités non récupérables.

Quels seront ces lanceurs ? Sans doute, pour commencer, trois fusées d'une même famille : des lanceurs Titan, conçus à l'origine pour porter des charges nucléaires, mais qui peuvent aussi servir à placer des objets en

orbite. Ironie de l'histoire, ils sont fabriqués par la firme Martin Marietta, qui fabrique le réservoir extérieur de la navette. En bas de gamme, les Titan 2 sont déjà en train d'être reconvertis. Ils pourront placer une charge d'un peu moins de 2 tonnes en orbite basse.

En milieu de gamme, les Titan 34D. Ils peuvent placer 12,5 tonnes en orbite basse. L'armée de l'air en possède actuellement 7 : ils font partie de ces lanceurs réservés dont l'utilisation était déjà programmée avant la catastrophe de Challenger. Mais on pourrait reprendre la production.

En haut de gamme, les Titan 34D7. Inquiète d'une défaillance possible de la navette, l'US Air Force avait obtenu l'autorisation d'en commander 10 en 1983. Les premiers seront livrés en octobre 1988. Ils ont des capacités identiques à celles de la navette (qui peut placer plus de 20 tonnes en orbite basse). Eux aussi pourraient être produits en série.

Ces lanceurs militaires devraient également servir à la mise en orbite de quelques satellites civils américains. Mais il est probable qu'une partie de ces derniers se reportera sur le lanceur Ariane. La fusée européenne est encore loin des capacités de la navette, mais elle peut s'y substituer pour divers types de satellite. Au total, la société Arianespace a proposé aux clients de la navette huit "places" réparties sur 1987 et 1988.

Des sociétés privées, comme General Dynamics et Transpace Carriers, pourraient d'autre part s'engager dans la production de lanceurs destinés aux satellites civils de télécommunications. On verrait alors un marché des lanceurs se créer aux côtés de la NASA et de l'armée. Il se pourrait enfin qu'un nouveau type de lanceur inhabituel sorte des cartons.

de 12 à 15 vols est jugé plus raisonnable, encore que "difficile à atteindre". L'un des membres du comité va plus loin, rappelant que le lancement d'une navette ne doit pas être considéré comme le départ d'un avion de ligne. « Devenir l'esclave d'un nombre déterminé de vols par an serait très dangereux », dit-il. En témoignant devant la commission Rogers, Richard Cook, l'analyste budgétaire qui avait mis en garde les responsables financiers de la NASA contre les risques présentés par la "carbonisation" des joints, fait état d'une "éthique du ça ira", qu'il décrit comme une véritable "culture" propre à la NASA : l'idée "qu'on peut toujours résoudre tous les

problèmes et foncer tranquillement vers l'objectif maximal".

Sur le plan technique, le fait que l'accident majeur ait été frôlé à plusieurs reprises, notamment à cause des boosters, n'empêche pas la NASA de jouer avec le feu : afin d'augmenter la charge utile, elle augmente la capacité des moteurs et, comme pour lâcher du lest dans une course en ballon, allège les matériaux et élimine des équipements jugés superflus.

En 1983, la poussée de chaque booster est augmentée de 90 600 kg, ce qui fait passer leur capacité maximale à 1 495 tonnes. L'une des opérations qui

permet cette augmentation de puissance consiste à modifier la composition du carburant à la base des deux segments centraux. De ce fait, au lieu de brûler seulement latéralement, comme auparavant, ces deux segments brûlent à la fois latéralement et verticalement. C'est l'un des points analysés dans l'enquête sur Challenger : ce double mode de combustion a modifié les pressions qui s'exercent sur les deux segments, et il est possible que ceux-ci aient subi des vibrations anormalement fortes.

Parallèlement, les boosters ont été allégés. La paroi en acier des deux segments centraux et du segment inférieur a été amincie, ce qui a permis de gagner près de deux tonnes par booster. La paroi du réservoir extérieur a aussi été sensiblement amincie, permettant d'économiser cinq autres tonnes. Même la peinture blanche du réservoir a fini par être enlevée : 272 kg ! Mais ce n'est pas tout. La NASA s'en est pris aux équipements, et notamment aux senseurs. De vol en vol, le nombre des senseurs (qui transmettent des informations aux ordinateurs) a été divisé par deux, tant dans la navette que dans les boosters. D'après la compagnie d'assurances Lloyd's, de Londres, près de 5 tonnes de senseurs et d'instruments divers ont été enlevées. Au total, Challenger pesait, charge utile non comprise, environ 20 tonnes de moins que lors de son premier vol. Et ce n'était pas terminé ! La NASA s'apprêtait à remplacer les parois en acier des boosters par des parois en matériau composite.

Cette course à l'allégement ne faisait pas l'unanimité. Les assureurs n'étaient pas les seuls à s'inquiéter. En 1983, dans un rapport au Congrès, le propre comité de sécurité de la NASA écrit noir sur blanc que les efforts réalisés pour accroître la charge utile entraîneront « une réduction probable des marges de sécurité ». Dans ce même texte, le comité écrivait que les contraintes de temps exercent « peut-être une influence sur la qualité des tests de vérification ». Le fait est que le temps consacré à la préparation de chaque vol est passé de 100 à moins de 50 jours. Un "record" de 27 jours est atteint. Et, peut-être à cause de cette accélération, des incidents se produisent dans les halls d'assemblage. Le 8 mars 1985, une grosse benne est tombée sur la porte de la soute de Discovery. Résultat : un blessé, 200 000 dollars de dégâts et deux semaines de retard. La NASA établit que la société Lockheed, à qui est confié par contrat l'ensemble des opérations de maintenance du programme navette, avait enfreint les consignes de sécurité. En mai, les trois principaux responsables de Lockheed au Kennedy Space Center sont remplacés.

Le 8 novembre 1985, lors de l'assemblage du booster gauche de Challenger, toujours à Kennedy, le segment avant est malmené par une grue et

rendu inutilisable. Le rapport de la NASA conclut que les techniciens impliqués dans l'opération étaient inexpérimentés, peu motivés et utilisaient un matériel défectueux. Daté du 13 décembre, ce rapport de 176 pages est intitulé : « L'équipe manquait de discipline. » On y trouve ces phrases : « L'attitude générale des employés est du style : "Je faisais autre chose quand c'est arrivé" ; "Je ne m'occupe que de ce dont je suis responsable" ; "Ce n'est pas mon boulot" ».

Enfin le 25 janvier 1986, soit entre deux reports de vol de Challenger, le réservoir extérieur de la navette est heurté par le bras d'un appareil de levage, qui entaille superficiellement la paroi. Le dommage fut jugé négligeable. Mais cela faisait tout de même beaucoup d'incidents en un an.

Lors de ce dernier incident, la pression était à son comble. Le 18, la navette Columbia venait de se poser en Californie (et non comme prévu en Floride) après avoir tourné trois jours en vain autour de la Terre sans pouvoir se poser, en raison des conditions météo. Ce contretemps est jugé catastrophique. Il s'ajoute en effet à plus de trois semaines de retard pris au départ, qui a dû être repoussé à cinq reprises, dont quatre pour cause d'incident technique. Du coup, le retour de Columbia, le 18, rend quasiment impossible le rendez-vous prévu pour cette même navette avec la comète de Halley, le 6 mars. De surcroît, cette affaire risque de compromettre le lancement par Challenger, en mai, de la sonde *Ulysse* vers Jupiter. C'est tout le programme de 1986 qui est menacé.

**L**'équipe du Kennedy Space Center est fatiguée, énervée. Elle doit sans désespoir s'occuper de Challenger, qui attend depuis le 21 décembre. Celle-ci devait être lancée le jeudi 23 janvier, mais les problèmes de Columbia ont obligé à repousser la date au samedi 25. Et puis, on l'a vu, le temps ne s'y prête pas. Report au 26. Puis au 28. Décidément, c'est la poisse. D'autant que cette mission a une signification symbolique. Pour la première fois, elle emporte à son bord un civil, une femme, en l'occurrence, la jeune enseignante d'histoire Christa McAuliffe. C'est Reagan qui en a décidé ainsi, lors de sa campagne électorale d'août 1984. Il s'y connaît, en politique, Reagan. La petite Christa doit faire la classe à ses élèves, par écran télé interposé, en plein vol. Et Reagan a prévu de discuter le coup personnellement avec les astronautes, au beau milieu de son discours sur l'état de l'Union, principal rituel politique de l'année. Discours prévu le 28 et, de mémoire d'Américain, jamais repoussé...

Alors, le 27, quand la météo annonce que le thermomètre va dégringoler dans la nuit, il y a un

(suite du texte page 168)



## LA LECTURE RAPIDE ENFIN POUR TOUS!

LECTIKA SYSTEM c'est la lecture profonde et rapide à la portée de tous. En 30 heures, grâce à une méthode réputée, apprenez à maîtriser attention et compréhension ; vous pourrez alors assimiler jusqu'à 300 pages en une heure, ou lire ce message en 5 secondes... essayez ! ce n'est pas si facile, et pourtant... ☎ (1) 42 33 34 34  
Renseignez-vous, LECTIKA peut vous apporter beaucoup.

**Lectika**  
SYSTEM

Centres de formation à : Paris, Rennes, Morlaix, Besançon, Tours, Strasbourg, Marseille, Niort, Grenoble, Lille, Bordeaux, Le Mans.

### DEMANDE DE DOCUMENTATION GRATUITE

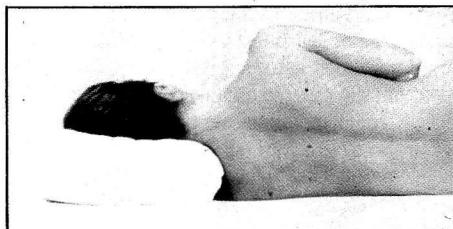
sans engagement de ma part, adressez-moi une documentation gratuite sur la Lecture Rapide       M.     Mme     Mlle

NOM : \_\_\_\_\_  
PRÉNOM : \_\_\_\_\_  
ADRESSE : \_\_\_\_\_  
CODE POSTAL : \_\_\_\_\_  
VILLE : \_\_\_\_\_  
N° DE TÉL. : \_\_\_\_\_ AGE : \_\_\_\_\_  
ÉTUDES EN COURS OU PROFESSION : \_\_\_\_\_

IN-CORPORATE  
SV4

## informations commerciales

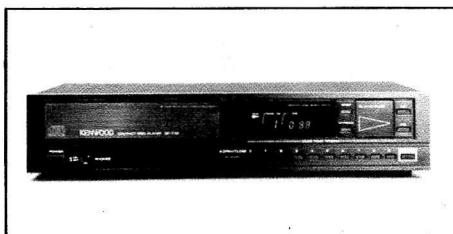
**L'OREILLER QUI SOULAGE** Pour ceux qui souffrent du cou, d'arthrose cervicale, la solution pour un réveil agréable, c'est de dormir sur le célèbre oreiller anatomique Condor. Il s'en vend 20.000 par an en France. Les médecins le recommandent. **390 F.**



**LA BOUTIQUE DU DOS** 20, rue de Maubeuge, 75009 Paris. Tél. : (1) 42.80.43.28 (M. Cadet), 9, rue Gubernatis, 06000 Nice. Tél. : 93.62.52.22.

Un catalogue couleur 24 pages peut vous être envoyé contre 10 F remboursés en cas d'achat.

### KENWOOD DP-770 Lecteur de Compact-Disc.



Accès direct par clavier numérique - Programmation mémorisée de 16 plages avec accès aléatoire - Affichage des plages en mémoire - Affichage temporel - Larges encoches dans le tiroir pour éviter toute manutention excessive du disque - Enregistrement synchronisé avec la platine cassette. - Largeur 340 mm.

## RETROUVEZ L'USAGE DE VOTRE ESCALIER



**DERBY SOPAL®**

Silencieux et confortable, le DERBY est simple à utiliser: il vous suffit d'appuyer sur un bouton pour descendre et monter vous-même votre escalier en toute sécurité. Pré-monté en usine sur mesure, il peut être installé chez vous en quelques heures pour suivre les escaliers droits ou courbes à partir de 58 cm de large. Sa pose est réalisable sans déranger votre intérieur. Installation et service après vente partout en France et en Belgique. Demandez vite notre documentation gratuite, sans engagement de votre part en téléphonant au (1) 48.20.65.70 ou en renvoyant le coupon ci-contre à

**DERBY**  
Qui je souhaite recevoir rapidement et sans engagement de ma part :  
Numéro \_\_\_\_\_  
Adresse \_\_\_\_\_  
Code \_\_\_\_\_  
Ville \_\_\_\_\_

### IDÉALE POUR ITINÉRANTS

**IGLOO**  
LA TENTE LA PLUS PRATIQUE  
LÉGÈRE PEU ENCOMBRANTE  
ASSEMBLAGE COMPLÈTE  
TENUE AU VENT REMARQUABLE  
CONSERVATION ILLIMITÉE

**MONTAGE COMPLET EN 3 MINUTES**

**L'INÉGALABLE TENTE PNEUMATIQUE**

AUVENTS ADAPTABLES

(demandez la documentation au service 20) Ets BECKER, 94, route Nationale 10, 78310 COIGNIÈRES

# UNE BASE SOVIÉTIQUE DANS L'ESPACE

*Alors que le programme spatial américain est gelé en raison de l'explosion de la navette Challenger (voir page 86), les Soviétiques lancent leur nouvelle station orbitale modulaire qu'ils ont baptisée Mir (Paix, en russe).*

**U**n cosmonaute français effectuera un vol de longue durée à partir de juillet 1988. C'est ce que viennent de décider le Centre national d'études spatiales et Interkosmos au terme d'un protocole d'accord signé à Moscou le 7 mars dernier. L'heureux élu sera sélectionné par le CNES d'ici au mois de septembre 1986 pour aller s'entraîner pendant 45 semaines minimum au Centre d'entraînement Youri Gagarine, dans les environs de Moscou. Jean-Loup Chrétien, qui a déjà volé à bord de la station orbitale Saliout 7 en juillet 1982 sera également de la partie.

La mission du cosmonaute français s'effectuera à bord de la toute nouvelle station orbitale "Mir", mise sur orbite le 20 février dernier. Notre cosmonaute s'envolera à bord d'un vaisseau Soyouz T qui s'arrimera à la station, qui se trouve actuellement sur une orbite inclinée à 51,6° entre 352 et 324 km d'altitude.

A la différence de la station Saliout 7, lancée en 1971 et toujours en orbite, Mir a été complètement redessinée par les ingénieurs soviétiques en tenant compte des remarques des cosmonautes. Saliout 7 (à bord de laquelle le record de durée de 238 jours a été établi) était devenue trop petite, trop vieille et malcommode. Mir est donc une station de 3<sup>e</sup> génération, dotée d'une électronique assurant automatiquement le pilotage de la station (ce qui n'existe pas sur Saliout), des différents systèmes de bord et des expérimentations scientifiques. L'alimentation en énergie a été augmentée, les liaisons avec la Terre ont été rendues plus fiables grâce à l'utilisation (c'est la première fois que les Soviétiques le reconnaissent) d'un réseau de satellites relais.

Côté habitabilité, chaque cosmonaute aura son "coin": une petite cabine dotée d'une table, d'un sac de couchage et d'un siège. Une seule douche pour tous et les indispensables équipements d'entraînement physique : tapis roulant et bicyclette ergonométrique. Une température de 28° (un peu plus que



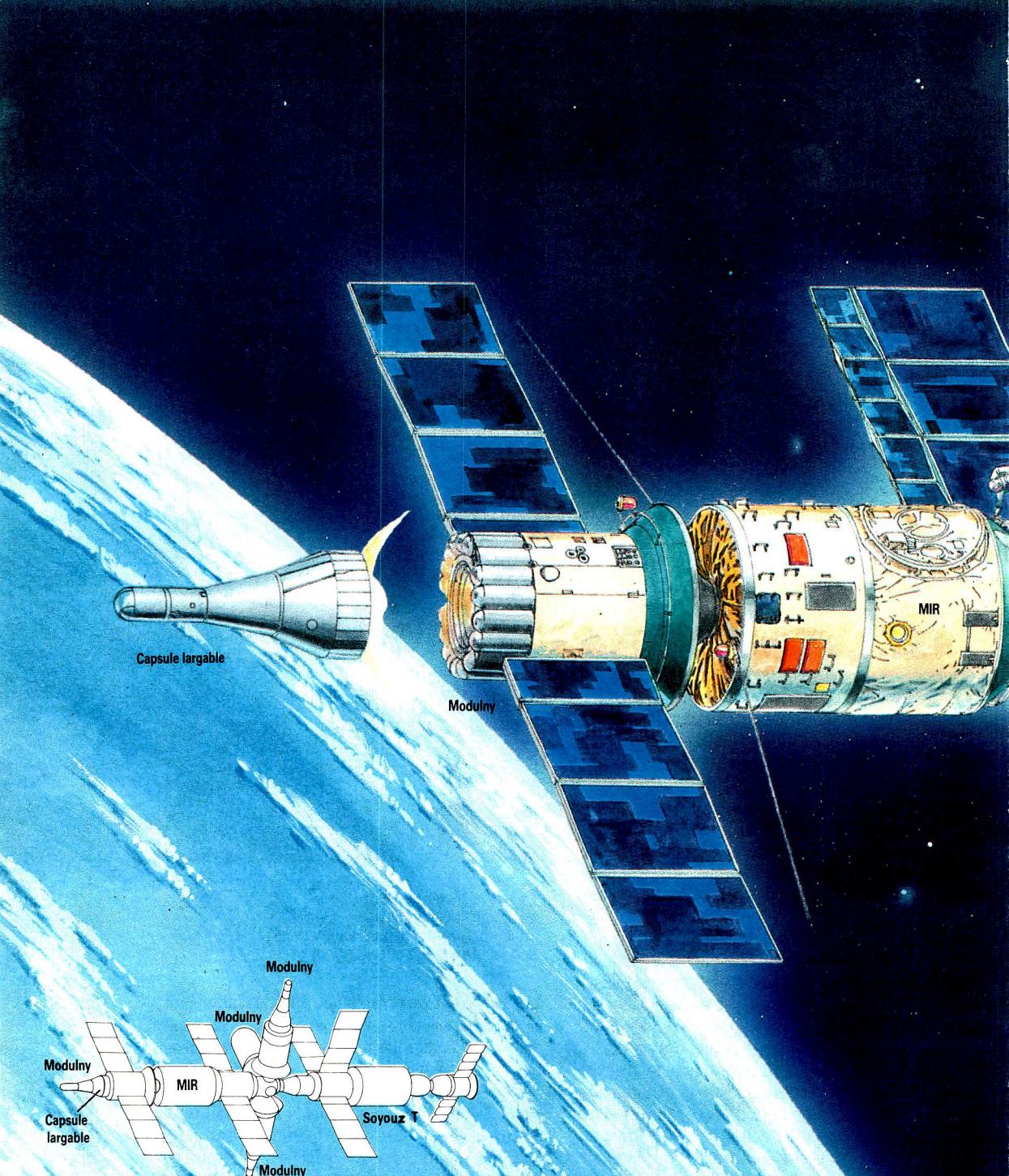
La nouvelle station orbitale Mir, dans le hall d'assemblage final à Baïkonour, peu de temps avant son lancement le 20 février dernier.

sur Saliout 7) sera maintenue dans la station grâce à un système constant de ventilation. Parmi les hublots, un situé "au plancher" permettra d'observer continuellement la surface terrestre.

Comme Saliout 7, Mir comprend 3 compartiments : 2 grands compartiments de travail et, de l'autre côté d'un sas, un compartiment d'arrimage. Mir, c'est nouveau, peut accueillir 6 vaisseaux à la fois. Soyouz ou la grosse station automatique Moudouly s'accrocheront aux deux pièces d'arrimage situées dans l'axe longitudinal à l'avant et à l'arrière de la station. Les modules spécialisés occuperont les 4 pièces latérales du sas d'arrimage avant. C'est un bras télémanipulateur qui fixera définitivement les modules spécialisés à leur place après leur approche et leur arrimage dans l'axe de la station.

Entièrement automatiques, disposant d'une alimentation autonome, et capables de manœuvrer

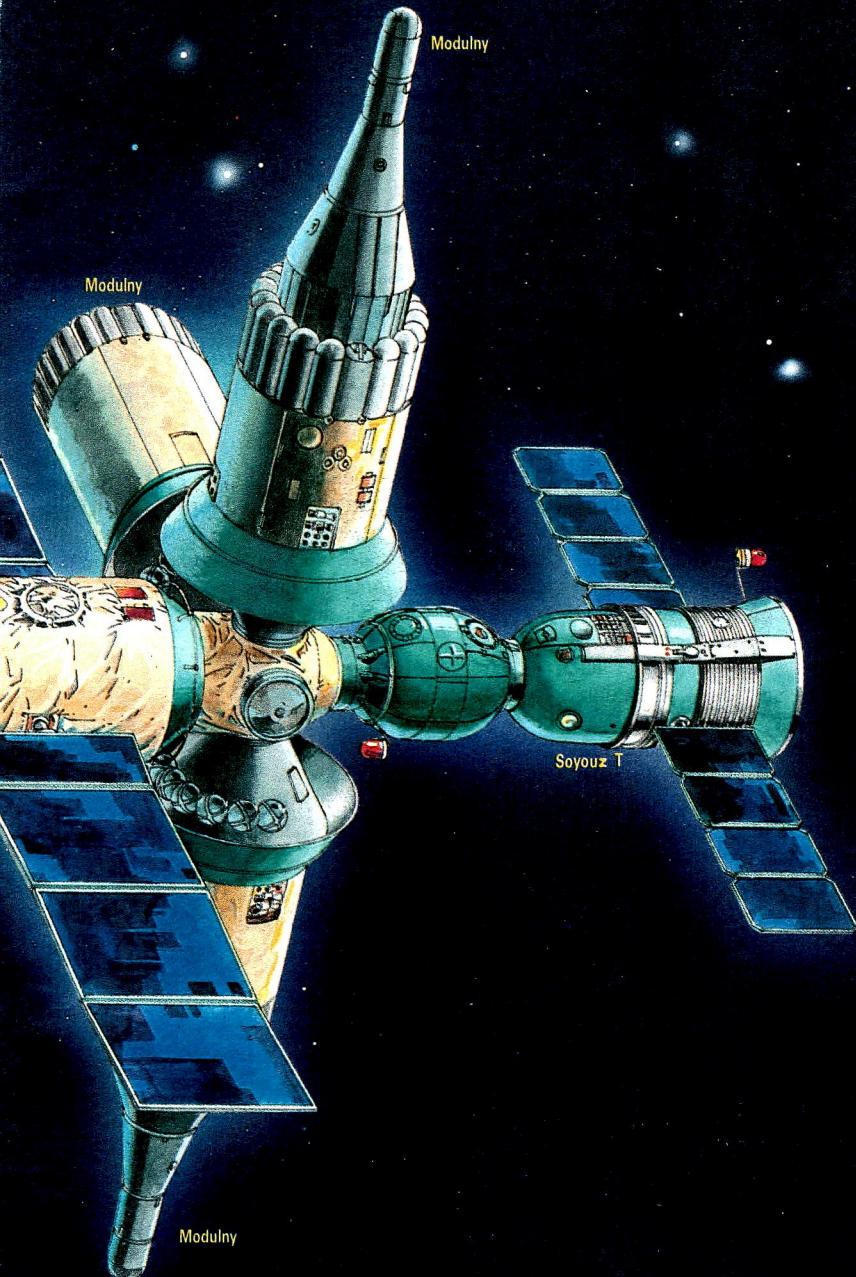
PAR JEAN-RENÉ GERMAIN



**Une station orbitale en "meccano".** La station Mir va permettre de composer un grand complexe orbital accueillant ou larguant divers éléments. Ainsi, au sas avant pourront s'arrimer 4 modules spécialisés autonomes et un vaisseau piloté Soyuz. Un autre module peut prendre place à la pièce d'arrimage arrière (ici un Modulny). Dans une autre configuration, une autre station orbitale, du type Saliout, peut s'arrimer à l'arrière de Mir (schéma). L'ensemble peut atteindre jusqu'à 150 tonnes en orbite basse.

dans l'espace, les modules ont chacun leur vocation : astronomie, mise au point de matériaux, recherche bio-médicale, etc. Les Soviétiques n'ont pas donné de précisions sur la taille de ces modules. On peut toutefois supposer qu'ils seront semblables à Cosmos 1686 ou à des versions modifiées des Soyuz. Rien n'exclut *a priori* qu'une

Dessin C. Lacroix



station orbitale de type Saliout s'arrime à Mir. Avec un Modulny, un cargo Progress, 4 modules et un vaisseau Soyouz, la masse totale de la station pourrait atteindre les 150 tonnes (notre dessin) contre 35 tonnes pour la "vieille" station Saliout. Elle pourra contenir une douzaine d'hommes à la fois.

Après avoir subi des tests de fonctionnement en vol automatique pendant 21 jours, la station a été rejoints le 14 mars par deux cosmonautes chevronnés, Léonid Kizim et Vladimir Soloviev, partis la veille de Baïkonour à bord d'un Soyouz T 15, pour l'activer en vue d'une occupation humaine permanente.

Jean-René Germain

# UNE TAUPE GÉANTE POUR LE CHANTIER DU SIÈCLE

*seront mises en œuvre, notamment en ce qui concerne le forage des galeries confiées au tunnelier, un robot à creuser.*

**E**n principe, grâce à l'accord signé le 20 janvier 1986 à Lille, c'est le double tunnel ferroviaire du projet France-Manche (voir *S. & V.* n° 820, p. 82) qui permettra, en 1993, de rallier le continent au Royaume-Uni en moins de trente minutes. Les multiples tentatives précédentes permettent aujourd'hui de bien connaître la nature du terrain à traverser. Il est constitué, principalement, d'une roche du cénomanien, assez dure et imperméable mais friable, communément appelée "craie bleue". De ce fait, la méthode de perçement de cet ouvrage titanique a d'ores et déjà été présentée. C'est ainsi que les techniques classiques pourront laisser la place aux tunneliers, tel que celui représenté sur notre dessin. Bien que cette mécanisation extrême du travail ne soit pas récente, chaque machine reste unique, car construite selon les impératifs du terrain rencontré.

Voici comment travaillera l'un des douze tunneliers engagés pour le creusement des deux tunnels ferroviaires de sept mètres vingt de diamètre, et de la galerie de service de quatre mètres cinquante de diamètre du projet France-Manche. Une tête de coupe (1, sur le dessin), d'un diamètre légèrement supérieur au diamètre final, mû par un puissant vérin de poussée (2) et muni de mollettes rotatives en aciers spéciaux (3), entamera la roche.

L'évacuation des déblais s'effectuera par le centre de la machine, au moyen d'une vis d'Archimède ou d'un tapis convoyeur (4) relayé par un train de wagonnets jusqu'à la sortie du tunnel. Ce système sera doublé d'une puissante aspiration (5) pour éliminer les poussières.

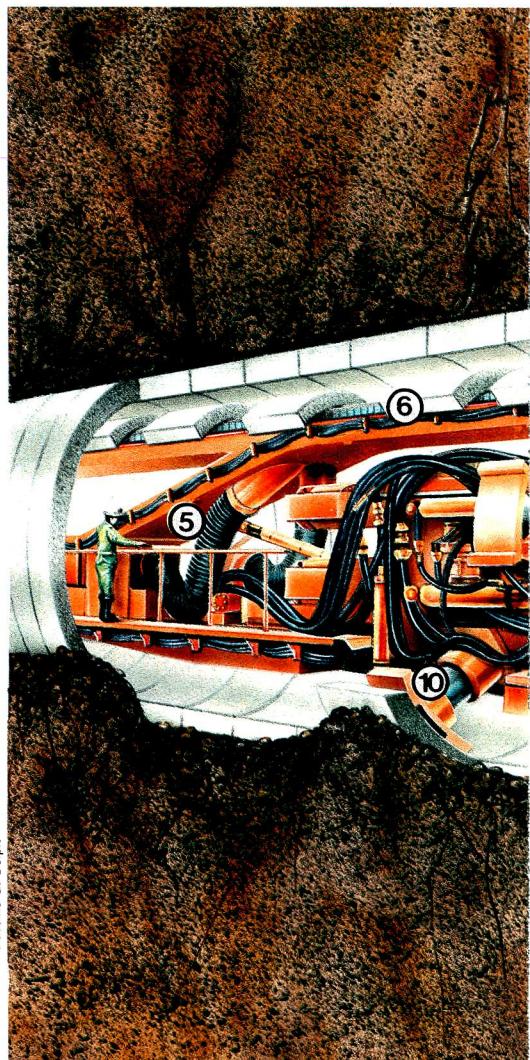
Excepté dans de la roche compacte, le creusement dans la plupart des sols provoque des éboulements à l'intérieur de la galerie, dus à la décompression de l'ensemble du terrain qui n'est plus maintenu par les matériaux que l'on extrait.

Ce phénomène dit de décharge impose, au fur et à mesure de l'avancement et le plus rapidement possible, un étayage provisoire ou définitif. Dans le cas présent, la craie bleue, moyennement soumise à cette décharge sera soutenue définitivement et

*Pour creuser sous la Manche, les technologies les plus avancées*

presque simultanément au forage à l'aide de plaques en béton armé et en fonte usinées au millimètre, les voussoirs (6). Amenés par un convoyeur (7), ces voussoirs seront posés (8) et boulonnés automatiquement.

Du côté français, juste après la tête de coupe, le



Dessins G. Delbit

tunnelier présentera un système de détection et de visualisation des fissures, nombreuses dans la roche calcaire de ce côté de la Manche. Commandées depuis le poste de pilotage (9), des lances d'injection de béton et d'argile, permettront de combler ces fissures avant la pose des voussoirs. L'avance de la machine se fait à la façon d'une chenille et son guidage précis s'effectue par le truchement d'un laser. Un capteur fixé à l'arrière du tunnelier analysera le décalage par rapport à un faisceau laser en provenance du début du tunnel.

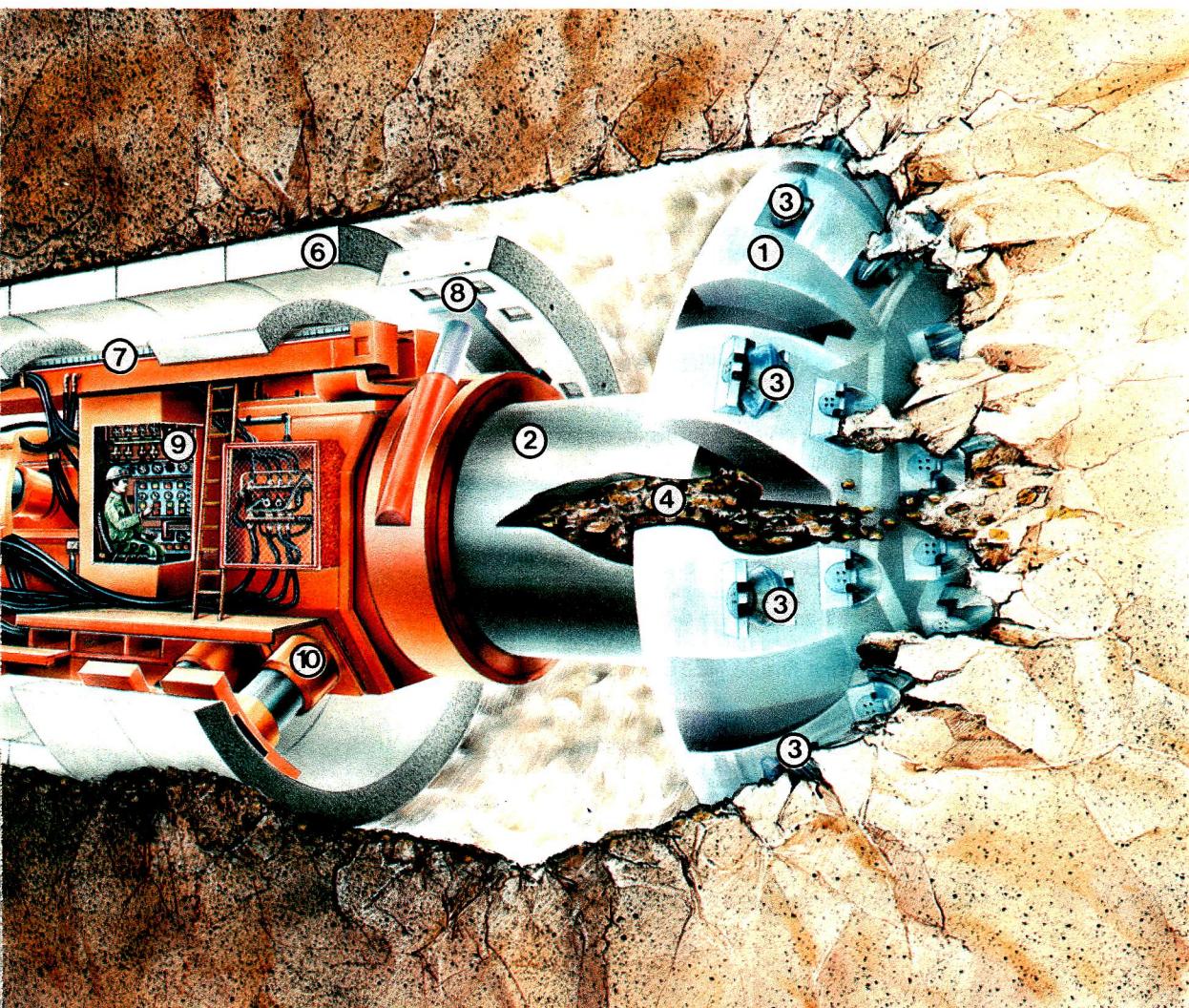
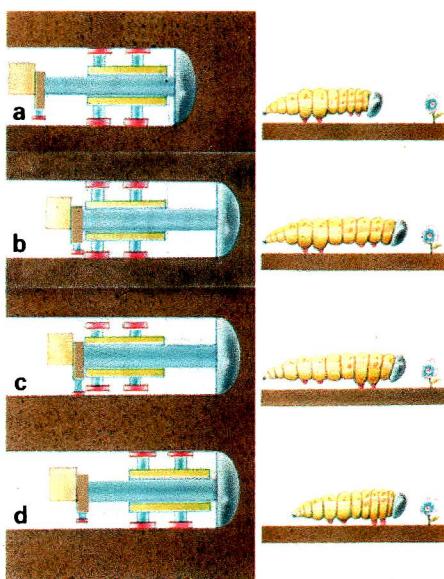
La tenue ou le changement de cap seront contrôlés par ordinateur et se réaliseront concrètement par une poussée plus ou moins forte sur l'un ou l'autre des "grippers" (vérins d'appui) (10).

Pour respecter les délais annoncés, la vitesse d'avancement des tunneliers ne devra pas descendre en dessous de 15 à 20 mètres par jour de chaque côté de la Manche, ce qui semble raisonnable vu la nature du terrain et le type de machine.

**Laurent DOUEK**

#### UN MOUVEMENT DE CHENILLE

- a. Le corps de la foreuse (en vert) s'immobilise par blocage des vérins d'appui (gros pavés rouges) contre la paroi du tunnel.
- b. L'axe (en gris) avance et la tête foreuse tourne, creusant la roche.
- c. L'axe arrivé en bout de course, la tête s'arrête. Les vérins d'appui se rétractent. Les bécuilles des anneaux (en brun) de guidage de l'axe (un seul de ces anneaux figure ici) s'appuient à leur tour (petit pavé rouge) contre la paroi, et le corps de la foreuse revient vers la tête, le long de l'axe.
- d. On se retrouve dans la position a pour le forage d'un nouveau tronçon.



# UN CHAMP DE BLÉ A PARTIR D'UN SEUL GRAIN DE POLLEN

*est orphelin de mère : toutes les semences de cette nouvelle variété ont pour origine une unique petite cellule, détournée, il y a six ans, de son destin naturel et éphémère de grain de pollen .*

*Le blé Florin, que les agriculteurs pourront cultiver à partir de l'automne prochain,*

**F**lorin est en effet le premier blé français né en laboratoire. Il est orphelin de mère car il est issu d'une cellule sexuelle mâle seule, alors qu'une plante naît habituellement de la fusion de deux cellules sexuelles, l'une mâle (le grain de pollen), l'autre femelle (l'ovule). Il est le produit d'une technique récente et d'une collaboration féconde entre l'université d'Orsay et un regroupement de sélectionneurs privés, l'ADAR (¹).

La technique, appelée androgénèse, consiste à régénérer des plantes en partant d'anthères, ces extrémités renflées des étamines qui, chez le blé, ne sont pas visibles car elles restent enfermées dans la fleur, de même que le pistil qui contient les ovules (**photo page 104**). C'est dans les anthères que se développent les grains de pollen (**photo ci-contre**) qui, à maturité, s'échappent et vont féconder les ovules. Cette pollinisation dans le huis clos de la fleur hermaphrodite de blé est une autofécondation, mode quasi exclusif de reproduction de cette espèce.

L'androgénèse a été réussie pour la première fois au début des années 70, simultanément en Chine et... au laboratoire d'amélioration des plantes de l'université d'Orsay. Crée en 1969, ce laboratoire de pointe est aujourd'hui financé par l'Université, le CNRS (Centre national de la recherche scientifique), l'INRA (Institut national de la recherche agronomique), l'ADAR et d'autres industriels. L'équipe, une quarantaine de chercheurs, est dirigée par Yves Demarly, qui s'est vu attribuer le 3 décembre dernier le prix de la Fondation française pour la nutrition pour l'ensemble de ses travaux en génétique et amélioration des plantes.

La technique de l'androgénèse est la suivante : les

PAR MARIE-LAURE MOINET

102



anthères sont prélevées sur les fleurs d'un épis de blé au stade précis où les cellules sexuelles mâles qu'elles contiennent (les microspores) n'ont pas encore atteint leur maturité de grains de pollen (**photos pages suivantes**). Elles sont ensuite placées stérilement dans une boîte de Petri contenant un milieu nutritif gélosé. Après 4 à 6 semaines, on voit sortir des anthères quelques embryons. Repiqués dans un tube à essai, sur un autre milieu de culture, ces embryons évoluent en petites plantules vertes.

Les plantules ont, sauf exception, le même nombre de chromosomes (éléments porteurs de l'information héréditaire) que les microspores qui, par divisions successives, ont donné naissance aux embryons.

Or ces cellules sexuelles (ou gamètes) ont toujours  $n$  chromosomes, " $n$ " étant le nombre "gamétique" caractéristique de l'espèce ( $n = 21$  chez le blé ;  $n = 23$  chez l'homme) : elles sont "haploïdes". Ce caractère est légitimé par le destin normal d'un

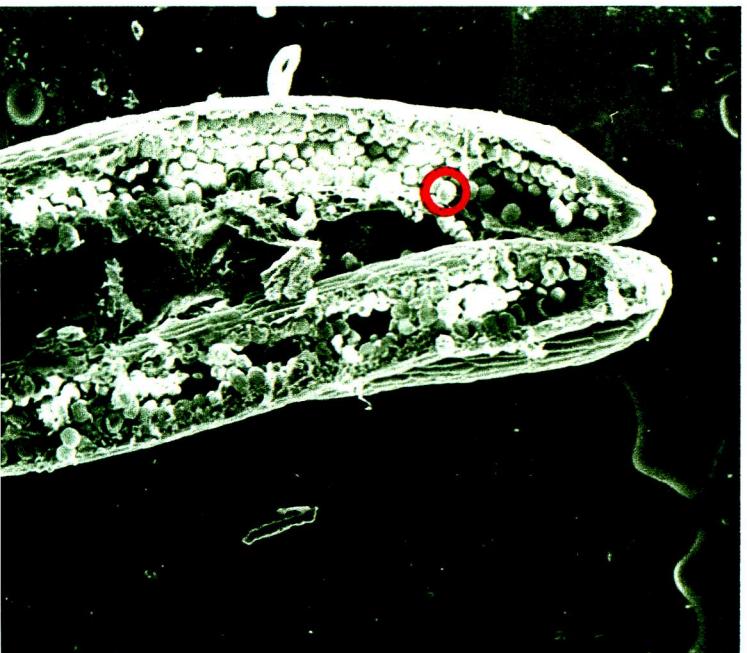
mécanisme spécial de division cellulaire, qui transforme dans les organes sexuels certaines cellules en gamètes : ceux-ci, par la fécondation boucleront le cycle qui perpétue l'espèce.

Heureusement, pour doubler le stock chromosomique des jeunes plantules haploïdes et les rendre ainsi fertiles, il existe un moyen simple : les tremper dans un bain de colchicine, substance qui bloque les cellules en division à un stade où leurs chromosomes sont dédoublés. Les plantules ainsi "diplôïdisées" (on les nomme HD pour "haplo-diploïdisées") ont alors une propriété très intéressante : leurs caractères sont fixés pour toujours.

En effet, dans les cellules de la plante HD, chaque paire de chromosomes est faite de deux chromosomes absolument identiques, l'un étant la réplique exacte de l'autre. Il en résulte que les gènes inscrits sur les chromosomes, et qui sont responsables des caractères de la plante, sont tous constitués de deux copies (ou allèles) identiques : ils sont homozygotes. Pour cette raison ils sont transmis fidèlement lors de l'auto-fécondation, aux descendants naturels des plantules HD.

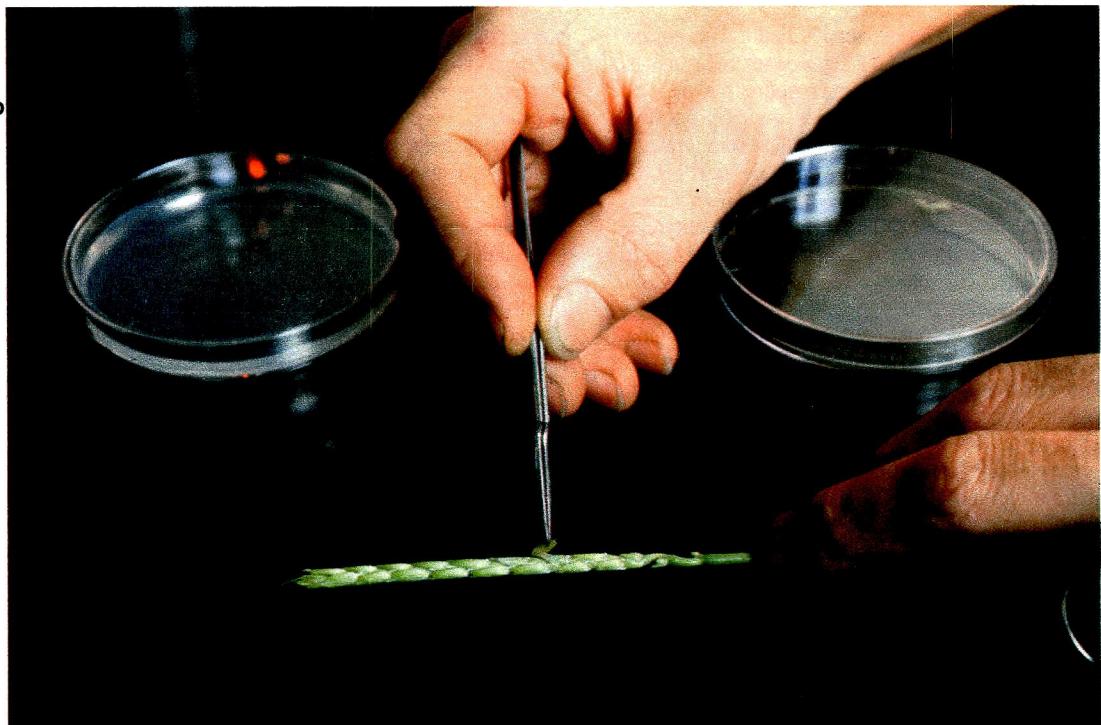
**Le gros avantage de l'androgénèse** est ainsi de fixer génétiquement la plantule HD dès sa naissance, en la rendant homozygote par le traitement à la colchicine. Alors que pour obtenir le même résultat (une lignée homozygote fixée) par les moyens traditionnels, il faut une bonne dizaine d'années : au départ, un croisement forcé entre une plante castrée d'une variété, et le pollen d'une plante appartenant à une autre variété, donne naissance dans la seconde génération de descendants à des plantes très hétérogènes. Après un tri sévère sur quelques caractéristiques (aspect, nombre de grains par épis,

poids de 1 000 grains, hauteur de tige, précocité de formation des épis, etc.), les meilleures plantes sont sélectionnées. Lorsque, après plusieurs autofécondations successives, les caractères favorables de l'un de ces hybrides ont été stabilisés chez ses descendants formant une lignée, les qualités agro-nomiques (rendement, rusticité) et technologiques



Les grains de pollen immatures sont bien agencés dans les deux sacs symétriques de l'anthère — l'organe sexuel mâle des végétaux —, ici disséqué sous une loupe et photographié au microscope électronique à balayage.

gamète, qui est de fusionner avec un gamète de sexe opposé afin de reconstituer la plante normale "diploïde" (à  $2n$  chromosomes), dont chaque cellule — autre que sexuelle — possède deux lots de chromosomes homologues, l'un d'origine maternelle, l'autre d'origine paternelle. Seul un individu diploïde peut être fertile en donnant lieu à un



1

Dans les fleurs d'un épis (ci-dessous), on prélève des anthères.



officiel des variétés françaises. Cette inscription, nécessaire pour authentifier l'homogénéité et la stabilité de la lignée présentée, permet aux sélectionneurs (ou "obtenteurs") de se rembourser de leurs frais de recherche en prélevant des royalties sur le prix de vente des semences des variétés qu'ils ont créées. En blé tendre (celui dont la farine est utilisée en boulangerie), une vingtaine de nouveaux modèles sont ainsi inscrits chaque année au catalogue. En octobre 85, Florin a été du lot des vainqueurs qui, pour être inscrits, ont dû montrer patte blanche : conformité au profil défini par l'obtenteur, originalité par rapport aux variétés déjà existantes, et supériorité par rapport à la moyenne des variétés les plus cultivées l'année de l'examen. La grille de classement est établie par un comité

(valeur boulangère) sont testées. La lignée ayant fait ses preuves, il ne reste qu'à la multiplier pour en obtenir un grand nombre de semences, et à la commercialiser.

Pour Florin, il n'aura fallu que 6 ans et demi entre le prélèvement des anthères à l'origine de sa création, et l'inscription de la lignée au catalogue

technique permanent de la sélection (CTPS).

**Comment Florin a-t-il acquis** si rapidement ses titres de noblesse ? Au printemps 79, deux chercheurs du laboratoire d'Orsay, rétribués par l'ADAR, mettent en culture environ 50 000 anthères prélevées sur les épis de plantes issues de croisements entre variétés diverses. Un travail de titan ! De mai à juillet, 533 embryons se mettent à pousser dans les boîtes de Petri. Repiqués dans des tubes à essais, ces embryons donnent des petites plantes vertes qui, placées dans un second milieu de culture, s'enracinent. 64 plantes vertes enracinées sont ainsi régénérées ; elles sont mises en pot de juin à septembre. Après comptage des chromosomes sur la pointe des racines, il s'avère que 54 d'entre elles sont haploïdes et ont donc besoin du petit traitement à colchicine.

Les plantes diploïdes sont mises en terre (serre), de décembre à mars 80, après un passage au froid (vernalisat) de 8 semaines. Les graines récoltées sur leurs épis au cours du printemps 80, sont remises aux sélectionneurs privés, les sociétés Le-peuple et Desprez. Ceux-ci les multiplient au Chili (pour gagner une saison de culture) et dans leurs pépinières du nord de la France.

Chaque plante HD sortie du laboratoire d'Orsay devient ainsi l'ancêtre d'une lignée de plantes semblables. Les 18 meilleures lignées sont testées dans des essais de rendement, de résistance, de pré-

cocité, de qualité technologique (farine panifiable ou non), etc. C'est là que la 38<sup>e</sup> plantule sortie en 79 des tubes à essais d'Orsay — numérotée 79038 — s'avère avoir donné une lignée très intéressante, avec de belles plantes courtes et des épis barbus (**photo page 102**). Cette plantule provenait d'une anthère prélevée sur une plante hybride de mère anglaise Wizard, et père français Iéna.

La lignée, fixée, rappelons-le, dès l'origine, put être présentée en octobre 83 aux essais officiels du CTPS pour concourir en zone Nord. Résultat : 6 % de mieux que les témoins<sup>(2)</sup> pour le rendement moyen sur les deux années d'essais, avec en plus

Mise en culture : quelques embryons apparaissent.



2



3

Les embryons repiqués donnent des plantules.

culture d'anthères pour accélérer la mise au point de nouvelles variétés.

Ce gain de temps est précieux. Il permet aux sélectionneurs de gagner quelques points sur le marché des semences, en serrant de plus près l'évolution de ce marché ; l'anticipation des besoins à 6 ans d'intervalle est en effet moins aléatoire qu'à 10 ou 12 ans ! Mais au-delà de la démonstration, la technique n'est pas encore économiquement rentable. Le rapport du nombre de plantes vertes régénérées sur le nombre d'anthères mises en culture n'a été que de 1 pour 1 000 (1 % pour le stade antérieur : la naissance d'embryons sur les anthères) ; ce rendement est encore trop faible pour que l'androgénèse soit communément employée dans les schémas de sélection. Le prélèvement des anthères pour la mise en culture *in vitro* est l'étape critique. Elle doit se faire à un stade très précis de la différenciation des grains de pollen. Le laboratoire d'amélioration des plantes de l'Université Claude Bernard, à Lyon, est en train de réaliser un calendrier morphologique, cytologique et biochimique qui permettrait de suivre cette différenciation et rendre moins aléatoire le succès du prélèvement.

**Marie-Laure Moinet**

une bonne précocité, une bonne résistance à la verse, à l'oïdium, au fusarium, une farine de bonne qualité, etc. Son inscription au catalogue a donc été entérinée dès octobre 85<sup>(3)</sup>. Cette date marque d'une pierre blanche l'histoire de la sélection végétale en France puisque Florin est la première variété de blé créée "in vitro" inscrite à un catalogue. Seule la Chine, qui n'a pas de catalogue officiel, possède déjà deux variétés issues d'andro-génèse.

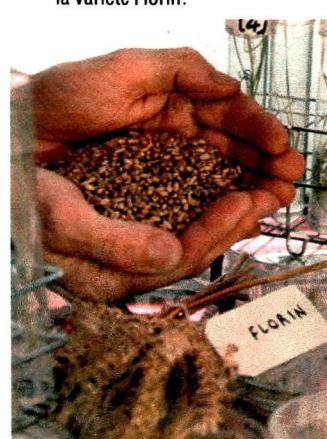
Les obtenteurs de Florin multiplient cette année la variété sur 40

hectares environ, pour pouvoir la commercialiser dès cet été. 2 500 quintaux de semences récoltées en juillet prochain devraient ainsi permettre, à l'automne 86, d'emblaver environ 1 000 hectares, soit pour le blé de consommation, soit pour la production de nouvelles semences. Ainsi l'exploit scientifique de l'androgénèse a été validé par les expérimentations sur le terrain, démontrant l'intérêt de la

(1) Association pour le développement des applications de la recherche en amélioration des plantes.

(2) Ce sont les variétés les plus cultivées : Talent, Hardy ; Camp Rémy et Fidel en 84 et Talent, Arminda, Festival et Fidel en 85.

(3) Signalons au passage l'inscription dans la même promotion du premier blé hybride, Courtel, dont la supériorité en rendement sur les témoins a été de 8 % (voir article "Un nouveau blé" *Science & Vie*, avril 1985, n° 811).



# BANQUES DE DONNÉES : LA THÉORIE DES TROIS «PLUS»

*Fortement soutenues  
par les pouvoirs publics  
qui tiennent*

*l'information pour un domaine stratégique,  
les banques de données informatiques se  
sont multipliées en France au cours des cinq dernières  
années. Aucune n'a été un succès. Pourquoi leur chiffre  
d'affaires est-il 36 fois moins élevé qu'aux Etats-Unis ?*

**L**es banques de données sont nées aux Etats-Unis dans les années soixante. Elles furent d'abord des outils internes de la NASA et des centres de recherche militaires ; ils étaient éventuellement mis à la disposition des entreprises pour leur permettre d'obtenir vite et bien, en fonction de codes et de mots-clés, l'ensemble des informations scientifiques et techniques existantes mais dispersées.

En 1965, on compte 100 banques de données dans le monde : elles passent à 400 en 1975, 1 100 en 1979, 1 800 en 1984, 2 450 en 1985 ; 76 % d'entre elles sont américaines, 21 % européennes (10 % françaises), les 3 % restants se répartissant entre l'Afrique, l'Australie et l'Asie. Un développement tel qu'on a pu parler de *pétrole gris* (1) et d'une nouvelle "ruée vers l'or" (encore une !).

En 1980, toutes les études de marché annonçaient l'envenissement de tous les domaines par

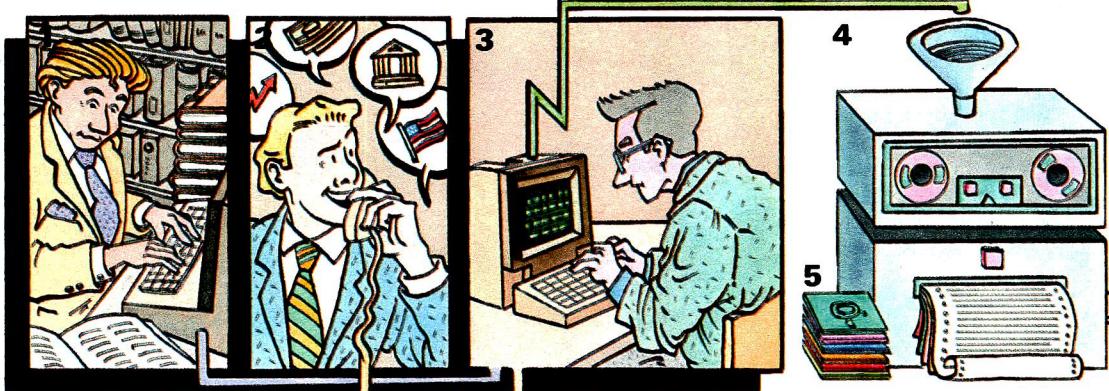
(1) *Le pétrole gris, une chance pour la France*, édité par le Groupement français des fournisseurs d'information en ligne.

ces banques. Cela aiguisa les appétits de ceux qui disposaient à l'époque d'un fond documentaire informatisé, ou en voie d'informatisation, et qui désiraient le commercialiser. A titre d'exemple, l'INSEE (Institut national de la statistique et des études économiques) a constitué à lui seul 6 banques de données : une de données macroéconomiques, une autre de données locales, une autre encore de données bibliographiques, un système informatique pour la conjoncture, un fichier des entreprises et des établissements, enfin les statistiques et indicateurs des régions françaises.

Comme bien souvent, la hâte en matière de technologies nouvelles n'a pas été très heureuse : la plupart des entreprises ont échoué.

C'est que la demande n'a pas suivi l'offre : en 1979, la Mission informatique prévoyait pour la France un chiffre d'affaires passant de 50 MF à 700 MF en 1984, or, on aura à peine atteint en 1985 les 300 MF, ce qui représente une progression certes non négligeable, mais bien éloignée des 90 % annuels annoncés à l'époque par les plus sérieux

PAR GÉRARD MORICE



cabinets d'études de marché. Et cela, malgré le soutien des pouvoirs publics, qui ont octroyé à la création et au développement des banques de données 50 MF/an depuis 1979 (350 MF au total). Malgré aussi l'évolution technologique, qui a rendu l'accès aux banques de données plus facile, plus rapide et moins coûteux.

Il y a 25 ans, les coûts et la technologie de l'informatique ne permettaient de stocker que des références bibliographiques, en raison des capacités de mémoire limitées. Pour interroger une banque de données, on devait alors passer systématiquement par des professionnels de la documentation, qui se chargeaient de formuler la question, de l'envoyer au service informatique compétent et de trouver les documents-sources correspondant aux références bibliographiques. Ces documents étaient ensuite envoyés par la poste à l'entreprise. Si la question avait été mal formulée, il fallait tout recommencer. C'était l'époque héroïque.

Dès les années soixante-dix, rappellent Michel Cohen et Laurent Voignac, deux ingénieurs des Mines qui ont consacré une étude aux banques de données et à la télématique, la technique évolue rapidement et deux innovations majeures transforment l'industrie des banques de données : le "temps partagé" et la transmission d'informations à distance par les réseaux de télécommunications. Dès lors, plusieurs demandeurs peuvent interroger simultanément le même ordinateur, transmettre leur

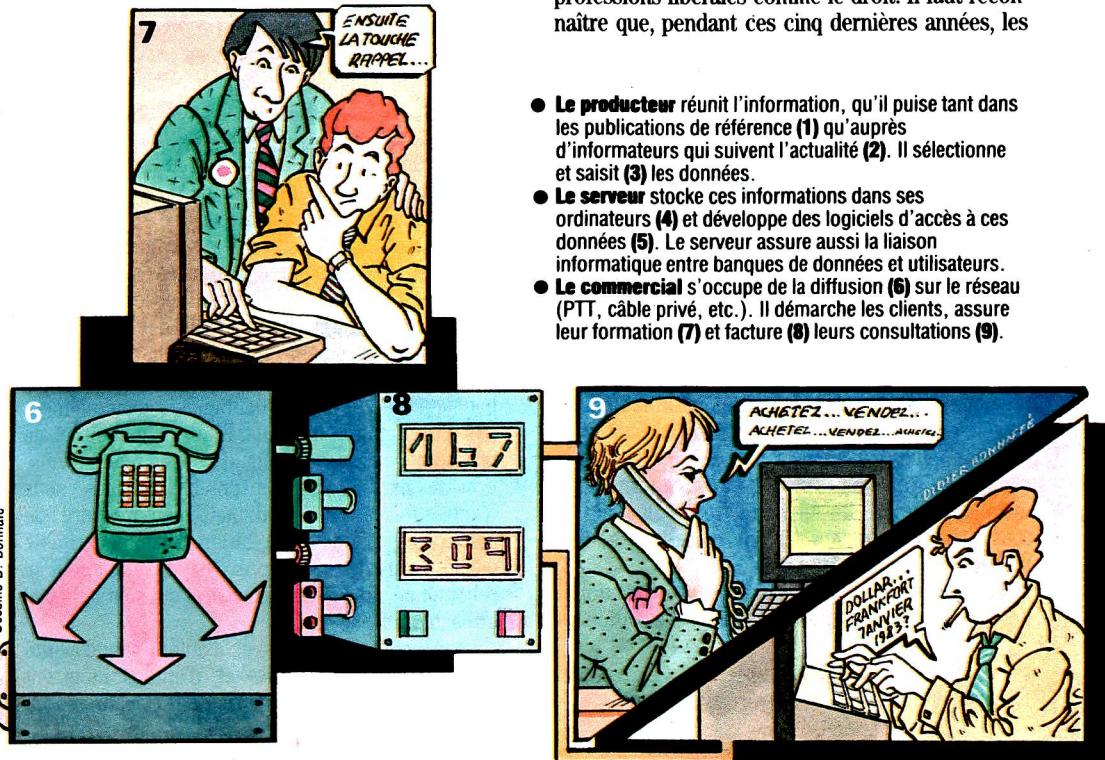
commandes et recevoir les réponses et résultats grâce aux lignes téléphoniques spécialisées. C'est la technique dite *on line*. Parallèlement, la baisse des coûts informatiques et l'augmentation de la taille des mémoires et des capacités de traitement informatique permettent de stocker, en plus des références bibliographiques, des données ponctuelles plus volumineuses : textes de dépêches, bilans financiers, résumés. C'est alors que la création des banques de données progresse rapidement.

Seconde révolution au début des années quatre-vingts : une nouvelle baisse des coûts informatiques s'ajoute à une nouvelle augmentation de la taille des mémoires pour permettre de stocker intégralement les textes.

Chacun pense alors que l'outil peut être exploité dans tous les domaines d'activité, d'autant plus que les langages étant de plus en plus conçus pour aider les utilisateurs, l'interrogation des banques de données devient de plus en plus facile. C'est l'époque où l'Europe, et notamment la France, considérant que l'information est un domaine stratégique, veut le maîtriser coûte que coûte ; la France investit largement dans le serveur national Questel ainsi que dans de nombreux projets de banques de données, le réseau européen de transmission de l'information Euronet est créé.

Ce n'est, en fait, que dans certains domaines privilégiés que les banques de données sont rentables : le scientifique et le technique, l'économique, le financier et la bourse ; enfin dans quelques professions libérales comme le droit. Il faut reconnaître que, pendant ces cinq dernières années, les

- **Le producteur** réunit l'information, qu'il puise tant dans les publications de référence (1) qu'àuprès d'informateurs qui suivent l'actualité (2). Il sélectionne et saisit (3) les données.
- **Le serveur** stocke ces informations dans ses ordinateurs (4) et développe des logiciels d'accès à ces données (5). Le serveur assure aussi la liaison informatique entre banques de données et utilisateurs.
- **Le commercial** s'occupe de la diffusion (6) sur le réseau (PTT, câble privé, etc.). Il démarché les clients, assure leur formation (7) et facture (8) leurs consultations (9).



banques de données n'ont conquis aucun nouveau domaine, et que les Etats-Unis continuent à occuper une position de domination écrasante, qui s'exerce du reste dans les mêmes domaines privilégiés d'un côté de l'Atlantique comme de l'autre : le chiffre d'affaires des banques de données est 36 fois plus important aux Etats-Unis qu'en France, et on compte 4 000 utilisateurs de banques en France, contre 400 000 aux Etats-Unis. Comment expliquer ce rapport de 36 pour les chiffres d'affaires entre deux pays dont les rapports sont de 1 à 5 ou 6 en termes de population, de produit national brut, et même de nombre de banques de données accessibles ? Pourquoi les Français ne consultent-ils pas les banques de données ? Il faut examiner les raisons financières du phénomène.

Les coûts de consultation de ces banques sont facturées à un prix de vente moyen d'environ 500 F l'heure (400 à 600 F). Ils sont calculés de manière à amortir les frais, à assurer la rémunération des trois partenaires : le producteur, le serveur et le commercial (même si parfois une seule entreprise assure deux rôles, voire les trois à la fois) et en fonction du volume d'heures de consultations prévu.

• **Le producteur** réunit, sélectionne et saisit<sup>(2)</sup> l'information qu'il tire de documents primaires (journaux, livres, études, relevés statistiques, enquêtes, etc.). Le contenu de sa banque doit être exhaustif dans le domaine traité, et il doit être mis à jour en permanence. A titre d'exemple, une banque de données boursières américaines centralisant des informations sur les marchés monétaires, les bons du Trésor et les métaux précieux, dispose de plus de 350 informateurs qui lui envoient en permanence des chiffres, et elle doit parfois procéder à plus de 500 000 actualisations par jour. Et une banque de données couvrant l'ensemble de la jurisprudence française a stocké les textes des 20 dernières années — plus de 2 milliards de caractères.

• **Le serveur** stocke les données saisies par le producteur sur ses ordinateurs, développe les logiciels d'accès à ces informations et assure la liaison informatique entre les banques de données et les utilisateurs. Alors que le producteur est un vendeur d'information, le serveur est un vendeur d'informatique. Il doit donc disposer de suffisamment de mémoires pour stocker toutes les informations du producteur, fournir un logiciel assez puissant pour que l'on puisse y accéder rapidement et efficacement, enfin avoir une puissance informatique installée telle qu'elle lui permette de répondre à tous les utilisateurs qui désirent consulter simultanément ses banques de données.

• **Le commercial**, enfin, exerce trois fonctions : démarcher les clients, assurer leur formation et

suivre les problèmes de facturation. Pour consulter efficacement une banque de données, il faut bien connaître le logiciel d'interrogation du serveur. Une étude américaine a montré que même des utilisateurs expérimentés n'arrivaient, en moyenne, qu'à "tirer" 58 % de références pertinentes sur un sujet donné ; quant aux débutants, ils n'arrivent qu'à 24 %. Nombre d'utilisateurs préfèrent ainsi passer par des documentalistes ou des intermédiaires professionnels, et l'on estime qu'au-dessous de 4 heures de consultation par mois, un utilisateur perd la main et doit être assisté.

Les coûts fixes auxquels doivent faire face ces trois partenaires n'apparaissent pour l'instant guère compressibles. Pour le producteur, chaque caractère stocké revient à environ 1 centime, soit 100 F à 200 F par référence bibliographique accompagnée d'un résumé. Seuls espoirs à la baisse : l'arrivée des lecteurs de texte optiques et l'extension de la saisie informatique — ainsi transmet-on déjà automatiquement l'information saisie pour la photocomposition des journaux.

Pour le serveur, le coût du temps partagé revient à 100 ou 200 F avec les logiciels actuels et la rémunération du personnel. Il ne peut diminuer ses coûts qu'en augmentant le rapport nombre d'utilisateurs/puissance installée et en étalant les heures de pointe : des serveurs proposent ainsi à leurs clients des tarifs préférentiels pendant la nuit et les week-ends. Le serveur peut aussi augmenter le nombre de banques de données qu'il distribue. Certains se transforment alors en véritables "supermarchés de l'information". Un exemple : Dialog propose 200 banques de données.

Enfin, le commercial doit investir de 2 000 à 25 000 F selon la nature de la banque de données et la complexité du logiciel d'accès, pour trouver et former un nouveau client — et les coûts humains de formation sont plutôt à la hausse.

Cet ensemble de coûts élevés se répercute sur l'utilisateur. La réponse à une seule question posée à travers une banque de données nécessite en moyenne 15 minutes d'interrogation, soit 150 F, soit encore approximativement le coût d'un livre. Comparaison qui se justifie parfaitement, estiment les deux ingénieurs de Mines, dans la mesure où les banques de données ne contiennent généralement pas d'information nouvelle. Elles se contentent de proposer un nouveau mode d'accès à une information le plus souvent disponible ailleurs, sous d'autres formes et à un prix nettement moindre que celui de l'heure de consultation. Aussi la véritable question est-elle : qui est prêt à payer autant pour se relier à une banque de données, et qui sont les 4 000 utilisateurs français ?

Question qui se pose avec d'autant plus d'acuité que nombre de rapports et d'études montrent l'aversion profonde des entreprises et cadres fran-

(2) Saisir un texte : le rentrer dans la mémoire de l'ordinateur (par l'intermédiaire d'un clavier, généralement).

çais à payer pour leur information : les trois quarts des PMI n'ont pas de service documentation structuré ; « rares sont celles qui accepteraient de dépenser plus de 1 000 F/an pour leur documentation » (selon le rapport Lenoir qui, il est vrai, remonte à 1979) ; les ventes de la première revue industrielle française, notre confrère *l'Usine nouvelle*, dont on disait que le tirage était égal au nombre des PME, ont chuté de 25 % lorsque le prix de l'abonnement annuel est passé de 295 à 330 F ; enfin, même lorsque l'on donne aux gens les moyens de payer pour s'informer, leur tendance naturelle n'est absolument pas de se tourner vers les banques de données. L'expérience a été tentée par les pouvoirs publics, qui ont offert à 500 chercheurs universitaires une bourse de documentation avec trois possibilités : acheter des ouvrages, s'abonner à des revues, consulter des banques de données. Résultats : 83 % des dépenses ont servi à acheter des ouvrages, 14 % à s'abonner à des revues et... 3 % à consulter des banques de données !

**M**algré cela, Michel Cohen et Laurent Voignac affirment que le coût des banques de données et le refus des entreprises françaises de payer pour leur information ne jouent qu'un rôle marginal dans le retard français. Ils justifient ce paradoxe par leur étude du comportement des utilisateurs qui présente trois caractéristiques fondamentales.

- En France comme aux Etats-Unis, l'utilisation des banques de données se limite à quelques-unes, elles-mêmes centrées autour de trois domaines : le scientifique et le technique ; la bourse, les affaires et l'économie ; quelques professions libérales (droit, presse, médecine). Elf, qui a accès à plus de 300 banques de données, réalise 75 % de ses interrogations sur 10 banques. Le serveur Questel, qui distribue une bonne trentaine de banques, réalise 75 % de son chiffre d'affaires sur trois banques. En France comme en Europe, 2,5 % des producteurs et des serveurs de banques de données réalisent 37 % du chiffre d'affaires de cette industrie. En Europe comme aux Etats-Unis, les banques de données intéressent des couches professionnelles homogènes.

- En France et aux Etats-Unis, le comportement des utilisateurs est le même, bien que, comme on l'a dit plus haut, il y ait des différences nettes entre les taux de demande. Ainsi, dans le domaine scientifique et technique, le rapport des dépenses de recherche et de développement est de 1 à 6 entre les deux pays ; celui des consultations des banques de données également. En ce qui concerne les finances et la Bourse, le déséquilibre des consultations ne fait que refléter celui des activités financières (rapport 1 à 60). Même écart dans le domaine juridique.

• Mais un utilisateur est un utilisateur et, en France comme aux Etats-Unis, le prix d'interrogation de la banque le laisse insensible : s'il faut consulter, on consulte. La preuve : un courtier français n'a pas perdu une seule heure de consultation après avoir augmenté ses tarifs de 30 %. Une étude américaine confirme cette détermination : 60 % des utilisateurs ne changent pas leur consommation même si les prix varient de 15 %, que ce soit à la hausse ou à la baisse ; donc, une baisse des tarifs n'incite pas à consulter davantage.

D'où la théorie des trois "plus" avancée par les ingénieurs de l'Ecole des Mines ! Ce sont les avantages qu'apportent les banques de données par rapport aux autres modes d'information.

***En premier lieu, le temps*** : les données sont mises à jour en temps réel et l'accès peut se faire depuis son bureau, à n'importe quelle heure.

***En second lieu l'exhaustivité*** : l'utilisateur est certain d'avoir accès à l'ensemble des informations publiées concernant tel ou tel domaine, alors qu'à l'origine ces informations sont éparsillées.

***En troisième lieu, le traitement informatique*** : il garantit l'accès à un texte ou une donnée en fonction des critères propres à l'utilisateur.

Ce n'est pas le contenu de l'information qui est nouveau dans une banque de données et qui en fait sa valeur (nous avons vu que le plus souvent cette information est disponible ailleurs), c'est le "plus" qui accompagne cette information. Ce que l'utilisateur achète, c'est l'information plus le temps, et/ou l'information plus l'exhaustivité, et/ou l'information plus le traitement informatique.

« Un utilisateur n'accepte de payer l'information à une banque de données que lorsqu'elle comporte un avantage tel qu'elle n'est pas substituable par d'autres moyens moins chers, c'est-à-dire un avantage dont il perçoit clairement la valeur et dont il attend un bénéfice certain. »

Dans tous les domaines où les banques de données ont connu un succès, ce dernier s'explique par l'un au moins des trois "plus", fondamental pour l'utilisateur. On le constate dans tous les pays, en France comme aux Etats-Unis, et le nombre d'utilisateurs ne change qu'en fonction de l'intensité de l'activité des branches où les "plus" ont de la valeur dans ce pays.

Cette théorie des trois "plus" explique que les banques de données ne touchent qu'une élite d'utilisateurs, peu sensible aux variations de prix de consultation en comparaison des bénéfices qu'elle en tire. C'est ce niveau de prix qui verrouille le développement des banques de données à l'intérieur des domaines où elles sont actuellement cantonnées. Elle révèle aussi que la compétitivité est plus intense aux Etats-Unis, d'où la disparité dans l'utilisation des banques de données.

Gérard Morice



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

## Comment obtenir la MÉMOIRE ÉTONNANTE dont vous avez besoin

Avez-vous remarqué que certains d'entre nous semblent tout retenir avec facilité, alors que d'autres oublient rapidement ce qu'ils ont lu, ce qu'ils ont vu ou entendu ? D'où cela vient-il ? Les spécialistes des problèmes de la mémoire sont formels : cela vient du fait que les premiers appliquent (consciemment ou non) une bonne méthode de mémorisation alors que les autres ne savent pas comment procéder. Autrement dit, une bonne mémoire, ce n'est pas une question de don, c'est une question de méthode. Des milliers d'expériences et de témoignages le prouvent. En suivant la méthode que nous préconisons au Centre d'Études, vous obtiendrez de votre mémoire (quelle qu'elle soit actuellement) des performances à première vue incroyables. Par exemple, vous pourrez, après quelques jours d'entraînement facile, retenir l'ordre des 52 cartes d'un jeu que l'on effeuille devant vous ou encore rejouer de mémoire une partie d'échecs. Vous retiendrez aussi facilement la liste des 95 départements avec leur numéro-code. Mais naturellement, le but essentiel de la méthode n'est pas de réaliser des prouesses de ce genre mais de donner une mémoire parfaite dans la vie courante : c'est ainsi qu'elle vous permettra de retenir instantanément le nom des gens avec lesquels vous entrez en contact, les courses ou visites que vous avez à faire (sans agenda), l'endroit où vous rangez vos affaires, les chiffres, les tarifs, etc. Les noms, les visages se fixeront plus facilement dans votre mémoire : 2 mois ou 20 ans après, vous pourrez retrouver le nom d'une personne que vous rencontrerez comme si vous l'aviez vue la veille. Si vous n'y parvenez pas aujourd'hui, c'est que vous vous y prenez mal, car tout le monde peut arriver à ce résultat à condition d'appliquer les bons principes. La même méthode donne des résultats peut-être plus extraordinaires encore lorsqu'il s'agit de la mémoire dans les études. En effet, elle permet d'assimiler, de façon définitive et en un temps record, des centaines de dates de l'histoire, des milliers de notions de géographie ou de science, l'orthographe, les langues étrangères, etc. Tous les étudiants devraient l'appliquer et il faudrait l'enseigner dans les lycées. L'étude devient alors tellement plus facile ! Si vous voulez avoir plus de détails sur cette remarquable méthode, vous avez certainement intérêt à demander le livret gratuit proposé ci-dessous, mais faites-le tout de suite car, actuellement, vous pouvez profiter d'un avantage exceptionnel.

### GRATUITS 1 brochure + 1 test de votre mémoire

Découpez ce bon ou recopiez-le et adressez-le au Service M14 Y - Centre d'Études - 1, avenue Stéphane-Mallarmé - 75017 Paris - Veuillez m'adresser le livret gratuit "Comment acquérir une mémoire prodigieuse", et me donner tous les détails sur l'avantage indiqué. Je joins 3 timbres pour frais (pour pays hors d'Europe, joindre cinq coupons-réponse).

Nom  
(en majuscules SVP)

Prénom

Adresse

Code

postal

Ville

### information commerciale

#### KENWOOD M-3S Chaine Midi 2 x 35 W,



comprenant l'amplificateur A-5S - Tuner à synthétiseur T-3LS - Platine Tourne-disque à bras tangentiel P-3S - Platine cassette double autoreverse X-3WS.

### diplômes de langues UN ATOUT PROFESSIONNEL

anglais, allemand, espagnol, italien, russe, grec

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

- Chambres de Commerce Etrangères, compléments indispensables aux emplois du commerce international.
- Université de Cambridge (anglais), pour les carrières de l'information, publicité, tourisme, hôtellerie, etc...
- B.T.S. Traducteur Commercial, formation complète au métier de traducteur ou interprète d'entreprise.  
Langues & Affaires (Etablissement privé) assure des formations complètes (même pour débutants) à distance, donc accessibles à tous, quelles que soient vos occupations quotidiennes, votre lieu de résidence ou votre niveau actuel. *Enseignements originaux et individualisés, avec progression efficace et rapide grâce à l'utilisation rationnelle de moyens audiovisuels modernes (disque, cassettes...). Cours oraux facultatifs à Paris. Service Orientation et Formation*

Documentation gratuite à Langues & Affaires. Service 4448. 35, rue Collange 92303 Paris - Levallois. Tél. : 42 70 81 88.

#### BON D'INFORMATION

à découper ou recopier et renvoyer à

L. & A. service 4448. 35, rue Collange 92303 Paris-Levallois. Veuillez m'adresser gratuitement et sans engagement votre documentation complète.

Nom : .....

Prenom : .....

Adresse : .....

.....

# ECHOS DE L'INDUSTRIE

TÉLÉCOMMANDÉ

## L'ère de l'infrarouge à vocation industrielle

*Dans les usines ou sur les chantiers, la commande sans fil est un facteur de sécurité pour les opérateurs.*

Deux technologies sont jusqu'à présent utilisées : la radiocommande, source de risques, dans la mesure où elle permet le pilotage d'un appareil échappant au contrôle visuel de l'opérateur, et la commande à distance par émission de rayonnements infrarouges.

Nouvelle technique mise au point par Sadamec (23 route de l'Industrie, 67400 Illkirch-Graffenstaden, tél. 88 67 13 13), la photocommande agit selon le principe mis en œuvre depuis plusieurs années pour de nombreuses applications à usage domestique, mais en apportant des innovations.

Au niveau de la sécurité d'abord — l'opérateur doit se positionner face à l'appareil commandé, ce qui évite tout largage d'une charge sur un ouvrier présent au-dessous ; de la facilité d'exploitation aussi — son badge d'émission assure une parfaite continuité de liaison dans toutes les positions ce qui libère les mouvements de l'opérateur ; il suffit de voir l'engin piloté pour que l'ordre soit transmissible ; enfin de la fiabilité : jusqu'à présent la commande de plusieurs installations contiguës par rayonnement infrarouge se traduisait, dans les meilleurs des cas, par une perte de sensibilité du capteur du message lors du croisement des rayonnements. Dotée d'un système d'émission multicanaux, la photocommande Sadamec permet l'exploitation simultanée de plusieurs

équipements voisins sans risque d'interférences ni de désensibilisation, ainsi que la commande alternée de plusieurs appareils à partir d'un seul poste émetteur. Elle présente des caractéristiques adaptées aux exigences des installations les plus sophisti-

quées : portée de rayonnement de 120 m en ambiance lumineuse et 200 m en lumière atténuee, 20 ordres tout ou rien simultanés avec 7 actions proportionnelles simultanées, commande alternée, vitesse de réponse supérieure à 170 m/s...

A noter que tous les systèmes de commande par rayonnement infrarouge relevaient jusqu'ici d'une technologie spécifique sans lien avec les systèmes de commande par émission d'ondes hertziennes, alors que la photocommande, mettant en œuvre la majeure partie des composants des radiocommandes (système de codage, boîtiers émetteurs et récepteurs, modules électroniques, etc.), permet une interchangeabilité facile des deux technologies.



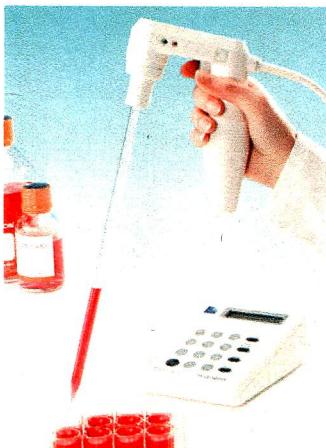
## Le pipettage à microprocesseur

Transférer les liquides à l'aide de pipettes graduées, tenues à hauteur de vue pour surveiller leur affleurement au trait de jauge, constitue une opération où la vue se fatigue vite et où l'épaule souffre au cours des longues séries de pipettage pratiquées dans les laboratoires.

On pourra désormais travailler dans une position confortable en ne surveillant plus que la pointe, l'ordinateur faisant le reste.

L'*Electrapette* de la firme Tecnomara (5 avenue Rey-de-Forêt, 95160 Montmorency, tél. (1) 39 64 43 44), auxiliaire de pipettage à microprocesseur, se compose d'une poignée porte-pipette à seringue motorisée et d'une console de commande sur laquelle on choisit le programme de travail et on entre les volumes à pipetter. Ces données et le déroulement du pipettage s'affichent sur un écran à cristaux liquides.

En verre ou en plastique, les pipettes ont une contenance de 12 ml. Elles remplacent tous les modèles courants gradués de 1 à 10 ml. On sait que l'exactitude du pipettage est liée à la densité et à la viscosité du liquide à distribuer et l'on peut même tenir compte de la nature du matériau de la pipette, verre ou plastique. L'exactitude atteint 1 %, indépendamment du type de liquide aspiré. Un filtre à membrane hydrophobe permet de travailler stérilement et protège l'appareil contre toute entrée imprudente de liquide.



## Quand le conducteur s'endort...

*Vingt à vingt-cinq pour cent des accidents de la route sont le fait de la fatigue et de l'assoupissement des conducteurs.*

Ce facteur arrive en tête des causes d'accidents mortels. Il était donc grand temps que les constructeurs s'intéressent au phénomène et proposent des mécanismes de détection et d'alerte de l'endormissement au volant.

L'idée n'est certes pas nouvelle : on peut déjà trouver un petit appareil que l'automobiliste se fixe derrière l'oreille et qui déclenche un signal sonore dès qu'il penche la tête ; nous l'avons présenté en son temps dans notre rubrique "Des marchés à saisir". Le système mis au point par la Régie Renault apparaît beaucoup plus complexe.

Il s'agit d'un micro-ordinateur de bord, parfaitement intégré au véhicule, ce qui a l'avantage de ne pas perturber la façon de conduire, et qui est "nourri" par deux capteurs : l'un surveillant la vitesse ; l'autre, fixé sur la barre de direction, enregistrant les angles de rotation du volant.

Les micro-mouvements que le conducteur imprime sans cesse à son volant afin de maintenir sa trajectoire, s'avèrent en effet liés à sa vigilance : ils sont modifiés par tout ce qui affecte la capacité de conduire comme l'alcool (*a fortiori* la drogue), l'inexpérience ou le manque de sommeil du pilote. D'autre part, ils augmentent en fréquence avec la vitesse. Le système n'entre en fonction qu'à partir de 60 km/h. Il détecte les mouvements du volant inférieurs ou égaux à 25 degrés c'est-à-dire en ligne droite et en courbe (à l'exception donc des virages de plus de 25° qu'il est, de toutes façons, conseillé de prendre à moins de 60 km/h!).

Le micro-ordinateur travaille ensuite en temps réel à la cadence de 20 mesures par seconde pour le paramètre "angles au volant" et une mesure par seconde pour le paramètre "vitesse". Un micropro-

cesseur, situé dans le tableau de bord, mémorise chacune d'elles, calcule une équation reliant les deux indices, en effectue une moyenne sur dix secondes et la compare à une cote de référence, déterminée au préalable durant la première demi-heure de conduite, lorsque l'état d'éveil est à son maximum. Cette confrontation permanente avec la cote de référence (toutes les deux secondes) permet au micro-ordinateur de déclencher une alarme s'il y a lieu.

Alarme douce d'abord, traduisant le franchissement d'un premier seuil de fatigue, sous forme visuelle (voyant lumineux, vumètre...) et/ou sous forme vocale (par une voix synthétique).

Lorsque la vigilance passe de "détériorée" à "dégradée", l'alerte se fait plus brutale, lumineuse encore mais rouge, complétée d'une sonnerie vive. Il est en outre possible de coupler les signaux informatifs à des dispositifs plus énergiques comme un limiteur automatique de vitesse.

Tout ce complexe, à l'étude au laboratoire de physiologie et de bio-mécanique Renault depuis 5 ans, devrait être commercialisé d'ici 3 ans. Il faut encore l'affiner. Le système ne doit pas déclencher de fausses alertes, mais pour être efficaces, les vraies doivent être précoces. Toute la difficulté est là. L'ensemble ne devrait coûter qu'environ 1 000 francs.

■ Première convention internationale de sécurité, dans le cadre du Salon Parifeu-Intersécurité, sur le thème "L'industrie et son environnement : la maîtrise des risques technologiques" les 24 et 25 avril au parc des expositions du Bourget. Organisateur : Centre national de prévention et de protection, 5 rue Daunou, 75002 Paris, tél. (1) 42 61 57 61.



TRAVAUX PUBLICS

## Mini-pelle araignée hélicoportable

*Nombreux sont les chantiers en haute montagne pour lesquels la mise en place d'une pelle araignée se fait par hélicoptère.*

Jusqu'ici deux à six rotations de l'hélicoptère, plus les travaux de démontage et remontage de la pelle, à la montée comme à la descente, rendaient l'opération coûteuse, tant par la location de l'hélicoptère que par les pertes de temps.

Cette nouvelle pelle, la *Menzi-Muck 2000*, ne pèse que 2 800 kg, c'est-à-dire qu'elle peut être transportée en une seule fois par un hélicoptère Lama.

Ce qui ne l'empêche pas de posséder tous les éléments d'une pelle-araignée performante : rotation totale, positionnement (lever, baisser, écartement) des roues et des pattes par hydraulique, moteur diesel refroidi à l'eau d'une puissance de 22 CV entraînant une pompe à débit variable pour les

éléments de travail (couronne, flèche, balancier et godet), tenue face à la pente de 100 % et de 70 % en dévers.

La *Menzi-Muck 2000* est équipée d'un balancier télescopique qui lui permet de creuser jusqu'à 3,40 m et elle peut charger un camion sans problème, sa hauteur de déversement allant de 2,80 m à 4,50 m.

En site étroit, la largeur hors tout de la pelle peut être ramenée à 1,50 m. Et son châssis peut monter jusqu'à 1 m du sol ainsi, si la pelle travaille dans des rivières ou des canaux, le conducteur a toujours les pieds au sec, dans 1 m d'eau.

Pour tout renseignement : Aquarex, 21 rue de l'Industrie, 38170 Seyssinet, tél. 76 27 01 27.

## INFORMATIQUE

## Un disque dur français pour Macintosh

*Le premier disque dur de l'histoire de l'informatique occupait une pièce entière.*

Il possédait 50 faces de 610 millimètres et, cependant, sa capacité de stockage se limitait à 5 millions de caractères (à l'époque, on ne parlait pas encore de mégaoctets).

C'était en 1957 et c'était IBM...

Rappelons que le disque dur (ainsi nommé par opposition avec les disques souples, ou disquettes, largement employés en micro-informatique) est un périphérique de stockage de masse de l'information. Il comporte en général plusieurs "galettes" superposées et plusieurs têtes enfermées dans une cartouche où règne une atmosphère contrôlée. A l'arrêt, les têtes reposent sur la surface des galettes. En fonctionnement, elles la survolent à l'"altitude" de 0,3 micromètre ! Ce qui donne une idée de la performance technologique...

Une entreprise française, Micro Expansion SA (234 route de Genas, 69003 Lyon, tél. 72 33 01 47), vient de lancer Mac 5, un disque dur de 5 Mo destiné à Macintosh.

Ce périphérique comporte deux plateaux et quatre têtes de lecture/écriture et se loge tout entier dans un boîtier de 363 × 258 × 148 mm. Il transfère les informations à la vitesse de 5 mégabits par seconde, avec un temps d'accès moyen de 85 millisecondes. Chaque face comporte 153 pistes divisées en 32 secteurs de 256 octets.

On le branche sur la sortie modem de Macintosh, ensuite on l'oublie...

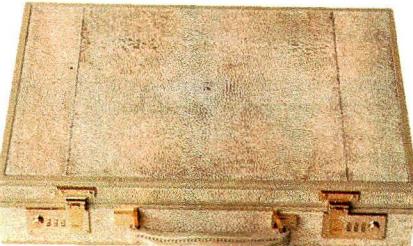
Certes, il existe sur le marché d'autres disques durs de 20, 40 et même 50 mégaoctets. D'ailleurs, Micro Expansion SA en propose plusieurs modèles à son catalogue.

Mais Mac 5 est le premier sur le marché français dont le prix soit inférieur à 10 000 F HT. Une telle performance valait d'être notée...

# Deux nouvelles matières premières : raie et requin

*La Convention de Washington réglemente l'abattage des reptiles dont les peaux sont destinées aux tanneries.*

Et les décrets de cette convention ont porté un coup sérieux à la capacité de production des entreprises spécialisées dans cette branche. Aussi pour maintenir son activité en pleine expansion et conserver sa place de leader, l'entreprise Gordon-Choisy (17 bd Jules-Ferry, 75011 Paris) a trouvé une nouvelle source d'approvisionnement en peaux non encore exploitée ni touchée par les décrets



de la Convention de Washington : les peaux d'animaux aquatiques et marins, notamment celles des raies et des requins.

Les peaux de raies et de requins sont reçues à l'usine soit congelées soit séchées, la technique de tannage consistant à rendre les peaux biologiquement imputrescibles et esthétiquement marchandes.

Le procédé utilisé est valable pour les deux types de matières premières, avec seulement quelques variantes pour les peaux de requins de texture plus dure, la peau de raie étant parsemée de grains d'ivoire plus ou moins gros et celle de requin étant revêtue de quartz d'une manière très régulière et homogène.

Les peaux séjournent d'abord dans l'eau puis elles sont trempées dans un bain de sulfure alcalin qui les dégrasse et les prépare au tannage. Le dosage de l'alcalinité constitue une opération extrême-

ment délicate : une alcalinité trop forte peut provoquer la destruction de la peau.

Une fois l'alcalinité éliminée par rinçage, les peaux sont traitées en milieu acide, traitement qui les protège de la putréfaction ; puis elles sont tannées suivant le résultat recherché, soit au chrome, ce qui donne des peaux bleutées, soit avec du tannin synthétique, ce qui donne dans ce cas des peaux de teinte claire.

Une fois tannées, les peaux sont imputrescibles mais dures, on les traite alors avec un mélange de matières grasses : c'est l'opération de nourriture.

Il faut encore les poncer, opération délicate exigeant une grande dextérité. La poussière de ponçage étant dangereuse, un système de ponçage hors poussière a été mis spécialement au point, procédé qui donne satisfaction tant sur le plan technique que sur le plan de la santé. Les peaux sont enfin soit teintées, soit finies naturelles. Et après une dernière opération de polissage à la main, elles sont alors prêtes à la vente pour être travaillées.

Les peaux de raies sont surtout utilisées en gainerie, pour l'aménagement, alors que les peaux de requins, plus souples, servent aussi bien pour la gainerie que pour la maroquinerie et la fabrication de chaussures.



## DU PÉTROLE DANS LE BASSIN PARISIEN

Le forage de Saint-Eloi 1, opéré par Elf-Aquitaine à 1 km au nord de Romilly-sur-Seine (Aube), vient de mettre en évidence des hydrocarbures à 1 520 m de profondeur, dans des formations carbonatées d'âge jurassique. Les premiers tests ont fourni un débit éruptif de 100 m<sup>3</sup>/jour d'huile anhydre. Des essais de longue durée vont être entrepris pour apprécier la valeur commerciale de cette découverte.

## LES FRANÇAIS DÉPOSENT PLUS DE BREVETS

Après 10 années marquées par un tassement des dépôts d'origine nationale, la situation se redresse. En 1985, indique l'Institut national de la propriété industrielle (INPI), les Français ont déposé 12 050 brevets, soit un accroissement de 6,3 % par rapport à 1984 et de 12,8 % par rapport à 1982. Les dépôts d'origine étrangère conservent cependant la haute main sur l'industrie française : on a compté 38 800.

## NOUVEAU REVÊTEMENT POUR L'ACIER

Le Galfan est un alliage de zinc de haute pureté contenant 5 % d'aluminium et de faibles additions de terres rares, mis au point par le Centre technique du zinc (34 rue Collange, 92307 Levallois Perret, tél. (1) 47 39 47 40). Ses propriétés mécaniques, chimiques et électrochimiques particulières le distinguent des revêtements connus notamment par une excellente adhérence, une très grande ductibilité, et une très forte résistance à la corrosion.

## GRANDS MAGASINS : 9 MILLIARDS DE VOLS PAR AN

La "démarque inconnue" s'établit pour ces derniers à 11 milliards : 9 sont dérobés en marchandises par les petits chapardeurs ou les professionnels de l'escroquerie et 2 milliards sont consacrés par ces magasins à la surveillance des étalages. Au total, 2,5 % du chiffre d'affaires des grandes surfaces (540 milliards) s'évaporent ainsi. Selon l'Institut de la consommation, les salariés des grands magasins commettent autant de vols (40 %) que les clients, les 20 % restant étant imputables aux livreurs et au personnel des entreprises de nettoyage.

## MARKETING

# Un André achète autant que vingt Brigitte

*... Telle est la conclusion d'une étude statistique sur la valeur des prénoms, qui intéresse évidemment les utilisateurs de fichiers.*

Certains prénoms sont plus répandus que d'autres, on s'en doutait. Une étude de l'Institut national de la statistique et des études économiques révèle, non seulement lesquels sont plus nombreux, mais aussi pour quelle raison. Guy Desplanques, du service démographique de l'INSEE, y voit beaucoup plus de logique qu'on l'eût cru : on n'associe plus transmission du prénom à la transmission des biens (ce qui était encore plus logique), mais on se conforme à la mode en évitant toutefois les prénoms trop communs autant que ceux qui sont difficiles à porter. Et la mode, pour capricieuse qu'elle paraisse, suit un mécanisme.

Ce sont les cadres supérieurs et les professions intellectuelles qui la lancent ; les professions intermédiaires, les artisans et commerçants, les employés, les ouvriers et enfin les agriculteurs leur emboîtent le pas. A noter que les décideurs du premier groupe suivent

quand même l'inspiration générale ; ainsi le succès de Thierry la Fronde multiplie le nombre de bébés s'appelant Thierry.

Un directeur de marketing dans une société de vente par correspondance (Patrick de St-Hubert, de Dorian & Campbell) a, par ailleurs, eu l'idée d'étudier les rapports qu'il pourrait y avoir entre les prénoms des gens qui achètent sur coupons. C'est une idée intéressante. Les envois de coupons se font sur fichiers ; or, ces fichiers se louent cher et quand on compte jusqu'à 50 % d'absence de réponses, on n'en rentabilise pas la location.

Surprise : il y a bien un rapport. La société Dorian & Campbell, qui vend des objets d'art, constate ainsi que les André des petites bourgades achètent 20 fois plus de ces objets que les Brigitte des grandes agglomérations.

De tels phénomènes finissent par se savoir et une société d'étude de marché, Figesma-Conseil (1), crée alors la première base de

donnée des prénoms, grâce aux travaux de Bernadette Debuissiers. 100 000 prénoms ont ainsi été pris au hasard sur les listes électorales de 500 communes. Associant prénom, adresse et date de naissance, cette banque permet donc de savoir quel rapport il y a entre prénom et âge. Mais elle offre aussi, grâce à une analyse corrélative, une liste des "bons" et des "mauvais" prénoms, par tranches d'âge, de sexe et de taille de la commune.

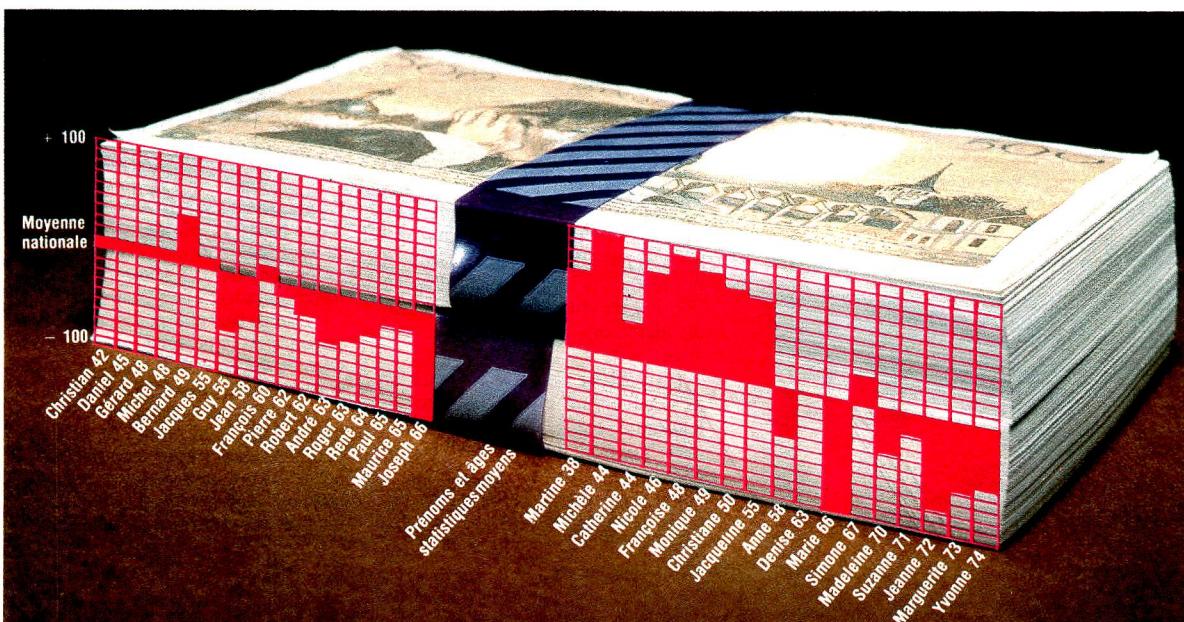
Intérêt : mesurer les possibilités de pénétration des différents marchés. Car il n'est pas sûr que le rapport de 1 à 20 entre les Brigitte et les André, cité plus haut, ne s'inverse pas, par exemple dans le domaine des vêtements.

La sélection est fournie sur bande magnétique. La firme qui a loué celle-ci n'a plus qu'à sélectionner les adresses les plus rentables. La Guilde du Disque a déjà loué ce fichier.

L'idée pourrait aller loin, car il est possible qu'il y ait aussi des corrélations entre le prénom et le comportement politique. Valéry Mitterrand aurait-il été le même que François Giscard ?...

Tout cela a déjà été suggéré en psychologie : le prénom modifie l'idée que l'enfant, puis l'adulte se font d'eux. C'est la statistique qui prouve, au bénéfice du commerce pour commencer, que les psychologues avaient eu le flair heureux.

(1) Tour Sapor, 70 rue de Javel, 75645 Paris Cedex 13, tél. (1) 45 84 21 25.



*Les innovations et les techniques et procédés nouveaux présentés dans cette rubrique ne sont pas encore exploités sur le marché français. Il s'agit d'opportunités d'affaires, qui semblent "bonnes à saisir" pour les entreprises industrielles et commerciales françaises. Comme l'ensemble des articles de Science & Vie, les informations que nous sélectionnons ici sont évidemment libres de toute publicité. Les sociétés intéressées sont priées d'écrire à "Des marchés à saisir" c/o Science & Vie, 5 rue de la Baume, 75008 Paris, qui transmettra aux firmes, organismes ou inventeurs concernés. Aucun appel téléphonique ne pourra être pris en considération.*

## UN DISPOSITIF QUI ÉLIMINE RATS ET SOURIS

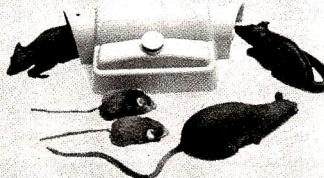
### Quoi

Il s'agit d'un simple petit tunnel que l'on colle, fixe avec des vis, ou attache à l'aide de liens sur des chemins de câbles, tuyauteries, canalisations, etc.

### Comment

Les rats, souris ou mulots sont attirés par les petits tunnels, alimentés en grains et poudres raticides. Même si l'animal n'absorbe pas le grain, il se couvre de poudre en les traversant et il mourra dès qu'il fera sa toilette.

Le tunnel est extrêmement résistant — on peut sans inconvenients marcher dessus. Les produits nocifs qu'il contient sont protégés de l'humidité, de la poussière, du balayage et du lavage. Ce qui apporte une sécurité inégalée : tous ces produits dangereux sont à l'abri des enfants, des animaux domestiques et des denrées alimentaires.



### Marché

Ce nouveau produit intéresse aussi bien les lieux ou locaux à usage industriel ou public, que les logements. Précaution indispensable : lorsque les produits alimentaires ne sont pas emballés, il ne faut utiliser que des raticides en grains et en aucun cas de la poudre pour éviter que rats, souris ou mulots ne les contaminent.

### Pour qui

L'entreprise qui commence la fabrication de ce dispositif cherche des distributeurs en France comme à l'étranger.

## TÊTE DE DÉBROUSSAILLAGE AUTOMATIQUE

### Quoi

Là où les tondeuses ne passent pas, près des arbres ou des fleurs par exemple, on utilise des têtes de débroussaillage munies d'un fil de coupe. Inconvénient : lorsque le fil est usé, il faut faire venir manuellement une nouvelle longueur de fil. Avec le nouveau dispositif, l'opération de dévidage d'un ou plusieurs fils consommables sortant d'un boîtier tournant et enroulés sur une bobine, devient automatique.



### Comment

Lorsque le fil s'use, la tension diminue et la force centrifuge que subit la masselotte devient supérieure à la force centripète. La masselotte libère alors la bobine en rotation et le fil se dévide de la longueur nécessaire.

### Marché

Le dispositif peut utiliser des fils de toute matière ainsi que des câbles, chaînes ou rubans qui s'usent par friction ou abrasion. Il intéresse les débroussailleuses à fils, les machines de ponçage, de décalaminage, etc.

### Pour qui

L'inventeur cherche à concéder sa licence. Son invention a été sélectionnée par le service de promotion industrielle et d'expansion économique de la Chambre de commerce et d'industrie de Vaucluse et de Drôme.

## MESURE AUTOMATIQUE DES TENSEURS DE CONTRAINTES

### Quoi

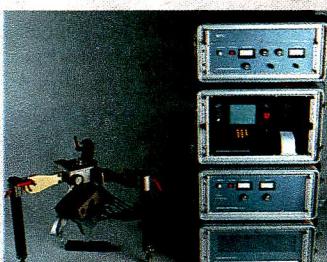
Cet appareil conçu par l'ENSAM (Ecole nationale supérieure des arts et métiers) avec l'aide de l'ANVAR, le SET X, permet par diffractométrie X, la mesure automatique des tenseurs de contraintes superficielles existant dans un métal.

### Comment

La mesure automatique est réalisable sur site. Elle n'est pas destructive et s'effectue en moins de 15 minutes. L'appareil est composé d'une tête goniométrique de 25 kg spécialement conçue pour le transport.

### Marché

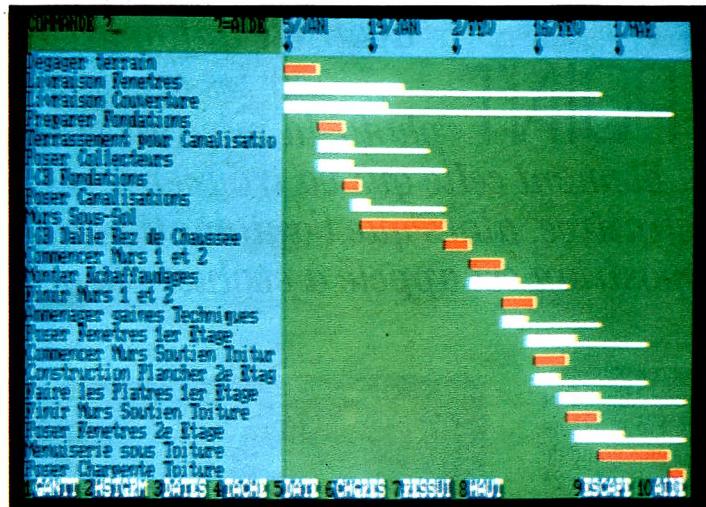
Utilisation dans la construction mécanique, aérodynamique et nucléaire, pour le contrôle de fabrication et le suivi en fatigue.



### Comment passer dans cette rubrique

Si vous avez conçu une innovation ou un produit nouveau, adressez à « Des marchés à saisir » un descriptif de votre invention le plus clair possible, en vous inspirant de la présentation que nous avons adoptée pour cette rubrique. Joignez-y une copie de votre brevet et une photo ou un schéma de votre prototype. Enfin faites preuve de patience et de tolérance ; nous ne pouvons présenter toutes les inventions, et celles que nous publions doivent être d'abord étudiées par notre service technique.

## **Un outil de planification**



Mis au point pour aider les chefs de projet, ingénieurs et cadres à développer leur savoir-faire en tirant profit de toute la puissance offerte par les micro-ordinateurs, le logiciel britannique *Pertmaster* est désormais disponible en France auprès de la société Axone (Tour Neptune, 92086 Paris La Défense, tél. (1) 47 73 63 64).

Contrôlant les paramètres d'un projet (dates, délais d'exécution), modifiant les activités qui sont sur le chemin critique et simulant facilement des situations du type « que se passera-t-il si...? », *Pertmaster* est destiné à toutes les sociétés ayant des besoins de planification et de suivi d'exécution d'un projet : cabinets d'architectes, bâtiments et travaux publics, ingénierie industrielle, compagnies aériennes, automatismes industriels, aéronautiques, exploitations pétrolières et minières, marketing, publicité...

En fait, qu'il s'agisse de la construction d'une maison, du lancement d'une navette spatiale ou du respect des échéances d'un plan de travail, tout projet peut être subdivisé en plusieurs tâches, liées les unes aux autres et formant un réseau, définies par leur ordre logique d'enchaînement et l'estimation du temps et des ressources nécessaires pour exécuter chacune d'elles.

Lorsque le plan d'ensemble est établi, l'utilisateur entre les informations dans le micro-ordinateur. *Pertmaster* analyse alors le réseau planifié, traite les données et les transforme en informations visualisant le chemin critique du projet. A n'importe quel moment on peut mettre à jour ce réseau, l'affiner selon son avancement et les changements qui se produisent, procéder à une nouvelle analyse.

*Pertmaster* s'adresse à toutes les entreprises, aussi petites soient-elles : il ne coûte que 7 500 F et l'utilisateur bénéficie d'une formation complète de 4 jours ; ainsi que, en cas de besoin, d'un service d'assistance téléphonique.

**Commentant la même erreur que l'administration**, nous avons bien involontairement associé dans notre article "Les poubelles de l'industrie débordent" paru dans le numéro de février, le nom de l'entreprise Stepan à la firme Sico. En effet, celle-ci avait laissé derrière elle un dépôt de résidus de lindane sur un terrain situé à Voreppe (Isère) racheté depuis par Stépan. Cette dernière société nous a signalé n'avoir aucun lien financier et industriel avec le pollueur initial et servir seulement de repère géographique. C'est d'ailleurs cette firme qui a alerté la mairie de Voreppe et le service des Mines, ce qui est tout à son honneur.

# **L'informatisation se généralise**

57 % des entreprises françaises de l'industrie agro-alimentaire (IAA) qui constitue le premier secteur industriel national, sont équipées en matériel informatique.

Selon l'Agence de l'informatique (ADI), le taux réel d'informatisation des IAA (équipements propres et recours à des sous-traitants) atteint 71 %, c'est-à-dire qu'il est pratiquement identique à celui des industries mécaniques et des métaux. A la fin de l'année, 71 % également des entreprises de l'IAA devraient être équipées d'au moins un ordinateur en propre et 33 % comptent s'équiper ou compléter leur équipement en 1986.

# **Quatre prix “Performances 2000 SG”**

Il s'agit d'un concours annuel qui a pour objectif de soutenir et de promouvoir la recherche et l'innovation dans les domaines de l'électronique, des matériaux et de la biotechnologie.

Il s'adressent aux inventeurs indépendants français, comme aux PMI exerçant en France. Les innovations peuvent être soit au stade de la conception et du démarrage, soit réalisées depuis moins de 2 ans. Quatre prix "Performances 2000 SG" seront distribués, un grand prix de 300 000 F et trois prix de 150 000 F, dont l'un récompensera obligatoirement le projet d'un jeune de moins de 25 ans.

Date limite du dépôt des candidatures : 30 avril. Les dossiers sont à retirer auprès des agences de la Société générale ou au siège de l'Association de soutien à l'innovation (crée à cette occasion) : ASI, 2 square de l'Opéra Louis-Jouvet, 75009 Paris.

# L'ORDINATEUR FAIT LA MISE AU POINT

*est probablement celle qui va trouver le plus vite sa forme définitive, alors que l'automatisme de l'exposition est appelé à évoluer encore.*

**L**'informatisation de l'appareil photographique se précise. Après Minolta et Canon (voir *Science & Vie* n° 821 de février dernier), c'est au tour du troisième grand de l'industrie japonaise, Nikon, de lancer un reflex 24 × 36 asservi par microordinateur, le Nikon F-501 AF.

Observons tout d'abord que cet appareil, qui est destiné aux professionnels et aux amateurs avertis des choses de la photographie, ne ressemble en rien aux boîtiers des deux autres marques qui l'ont précédé, le Canon T-90 et les Minolta 7000 et 9000. Le Canon T-90 est un appareil doté de modes d'exposition programmables sur microordinateur et d'un écran à cristaux liquides, mais dont la mise au point (réglage de l'objectif pour la distance du sujet) est totalement manuelle. Le Nikon F-501 AF est plus classique en ce qui concerne l'exposition du film : c'est un reflex utilisable soit de façon semi-automatique, soit en sélectionnant un automatisme parmi les 4 disponibles (nous y reviendrons plus loin). Il ne possède aucun écran de contrôle de programmation. Par contre la mise au point est automatique, comme sur les Minolta 7000 et 9000.

Mais le système Nikon — et c'est là l'originalité de l'appareil — est beaucoup plus perfectionné alors que la mise au point automatique des Minolta repose sur un microordinateur de 8 bits dans le boîtier et de mémoires mortes dans les objectifs, le système Nikon, qui utilise aussi un ordinateur 8 bits dans le boîtier, fait appel à des microprocesseurs 4 bits dans les objectifs.

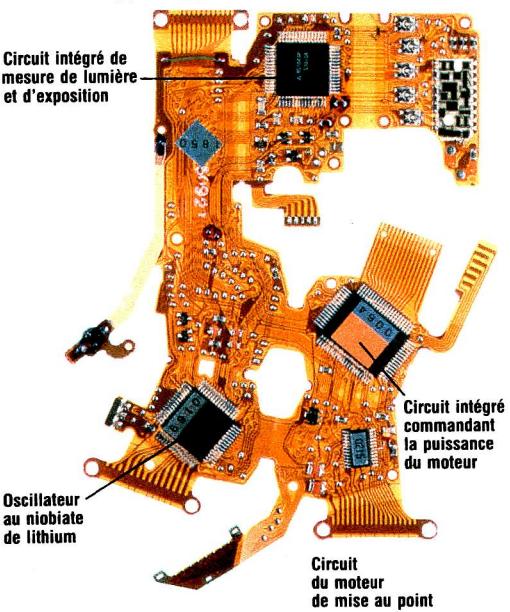
D'autre part, alors que les Minolta 7000 et 9000 ne peuvent recevoir que des objectifs spéciaux, Nikon a réussi à conserver sa baïonnette traditionnelle (dite AI), ce qui permet de monter sur le boîtier F-501 AF tous les objectifs anciens. Mieux encore, la mise au point automatique est possible avec la plupart de ces optiques en les équipant d'une bague adaptatrice (téléconvertisseur AF-TC 16A) dotée du

*Dernière fonction à avoir été automatisée sur les appareils photo, la mise au point*

*est probablement celle qui va trouver le plus vite sa forme définitive, alors que l'automatisme de l'exposition est appelé à évoluer encore.*



Le microordinateur du Nikon F-501 AF, entièrement monté sur support souple.



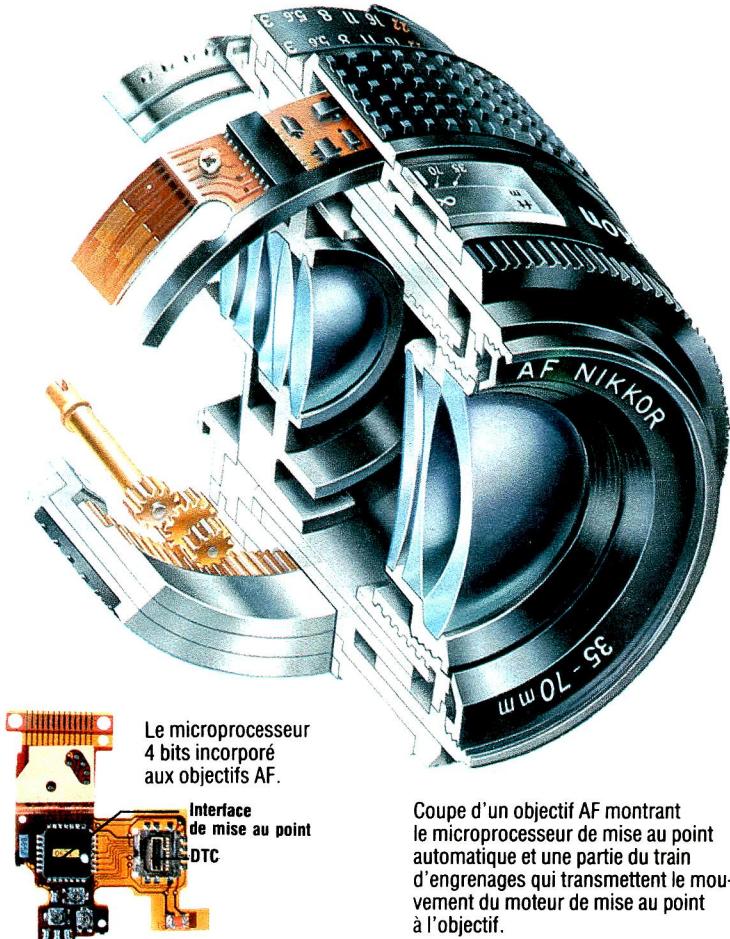
microprocesseur et des commandes nécessaires, le moteur de réglage de l'objectif étant, lui, incorporé au boîtier. Quant aux anciens boîtiers Nikon, ils peuvent recevoir les nouveaux objectifs. Tel est le principe du système de mise au point. Voyons-en maintenant le fonctionnement et les extraordinaires possibilités.

Le réglage utilise un phénomène connu : lorsque la mise au point est correcte, l'objectif forme l'image nette sur le film (et dans le viseur sur le plan du verre dépoli). Lorsqu'elle n'est pas correcte sur le film (et sur le dépoli), cette image nette se forme soit en avant, soit en arrière du film (et du dépoli). Sur ce film (et sur ce dépoli) elle est donc floue.

Dans le système de visée Nikon, un écran DTC (dispositif à transfert de charge) de 48 cellules à deux détecteurs (soit 96 détecteurs au total) reçoit l'image transmise par l'objectif (plus exactement, la partie centrale de cette image, d'ailleurs repérée dans le viseur par un petit rectangle). En simplifiant les choses (**dessin page 121**), disons que le travail de ces cellules revient à mesurer le degré de flou, donc le degré de défocalisation due à la mauvaise mise au point. Dans son principe, le processus est simple : lorsqu'on met au point, l'image passe du flou au net, d'où un déplacement des rayons lumineux qui balayent l'écran DTC.

Ce mouvement, n'importe quel spectateur peut avoir l'occasion de l'observer sur l'écran d'une salle de cinéma, lorsque l'opérateur met au point : de vastes taches claires floues, peu lumineuses rétrécissent jusqu'à former des taches ou des points nets et brillants. Sur l'écran DTC du Nikon, ce sont ces balayages de lumière qui sont détectés par les cellules et traduites en quantités d'électricité. Les cellules génèrent ainsi un signal modulé analogique. Le microordinateur du boîtier ne pouvant, comme tous les ordinateurs, traiter que des signaux numériques, un convertisseur réalise la transformation analogique/numérique. Par comparaison avec un programme mémorisé, le microordinateur détermine alors la distance à laquelle se trouve le sujet et pilote en conséquence le réglage de l'objectif en contrôlant la rotation du micro-moteur.

La puissance de l'unité de traitement et la qualité du moteur, qui possède plusieurs vitesses de rotation, sont telles que le système peut agir en temps



Coupe d'un objectif AF montrant le microprocesseur de mise au point automatique et une partie du train d'engrenages qui transmettent le mouvement du moteur de mise au point à l'objectif.

réel, même lorsque le sujet se déplace très vite (par exemple une automobile ou un skieur fonçant vers le photographe). Cela suppose tout d'abord que le microordinateur puisse traiter très rapidement de grosses quantités d'informations provenant principalement de deux sources :

- De l'image analysée par l'écran DTC, dont le degré de flou varie constamment à cause du déplacement du sujet et du réglage de l'objectif par le moteur.
- De l'objectif, dont un groupe de lentilles se déplace sous l'action du moteur.

On conçoit ici que les informations concernant la course des lentilles de l'objectif (et qui passent par le rapport de réduction du train d'engrenage propre à chacun d'eux) soient importantes pour un calcul en temps réel. C'est pour ce motif que Nikon a doté ses objectifs d'un microprocesseur 4 bits et non, comme Minolta, d'une simple mémoire morte. Le microprocesseur est un élément actif ayant, au surplus, une plus grande capacité. Il peut donc transmettre instantanément au microordinateur du boîtier les éléments de calcul qui lui sont indispensables.

En définitive, le système du Nikon F-501 AF offre des possibilités inégalées à ce jour. Tout d'abord le réglage automatique de la mise au point est particuliè-



Le Nikon F-501 AF



rement rapide, même avec les téléobjectifs dont les lentilles ont une course plus longue que dans un grand angulaire ou un objectif normal (la vitesse de rotation variable du moteur joue ici un rôle efficace, le gros de la mise au point se faisant à vitesse rapide, le fignolage final se faisant plus lentement).

Cette rapidité de réglage est importante pour le photographe, notamment en photo sportive ou en chasse photographique pour pouvoir saisir un mouvement. De ce point de vue, le système Nikon est incontestablement supérieur à celui de Minolta.

D'autre part, la rapidité de réaction du système F-501 AF a permis à Nikon de doter son boîtier de deux modes de mise au point automatique :

- Mode S (de statique) pour les sujets immobiles (paysage, portrait, nature morte, etc.). Dans ce cas le photographe cadre la partie du sujet sur laquelle la mise au point doit se faire (par exemple les yeux du sujet pour un portrait), puis presse le déclencheur à mi-course pour obtenir la mise au point, enfin cadre et prend la photo.
- Mode C (de continu) qui permet une mise au point continue avec les sujets mobiles (sportifs, véhicules, animaux, etc.). Dès que le déclencheur est enfoncé à mi-course, la mise au point se fait en permanence sur le sujet, qui est donc net lorsqu'on déclenche.

Le système Nikon est également utilisable en mise au point manuelle (position M du sélecteur). Dans ce cas des flèches rouges dans le viseur indiquent le sens dans lequel il faut tourner la bague de l'objectif pour faire le point. Lorsqu'il est fait, une diode verte s'allume. Cette technique est utilisable avec la gamme de plus de 60 objectifs Nikkor et Nikon série E.

Dans l'obscurité, la mise au point automatique reste possible si l'on utilise un flash électronique Nikon SB-20. Celui-ci possède un illuminateur qui

éclaire le sujet avant le déclenchement afin qu'une image suffisamment brillante se forme sur l'écran du dispositif de mesure.

Pour terminer sur cette question de la mise au point automatique et montrer un peu plus à quel point il est perfectionné, précisons encore que l'unité centrale de traitement compte sept circuits intégrés et un oscillateur au niobate de lithium. Cet oscillateur, en particulier, permet au microordinateur d'exploiter le flot de données variables en quelques millisecondes. Il travaille avec une fréquence de 4 MHz obtenue de façon plus stable qu'avec un oscillateur céramique, habituellement utilisé, ce qui permet d'ordonner le flux d'impulsions avec une meilleure précision. De plus, il est plus petit que cet oscillateur céramique.

D'autre part, les 96 détecteurs de l'écran DTC n'entrent pas en service ensemble, mais seulement par moitié. Le microprocesseur de chaque objectif décide du groupe qui travaillera et ce, en fonction du diaphragme. Pourquoi ? Parce que le système de mise au point utilise les rayons périphériques du faisceau lumineux et qu'avec un objectif de petite ouverture ces rayons lumineux sont d'intensité trop faible pour activer des détecteurs peu sensibles. L'écran DTC comporte donc une série de gros détecteurs qui sont mis en circuit dans ce cas. A l'inverse, avec les objectifs très lumineux (plus de 1 : 4,5) ce sont de petits détecteurs qui sont utilisés.

L'automatisme de la mise au point du Nikon F-501 AF se double de l'automatisme de l'exposition du film. Celui-ci est assuré par le même microordinateur, associé à deux circuits intégrés. Le système, nous l'avons indiqué, est relativement classique. Le photographe dispose de 4 types d'automatismes et de la possibilité d'un réglage semi-automatique. Il met en service le mode souhaité par rotation du bouton des vitesses, soit en affichant une vitesse entre 1 s et 1/2000 s (ou la pose), pour le réglage semi-automatique, soit en affichant l'un des 4 programmes d'automatisme repérés par les abréviations A, P dual, P et P Hi, qui ont la signification suivante :

- A, automatisme avec priorité au diaphragme : le photographe choisit ce diaphragme, le microordinateur réglera la vitesse.
- P dual, automatisme à double programme : programme normal et programme favorisant les vitesses élevées. En fonction de la lumière, le microordinateur sélectionne l'un de ces programmes.
- P, programme normal : le même que celui du réglage P dual. Mais cette fois c'est l'utilisateur qui l'impose.
- P Hi : programme privilégiant les vitesses rapides, le même que celui du réglage P dual, mais, ici encore, choisi par l'utilisateur.

Dans tous les cas, le photographe peut intervenir pour modifier l'automatisme, soit en programmant

une correction (dans les limites de  $\pm 2$  indices de luminance) soit en mémorisant le réglage correspondant à une mesure faite sur une zone déterminée du sujet (par exemple, le visage pour un portrait).

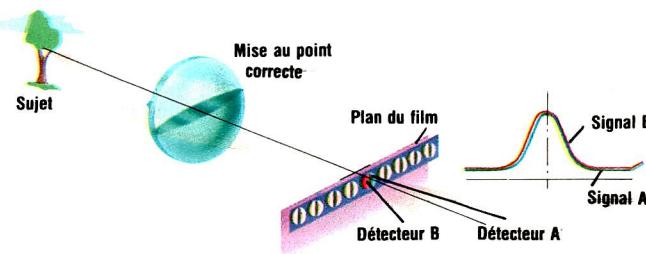
L'automatisme de l'exposition est également assuré au flash électronique, à la condition d'utiliser l'un des modèles Nikon Speedlight qui possède les couplages nécessaires. Dans ce cas, une cellule spéciale mesure la lumière de l'éclair sur le film, pendant l'exposition. Dès que la quantité de lumière nécessaire à cette exposition est atteinte, le microordinateur coupe l'éclair. Technique aujourd'hui classique, cette façon de mesurer la lumière offre l'avantage de la précision en toutes circonstances, quel que soit le sujet (y compris en photo rapprochée) ou l'objectif en service (y compris s'il est utilisé avec un accessoire comme un soufflet ou un tube allongé).

Avec ses deux caractéristiques, automatisme perfectionné de la mise au point et automatisme classique de l'exposition, le Nikon F-501 AF est sans doute le reflex qui révèle le mieux les problèmes que l'évolution technologique actuelle pose aux constructeurs.

- Avec la mise au point automatique, tout d'abord, Nikon a résolu le premier de ces problèmes : réaliser un système convenant aux professionnels et du même coup aux amateurs, c'est-à-dire un système capable d'une mise au point précise, d'emploi très simple, donc rapide, et ayant un temps de réponse très bref pour pouvoir saisir un instant du mouvement. Le Nikon F-501 AF permet effectivement d'agir vite et bien, souvent plus vite qu'avec une mise au point manuelle (photo sportive notamment).

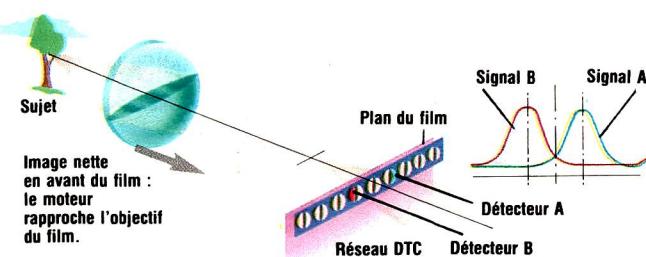
A l'avenir, les fabricants devront tous s'engager dans cette voie. Et le progrès des dispositifs futurs ne fera guère qu'affiner et fiabiliser ce qui existe maintenant. Quant aux photographes, dans quelques années ils ne pourront pas plus se passer de la mise au point automatique que de la cellule incorporée à l'appareil pour le réglage de l'exposition.

- En ce qui concerne l'automatisme de cette exposition, par contre, il reste encore beaucoup à faire pour le simplifier. Nous avons vu dans notre numéro de février dernier, à propos du nouveau Canon T 90, que le microordinateur n'a pas encore permis la simplicité et la rapidité de programmation. Il est vrai que les problèmes d'exposition sont autrement plus complexes que ceux de la mise au point. Les paramètres sont plus nombreux et certains sont d'ordre esthétique. Pour l'instant Nikon ne pouvait faire mieux que ses concurrents et a préféré en rester à un système conventionnel à multiprogramme. Mais demain la puissance des microprocesseurs et la réalisation de logiciels photographiques devraient permettre l'utilisation d'un



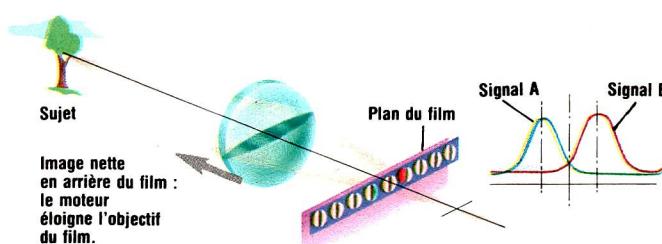
### 1. MISE AU POINT CORRECTE

L'image nette se forme sur le plan focal (plan du film). Les rayons marginaux d'un faisceau lumineux se croisent donc sur ce plan et atteignent chacun le détecteur d'une cellule. Le réseau DTC (dispositif à transfert de charge) compte 48 cellules de 2 détecteurs chacune. Chaque détecteur délivre des impulsions électriques identiques qui sont en phase (courbe I). L'ordinateur utilise cette concordance des signaux pour arrêter le moteur de mise au point si celui-ci est en marche.



### 2. MISE AU POINT EN AVANT

L'image nette se forme en avant du plan focal (plan du film). Le moteur entraînant l'objectif fait déplacer cette image vers le plan focal. Le faisceau lumineux atteignant les cellules, large au début, se rétrécit et ses rayons marginaux balayent les détecteurs en se rapprochant l'un de l'autre. Les signaux électriques ne sont plus en phase (II), mais les phases se rapprochent jusqu'à coïncider lorsque la première situation se retrouve.



### 3. MISE AU POINT EN ARRIÈRE

C'est la situation inverse de la précédente. Le processus est le même, mais les phases sont inversées (III). De cette inversion dépend le sens de rotation du moteur pour réaliser la mise au point.

très grand nombre de données, afin d'éliminer le langage technique.

Ainsi, sans présumer des caractéristiques des appareils des années 1990, il est aujourd'hui possible d'imaginer ce que pourraient être ces possibilités. Dès lors que certains effets photographiques dépendent des paramètres d'exposition, le photographe pourra demander directement ces effets, sans se soucier de ces paramètres qui seront gérés par le microordinateur.

Par exemple : en programmant "scène en clair obscur", une certaine sous-exposition sera obtenue à partir des mesures de la cellule. De même, en demandant "scène sportive nette", le microordinateur favorisera les vitesses rapides ; à l'inverse, en affichant "effet de mouvement", il favorisera des vitesses lentes de 1/8 à 1/15 s. De la même manière, "portrait sur fond flou" privilégiera un diaphragme relativement ouvert, entre 2,8 et 5,6, en tenant compte en outre de la focale de l'objectif en service.

Il est certain que le photographe ne pourra obtenir de la sorte l'image souhaitée qu'avec un

appareil programmé pour un très grand nombre d'effets et capable de stocker en mémoire tous les paramètres utiles. Les microordinateurs 8 bits actuels n'y suffiront pas.

Par la suite, la saisie des données du photographe pourra elle-même être automatisée, par exemple par l'intermédiaire d'un viseur électronique, comme en vidéo. Au moyen d'une simple commande, comme cela se fait de nos jours sur un téléviseur, l'image pourrait être réglée, tant pour le rendu des couleurs que pour la luminosité et le contraste. Formée sur un écran DTC (dispositif à transfert de charge), cette image pourrait être analysée en temps réel et les données recueillies utilisées par le microordinateur pour calculer l'exposition permettant de l'obtenir sur le film.

Technologiquement un tel système est déjà possible ! Mais il doublerait l'encombrement de l'appareil et triplerait son coût. Il reste donc un peu de chemin à parcourir avant qu'il puisse être construit sous forme compacte et à prix raisonnable.

**Roger Bellone**

## FICHE TECHNIQUE DU NIKON F-501 AF

### OBJECTIFS

- Interchangeables à baïonnette AI.
- Gamme de plus de 70 objectifs (Nikkor, Nikkor AF et Nikon E).

### MISE AU POINT

**Automatique** avec les objectifs AF ou les Nikkor et Nikon E pouvant recevoir le convertisseur TC 16 A. Deux modes possibles :

- Mono-automatisme (mise au point obtenue par pression sur le déclencheur à mi-course, avec blocage jusqu'au déclenchement ou au relâchement de la pression).

Mémorisation possible d'une mise au point.

- Automatisme continu (mise au point permanente sans blocage, tant que le déclencheur est pressé à mi-course).

**Manuelle** avec assistance électronique pour tous les objectifs.

### VISEUR

- Réflex, à prisme et miroir à retour automatique après déclenchement.
- Verres de visée interchangeables - obturateur d'oculaire.
- Informations dans le viseur : mise au point, exposition, recyclage du flash.

### OBTURATEUR

- Type focal.
- Rideaux à déplacement vertical.
- Réglage électronique.
- Vitesses réglées en continu de 1 s à 1/2 000 s en expositions automatiques.

- Vitesses normalisées de 1 s à 1/2 000 s et pose en réglage manuel.
- Télécommande possible.

### POSEMÈTRE

- Photodiode au silicium dans le viseur.
- Photodiode spéciale dans le bas du boîtier pour mesure sur le film en photo au flash.

### MESURE DE LUMIÈRE

Sur tout le champ avec prépondérance centrale (la plage délimitée au centre du viseur par un cercle de 12 mm de diamètre reçoit 60 % de la lumière).

- Mesure de l'éclair sur le film en prise de vue au flash.

### EXPOSITION

**Automatique.** 4 modes possibles :

- Double programme (l'ordinateur choisissant le programme convenant d'après l'intensité de la lumière ambiante).

- Programme normal.
- Programme favorisant des vitesses rapides.

- Automatisme à priorité au diaphragme.

En fonctionnement automatique, mémorisation possible d'une mesure, et programmation possible d'une correction automatique dans les limites de  $\pm 2$  indices de luminance.

**Semi-automatique.** Réglage du diaphragme et de la vitesse par l'opérateur avec contrôle par signaux lumineux

dans le viseur.

### SENSIBILITÉS

- 12 à 3 200 ISO.
- Affichage automatique de 25 à 5 000 ISO avec les films DX.

### CHARGEMENT

- Cartouches 35 mm.
- Mise en place automatique du film par moteur intégré.
- Entraînement automatique (pas de levier de commande).
- Entraînement séquentiel à la fréquence maximale de 2,5 images/seconde.
- Rebobinage manuel.

### FLASH

- Synchronisation au 1/125 s.
- Fonctionnement automatique avec le flash Nikon AF-SB-20.
- Mesure de la lumière sur le film.

### AUTRES CARACTÉRISTIQUES

- Avertisseur sonore débrayable - témoin de charge.
- Retardateur.
- Dos interchangeable.
- Alimentation avec 4 piles bâton de 1,5 V.

### DIMENSIONS ET POIDS

- 15 × 10 × 5 cm environ.
- 630 grammes nu.

### PRIX MOYEN

- 4 500 F avec objectif 1,8/50 mm.

# DE VOTRE VOITURE TÉLÉPHONEZ À TOUTE LA FRANCE

*Il n'y a que  
12 000 abonnés  
qui ont le  
téléphone dans*

*leur voiture. En réorganisant son réseau avec le  
système Radiocom 2000 (¹), l'administration  
espère augmenter sensiblement  
ce nombre. Mais c'est compter sans un prix  
très élevé, peut-être dissuasif.*

**J**usqu'ici, la radiotéléphonie avait deux types de clientèle. D'une part, les réseaux d'entreprises (27 000 en 1985) reliant, l'an dernier, 170 000 véhicules pour divers services (livraisons, maintenance, services d'urgence) ; d'autre part, les abonnés particuliers, dirigeants d'entreprises, membres des professions libérales, représentants de commerce ou professionnels de la communication. Ces abonnés au téléphone automobile ne sont que 12 000 en France, soit 2 appareils pour 10 000 habitants, contre près de 13 au Royaume-Uni et près de 5 en Allemagne.

Le retard français s'explique par le fait qu'une dizaine de grandes villes seulement sont équipées de réseaux, que dans certaines de ces villes il y a pénurie des fréquences utilisables et, de ce fait, impossibilité de couvrir un rayon d'action de plus d'une trentaine de kilomètres.

Le système Radiocom 2000 va tout bouleverser en autorisant la mise en place d'un réseau unique d'ampleur nationale. En particulier, la technologie mise en œuvre permet de se contenter d'un nombre limité de fréquences, réutilisables en divers points du territoire dès lors qu'une distance suffisante séparera les émetteurs (pour éviter les interférences). Ainsi le système utilise-t-il de petites zones de couverture pour chaque fréquence, la France se trouvant divisée en plus de 500 cellules.

Chaque cellule dispose d'un relais connecté au réseau téléphonique public qui prend en charge les communications des véhicules passant dans sa zone de couverture. Ce découpage permet la réutilisation des fréquences tous les deux ou trois relais. Il exige un équipement capable de localiser immédiatement chaque véhicule. Ce qui signifie que le réseau cellulaire, simple dans son principe, ne pouvait être envi-

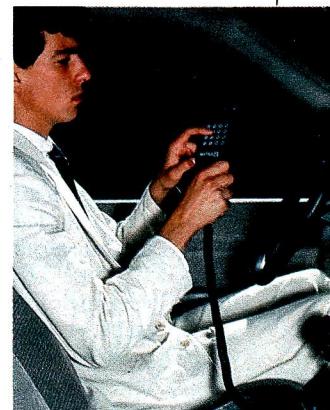
sagé qu'avec le progrès technologique actuel.

Pour la radio, il a fallu mettre au point un synthétiseur capable d'assurer un "dialogue" permanent entre les relais et les véhicules, ces derniers signalant leur changement de zone et les relais leur attribuant les nouvelles fréquences.

Dans le domaine du téléphone, tous les progrès récents comme la communication électronique et la modulation par impulsions codées, ont été mis en œuvre. Enfin, il a fallu utiliser l'informatique, d'une part pour assurer la surveillance automatique de dizaines, voire de centaines de milliers de véhicules par les 500 relais, d'autre part pour composer et facturer les communications.

**Comment le système fonctionne-t-il pratiquement ?** Dans un premier temps, il faut constamment localiser la position du véhicule sur le territoire français. Il faut en effet que le réseau de transmission sache à chaque instant quel relais devra être utilisé. Pour assurer cette localisation, deux fonctions sont réalisées simultanément : d'une part, un échange permanent de données entre l'équipement Radiocom 2000 du véhicule et le relais le plus proche, d'autre part la mise à jour de "fichiers" appartenant à chaque relais.

**1.** Dès que le contact est mis sur le véhicule, l'équipement Radiocom 2000 émet automatiquement, donc sans aucune intervention de l'utilisateur, un code qui lui est propre sur une fréquence



réservée à cet effet. Le réseau sera donc averti de la présence du véhicule et, comme nous le verrons plus loin, sa position géographique sera mémorisée. Le relais lui indiquera la fréquence à utiliser pour l'échange des communications. Le synthétiseur intégré à l'appareil viendra alors s'accorder automatiquement sur cette dernière. Ce "dialogue" entre le radiotéléphone et le relais dont il dépend se répète plusieurs fois par seconde, tant que le contact du véhicule n'est pas coupé. Lors d'un changement de zone, le nouveau relais en service signalera simplement la nouvelle fréquence à utiliser ; comme précédemment, le synthétiseur viendra se caler dessus et une nouvelle liaison pourra s'établir.

**2.** Pour chaque relais, un système informatique se charge de comptabiliser l'ensemble des appareils Radiocom 2000 présents dans son secteur. Un fichier régional est ainsi constitué et tenu à jour en permanence grâce au dialogue engagé par le système Radiocom 2000. Dès que la présence d'un nouvel appareil est détectée, son numéro est enregistré dans le fichier puis, grâce à un réseau spécialisé, communiqué au relais nominal (central dont dépend l'abonné).

Inversement dès que la voiture change de zone le numéro de l'abonné sera effacé du fichier du relais quitté et enregistré dans celui du relais de la nouvelle zone. Cette modification sera également transmise au relais nominal, toujours par l'intermédiaire du réseau spécialisé. Lorsque le contact du

véhicule est coupé, l'appareil est déclaré hors-service et donc effacé de l'ensemble des fichiers. Ainsi le réseau Radiocom connaît-il à chaque instant le nombre de radiotéléphones en service et leur position géographique. Voyons maintenant comment s'échangent les appels entre le réseau PTT classique et le réseau Radiocom.

Première hypothèse : la voiture est appelée de

puis un poste téléphonique. L'appel est aiguillé vers le relais nominal de l'abonné. Ce relais consultera alors son fichier pour connaître la position du véhicule et lui répercuter l'appel. Celui-ci sera acheminé par réseau téléphonique PTT vers le central du relais concerné. Le radiotéléphone sera alors appelé par émission de son code et la liaison radio sera établie.

Seconde hypothèse : le conducteur de la voiture appelle un correspondant. Dès que le combiné du Radiocom 2000 est décroché, l'appareil émet un code d'identification. Ce dernier a une double

fonction : il permet de déterminer l'identité de l'appelant et donc de lui facturer le montant de la communication ; il met "en alerte" le relais dont dépend ponctuellement la transmission en lui signalant qu'un autre numéro d'appel va être composé. Dès que le combiné sera raccroché un code de fin de transmission sera émis et la surveillance du véhicule reprendra comme précédemment.

Malgré la sophistication du système Radiocom 2000, celui-ci n'est pas sans défauts. Ainsi, dans l'état actuel du procédé, il n'est pas possible de maintenir une communication en changeant de zone. En d'autres termes, si durant une communication, le véhicule change de zone, donc de relais, la communication sera interrompue. En effet le changement de fréquence de transmission ne peut s'opérer durant la communication. Cependant chaque relais a une couverture d'une trentaine de kilomètres, de plus la probabilité d'un changement de zone durant une communication est généralement de courte durée à cause de son prix élevé.

Ce défaut de Radiocom 2000 ne l'empêche pas d'avoir des atouts, notamment sur ses concurrents mondiaux<sup>(2)</sup> : il est en effet "tous utilisateurs", la même infrastructure assurant les deux services : réseaux d'entreprises et téléphones de voitures. Cela doit faciliter l'optimisation du trafic, les heures de pointe des réseaux d'entreprises et des téléphones de voitures n'étant pas les mêmes. Cela devrait aussi permettre une diminution des coûts, le système étant commun, que ce soit pour l'achat du matériel, l'exploitation ou la maintenance. L'utilisateur accèdera aussi bien à un réseau d'entreprise qu'à un réseau privé et ce à l'échelle nationale : un transporteur pourra ainsi constater ses chauffeurs dans tout le pays.

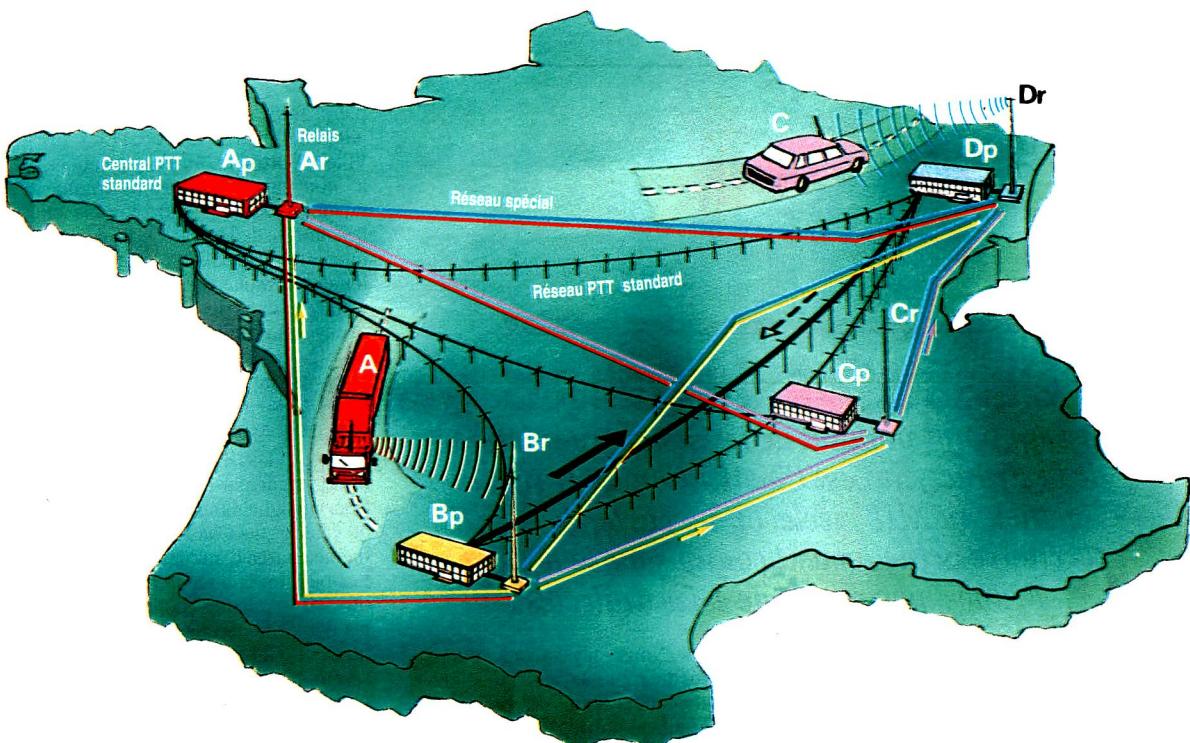
Enfin, le service répondra strictement aux besoins, le téléphone de voiture pouvant être réservé aux seules personnes pour lesquelles il sera indispensable et un seul terminal pouvant aussi donner accès aux deux services, grâce à un abonnement "mixte" (les coûts des services ne sont en effet pas les mêmes). Il faut d'ailleurs observer ici que, même s'il y a baisse des coûts, le téléphone de voiture en France reste coûteux et qu'ainsi son développement risque d'être encore limité.

Ce téléphone (10 firmes françaises ou étrangères développent des terminaux compatibles avec le système Radiocom 2000) revient en effet à 23 000 F environ à l'achat, ou à 600-750 F par mois en location. Il faut ajouter 1 500 à 2 500 F pour l'installation. L'abonnement, fixé par les PTT, est de 75 F par mois en couverture locale, 250 F en couverture régionale et 450 F en couverture nationale. Quant aux prix des communications, elles varient de 3,50 F à 6 F par minute, selon les zones.

D'autre part, le service réseau privé coûte 15 000



Fin 1989, le service Radiocom 2000 sera accessible à 85 % de la population, avec 500 relais. Ci-dessus les zones couvertes fin 86, avec une centaine de relais.



**Le système Radiocom 2000** localise instantanément le correspondant (**C** sur notre dessin) et établit la communication, via le central PTT le plus proche (**D<sub>p</sub>**) et le relais de "passage" (**D<sub>r</sub>**). En même temps, il permet au relais "nominal" (**A<sub>r</sub>**) du véhicule demandeur (**A**) de lui faire facturer l'appel par son central PTT (**A<sub>p</sub>**). Radiocom 2000 utilise pour cela simultanément la voie hertzienne (ondes rouge et bleue), le réseau PTT standard (poteaux noirs) et un réseau spécial informatisé (traits couleur). Une infrastructure capable d'exécuter 2 milliards d'opérations par seconde.

à 18 000 F à l'achat, 450 à 550 F par mois en location, 1 000 à 2 000 F d'installation, l'abonnement revenant à 35 F en couverture nationale et la communication à environ 2 F la minute. Dans les deux cas, cette tarification est indépendante de la distance (sauf en matière de communications internationales) et elle bénéficie d'une réduction de prix de 50 % entre 21 h 30 et 8 heures.

Le système unique national suppose que chaque relais joue un double rôle : celui de relais "nominal" et celui de relais "de passage". Le relais nominal est en fait le central dont dépend le véhicule : c'est là qu'est souscrit son abonnement et que sont stockées toutes les données qui le caractérisent. Le relais de passage est celui de la zone que traverse le véhicule et qui assure les communications. Chacun des relais doit donc pouvoir acheminer des communications réseau public-véhicule ou inversement, ainsi qu'entre les véhicules eux-mêmes.

Radiocom 2000 a été développé par la Direction des télécommunications en collaboration avec Matra (3). Les études ont duré 4 ans et ont coûté quelque 250 millions de francs d'investissement. Elles ont réuni une équipe pluridisciplinaire d'une centaine d'ingénieurs et de techniciens spécialistes de la radio et de la communication, ainsi que d'informaticiens. Ils ont réalisé un système de communication numérique (les relais Matra utilisés, sont des autocommutateurs de grande capacité).

Seules les liaisons radio sont analogiques. Le logiciel fait appel à un programme de 3 mégaoctets ; des capacités de transmissions de données en temps réel considérables sont nécessaires. De plus la gestion du réseau suppose la mise à jour et le transfert constants de fichiers. Ainsi, chaque fois que le relais de passage informe le relais nominal de la présence du véhicule, toute la table des localisations doit être remise à jour : pour communiquer entre eux, les relais peuvent ainsi échanger 1 000 mégabits/heure. Au total l'infrastructure comprend 10 000 microprocesseurs capables d'exécuter 2 milliards d'opérations par seconde.

Sur les 500 relais prévus, chacun couvrant une cellule de 10 à 30 km de rayon et coûtant de 1,5 à 3 millions de francs, la DGT en a déjà commandé 2000 à Matra. Le rythme d'installation est actuellement de dix par mois et le centième relais sera installé au 31 décembre 1986. A la fin de 1989 le service Radiocom 2 000 devrait être accessible à 85 % de la population française. **Gérard Morice**

(2) Le radiotéléphone cellulaire existe déjà dans les pays scandinaves depuis 1983 (couverture nationale), aux Etats-Unis (1983, couverture grandes métropoles), en Grande-Bretagne (1985, couverture nationale), en RFA (1985, couverture nationale) et au Japon (1979, couverture grandes villes et grands axes).

(3) Pour en savoir plus sur Radiocom 2000, la DGT a ouvert un numéro vert (appel gratuit) : 05 32 22 22

# LIVRES

## L'institution du français

*Il est un point piquant de l'histoire linguistique de la France, qui est l'institution du français actuel. Au XIII<sup>e</sup> siècle, on ne parle, dans le territoire actuellement connu sous le nom de France, pas moins de seize dialectes.*

De tous ces dialectes — le picard, le wallon, le normand, l'orléanais, le bourbonnais, le champenois, le lorrain, le francien, le bourguignon, le franc-comtois, le gallo (dérivé du celte), l'angevin, le maine, le poitevin, le saintongeais et l'angoumois —, seul un, le francien, (qui n'est parlé que dans l'Île-de-France, en fait à Paris) est dépourvu d'accent tonique. Il n'existe à notre connaissance que des hypothèses pour expliquer cette particularité, à peu près unique dans la totalité des langues du monde (à l'exception, se pourrait-il, d'un dialecte du nord de l'Europe).

Par ailleurs, on attribue la prépondérance du francien au rôle croissant de Paris, et cela en dépit de la forte concurrence que lui firent le picard, le wallon et le normand. Mais cela n'explique pas complètement cette prépondérance, car il existait au Moyen-Age d'autres centres politiques en France. Et Charles le Chauve, par exemple, eût pu imposer le tudesque en fonction d'impératifs politiques dépassant largement l'aire de Paris. Bref.

Aussi est-ce avec un vif intérêt que nous avons entrepris la lecture de *L'institution du français*<sup>(1)</sup>, de Renée Balibar, auteur spécialisé auquel on doit, entre autres, une excellente étude sur *Le français national, politique et pratique de la langue nationale sous la Révolution*.

(1) PUF, 421 p., 170 F. Regrettions l'absence d'un index en fin d'ouvrage.

patoisante. On ne sait pourquoi elle fait abstraction de l'Edit de Villers-Cotterets, 1539, qui impose à nouveau le francien comme langue nationale contre le latin et les autres dialectes. Cette ordonnance de François I<sup>r</sup>, qui fait réellement remplacer le latin par le francien dans les actes notariés, prouve pourtant que les Serments de Strasbourg avaient alors beaucoup perdu de leur rigueur, et qu'ils n'étaient pas aussi déterminants que le pense M<sup>me</sup> Balibar.

L'acte des Serments de Strasbourg, signé par deux petits-fils de Charlemagne, Louis le Germanique et Charles le Chauve, est en lui-même chargé d'ambiguités et méritait bien une nouvelle étude. C'est un acte d'alliance politique entre les deux fils de Louis le Pieux, où Louis le Germanique aurait prêté serment dans la langue de son frère Charles le Chauve, le "roman français" selon Brunot, mais on n'en sait trop rien, car Charles le Chauve pouvait aussi bien parler normand ou tudesque. L'objet de l'alliance est de résister aux prétentions d'un troisième frère, Lothaire. La vérité est qu'on ne sait pas vraiment quelle fut la langue romane utilisée pour le serment par Louis le Germanique, certains auteurs prétendant que c'était la langue d'oïl, d'autres, le picard.

Le document de l'acte a été rédigé par un autre petit-fils de Charlemagne, Nithard (fils de Berthe), et comporte, singularité immense, une version francienne et une version tudesque. Pourquoi une singularité ? Parce que le lignage de Charlemagne parlait le tudesque et que l'apparition d'un parler roman, qui était en fait la langue des rustres, dans un texte officiel, n'a pas de précédent. En tous cas, Nithard ne semble pas à son aise — ce n'est pas M<sup>me</sup> Balibar qui le dit — dans la rédaction du texte francien. Il ne sait comment l'épeler.

On voit pourquoi l'acte des Serments de Strasbourg a séduit M<sup>me</sup> Balibar : il marque l'entrée sur la scène politique d'une langue "populaire", non royale (la raison simple de l'utilisation d'une langue paysanne était que les deux signataires voulaient que les soldats de Charles le Chauve, qui parlaient sans doute roman, comprissent la

teneur du serment prêté par leur chef).

M<sup>me</sup> Balibar expédie d'un trait de plume et cette thèse et Brunot, l'un des principaux analystes de l'acte : Charles le Chauve n'aurait pas eu besoin, dit-elle brièvement, de se faire comprendre de ses vassaux et soldats, car « les rois carolingiens n'avaient pas l'obligation d'être compris jusqu'aux vassaux des plus bas étages ». C'est un peu court, nous semble-t-il, car Charles le Chauve était politiquement mal assis et avait besoin, justement, de soutien populaire. Mais M<sup>me</sup> Balibar estime que les langues "populaires" avaient alors acquis suffisamment de puissance pour s'imposer, même à Charles le Chauve. Témoin, dit-elle, la cantilène de Ste-Eulalie, texte écrit en picard et non en latin. Un petit détail : cette cantilène date de 880-882, elle est donc postérieure de quarante ans aux Serments.

Mais on s'en voudrait de faire disputer à M<sup>me</sup> Balibar sur des points de détail ; son étude comparative sur les français parlé et écrit et sur les deux niveaux de français qui ont coexisté depuis les Carolingiens et continuent de coexister en France, fait date. Peut-être, après ce travail remarquable de sociolinguistique, nous offrira-t-elle une étude sur les raisons pour lesquelles les dialectes et patois ont continué de vivre dans la France des dix derniers siècles et pourquoi, encore, ce fut le francien qui fut élu comme langue des clercs. Car, à tout prendre, elle illustre de manière originale qu'il y eut en France une langue des clercs qui n'était pas celle du peuple. A ce titre, une fois lu son livre, on le rangerait tout près de *Ce que parler veut dire*, de Pierre Bourdieu.

GERALD MESSADIÉ

## GRAND ATLAS UNIVERSALIS DE L'ARCHÉOLOGIE

*Encyclopædia Universalis*, 416 p., 1 000 illustrations dont 66 cartes, 211 dessins et schémas, 565 photos en couleurs et 158 photos en noir et blanc, 550 F

Depuis une cinquantaine d'années, l'archéologie a subi une grande évolution. Comme le rappelle le Pr René Ginouves dans le premier chapitre de l'*Atlas*. « Il y a

longtemps que l'archéologue ne cherche plus des objets mais des connaissances sur l'homme du passé. » D'une discipline basée principalement sur l'étude d'une partie des vestiges matériels (objets d'art, architectures...), s'intéressant uniquement aux grandes civilisations classiques et, dans une moindre mesure, à la préhistoire, l'archéologie est devenue un domaine de recherches pluridisciplinaires. Elle concerne actuellement l'ensemble des cultures, à travers la totalité de leurs vestiges matériels, depuis l'aube de l'humanité jusqu'au passé le plus proche.

Le dernier-né de la collection des *Grands Atlas Universalis* se propose donc de donner un large aperçu de l'archéologie contemporaine sur l'ensemble de la planète. Projet ambitieux, qui se concrétise en un très bel ouvrage rédigé en collaboration par 93 auteurs, tous de grands spécialistes en archéologie, français et étrangers.

A mi-chemin entre le livre d'art par la qualité de ses illustrations et le livre de science par le contenu de ses textes, l'*Atlas* est organisé chronologiquement (de la préhistoire aux temps modernes) et divisé en grandes aires géographiques, elles-mêmes abordées selon un ordre chronologique.

Chaque grand chapitre, concernant une période ou une aire géographique est précédé d'un texte retracant les grandes lignes de la recherche archéologique dans le domaine considéré. A l'intérieur de ces chapitres, les différents thèmes sont présentés sous la forme de doubles pages alliant harmonieusement texte et images. La diversité et l'originalité des sujets abordés reflètent bien la multiplicité des domaines de la recherche archéologique actuelle. Ainsi nous découvrons des scènes de la vie magdalénienne, les routes de l'ambre baltique en Europe durant la préhistoire, une vision nouvelle des civilisations classiques à travers les voies commerciales ou la vie dans les campagnes des cultures africaines ou océaniennes fort peu connues, etc.

Une importante bibliographie, classée thématiquement suivant le plan de l'ouvrage, et un glossaire-index complètent le livre. Le glossaire a été rédigé par les différents

auteurs de l'*Atlas* ; ses notices sont signalées par un astérisque dans le texte et concernent des notions, des événements, des techniques et un certain nombre d'archéologues illustres.

Une seule réserve s'impose cependant dans cet ouvrage, par ailleurs en tous points remarquable : bien que se voulant exhaustif, il délaisse ou néglige certaines cultures importantes. Ainsi, par exemple, les Etrusques sont tout juste mentionnés dans certains textes et les civilisations mésoaméricaines post-classiques sont totalement et bizarrement absentes (les Aztèques n'auraient-ils jamais existé ?...). ELISANDE COLADAN

## Konrad Lorenz L'HOMME EN PÉRIL

*Flammarion*, 236 p., 85 F.

L'espèce humaine est en danger d'extinction brusque, par une explosion nucléaire, ou lente, par une pollution accentuée et l'épuisement des ressources du globe terrestre. Le grand biologiste Konrad Lorenz brosse sur ce thème, le tableau des dangers qui menacent la civilisation et l'espèce humaine, il en montre les causes, les effets et les espoirs d'y échapper, sinon les remèdes.

Dans l'avenir, le pire comme le meilleur ne sont jamais sûrs, car, il n'existe pas de fatalité évolutive ou historique : « La tentative de surimposer un sens et une orientation à l'évolution est tout aussi erronnée que les efforts de tant de penseurs tout à fait scientifiques pour tirer des événements historiques des lois qui permettraient de prédire la suite du déroulement de l'histoire, à peu près de la même manière que la connaissance de certaines lois physiques permet de prédire le déroulement de certains processus physique ». Etranger et hostile à un tel réductionnisme, Lorenz n'hésite guère à parler d'une évolution créatrice qui inclut la spéculation intellectuelle, le désir de connaissance de l'homme et l'art, capacités culturelles qu'il assimile à des aspects du grand jeu dans lequel rien d'autre n'est fixé que les règles.

L'éventail du livre est vaste. On y trouvera débattus le problème du corps et de l'âme dans leur unité intrinsèque, la phénoménologie

des jugements de valeur, le malaise de la civilisation actuelle... Lorenz constate un décalage entre les tendances naturelles de l'homme et la dynamique accélérée de notre culture et de notre civilisation. Ainsi les produits de la pensée conceptuelle collective, que Lorenz appelle l'esprit humain, se révèlent des adversaires et même des ennemis de l'âme humaine. Il s'agit là, sans doute, d'une cause fondamentale du malaise caractéristique de notre temps, source du dérèglement comportemental.

Lorenz dénonce fortement le danger d'endoctrinement, d'où qu'il vienne, qui guette l'homme quand « la victime s'identifie totalement avec l'idéal que le doctrinaire lui a présenté ; il ne sent pas la camisole de force qu'on lui a mise. Le sujet complètement endoctriné ne s'aperçoit absolument pas qu'il a perdu un des caractères constitutifs de la véritable humanité : la liberté de pensée ».

L'épée de Damoclès du système technocratique actuel reste toujours suspendue au-dessus de nos têtes. En effet, montre Lorenz, la technique menace de s'instaurer comme tyran de l'humanité, car elle qui devait être un moyen d'accéder à certains objectifs, s'est transformée en objectif en soi, favorisant un scientisme redoutable et conduisant à « un appauvrissement de l'humanité et à la perte des droits de l'homme fondamentaux ».

Lorenz cite « parmi les facteurs de stabilisation du système technocratique, la doctrine de la prétendue égalité absolue de tous les hommes autrement dit l'hérésie selon laquelle l'homme serait né comme une *tabula rasa*, sa personnalité étant déterminée au cours de son existence personnelle par un processus d'apprentissage ».

De ce point de vue un certain behaviorisme américain rencontre la fausse science du soviétique Lyssenko, dans une doctrine pseudo-démocratique aboutissant à des tentatives similaires de l'avertissement de l'humanité : « La croyance en une malléabilité illimitée de l'homme est naturellement bien vue de tous ceux pour qui il serait avantageux que l'homme ne possède aucune faculté innée et soit donc manipu-

lable à l'infini. C'est ce qui explique que la doctrine pseudo-démocratique ait été érigée en religion d'Etat aussi bien par le lobby de la grande industrie que par les idéologues du communisme ».

Que faut-il faire contre ce déferlement de maux sur la tête de l'humanité ? Malgré tout, Konrad Lorenz reste d'un optimisme modéré, l'auteur l'appelle même « justifié », concernant l'évolution ultérieure de l'homme, vers une pleine responsabilité, quand « il y a quelques raisons de penser qu'il représente un stade sur la voie du développement d'un véritable être humain. On peut en tout cas encore espérer qu'il en soit ainsi ». Pourvu que cette lueur d'espoir devienne, dans l'avenir imprévisible, une nouvelle aube de l'humanité, débarrassée de ce qui lui reste de primitif.

DENIS BUICAN

Nicholas Falletta  
LE LIVRE  
DES PARADOXES

Belfond, 234 p., 48 F.

Le paradoxe commence quand on reçoit la feuille d'impôts majorés le jour où le ministre des Finances annonce la réduction de la pression fiscale, ce qui rejette la définition du Larousse : « Opinion contraire à l'opinion commune. » Ici, c'est bien sûr l'opinion du ministre qui est contraire à l'opinion des citoyens.

Du point de vue philosophique, le paradoxe est aussi la contradiction à laquelle aboutit, dans certains cas, le raisonnement abstrait. Le plus connu est celui de Zénon d'Elée qui conclut qu'à la course, Achille ne peut rattraper une tortue.

En fait, comme on va le découvrir avec l'Américain Falletta, il existe plusieurs catégories logiques de paradoxes, dont certains relèvent plus de l'illusion que de la raison. C'est le cas des paradoxes visuels, qui occupent plus du tiers de l'ouvrage et justifient à eux seuls son achat : c'est la première fois que nous voyons rassemblés tous les dessins étranges, comme le célèbre portrait de Boring *Femme jeune-vieille*, ou le triangle impossible, ou l'escalier qui monte en descendant, ou l'imbrication jour-nuit d'Escher.

Comme il est à peu près impossible de décrire un dessin, nous ne pouvons que certifier que tous sont impeccables reproduits, intelligemment commentés et dignes de la plus grande attention. C'est certainement la partie la plus piquante du livre.

La seconde partie est consacrée aux paradoxes logiques et scientifiques. C'est là qu'il faut faire la différence entre les sophismes (un cheval rare est cher, etc.) dont les conclusions sont radicalement fausses, et certains énoncés justement paradoxaux qui sont très difficiles à démontrer. Ne parlons même pas des paradoxes mathématiques dont certains sont à la limite du raisonnement pragmatique. N'en concluons pas que la lecture de Falletta demande des connaissances spéciales : il suffit de bien maîtriser le français et de se rappeler l'arithmétique scolaire pour tout lire avec profit, et avec plaisir.

L'auteur insiste sur le fait que de nombreux paradoxes logiques ont mené à une plus grande rigueur intellectuelle, à une meilleure définition des concepts et à une bonne maîtrise du raisonnement. En mathématiques, certains domaines s'en sont trouvés enrichis. Inversement, d'autres paradoxes peuvent s'infiltrer dans la mentalité quotidienne et la dévoyer : ainsi du truand qui déclare responsable de la vie des clients le caissier de banque qui tarde à lui remettre la clef du coffre...

Il est vrai que la notion de paradoxe est difficile à cerner sans un solide esprit critique, car si on peut définir le paradoxe comme « une vérité qui se tient sur la tête pour attirer l'attention », ce peut aussi être un mensonge qui se tient sur les pieds.

L'auteur ayant rassemblé tous les plus connus, on apprendra ainsi à mieux discerner le vrai du faux, mais aussi le démontable de l'indémontrable.

Et surtout, on lira avec un gros intérêt le dernier chapitre qui est consacré aux statistiques, et on verra comment une manipulation apparemment juste, mène à un résultat réellement faux ; c'est pourtant beaucoup pratiqué en politique à l'heure des bilans juste avant les élections.

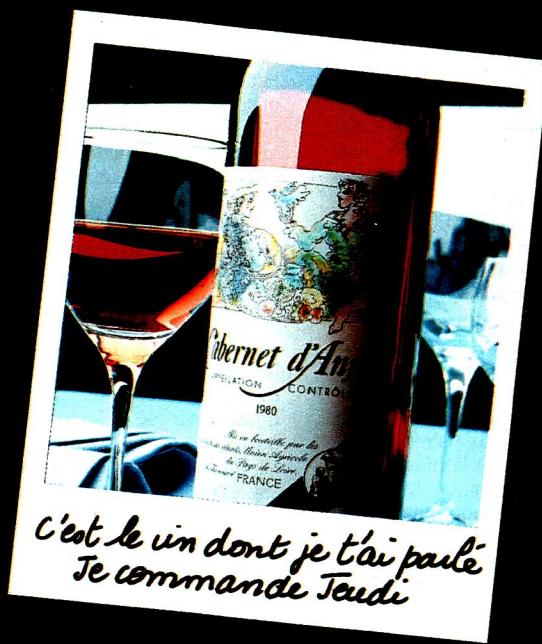
RENAUD DE LA TAILLE ▲

# APPRENEZ A PARLER POLAROID.

QUAND LES MOTS NE SUFFISENT  
PAS A COMMUNIQUER, PARLEZ  
POLAROID.

AVEC POLAROID, VOUS DÉCRIVEZ UN OBJET AVEC PRÉCISION,  
VOUS ENVOYEZ UNE INVITATION AVEC PLUS D'ORIGINALITÉ,  
VOUS PRENEZ UNE DÉCISION PLUS RAPIDEMENT, VOUS  
DONNEZ DES INFORMATIONS INSTANTANÉMENT.

UN NOUVEAU LANGAGE EST NÉ, UTILE A TOUT MOMENT, EN  
TOUTES OCCASIONS. EN PARLANT AVEC L'IMAGE POLAROID,  
VOUS ÊTES COMPRIS PARTOUT ET PAR TOUT LE MONDE.  
POUR PARLER DES CHOSES DE LA VIE, PARLEZ POLAROID : C'EST LA LANGUE UNIVERSELLE.



*C'est le vin dont je t'ai parlé  
Je commande Jeudi*

Polaroid est une marque déposée de Polaroid Corporation.  
Chablis AOC Muscadet L.F.A.  
Tous droits réservés Polaroid Corporation 1986.

 **Polaroid. La langue universelle.**

## Un moulin à lumière

PHYSIQUE AMUSANTE

*Pendant des siècles, le vent a fait tourner les ailes des moulins, mais le vent n'est qu'un mouvement de l'air qui se dilate côté jour, là où la Terre est chauffée, et se rétracte dans le froid côté nuit.*

**F**inalement c'est le Soleil qui, par atmosphère interposée, fait mouvoir les moulins à vent. Ceux qui ont une roue à aubes sur une rivière récupèrent l'énergie du courant qui descend ; mais si la rivière va de la montagne à la mer, c'est parce que l'eau des océans, chauffée le jour, est montée sous forme de nuages avant de redescendre en pluie sur les collines. Et c'est encore le Soleil qui fait tourner la roue à aubes en évaporant l'eau des mers.

Le plus simple serait donc de trouver un moulin qui tourne directement à la lumière, mais pour tout dire on n'y est pas encore parvenu complètement. Certes, les astronomes ont prouvé qu'il existe un vent solaire, vrai flux de particules qui vient souffler sur la haute atmosphère mais ne déplaçait pas la moindre pale d'hélice. Il est vrai aussi que la lumière est un flot d'énergie qui pousse sur tout obstacle rencontré dans son trajet. Mais cette pression de radiation, qui étale la queue des comètes comme un paon fait la roue, est sans doute efficace dans le vide pour chasser des poussières. A notre niveau terre à terre, sa force est infime.

Quant au radiomètre de Crookes qu'on voit dans les vitrines, sorte

de moulinet à quatre ailettes enfermé dans un ballon de verre et qui tourne à la lumière, il n'est pas mue par la pression de radiation comme on le croit souvent. Il tourne d'ailleurs aussi bien dans l'obscurité d'une pièce froide si on approche la main (qui rayonne de l'infrarouge). Son mouvement est dû à la différence d'agitation des molécules entre la face noire d'une ailette qui absorbe le rayonnement et la face claire qui le réfléchit.

Avec les connaissances actuelles de la physique, il n'est donc pas possible de convertir la lumière en mouvement. Mais il n'est pas question dans cette rubrique de prendre comme relais l'atmosphère ou les rivières. Et puisque la lumière est un rayonnement électromagnétique, nous allons donc nous servir de l'électricité et du magnétisme. La solution la plus simple, et nous l'avons déjà utilisée, consiste à mettre des cellules photoélectriques au Soleil et à leur faire alimenter un moteur électrique. C'est ainsi que nous avions fait les gyrasols, ces fleurs bleues qui tournent dans le Soleil.

Un moteur électrique, comme nous l'avons souvent vu dans cette rubrique, fonctionne à partir des forces attractives ou répulsives dues aux champs magnétiques

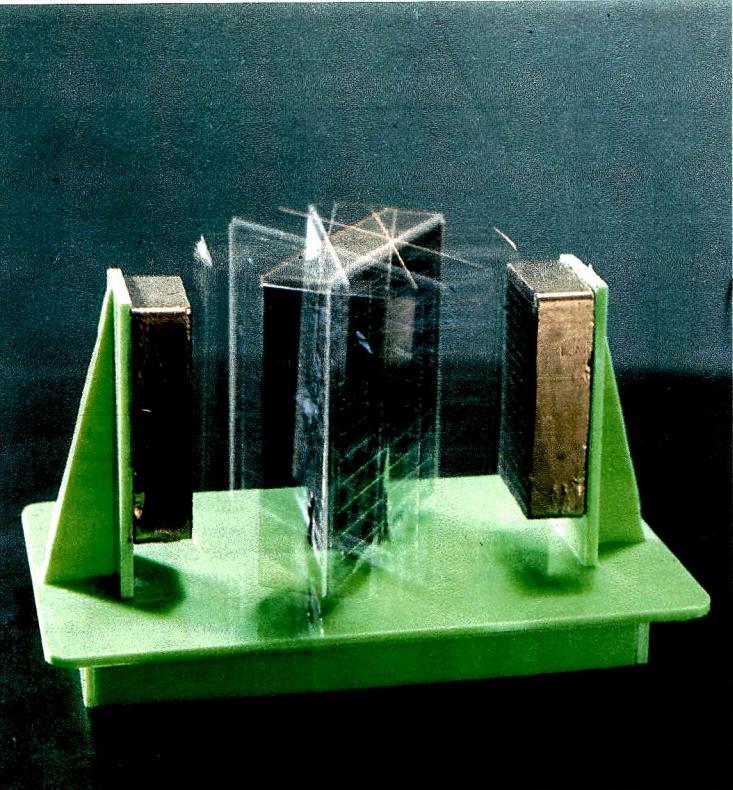
créés par le courant. Mais à moins d'utiliser un courant alternatif il faut intégrer au moteur un interrupteur mobile pour couper le circuit au bon moment et envoyer la tension dans un autre bobinage. Cet interrupteur, c'est le collecteur fait de lames séparées sur lequel frottent des balais ; par construction, c'est un organe électromécanique susceptible d'usure plus ou moins rapide et générateur de frottements et d'étincelles.

De plus en plus, même pour de très grosses puissances comme sur les locomotives, on cherche à s'en dispenser en utilisant des courants alternatifs qui, par nature, changent de sens tout le temps et assurent donc tout seuls cette commutation qu'on demande au collecteur. Mais les cellules photoélectriques qui nous intéressent ici ne donnent que du courant continu, et si on désire absolument se passer du collecteur et des balais, il faut trouver un autre moyen d'assurer la commutation au cours d'une rotation complète.

Ce moyen, M. Pierre Courbier l'a trouvé en utilisant la deuxième propriété des cellules : en présence d'un courant elles se comportent comme des diodes, le laissant passer dans un sens mais pas dans l'autre.

En combinant cette propriété, et le fait que la cellule ne débite du courant que si elle est éclairée, on peut combiner un montage où c'est la rotation du moulin automoteur devant la lumière qui va assurer l'indispensable commutation. Nous allons donc réaliser un dispositif qui va transformer le rayon de soleil en mouvement de la manière la plus simple qui soit. Pour commencer, bien sûr, il faut convertir la lumière en électricité, et nous allons rappeler brièvement le processus qui est à la base de cette conversion.

La matière, on le sait maintenant, est faite de particules électrisées, les protons qui ont une charge positive et les électrons qui ont une charge négative ; ajoutons le neutron qui ne possède aucune charge. Les atomes sont faits d'une association de protons et de neutrons, le noyau, autour duquel tournent des électrons. Le courant électrique, lui, est fait du déplacement de particules chargées au sein de la matière. La plupart du



Sensible, il se met en rotation sous l'action d'une simple lampe de poche.

temps, ces particules sont les électrons, mais peuvent être aussi des atomes ionisés, plus rarement des noyaux seuls.

De très nombreuses expériences ont conduit à classer les solides en quatre groupes pour ce qui concerne le passage du courant : les cristaux moléculaires, qui sont complètement isolants, les cristaux ioniques qui sont conducteurs, et enfin les métaux qui sont parfaitement conducteurs. Dans ceux-ci, les électrons des couches extérieures n'ont pas de position définie et s'échangent librement d'un atome à un autre ; ils peuvent donc circuler tout le long d'un fil de métal, et le courant dans les métaux est essentiellement dû à un déplacement d'électrons.

Dans les cristaux ioniques, ce sont des ions positifs (atomes ayant perdu des électrons) qui assurent la conduction. Restent enfin les cristaux covalents — carbone, germanium, silicium, etc. — qui sont intermédiaires entre les conducteurs et les isolants. Dans les cristaux de ce type, les atomes sont liés suivant les directions déterminées et les électrons de la couche extérieure se partagent entre les atomes adjacents ; il y en a donc très peu qui soient libres et, à l'état pur, la conductivité de ces

cristaux est très faible.

Mais, point essentiel, l'introduction de traces d'éléments étrangers modifie leurs propriétés de manière considérable. Considérons par exemple le silicium, l'élément le plus abondant sur terre et le plus utilisé en électronique. On commence par le préparer à un très haut degré de pureté (moins du millionième de millionième d'impuretés) après quoi on lui ajoute quelques atomes d'un élément comme le phosphore ou l'arsenic qui possèdent un électron de valence en plus.

Pour chaque atome introduit, il y a donc un électron en excès par rapport au nombre, qui assure les liaisons dans le réseau ; il devient aisément libre et participe à la conduction dès la température ordinaire. On a obtenu un semi-conducteur de type n, pour négatif.

A l'opposé, on peut introduire dans le réseau cristallin du silicium un atome ayant un électron de valence en moins, cas de l'aluminium ou du bore. Cette fois, il manque un électron de liaison, ce qui forme une lacune, ou trou, que peut combler un électron venant d'une autre liaison. L'atome étranger fonctionne ici comme accepteur d'électron — alors qu'il était donneur dans le cas précé-

dent — et le trou, en se déplaçant de proche en proche, conduit le courant comme le ferait une charge positive, d'où le nom de semiconducteur de type p.

En associant deux semiconducteurs de types opposés mis en contact, on réalise une diode ne laissant passer le courant que dans un seul sens. En effet, le passage du courant dans le sens p - n est facile, car le type n est capable de fournir des électrons pénétrant dans p, et le type p capable de fournir des trous pénétrant dans n. Au contraire, on ne peut faire passer de n vers p qu'un courant infime, car il n'y a quasiment pas d'électrons libres dans p, ni de trous dans n. En pratique, la jonction se comporte comme un conducteur dans un sens et comme un isolant dans l'autre sens.

Qui plus est, la jonction peut être sensible à la lumière, et se comporter comme un générateur photovoltaïque : lorsqu'un éclairage convenable tombe sur la surface de séparation de deux milieux différents dont l'un au moins est un conducteur ionique ou un semiconducteur, il peut y avoir appariation d'un courant.

On utilise le plus souvent des couples comprenant un semiconducteur en contact avec un autre solide, en général un métal déposé sous vide sur une épaisseur de quelques microns. Les électrons d'un semiconducteur peuvent être amenés dans la bande de conduction par l'action de la lumière, laissant en même temps un trou dans la bande de valence. Le champ électrique existant au contact de deux solides différents peut agir sur les porteurs de charge ainsi libérés. Il en résulte une différence de potentiel, et par suite un courant si les solides sont réunis par un conducteur.

Pour comprendre l'effet photoélectrique, c'est-à-dire le déplacement des particules élémentaires sous l'action d'un champ électromagnétique, il faut considérer brièvement la structure de l'atome. Celui-ci est formé d'un noyau de protons et de neutrons autour duquel tourne un nuage d'électrons à des distances qui correspondent à des niveaux d'énergie. Ces niveaux constituent une bande d'énergie du solide, d'autant plus large que les

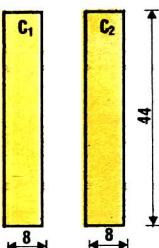
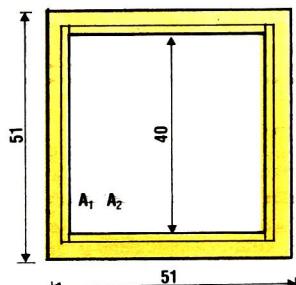


FIG. 1  
Les pièces A<sub>1</sub> et A<sub>2</sub>  
ont 1 mm d'épaisseur,  
les pièces B<sub>1</sub> et B<sub>2</sub>,  
C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, 2 mm

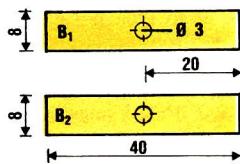


FIG. 3  
Crapaudine collée  
Tube Ø 3 x 5

atomes sont plus rapprochés dans le solide.

La bande d'énergie la plus élevée est la bande de valence, et c'est là que se trouvent les électrons qui peuvent participer à la conduction. Encore faut-il leur apporter une certaine énergie, dite travail d'extraction, qui peut être thermique, électrique ou même lumineuse.

Ce dernier cas est pourtant incroyable avec une répartition uniforme de l'énergie rayonnante transportée par les ondes lumineuses, alors que les expériences prouvent qu'il est bien réel. C'est pour échapper à ces difficultés qu'Einstein formula l'hypothèse des photons en 1905, ce qui lui valut plus tard le prix Nobel de physique. D'après cette théorie, l'émission lumineuse est discontinue et les grains d'énergie, ou photons, qui sont serrés à la fois dans le temps et dans l'espace, donnent une illusion d'émission continue. Chacun des photons contenus dans une radiation de fréquence  $f$  a une énergie  $hf$ ,  $h$  étant la constante de Planck.

Dans le cas du phénomène photoélectrique, l'énergie apportée par le photon sert d'abord à extraire un électron du métal, ce qui absorbe déjà le travail d'extraction dont nous avons parlé ; le reste communiqué à cet électron une certaine vitesse, donc un déplacement qui se traduit par un courant électrique.

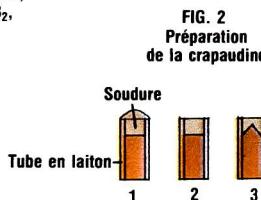


FIG. 2  
Préparation  
de la crapaudine

Nous n'irons pas plus loin dans les théories de l'émission photoélectrique, mais il faut noter que l'interprétation des lois de la photoélectricité est l'une des plus remarquables confirmations de la théorie des quantas.

Il nous reste maintenant à appliquer ces propriétés à la construction de notre moulin à lumière. Dans son apparence simplicité, il cache deux innovations : d'abord il fait appel à des cellules en silicium polycristallin beaucoup moins chères que le monocristal, et ensuite il utilise un type de branchement peu orthodoxe : le montage est antiparallèle, ou plus prosaïquement en court-circuit. Commençons par le premier point : les semiconducteurs réclament en principe un cristal non seulement parfaitement pur, mais aussi complètement homogène. Toute faille dans le réseau cristallin introduit des dissymétries nuisibles au déplacement des charges.

Il faut donc faire pousser un monocristal de silicium, solution longue et onéreuse. Dans la nature, les solides sont presque toujours

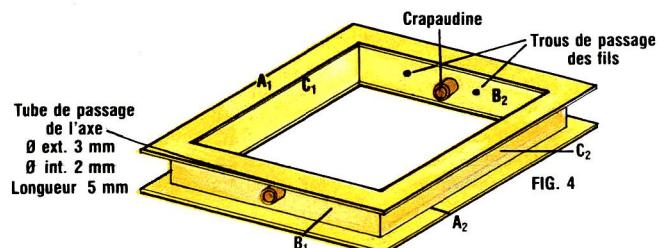
des agglomérats de cristaux microscopiques, ce qu'on appelle forme polycristalline. Elle est évidemment beaucoup moins coûteuse à obtenir, mais aussi moins efficace dans ses propriétés électriques. Toutefois, il faut considérer qu'une cellule en silicium monocristallin a un rendement de 10 %, tandis que celle en silicium polycristallin reste à 7 % ; en contrepartie elle coûte moitié moins cher, et on est gagnant.

Pour ce qui est du branchement, les deux cellules sont connectées par leurs pôles opposés, le (+) de l'une étant relié au (-) de l'autre. Avec une source électrique classique, ce genre de liaison entraînerait une décharge réciproque et rapide sans le moindre intérêt, et le plus souvent une détérioration rapide de tout le système par échauffement.

Ici, l'idée consiste à utiliser la cellule qui n'est pas éclairée comme une diode qui va empêcher le courant de la cellule active de circuler en court-circuit à travers les deux éléments. Il ne passera que dans le bobinage qui est relié aux deux cellules et les entoure.

Ces deux cellules, placées dos à dos et encadrées par le bobinage en question, sont montées sur un pivot vertical qui les laisse libres de tourner avec un frottement minime. Cet équipage mobile baigne dans un champ magnétique convenablement orienté produit par de puissants aimants permanents. Si on le place devant une source unique de lumière (soleil ou lampe électrique) la cellule éclairée produit un courant, lequel induit un champ magnétique qui a tendance à faire pivoter l'équipage mobile pour aligner l'axe de la bobine avec le champ des aimants.

A ce moment, la première cellule cesse d'être éclairée de face pour entrer dans la pénombre et la seconde la relaie, mais en sens contraire pour ce qui est du courant ; le champ magnétique produit dans la bobine s'inverse de



même, et l'équipage poursuit sur sa lancée pour exécuter un second demi-tour ; le cycle se poursuit tant que le système est éclairé par une lumière provenant d'un seul côté.

La commutation du courant à chaque tour est donc assurée par le seul déplacement des cellules devant ce contact immatériel qui est le pinceau de lumière. Construit avec soin et réglé correctement, le moulin à lumière est si sensible qu'il se met en rotation sous l'influence d'une simple lampe de poche. Comme toujours il faut réunir un certain nombre de composants que ceux de nos lecteurs qui sont adeptes des montagnes électroniques n'auront aucun mal à se procurer. Pour les autres, le plus simple est de s'adresser aux fournisseurs suivants : Ecosolaire, 19 rue Pavée, 75004 Paris.

Pour ce qui est des cellules. Il s'agit de cellules C 50 c'est-à-dire carrées de 50 mm de côté, débitant de 250 à 350 mA sous 0,4 V. Cette société assure la fourniture de ces cellules par 2 pièces à 120 F TTC, emballage compris, franco de port pour la France.

• Pierron Entreprise, BP 609, 57206 Sarreguemines Cedex, peut fournir les composants suivants pour 115 F TTC franco de port et d'emballage :

- 2 aimants couronne  $40 \times 22 \times 9$  mm Ø 40 mm
- 2 aimants plats  $42 \times 12 \times 9$  mm
- 10 m de fil émaillé Ø 0,5 mm
- 1 tige laiton Ø 2 mm, longueur 60 mm
- 1 tige laiton Ø 3 mm  $\times 2$ , longueur 50 mm
- 1 plaque de polystyrène épaisseur 1 mm
- 1 plaque de polystyrène épaisseur 2 mm.

L'équipage mobile constitue le premier ensemble à construire. La bobine, formée des pièces A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> sert également de support aux deux photocellules carrées en silicium polycristallin ; on se reportera aux figures 1, 2, 3, 4 et 5. Les joues A<sub>1</sub> et A<sub>2</sub> sont en polystyrène de 1 mm d'épaisseur ; on le marque au cutter et on le découpe aisément par rupture en

procédant minutieusement. Les quatre autres pièces ont une épaisseur de 2 mm. On remarque que la bobine est destinée à reposer sur un axe vertical par l'intermédiaire d'une crapaudine. Un tube est prévu à la partie inférieure pour empêcher les spires du bobinage de frotter contre l'axe.

La crapaudine est constituée par un petit morceau de tube en laiton ayant un diamètre extérieur de 3 mm et une longueur de 4 mm. La figure 2 montre comment on fabriquera l'obturation ; on y voit aussi la cuvette inversée dans laquelle reposera ultérieurement le sommet de l'axe de suspension dont l'extrémité supérieure aura été rendue conique par l'image. Après avoir obturé le sommet du petit tube, avec de la soudure à l'étain, on l'aplanira et, en faisant pénétrer une mèche dont l'extrémité est conique, on créera une cuvette à l'intérieur du tube (diamètre environ 2 mm).

La crapaudine ainsi terminée sera collée avec une colle cyanoacrylate au centre de la pièce B<sub>2</sub>, comme indiqué sur les figures 3, 4 et 5. Le tube de 5 mm de long et de 3 mm de diamètre extérieur sera disposé également au centre de la pièce B<sub>1</sub> ; il dépassera de 1 mm le rebord des joues de la bobine.

Deux trous seront percés en vue du passage des fils de la bobine. Cette construction se fera en vérifiant

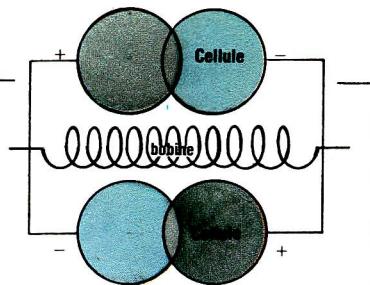


FIG. 6  
Schéma de montage en "anti-parallèle"

N.B. : dans une photocellule le "-" correspond à la face active (bleutée) et le "+" au verso

fiant en permanence la libre rotation de l'ensemble sur l'axe qui mesure 53 mm de haut pour 2 mm de diamètre — figure 5. On veillera à l'alignement de la crapaudine et du tube et on s'arrangera pour éviter décentrage et balourds.

Il restera à bobiner les 45 tours de fil émaillé de 5/10 en essayant d'obtenir des spires jointives et serrées. Avant de commencer, on passera l'extrémité du fil dans le premier trou en laissant environ 3 cm de libres. A la fin, l'autre extrémité sera passée dans le second trou que l'on dégagera au besoin avec la lame de tournevis. Il restera à exécuter les branchements par soudure en reliant les éléments comme indiqué dans le schéma figure 6 et le plan de câblage figure 7.

Il faut faire très attention, car le silicium est aussi fragile que du verre ayant la même épaisseur. En conséquence il ne faut pas appuyer sur la cellule avec la panne du fer si celle-ci est en porte-à-faux : une rupture coûte cher. On veillera également aux divers branchements.

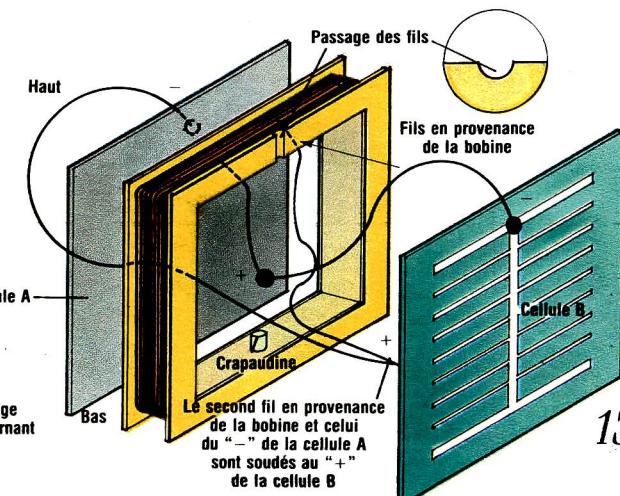


FIG. 7  
Détail de câblage de l'équipage tournant

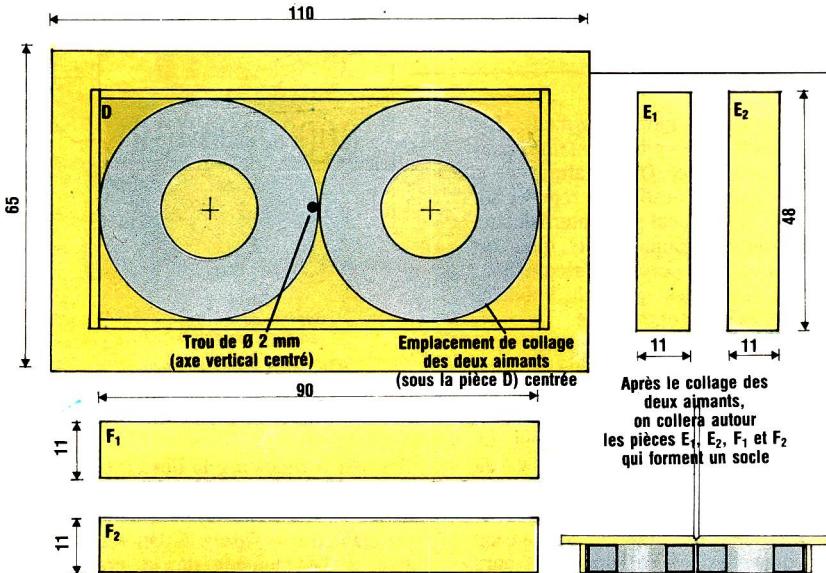


FIG. 8 Le socle

ments, au demeurant fort simples. Etant donné la fragilité des cellules, il faut éviter de se tromper car en décoller une est risqué, sinon impossible.

Nous rappelons que le “-” de la première cellule (le recto bleuté) est à relier d'une part au “+” de la seconde cellule (le verso étamé) et d'autre part à l'un des fils de la bobine. Le second fil de la bobine est relié à la fois au “+” de la première cellule et au “-” de la seconde. Bien vérifier avant de coller les deux cellules sur l'équipage mobile. On vérifiera également que les fils ne touchent pas à l'axe fixe, ce qui gênerait la rotation. Enfin, pour laisser le passage aux fils, on fera un sillon dans le polystyrène du cadre en y appliquant une aiguille chauffée — on se reportera à la figure 7.

La figure 8 montre très clairement comment est constitué le socle. Après avoir découpé les pièces D, E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, on percera au centre de D un trou de 2 mm destiné à recevoir l'axe vertical en laiton. Ensuite, on collera les deux aimants couronne sous D.

Leurs polarités sont indifférentes ; ils s'apparieront tout seuls et on les collera avec de la colle néoprène en les entrant et en les entourant des pièces F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, E<sub>1</sub> et E<sub>2</sub> formant le rebord du socle.

On mettra en place l'axe vertical convenablement ailé en pointe et

on engagera l'équipage mobile qui, nous le rappelons, doit tourner à la moindre sollicitation sans point dur ni frottement à la manière d'une aiguille de boussole ; au besoin on déposera une goutte d'huile "Break Free" sur l'axe. On placera l'ensemble au soleil, ou à 10 cm d'une lampe de 100 W, et on lancera légèrement l'équipage. Si on est tombé sur le bon sens de rotation, il se mettra à tourner dans le champ des deux premiers aimants. Sinon, on reprendra la même opération en sens inverse.

Ceci obtenu, nous allons maintenant augmenter le champ induit en ajoutant deux autres aimants supportés par les pièces G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>, H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub>. On se reportera à la figure 9 et, après avoir assemblé les supports, on collera un premier aimant avec de la colle néoprène sans tenir compte de la polarité.

Lorsque la colle sera sèche, ce qui demande environ deux heures, on approchera l'aimant de l'équipage mobile en rotation. Si l'on observe un ralentissement, on placera l'aimant de l'autre côté du rotor, ce qui provoquera cette fois une accélération. On cherchera à rapprocher l'aimant au maximum pour diminuer l'entrefer, et on marquera l'emplacement sur D au crayon. Ce faisant, on constatera que des aimants couronne ont tendance à repousser celui qu'en règle : c'est tout à fait normal.

En revanche, il faudra l'immobiliser pour le coller, sinon, il se déplacerait tout seul. Ensuite, on collera le second aimant vertical sur son support de telle façon qu'il présente un pôle opposé au premier ; ce sera facile à obtenir car ils s'attireront alors très puissamment.

Il ne reste plus qu'à le mettre en place suivant la même méthode. Dès que les deux aimants secondaires seront installés, on constatera que le système est devenu fort sensible et qu'il entre en rotation avec la simple lumière émanant d'une lampe de poche — ayant toutefois des piles neuves...

On vérifiera alors sans peine que la lumière peut être transformée en mouvement, et les plus avisés pourront même en tirer quelques approfondissements de la théorie des quantas dans l'interprétation de l'émission photo-électrique.

Renaud de La Taille

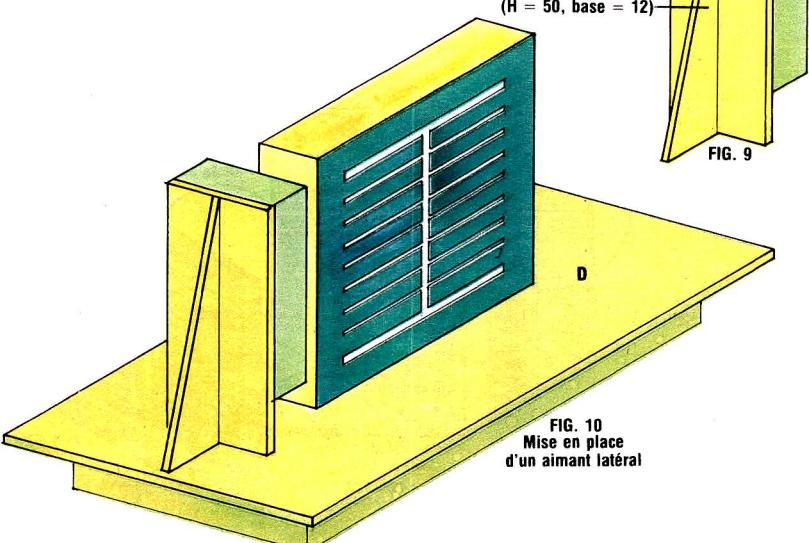


FIG. 10  
Mise en place  
d'un aimant latéral

# Illustrations sonores pour Amstrad

INFORMATIQUE AMUSANTE

**S**ans illustration sonore un jeu reste bien terne. Afin donc, de donner un peu de vie à vos programmes, voici comment réaliser sur Amstrad quelques bruitages sélectionnés parmi les plus utilisés.

N'oublions pas que sur ce micro-ordinateur il existe aucun son programmé d'origine. Cependant grâce aux instructions ENV et SOUND, il nous sera possible de mettre au point de très bons bruitages. Rappelons que, pour paraître réel, un son devra comporter une ou plusieurs fréquences de base, plus, éventuellement, un bruit et son évolution contrôlée dans le temps. Les notes de base seront générées à l'aide de SOUND et nous déterminerons un format d'enveloppe (évolution dans le temps) en utilisant ENV.

Pour que ces illustrations sonores soient facilement accessibles — du moins pour vous les présenter — nous les avons regroupées dans diverses sous-routines directement disponibles depuis une page de présentation. Chaque fois qu'un son sera demandé, l'ordinateur appellera, au bas de l'écran, le type de son choisi ainsi que l'emplacement dans le programme de la sous-routine employée.

Enfin dans chaque sous-routine un emplacement est réservé pour une animation. Celle-ci, pour ne pas perturber la génération du son, devra rester aussi courte que possible (modification de la position de quelques caractères présents sur l'écran par exemple).

Comme il est facile de le constater nous placerons toujours les animations après une instruction SOUND. Ceci nous permettra d'utiliser le "buffer" du générateur de sons et donc de laisser à l'ordinateur le temps de faire autre chose pendant qu'une note est émise.

Ces précisions apportées, pas-

- Bonjour, -  
voici la liste des illustrations sonores  
que je vous propose.

- 0 BOMBE
- 1 MITRAILLEUSE
- 2 D.C.A.
- 3 REVOLVER
- 4 LOCOMOTIVE

- 5 AVION
- 6 SYNTHETISEUR 1
- 7 ORGUE
- 8 SYNTHETISEUR 2
- 9 HARMONICA

Taper la touche correspondant  
au son désiré.

**SYNTHETISEUR 1: sous-routine 2000.**

sons au programme. Nous commencerons par passer la machine en mode 1 (mode de fonctionnement standard pour l'affichage) puis l'écran sera effacé (ligne 5). Ensuite nous imprimerais la page de présentation. Une succession d'instructions PRINT sera utilisée à cet effet des lignes 10 à 60. Rien donc de bien nouveau ici. Ensuite une boucle nous permettra de savoir si une touche du clavier a été frappée.

Le programme reviendra systématiquement sur cette boucle tant qu'aucun son ne sera demandé, en raison du test de la ligne 80. En cas contraire, la variable SUB prendra une valeur liée à la touche tapée et l'instruction ON sub GOSUB de la ligne 90 aiguillera le programme vers la sous-routine désirée. Notons qu'après l'exécution de chaque sous-routine l'état du générateur de sons sera contrôlé par le test de la ligne 91 afin d'éviter de lui envoyer de nouvelles données tant que le son précédent n'aura pas été totalement exécuté.

Ce contrôle est indispensable pour éviter une saturation et donc un certain cafouillage du générateur de sons. Enfin, avant les diverses sous-routines, nous trouverons une suite de données continues dans une chaîne DATA (ligne 100). Nous utiliserons ces dernières pour créer la mélodie des instruments de musique synthétisés. Les données seront lues par groupes de deux. La première de chaque groupe commandera le canal sonore numéro 1, la seconde

commandera le numéro 2.

Passons donc maintenant à l'écriture de chaque sous-routine. Le nombre d'illustrations sonores proposées étant de 10, il n'est pas surprenant de trouver 10 sous-routines. Notons qu'une onzième nous permettra de simplifier celles concernant les instruments de musique.

## **La bombe**

Nous trouverons sa sous-routine entre les lignes 1100 et 1135. En premier lieu nous déterminerons une enveloppe sonore correspondant à une explosion.

L'ordre ENV sera utilisé à cet effet à la ligne 1100. Si vous désirez utiliser directement ce bruitage dans un jeu, la ligne 1101 devra être supprimée.

En effet son seul but est d'afficher sur l'écran le type et le numéro de la sous-routine employée. Les instructions SOUND des lignes 1110 et 1115 généreront le sifflement de la bombe durant sa chute, une courte animation pourra être logée après elles, puis les lignes 1125 et 1130 simuleront l'explosion.

Là encore, une animation pourra prendre place. Cette sous-routine se terminera par l'instruction RETURN de la ligne 1135.

## **La mitrailleuse**

Ce bruitage utilise les lignes 1220 à 1230. Deux enveloppes seront créées : l'une sera utilisée pour le tir des balles, l'autre en fin de salve. Le nombre de projectiles tirés est fixé par la valeur de I à la ligne 1210-20 dans notre cas, mais

ce chiffre pourra aisément être modifié.

Vient ensuite la salve : ordre SOUND de la ligne 1215 avec utilisation de la première enveloppe, puis la fin de tir avec utilisation à la ligne 1225 de l'enveloppe numéro 2.

Cette sous-routine se terminera en ligne 1230 par une instruction RETURN. Comme précédemment, il sera possible de loger une courte animation après la ligne 1215.

#### ***La D.C.A.***

La sous-routine des lignes 1300 à 1320 sera utilisée. Ici, contrairement aux autres cas nous ne définirons pas d'enveloppe. En effet, seule une modulation du générateur de bruits nous permettra de synthétiser cette arme. Là encore, le nombre de coups par salve sera fonction de la valeur donnée à I en ligne 1301.

F nous permettra de modular le générateur de bruits en introduisant sa valeur à la fin de l'ordre SOUND de la ligne 1305. Si une animation est souhaitée elle devra être placée immédiatement à la suite de cette ligne. Cette sous-routine se terminera en 1320 par un ordre RETURN.

#### ***Le révolver***

Nous simulerons ici le bruit du coup et le sifflement de la balle. Nous commencerons donc par créer une enveloppe correspondant au son produit par le coup (ligne 1400) puis celui-ci sera généré (ligne 1405). Comme pour les autres cas, une animation pourra prendre place entre les lignes 1405 et 1410.

Une légère pause sera introduite entre le coup et le sifflement de la balle à l'aide de la boucle de la ligne 1410. Une seconde boucle sera alors utilisée pour restituer le sifflement de la balle et contrôlera également la puissance du son émis. En effet I interviendra ici deux fois : à la fois pour la fréquence et pour le volume. Notons que, étant donné la vitesse d'exécution de cette boucle, il ne sera pas possible de lui insérer d'animation. Cette sous-routine se terminera en ligne 1430 par un ordre RETURN.

#### ***La locomotive***

Cette illustration sonore utilisera la sous-routine comprise entre les lignes 1500 et 1545. Nous commencerons par définir une en-

```

5 MODE 1:CLEAR:CLS
10 PRINT " - Bonjour, - " :PRINT
15 PRINT "voici la liste des illustrations sonores"
20 PRINT "que je vous propose."
25 PRINT:PRINT
30 PRINT "0 BOMBE      5 AVION":PRINT
35 PRINT "1 MITRAILLEUSE 6 SYNTETISEUR 1":PRINT
40 PRINT "2 D.C.A.      7 ORGUE":PRINT
45 PRINT "3 REVOLVER    8 SYNTETISEUR 2":PRINT
50 PRINT "4 LOCOMOTIVE  9 HARMONICA":PRINT
55 PRINT:PRINT " Taper la touche correspondant":PRINT
60 PRINT "au son desire."
65 LET As=INKEY$:LET sub =0
66 FOR K=48 TO 57
70 IF CHR$(K)=As THEN LET sub=K-47
75 NEXT K
80 IF sub =0 THEN GOTO 65
85 LOCATE 1,24
90 ON sub GOSUB 1100,1200,1300,1400,1500,1600,2000,2100,2200,2300
91 IF SQ(1)<>4 OR SQ(2)<>4 THEN GOTO 91
95 GOTO 65
100 DATA 239,190,478,379,239,190,358,268
1100 ENV 3,1,15,5,1,-2,10,13,-1,20
1101 PRINT "BOMBE: sous routine 1100.
1105 FOR I=40 TO 200
1110 SOUND 1,1,2,12,0,0,0
1115 SOUND 2,1=3,2,12,0,0,0
1116 REM ****
1117 REM - PLACER ICI VOTRE ANIMATION -
1118 REM ****
1120 NEXT I
1125 SOUND 1,2000,0,0,3,0,30
1130 SOUND 2,2050,0,0,3,0,25
1131 REM ****
1132 REM - PLACER ICI VOTRE ANIMATION -
1133 REM ****
1135 RETURN
1200 ENV 1,1,15,2,1,-5,3,2,-5,1
1205 ENV 2,1,15,2,1,-5,3,5,-2,10
1206 PRINT "MITRAILLEUSE: sous-routine 1200.
1210 FOR I=1 TO 20
1215 SOUND 1,0,0,0,1,0,(RND#4)+9
1216 REM ****
1217 REM - PLACER ICI VOTRE ANIMATION -
1218 REM ****
1220 NEXT I
1225 SOUND 1,0,0,0,2,0,9
1230 RETURN
1300 PRINT "D.C.A.: sous routine 1300.
1301 FOR I=1 TO 5
1302 FOR F=1 TO 20
1305 SOUND 1,0,1,7,0,0,F
1306 REM ****
1307 REM - PLACER ICI VOTRE ANIMATION -
1308 REM ****
1309 NEXT F
1310 NEXT I
1315 SOUND 1,0,0,0,2,0,20
1320 RETURN
1400 ENV 4,1,15,10,1,-3,3,6,-2,10
1401 PRINT "REVOLVER: sous-routine 1400.
1405 SOUND 1,0,0,4,0,12
1406 REM ****
1407 REM - PLACER ICI VOTRE ANIMATION -
1408 REM ****

```

veloppe (ligne 1500) puis deux boucles successives seront chargées de restituer l'effet de déplacement du train.

Elles commanderont avant tout le générateur de bruit du micro-ordinateur. Nous trouverons ces deux boucles respectivement entre les lignes 1505 et 1520 puis 1525 et 1540. Deux emplacements sont réservés pour y loger une animation. Cette sous-routine se terminera en ligne 1545 par RETURN.

#### ***L'avion***

Ce bruitage correspond au bruit

que l'on peut entendre lorsque l'on se trouve dans un bimoteur à hélice. La sous-routine placée entre les lignes 1600 et 1620 sera utilisée. La durée de cette illustration sonore est directement liée à celle de I (ligne 1601) ; il sera donc aisément de la modifier.

Ici, nous n'utiliserons pas d'enveloppe mais deux fréquences proches sur les canaux 1 et 2 permettront, par effet de battement, de restituer le bruit d'un avion en vol. Un emplacement est prévu pour une animation en ligne 1612.

```

1410 FOR T=0 TO 200:NEXT T
1415 FOR I=40 TO 90
1420 SOUND 2,I,1,9-INT(I/10),0,0,0
1425 NEXT I
1430 RETURN
1500 ENV 5,10,1,1,1,1,1,2,-5,1
1501 PRINT "LOCOMOTIVE: sous-routine 1500.
1505 FOR I=1 TO 20
1510 SOUND 1,0,0,0,5,0,I+2
1515 SOUND 1,0,0,0,5,0,I
1516 REM ****
1517 REM - PLACER ICI VOTRE ANIMATION -
1518 REM ****
1520 NEXT I
1525 FOR I=20 TO 1 STEP -1
1530 SOUND 1,0,0,0,5,0,I+2
1535 SOUND 1,0,0,0,5,0,I
1536 REM ****
1537 REM - PLACER ICI VOTRE ANIMATION -
1538 REM ****
1540 NEXT I
1545 RETURN
1600 PRINT "AVION: sous routine 1600.
1601 FOR I=1 TO 100
1605 SOUND 1,2000,20,14,0,0,0
1610 SOUND 2,2021,20,14,0,0,0
1611 REM ****
1612 REM - PLACER ICI VOTRE ANIMATION -
1613 REM ****
1615 NEXT I
1620 RETURN
2000 ENV 6,1,15,2,1,-3,6,12,-1,1
2005 PRINT "SYNTETISEUR 1: sous-routine 2000.
2010 LET P=5:LET W=1:GOSUB 3000
2015 RETURN
2100 ENV 6,5,3,1,1,0,10,3,-5,1
2105 PRINT "ORGUE: sous-routine 2100.
2110 LET P=0:LET W=1:GOSUB 3000
2115 RETURN
2200 ENV 6,1,15,7,10,-3,1,1,-15,1
2205 PRINT "SYNTETISEUR 2 : sous-routine 2200.
2210 LET P=7:LET W=1:GOSUB 3000
2215 RETURN
2300 ENV 6,5,3,1,5,-1,2,2,-5,1
2305 PRINT "HARMONICA: sous-routine 2200.
2310 LET P=3:LET W=2:GOSUB 3000
2315 RETURN
3000 FOR I=1 TO 2
3005 FOR O=1 TO 2
3010 FOR L=1 TO 2
3015 RESTORE 100
3020 FOR M=0 TO 3
3025 READ N1:READ N2
3030 SOUND 3,12,2,P,O,0,1
3035 SOUND 1,N1/W,0,0,6,0,0
3040 SOUND 2,N2/(O*L*W),0,0,6,0,0
3045 REM ****
3050 REM - PLACER ICI VOTRE ANIMATION -
3055 REM ****
3060 NEXT M
3065 NEXT L
3070 NEXT O
3075 NEXT I
3080 RETURN

```

Cette sous-routine se terminera en 1620 par une instruction RETURN.

#### ***Les instruments de musique***

Comme, dans tous les cas, la sous-routine d'exécution de la mélodie sera identique, nous l'avons logée dans une annexe située entre les lignes 3000 et 3080.

Etudions sa fonction avant de voir le cas de chaque instrument qui, somme toute, ne sera qu'une modification de l'enveloppe utilisée pour cette annexe. En premier lieu trois boucles permettront de jouer la mélodie avec diverses

transpositions (lignes 3000, 3005 et 3010 utilisant les variables I, O et L). Ensuite les données contenues dans la ligne 100 seront, comme nous l'avons indiqué plus haut, lues (ligne 3025) puis aiguillées vers les deux premiers canaux sonores (lignes 3035 et 3040).

La ligne 3040 prend en compte les variables O, L et W afin, à partir d'une mélodie on ne peut plus simple, d'agrémenter son orchestration. Pour modifier l'air joué il suffira de modifier les données contenues dans la ligne 100, mais

attention, les bornes de M devront être modifiées en conséquence (ligne 3020). Ces précisions apportées passons en revue l'ensemble des instruments que nous imiterons.

#### ***Le synthétiseur 1***

Ici tout est permis. Nous utiliserons donc l'enveloppe déterminée en 2000 en lui ajoutant du bruit à l'aide de la variable P et en fixant la hauteur du son par W.

#### ***L'orgue***

Ici seule l'enveloppe et le bruit seront modifiés (aucun bruit ne sera ajouté à la mélodie).

#### ***Le synthétiseur***

L'enveloppe, ainsi que le niveau de bruits ajoutés seront modifiés de manière à obtenir un son plus syncopé.

#### ***L'harmonica***

L'enveloppe sera de nouveau modifiée ainsi que la fréquence fixée par la lecture des données à l'aide de W. Cette sous-routine se terminera en 2315 par un ordre RETURN.

Ce programme, avant tout destiné à être utilisé sous-routine par sous-routine pour vos jeux, ne doit pas poser de problème de frappe particulier. Afin de faciliter son adaptation sur d'autres appareils nous n'avons pas utilisé, pour notre listing, le basic abrégé. Rapelons que pour l'Amstrad les instructions doivent être tapées caractère par caractère ou en abrégé (pour cela consultez votre fascicule d'emploi).

L'utilisation de ce programme reste également fort simple. Après avoir tapé "RUN" la page de présentation s'affichera et vous demandera le son désiré. Après sélection, la sous-routine concernée sera exécutée puis la page de présentation sera de nouveau affichée. Notons que, comme l'Amstrad possède un "buffer" de clavier capable de mémoriser la frappe d'une suite de touches, il sera possible de demander une série de sons, sans attendre leur exécution.

Il en sera de même quant à l'utilisation de ces illustrations sonores dans vos programmes ; il sera inutile d'attendre la fin d'un son avant d'entamer l'opération suivante, sous réserve toutefois de ne pas saturer le générateur de sons.

**Henri-Pierre Penel**

# Un télérupteur multifonction

## ELECTRONIQUE AMUSANTE

**I**l est souvent pratique, dans un couloir ou une grande pièce, de disposer d'un télérupteur. Ce dispositif, version améliorée du célèbre va-et-vient, permet à partir d'une série boutons-poussoirs d'allumer ou d'éteindre une ou plusieurs lampes. Notre montage sera en fait, un télérupteur amélioré. En effet, il permettra de piloter indépendamment trois lampes ou groupes de lampes.

Il sera possible de lui connecter autant de poussoirs que l'on voudra et l'allumage ou l'extinction des lampes sera directement commandé par le nombre de pressions exercées sur l'un quelconque des boutons. Au total huit pressions successives permettront de couvrir un cycle complet, c'est-à-dire d'explorer l'ensemble des combinaisons possibles d'éclairage de la pièce. Afin de simplifier le maniement de ce télérupteur un ordre "extinction totale" est prévu.

En effet, quelle que soit la combinaison choisie, si l'un des poussoirs est maintenu enfoncé plus d'une seconde, les lampes seront éteintes. Cette commande pourra également être utilisée si vous ne savez plus où vous en êtes du cycle. Après une commande d'extinction générale, le montage se positionnera pour le début d'un nouveau cycle.

Ce procédé de codage, lié à la durée des impulsions de commande, permettra donc, à partir de boutons standard, d'obtenir une certaine souplesse d'utilisation.

Ces quelques précisions apportées passons à l'étude du montage : il comportera deux ensembles bien distincts. L'un fonctionnant en basse tension (5 volts) ; l'autre étant connecté au secteur sera réalisé avec le plus grand soin, il portera les relais ainsi qu'un régulateur 5 volts de manière à assurer une certaine autonomie du montage.

### L'ensemble basse tension

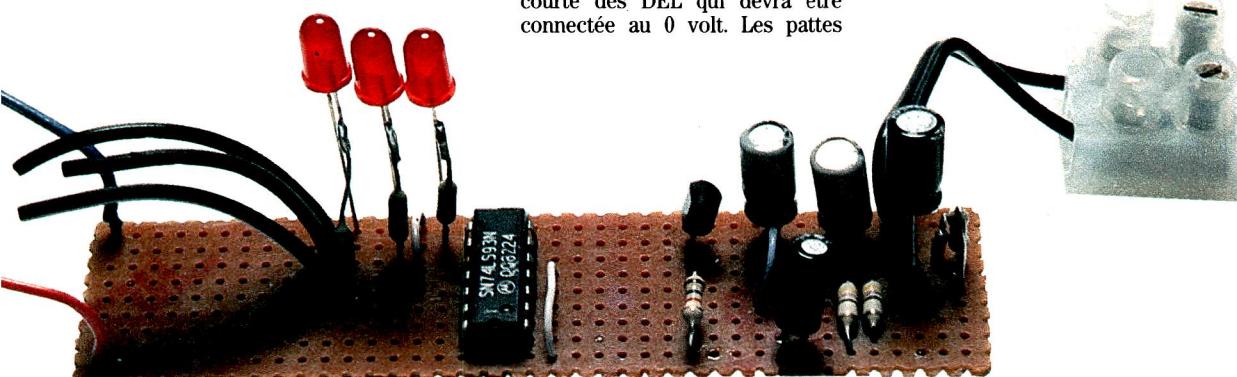
Ce sera le cœur du montage, c'est lui qui commandera l'ordre d'allumage des diverses lampes. Des diodes électroluminescentes, faisant office de voyant-témoin permettront de vérifier son bon fonctionnement. Sa réalisation sera effectuée autour d'un circuit intégré du type SN 74 LS 93. Ce composant ne nous est pas étranger ; il s'agit d'un compteur binaire que nous avons déjà utilisé à de nombreuses reprises. Ici ses possibilités ne seront cependant pas totalement exploitées puisque seules trois de ses quatre sorties seront employées. C'est sur ces sorties que se présentera l'ensemble des combinaisons possible d'allumage des trois lampes. Nous leur associerons donc les diodes électroluminescentes témoin et une partie de la tension qu'elles délivrent sera utilisée pour commander les relais par l'intermédiaire de transistors.

Le câblage des DEL sera, quant à lui, classique ; elles seront connectées entre le 0 volt et chaque sortie par l'intermédiaire d'une résistance. Rappelons à ce sujet que c'est toujours la patte la plus courte des DEL qui devra être connectée au 0 volt. Les pattes

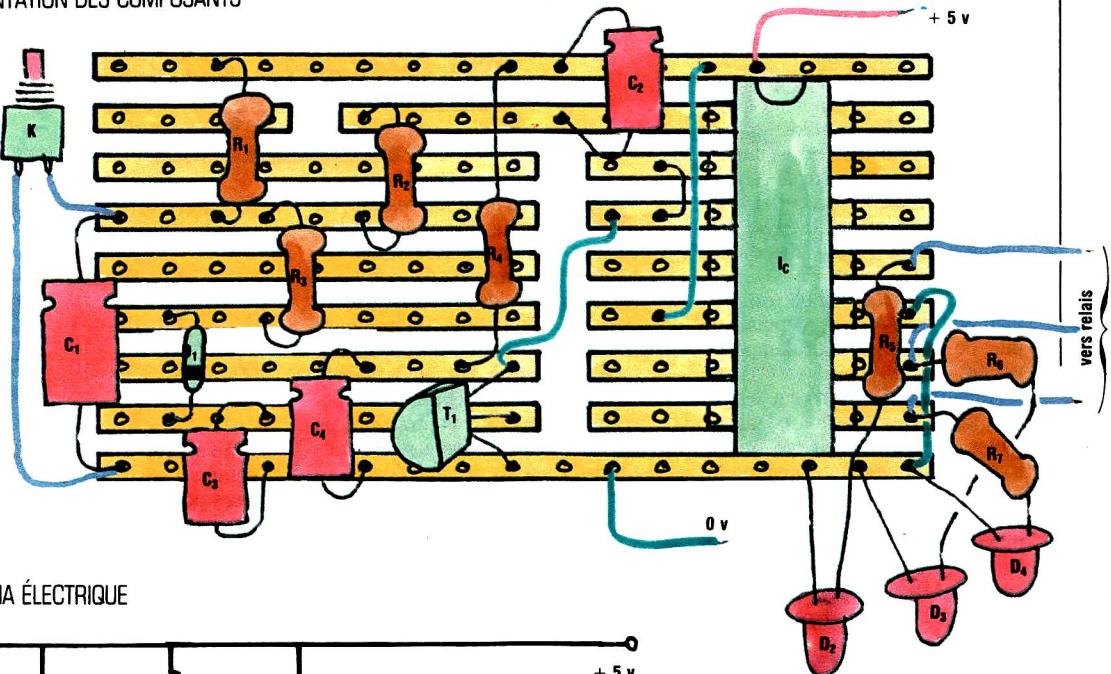
longues seront reliées, via les résistances, respectivement aux bornes 8,9 et 11 du circuit intégré. Reste donc à présent à faire compter le SN 74 LS 93 de manière à voir défiler l'ensemble des combinaisons possibles. Pour cela les impulsions provenant des boutons-poussoirs seront appliquées sur la borne 1, entrée "horloge" du circuit. Cependant si les boutons-poussoirs du commerce présentent des qualités de contact largement suffisantes pour la commande d'une sonnette électrique, par exemple, il n'en va pas de même du pilotage d'un circuit intégré. En effet au moment où l'on appuie sur le bouton, le contact ne s'établit pas toujours — disons même jamais — de manière franche. Durant quelques millièmes de secondes il reste hésitant.

En termes techniques ce phénomène est qualifié de rebondissement. Si les impulsions étaient donc directement appliquées aux circuits intégrés les rebondissements auraient pour effet de faire défiler à toute vitesse les cas possibles et il sera extrêmement difficile d'arrêter le montage sur la position désirée.

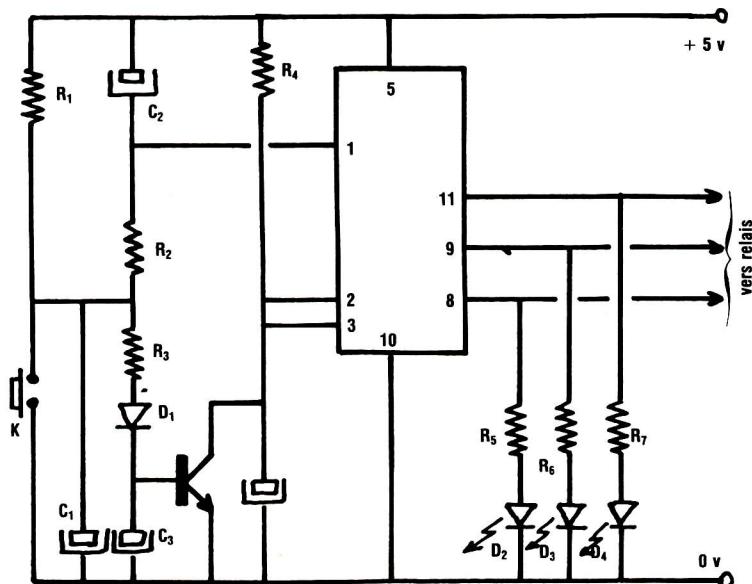
Nous avons résolu ce problème en intercalant entre le bouton-poussoir et l'entrée du circuit intégré un dispositif de filtrage réalisé à l'aide de C<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> et C<sub>2</sub>. Celui-ci a pour but de supprimer tout rebondissement. Ainsi chaque fois



## IMPLANTATION DES COMPOSANTS



## SCHÉMA ÉLECTRIQUE



que le bouton sera enfoncé, une impulsion unique sera transmise à l'entrée du circuit intégré.

Comme nous l'avons dit plus haut, afin de simplifier l'utilisation de notre télerécepteur une commande d'extinction totale est prévue. Pour cela il suffira de maintenir le bouton enfoncé pendant plus d'une seconde. Pour assurer cette opération nous utiliserons les entrées de remise à zéro

du SN 74 LS 93 (bornes 2 et 3 du circuit intégré. Rappelons que la remise à zéro est effectuée dès que l'une de ces dernières sera portée à une tension proche de celle de l'alimentation. Une temporisation nous permettra d'observer le délai d'une seconde avant remise à zéro. Celle-ci est réalisée autour d'un transistor  $T_1$ .

En effet, lorsque le bouton est relâché,  $C_3$  placé sur sa base, se

trouve chargé par l'intermédiaire de  $R_3$  et  $D_1$ .  $T_1$  est donc saturé et le potentiel des entrées 2 et 3 du circuit intégré reste proche de 0 volt. Dès que l'on enfonce le bouton,  $C_3$  n'est plus alimenté et commence à se décharger dans la base de  $T_1$ . Au bout de quelque temps  $T_1$  n'est donc plus saturé ;  $C_4$  se charge alors à son tour et la remise à zéro du SN 74 LS 93 est effectuée. Si l'impulsion fournie

139

par le poussoir reste de courte durée, elle sera ignorée par T<sub>1</sub> et, en conséquence, le cycle pourra se poursuivre normalement.

Le câblage de ce télérupteur ne doit pas poser de problème particulier. Il faudra prendre soin de bien couper l'ensemble des bandes cuivrées de la plaquette de câblage sous le circuit intégré et de respecter son brochage. Il en sera de même pour la polarité des diodes et des condensateurs.

Pour tester l'ensemble on l'alimentera directement depuis une pile de 4,5 volts pour lampe de poche.

Attention : rappelons que les petits adaptateurs secteurs disponibles dans le commerce, même s'ils sont équipés d'une position 4,5 volts, ne délivrent cette tension que lorsqu'il sont utilisés au maximum de leurs possibilités. Notre réalisation ne consomme que peu de courant, la tension fournie par de tels adaptateurs risque d'être supérieure à celle que peut supporter le SN 74 LS 93 (environ 6,5 volts) et provoquerait sa destruction.

La mise en place et l'utilisation du télérupteur sont également extrêmement simples. Les divers boutons-poussoirs seront reliés en parallèle sur la même paire de fils.

Tout fil muni de deux conducteurs pourra être utilisé. Précisons que le nombre de boutons n'est pas limité ; de plus, étant donné que la tension qui leur sera appliquée sera au maximum de 5 volts il sera possible de les placer en extérieur sans avoir à recourir à un modèle particulier.

**Henri-Pierre Penet**

#### OÙ SE PROCURER LES COMPOSANTS ?

- △ RADIO M.J., 19 rue Claude-Bernard, 75005 Paris, pour les commandes par correspondance, tél. 43 36 01 40
- △ PENTASONIC, 10 boulevard Arago, 75013 Paris, tél. 43 36 26 05
- △ T.S.M., 15 rue des Onze-Arpents, 95130 Franconville, tél. 34 13 37 52
- △ ELECTRONIC AT HOME, rue des Philosophes, 51, 1400 Yverdon, Suisse
- △ Ces composants sont également disponibles chez la plupart des revendeurs régionaux.

## Du paradoxal de certains scrutins

### JEUX ET PARADOXES

**A**h ! Qu'il est intéressant, en période électorale, d'émettre des doutes sur la consistance logique des modes de scrutins ! N'allons pas jusqu'à dire que le vote est impossible ou toujours inefficace. Soulignons cependant qu'il est tout à fait envisageable que des électeurs aboutissent à des résultats de vote contradictoires sans réellement changer leurs attitudes vis à vis des candidats.

Prenons un premier cas concret. L'électorat se compose de quatre votants et ils ont à se prononcer sur quatre candidats. Appelons-les juges I, II, III et IV. Les candidats seront A, B, C et D. Chaque votant s'exprime en notant les candidats : il attribue à chacun une note, de 0 à 10. Dans l'espoir d'aboutir à des résultats plus nets, il est demandé à chaque votant d'attribuer au moins un 0 et au moins un 10.

Le scrutin se déroule en deux tours. Après que les candidats aient été classés par total de points, le premier tour suffit si l'un des candidats a obtenu 40 points. Si cela s'avère nécessaire, un second tour a lieu, et le candidat ayant le plus grand nombre de points l'emporte.

Sur ces bases, un paradoxe s'installe.

Au premier tour, les tendances sont nettes : A l'emporte sur B, qui l'emporte sur C, qui l'emporte sur D. Il se trouve que D n'a obtenu aucun point : tous les zéros lui ont été attribués. Cela convainc D de désister. Il laisse donc une situation claire, où A est le favori, devant B puis C.

On passe au second tour, où les votants se révèlent consistants avec leurs premiers choix. Chacun reprend l'ordre dans lequel il avait attribué ses points au cours du premier tour, tout en respectant les règles du scrutin.

Las ! Les résultats sont néanmoins surprenants : C l'emporte sur B, qui l'emporte sur A.

Les données numériques du paradoxe sont en fait simples. Au

premier tour, la répartition a été celle-ci :

	A	B	C	D
I	8	9	10	0
II	8	10	1	0
III	9	4	10	0
IV	8	9	10	0
	—	—	—	—
	33	32	31	0

Au second tour, le problème des votants a été de répartir à nouveau leurs points avec les extrêmes 0 et 10. Il en a résulté :

	A	B	C
I	0	9	10
II	8	10	0
III	9	0	10
IV	0	9	10
	—	—	—
	17	28	30

Quelle peut être l'attitude des candidats devant une telle surprise ?

Etonnez-vous vous-même d'être encore en démocratie, car ce possible paradoxe des scrutins n'a pas été découvert hier, sa description est due à Condorcet.

Peut-être aurez-vous néanmoins l'impression qu'il y a un truc, et que le paradoxe ne survient que si l'on introduit dans le scrutin cette bizarrerie de points à répartir avec un maximum et un minimum, situation il est vrai assez rare ? Et bien, il n'en est rien ! Le paradoxe survient également dans une situation beaucoup plus courante, où il est simplement demandé aux votants de classer les candidats, sans ex-æquo ni ambiguïté, du meilleur au moins bon.

Construisons notre paradoxe comme le premier, en deux tours de scrutins, mais pour varier les plaisirs, faisons mourir l'un des candidats, au lieu de le mettre banalement en situation d'abandonner. Il y a, comme précédemment, quatre votants et quatre candidats. Chaque votant doit attribuer une fois et une seule chaque note 1, 2, 3 ou 4 à un candidat. Un candidat doit passer la barre des

1				2			
premier tour				second tour			
I	A	B	C	D	I	A	C
II	4	3	2	1	II	3	2
III	2	4	3	1	III	2	3
IV	2	1	4	3	IV	1	3
<hr/>				<hr/>			
12 11 11 6				9 10 5			

3				4			
premier tour				second tour			
I	A	B	C	D	I	A	C
II	4	3	2	1	II	3	2
III	2	4	3	1	III	2	3
IV	2	1	4	3	IV	1	3
<hr/>				<hr/>			
12 11 11 6				9 10 5			

5				6			
premier tour				second tour			
I	A	B	C	D	I	A	C
II	4	2	1	3	II	3	2
III	2	1	4	3	III	2	3
IV	4	3	2	1	IV	1	3
<hr/>				<hr/>			
12 7 11 10				9 10 5			

7				8			
premier tour				second tour			
I	A	B	C	D	I	A	C
II	2	1	3	4	II	3	2
III	2	1	4	3	III	2	3
IV	4	3	2	1	IV	1	3
<hr/>				<hr/>			
12 8 11 9				9 10 5			

9				10			
premier tour				second tour			
I	A	B	C	D	I	A	C
II	3	2	1	4	II	3	2
III	1	4	3	2	III	2	3
IV	3	1	4	2	IV	1	3
<hr/>				<hr/>			
11 10 10 9				9 10 5			

premier tour				second tour			
A B C D				A C D			
I	4	3	2	I	3	2	1
II	4	3	2	II	3	2	1
III	3	1	4	III	2	3	1
IV	2	1	4	IV	1	3	2
<hr/>				<hr/>			
13 8 12 7				9 10 5			

Ici, aucun truc, aucune "combine": les votants ont rigoureusement classé les candidats au premier tour, puis répercuté leur choix — logiquement et sans ima-

gination — sur le deuxième tour après la mort de B. Imparable !

Mieux : Pierre Batteau a exploré cette situation et découvert qu'il existait au total 13 situations de premier tour conduisant au même paradoxe du second tour. En voici onze ci-dessus.

Saurez-vous construire le treizième scrutin ?

Sur ce même modèle, peut-on construire d'autres paradoxes ?

Pierre Berloquin

14 points pour être élu au premier tour. Le second tour repose sur la proportionnelle.

Le destin veut que le premier tour livre des résultats nets mais non décisifs, A l'emportant sur tous les autres, puis que B meure entre les deux tours, et enfin que C l'emporte au second tour, sans que les votants n'aient changé leurs ordres de préférence...

Comment ? Par exemple avec cette situation :

# Le "hard" n'est pas si dur qu'il en a l'air

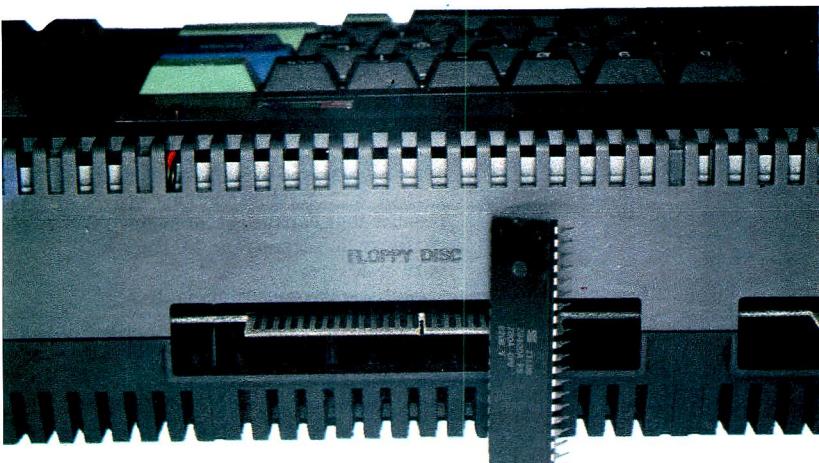
## INFORMATIQUE PRATIQUE

**V**oici la suite de cette rubrique mensuelle, commencée dans notre dernier numéro et dont le but est d'utiliser au maximum les ressources du micro-ordinateur dont vous pouvez être équipé à la maison.

Tout au long de ces lignes nous serons obligés d'utiliser des termes bien ésoptériques, relatifs au fonctionnement d'un microprocesseur ; pour être plus précis, à celui qui équipe le "micro" que nous avons choisi pour la présente rubrique, le Z 80. Pour la clarté des exposés sur les diverses interfaces que nous réaliserons, il n'est pas inutile d'expliquer quelques-uns de ces termes et de voir, en bref, de quoi est fait un micro-ordinateur.

Comme chacun sait, le "coeur" de la machine est un microprocesseur. Mais seul, il ne serait pas d'une grande utilité. Il faut lui adjoindre des organes annexes : les plus connus sont la mémoire morte, qui contient généralement le langage basic et des sous-programmes assurant les diverses fonctions de la machine (affichage des caractères sur écran ou gestion du clavier) et la mémoire vive avec des données telles que les symboles utilisés ou le programme de l'utilisateur. Mais bien d'autres

Au dos de votre "micro", le "bus", et, posée verticalement, l'unité centrale Z 80 qui équipe les machines que nous utiliserons.



organes — contrôleur vidéo, contrôleur de clavier ou modules d'entrée/sortie — font également partie de "l'architecture" de la machine.

Pour converser avec ces organes, le microprocesseur utilise un dispositif qui peut être comparé à notre réseau téléphonique. Il s'agit d'une série de fils — tracés sur le circuit imprimé de la machine — appelée "bus". Sur chacun de ces fils le microprocesseur pourra envoyer un "0" ou un "1", de manière à échanger les informations souhaitées.

Sur le bus, les connexions sont réparties en trois grandes catégories : les adresses, les données et

A15	A14	A13	A12	A11	A10	A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1 soit :
0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	5	5	0	5	5	5 volts.

les signaux de contrôle.

Sur tous les "micros", on peut accéder au bus depuis un connecteur placé à l'arrière de l'appareil (*voir photo*). Dans la plupart des cas il s'agit d'une simple fenêtre pratiquée dans le boîtier et laissant apparaître le circuit imprimé.

### Les adresses.

Comme tout abonné au téléphone, chaque élément compo-

sant un "micro" possède en quelque sorte un numéro d'appel. Nous verrons plus loin que, grâce aux signaux de contrôle, le microprocesseur disposera d'éléments complémentaires pour appeler soit de la mémoire soit tout autre dispositif.

Le numéro d'appel est codé sur 16 fils. Pour les identifier, ils sont toujours numérotés de A0 à A15 sur le connecteur arrière ("A" pour "adresse", suivi du numéro de fil).

N'oublions pas qu'un ordinateur fonctionne en binaire et ne sait donc présenter que des 0 ou des 1 sur le bus. Pour trouver l'état des tensions (0 volt pour "0", 5 volts pour "1") présentes sur les fils d'adresses du bus pour un dispositif donné, il suffira de convertir un numéro d'appel choisi en binaire et de le reporter sur le bus en se rappelant que A0 représente le bit le plus faible (l'unité en quelque sorte). Par exemple, si l'adresse est 183, l'état du bus sera le suivant lorsqu'elle sera envoyée :

Notons qu'un périphérique peut avoir une adresse identique à celle d'une case mémoire. La distinction sera toujours effectuée grâce aux signaux de contrôle.

Comme, dans le cas de la mémoire, certaines adresses sont déjà utilisées par des éléments internes du micro-ordinateur tels que contrôleur vidéo, lecteur de cassettes ou de disquettes, contrôleur de clavier, imprimante, etc., avant d'envisager la réalisation d'une interface, il sera donc indispensable de vérifier si l'adresse que vous pensez lui donner est effectivement libre. En cas contraire, vous vous exposeriez à bien des surprises. Généralement le fascicule d'utilisation des micro-ordinateurs précise quelles sont les adresses déjà utilisées, souvent celles qu'il est judicieux d'employer.

Pour notre part nous tenterons toujours de réaliser des interfaces dont il sera facile de modifier l'adresse.

### Les données.

Elles sont transmises sur huit fils. Le Z 80 ne sera donc capable de transmettre que huit bits simultanément, soit un octet. C'est sur

ces fils que "la conversation" aura lieu. Dès que l'adresse aura été présentée, le Z 80 viendra échanger des informations sur les fils de données. Si, par exemple, c'est une case mémoire qui a été demandée il sera possible au microprocesseur, soit de lire son contenu, soit d'y enregistrer un octet. Il en serait de même pour un périphérique quelconque. D'une manière générale, les contacts correspondant aux données sont indiqués sur le schéma de brochage du connecteur par D0 à D7 ; D pour donnée. Comme dans le cas des adresses, le chiffre indiquera le numéro de fil. Tout comme précédemment, D0 correspondra au bit de poids faible. Si donc, à l'adresse dont nous avons parlé plus haut (adresse 183), l'information 17, par exemple, transite, nous trouverons simultanément : 000000010110111 sur les adresses et 00010001 (soit 17) sur les données, répartis comme suit :

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	0	0	1	0	0	0	1
0	0	0	5	0	0	0	5

volts.

Comme on peut le constater, le principe de fonctionnement des fils de données est très proche de celui des fils d'adresses. Une différence fondamentale pourtant : si, sur les adresses, le microprocesseur ne peut qu'envoyer un message, sur les données par contre il peut soit en émettre (écrire), soit en recevoir (lire en mémoire).

Il s'agit donc de liaisons bidirectionnelles. La direction suivant laquelle seront acheminées les informations sera précisée, ici encore, par les signaux de contrôle. Il est donc évident qu'une interface devra prendre en compte la direction de conversation pour fonctionner correctement.

#### **Les signaux de contrôle.**

Ils sont nombreux. Cependant nous n'en utiliserons que quelques-uns. Ici, comme pour les adresses, il s'agit de signaux monodirectionnels ; c'est donc le microprocesseur qui les envoie ou les reçoit. Notons cependant que ces signaux sont inversés ; c'est-à-dire qu'ils prennent la valeur 0 lorsqu'il faut en tenir compte. Ce détail est indiqué en inscrivant une barre horizontale au-dessus de leur dénomination. Nous ne passerons ici en

revue que certains d'entre eux, qui nous seront le plus utile. Si, par la suite, nous sommes appelés à en utiliser d'autres nous indiquerons alors leur rôle précis.

- Le signal IORQ : Ce sera l'un des plus importants pour la réalisation d'interfaces. En effet lorsqu'il passe à 0, le microprocesseur indique par là qu'il va soit parler, soit écouter une interface. Son nom, peu évocateur en français il faut bien l'avouer, vient directement de l'abréviation de sa fonction en anglais : *Input Output ReQuest* ; c'est-à-dire demande d'entrée ou de sortie de données (*via* un périphérique ou une interface). Si, au contraire, le Z 80 avait voulu converser avec sa mémoire il aurait mis à 0 le signal MREQ : *Memory REQuest* ; demande mémoire.

Il s'agit donc là de deux signaux que le microprocesseur envoie.

- Le signal RD : il a pour effet d'indiquer le sens de la conversation sur les fils de données. Il signale que le microprocesseur est

INSTRUCTIONS	10 CLEAR 29999
PARTICULIÈRES	15 REM routine OUT
POUR LE	20 POKE 30000,62
ZX 81	30 POKE 30001,0
	40 POKE 30002,211
	50 POKE 30003,254
	60 POKE 30004,201
	95 REM routine IN
	100 POKE 30010,219
	110 POKE 30011,254
	120 POKE 30012,50
	130 POKE 30013,68
	140 POKE 30014,117
	150 POKE 30015,201

à l'écoute et qu'il attend donc l'arrivée de données. Son appellation vient de *ReaD* ; lire, en anglais. Son complémentaire est le signal WR (*WRite* ; écrire) qui indiquera que le microprocesseur va envoyer quelque chose sur les données ; donc interdiction absolue de tenter de parler. Là encore il s'agit de deux signaux émis par le microprocesseur.

- Le signal INT. Sa mise à 0 provoque l'arrêt momentané du Z 80. Il signifie INTerrupt et devra être utilisé avec prudence. Il s'agit d'un signal reçu par le Z 80.

Voici, pour les signaux qui nous intéresseront tout particulièrement.

Si le basic de votre "micro" comporte les instructions IN et OUT ;

elles se chargeront directement de piloter l'ensemble des signaux de BUS. IN sera utilisée pour questionner l'interface et OUT pour lui transmettre des données.

Cependant sur certaines machines, telles que le ZX 81 par exemple, ces instructions n'existent pas. Nous vous proposerons donc de réaliser un petit programme en langage machine pour les remplacer. Celui-ci est prévu pour fonctionner sur un "micro" comportant au moins 16 Koctets de mémoire vive (RAM).

Il commencera par une instruction CLEAR de manière à déclarer un RAMTOP, c'est-à-dire une zone mémoire où l'ordinateur n'aura pas le droit de modifier des données. Si vous disposez d'une machine dont la capacité mémoire est supérieure à 16 Koctets, la valeur du RAMTOP pourra être modifiée, mais il faudra alors prendre soin de changer l'adresse de chaque instruction POKE. Voici donc ce petit programme que nous commentons au fur et à mesure :

#### **• Mise en place du RAMTOP.**

- Chargement du registre A du microprocesseur à la valeur 0, OUT de la valeur contenue dans A sur l'interface N.254. Retour au langage basic.

- IN : le registre A prend la valeur présentée par 254. Transfert de la donnée contenue dans A dans la case mémoire numéro 30020. Retour au langage basic.

Pour exécuter un OUT il faudra donc faire un POKE de l'adresse d'interface désiré en 30003, puis un POKE du contenu à transmettre en 30001 et enfin demander RANDOMISE, ou CALL, USR 30000.

De même pour un IN il suffira d'indiquer l'adresse de l'interface à questionner par un POKE de son adresse en 30011 et la donnée reçue sera obtenue en effectuant un PEEK en 30020. Ici l'instruction RAND, ou CALL, USR 30010 devra être insérée entre le POKE et le PEEK.

Nous sommes donc à présent prêts à attaquer notre première réalisation. Préparez vos outils à "wrapper", supports et connecteurs pour le mois prochain.

**Henri-Pierre PENEL**

# La méthode des éléments finis

LE "MICRO" DE L'INGÉNIEUR

**C**omme promis, nous appliquerons aujourd'hui l'algorithme relatif à l'inversion des matrices, vu la dernière fois, à un calcul de structures utilisant la méthode des éléments finis. Celle-ci est très couramment utilisée dans divers bureaux d'études pour concevoir des structures formées d'un grand nombre (jusqu'à plusieurs dizaines de milliers) d'éléments, par exemple un ensemble formé de nombreuses poutrelles.

Sous une forme différente de celle que nous montrerons ci-après, la même méthode permet de diviser par le calcul en plusieurs centaines ou milliers de sous-éléments une grosse pièce métallique de forme complexe, ce qui permet de connaître les contraintes et les déformations auxquelles ils sont soumis, et, par là, de prévoir le comportement de la pièce d'origine.

Sous une forme encore différente les ordinateurs du centre européen de météorologie de Reading (Angleterre) découpent quotidiennement l'atmosphère en pavés mesurant quelques dizaines de kilomètres de côté et quelques centaines de mètres de hauteur, auxquels ils appliquent par la suite les règles de la dynamique et de la thermodynamique pour prévoir les caprices du temps quelques jours à l'avance.

On le voit, les possibilités offertes sont vastes.

Ce mois-ci, notre programme n'aura pas vraiment la prétention d'être pratique, mais simplement illustratif. D'ailleurs il ne pourra traiter que des structures particulières dites constructions en treillis articulé plan, formées de poutres longues articulées entre elles en un certain nombre de noeuds, autour desquels elles peuvent tourner librement. De plus, une telle structure est forcément reliée à l'extérieur par un certain nombre de points d'appui. Ces derniers peuvent être fixes ou glissants (**Fig. 1**).

Suivant la nature de ces appuis, et suivant la forme de la structure, le treillis pourra être déformable

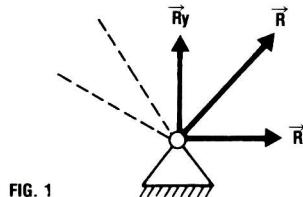
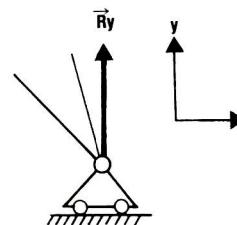


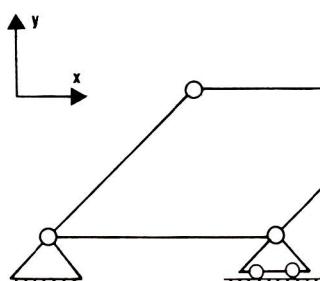
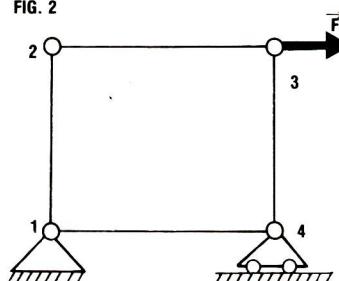
FIG. 1

Un appui fixe empêche le noeud qui s'y attache de se déplacer. La force de réaction  $\vec{R}$  possède alors généralement une composante en  $x$  et une autre en  $y$ .



Un tel schéma représente un appui glissant. Aucune force de réaction ne peut exister suivant  $x$ .

FIG. 2



Le noeud 1 est fixe mais le noeud 4 est mobile en  $x$ . Si on tire sur le noeud 3, l'ensemble se déformerait facilement.

(**Fig. 2**), isostatique (**Fig. 3**) ou hyperstatique (**Fig. 4**).

Le premier cas est bien sûr à exclure, mais les deux autres se rencontrent couramment dans la pratique. Si on applique à un treillis articulé plan un effort en l'un des noeuds, chacune des barres qui le constituent sera soumise à un effort proportionnel, et qui pourra être :

- soit un effort de traction si les deux noeuds délimitant la poutre tendent à s'éloigner l'un de l'autre ;
- soit un effort de compression dans le cas contraire.

Dans la mesure où toutes les barres seront articulées autour des noeuds, aucune d'elles ne sera soumise à des moments de flexion ou de torsion qui la fasse flétrir ou se tordre, ce qui simplifie notre calcul.

L'estimation des efforts dans chaque barre s'effectue facilement lorsque le treillis est isostatique. Dans ce cas, il suffit d'exprimer qu'à l'équilibre chaque noeud est soumis à un ensemble de forces (provenant des barres) dont la somme vectorielle est nulle. Connaissant les efforts extérieurs on peut alors, de proche en proche, connaître ceux régnant au sein de la structure.

Dans le cas hyperstatique, par contre, c'est une autre paire de manches et il n'est pas commode de décrire simplement la méthode.

Connaissant les efforts que chaque barre supporte, on peut calculer le déplacement de chaque noeud. En effet, si l'on prend le cas simple d'une poutre cylindrique homogène soumise à un effort de traction  $F$  aux deux extrémités (**Fig. 5**) on s'apercevra effectivement que la barre s'allongera d'une certaine quantité  $dL$ , dépendant de sa longueur, de sa section et de son module d'élasticité  $E$ .

A noter cependant que l'allongement sera proportionnel à l'effort de traction tant que ce dernier ne sera pas trop important, autrement la poutre entrerait dans son do-

maine dit plastique et subirait alors des déformations permanentes. Dans le domaine élastique, par contre, la barre reprend ses dimensions originelles après cessation de l'effort.

On conçoit alors que si on soumet un ensemble de poutrelles à divers efforts, l'ensemble se déformerait légèrement. Le programme ci-après permet également de déterminer les valeurs de ces déformations. Dans ce qui suit, nous négligerons la masse des divers éléments, ce qui fait de notre logiciel un outil capable de calculer des structures en orbite autour de la Terre, par exemple !

### Formulation

**1.** On se donne NN noeuds, chacun d'eux étant repéré par ses coordonnées (x, y), et NB barres, de longueurs variables, mais de sections et de modules d'élasticité égaux, respectivement S et E.

**2.** On construit deux tableaux de données. Le tableau TA de dimension (NN, 4) donne à la ligne I successivement : les coordonnées (x, y) du noeud n°I, et un "1" en place n°3 (respectivement n°4) s'il s'appuie sur un support créant une réaction en x (respectivement y), 0 sinon. Le nombre total de "1" de ce tableau, noté REAC, est le nombre de réactions auxquelles est soumise la structure.

Le tableau BARRE de dimension (NB, 2) donne, à la ligne I, les numéros des deux noeuds qui délimitent la barre n°I.

**3.** Deux cas sont à envisager :

a) NB < 2.NN - REAC : le système est déformable et, littéralement, ne tient pas debout. Le calcul s'arrêtera là.

b) NB ≥ 2.NN - REAC : BNR = NB - (2.NN - REAC) est alors le degré d'hyperstatique du treillis. Si BNR = 0, le treillis est isostatique.

**4.** On pose NR2 = 2.NN - REAC et on construit la matrice AA de taille (2.NN, NB) qui renferme les éléments traduisant les équations d'équilibre en chaque noeud.

$$\text{Ainsi, } \begin{cases} AA(2,I - 1,J) = 0 \\ AA(2,I,J) = 0 \end{cases}$$

si la barre n° J ne rejoint pas le noeud n° I

Dans le cas contraire, (x<sub>2</sub>, y<sub>2</sub>)

```

10 REM PROGRAMME DE CALCUL PAR ELEMENTS FINIS
20 REM
30 HOME : VTAB 8: PRINT " *** CALCUL D'ELEMENTS FINIS ***": PRINT
40 INPUT "COMBIEN DE NOEUDS POSSEDE VOTRE TREILLIS ARTICULE PLAN ? ";NN
50 PRINT : PRINT "ENTREZ LEURS COORDONNEES X,Y : PRINT : PRINT "(UNITE
   : LE METRE)": PRINT
60 DIM TA(NN,4):REAC = 0
70 FOR I = 1 TO NN
80 PRINT : PRINT "COORDONNEES X,Y DU NOEUD ";I;: INPUT TA(I,1),TA(I,2):
   PRINT
90 INPUT "CE NOEUD POSSEDE-T-IL UN APPUI ? (O/N) ";R$:TA(I,3) = 0:TA(I,
   4) = 0
100 IF R$ = "N" THEN GOTO 150
110 INPUT "EN X ? ";R$ 
120 IF R$ = "O" THEN TA(I,3) = 1:REAC = REAC + 1
130 INPUT "EN Y ? ";R$ 
140 IF R$ = "O" THEN TA(I,4) = 1:REAC = REAC + 1
150 NEXT I
160 PRINT : PRINT "COMBIEN DE BARRES POSSEDE VOTRE SYSTEME ? (IL EN FAU
T AU MOINS ;2 * NN - REAC)";": INPUT NB: PRINT
170 DIM BARRE(NB,2):NR2 = 2 * NN - REAC:BNR = NB - NR2:ISO = 0: IF BNR =
0 THEN ISO = 1:BNR = 1
180 FOR I = 1 TO NB
190 PRINT "QUELS SONT LES NOEUDS I,J AUXQUELS EST RELIEE LA BARRE n";I:
   I;: INPUT BARRE(I,1),BARRE(I,2): PRINT
200 NEXT I
210 PR = 1E - 8:MI = 1E - 30:S = 1E - 4:E = 2E11
220 DIM AA(2 * NN,NB),AD(NR2,NB),MA(NR2,NR2),COMBINE(NR2),DB(NB,NR2),DT
   B(NR2,NB),XB(NB,BNR),XTB(BNR,NB),LB(NB),DF(NR2,NR2),XF(BNR,BNR),DXF(
   NR2,BNR),XDF(BNR,NR2)
225 DIM EF(NR2),XB(NB),N(NB),M1(NB,NB),M2(NB,NB),M3(NB,NB),EL(NR2),EC(N
   R2),DEP(NR2),AM(NR2,NR2),AX(NR2,BNR)
230 PRINT
240 PRINT " ECRITURE DES EQUATIONS D'EQUILIBRE AUX NOEUDS"
250 PRINT
260 FOR J = 1 TO NB
270 FOR I = 1 TO NN
280 AA(2 * I - 1,J) = 0:AA(2 * I,J) = 0:NX = 0
290 IF BARRE(J,1) = I THEN NX = BARRE(J,2): GOTO 310
300 IF BARRE(J,2) = I THEN NX = BARRE(J,1)
305 IF NX = 0 GOTO 340
310 W1 = TA(I,1):W2 = TA(I,2):W3 = TA(NX,1):W4 = TA(NX,2)
320 SQ = SQR((W1 - W3) ^ 2 + (W2 - W4) ^ 2)
330 AA(2 * I - 1,J) = (W3 - W1) / SQ:AA(2 * I,J) = (W4 - W2) / SQ
340 NEXT I
350 NEXT J
360 FOR I = 1 TO NN
370 AA(2 * I - 1,0) = TA(I,3):AA(2 * I,0) = TA(I,4)
380 NEXT I
385 II = 0
390 FOR I = 1 TO 2 * NN
400 IF AA(I,0) = 1 GOTO 450
410 II = II + 1
420 FOR J = 1 TO NB
430 AD(II,J) = AA(I,J)
440 NEXT J
450 NEXT I
460 PRINT
470 PRINT "RECHERCHE D'UNE MATRICE REGULIERE"
480 PRINT
490 FOR KI = 1 TO NR2
500 COMBINE(KI) = KI
510 NEXT KI
520 KI = NR2
530 FOR J = 1 TO NR2
540 II = COMBINE(J)
550 FOR I = 1 TO NR2
560 MA(I,J) = - AD(I,II)
570 NEXT I
580 NEXT J
590 N = NR2
600 GOSUB 2000
620 IF DET < > 0 THEN GOTO 720
630 COMBINE(KI) = COMBINE(KI) + 1
640 IF COMBINE(KI) < = NB - NR2 + KI THEN GOTO 680
650 KI = KI - 1
660 IF KI < > 0 THEN GOTO 630
670 PRINT : PRINT "CE SYSTEME EST IMPOSSIBLE A RESOUDRE": END
680 IF KI = NR2 THEN GOTO 530

```

étant les coordonnées de l'autre noeud,

$$AA(2I - 1, J) = \frac{x_2 - x_1}{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}}$$

$$AA(2I, J) = \frac{y_2 - y_1}{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}}$$

— AA (2I - 1, 0) = 1 s'il existe une réaction en x au noeud I, 0 sinon.

— AA (2I, 0) = 1 s'il existe une réaction en y au noeud I, 0 sinon.

5. On construit la matrice AD de taille (NR2, NB) à partir de AA en y recopiant toutes les lignes où AA (I, 0) = 0, autrement dit on ne s'intéresse dans AD qu'aux coordonnées des noeuds où il y a absence de réactions. Les lignes enlevées servent à constituer, dans l'ordre, la matrice AR de taille (BNR, NB).

6. On cherche à extraire de AD une matrice AS inversible, carrée de taille (NR2, NR2), en essayant

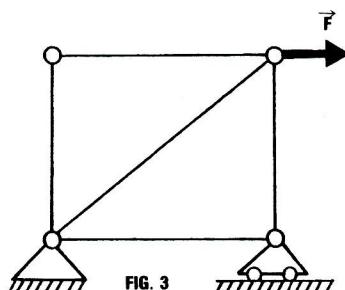


FIG. 3

En ajoutant une barre, notre treillis ne se déforme plus et devient isostatique. Les déplacements des noeuds ne sont alors plus que micrométriques et ne sont dus qu'à l'élasticité du matériau.

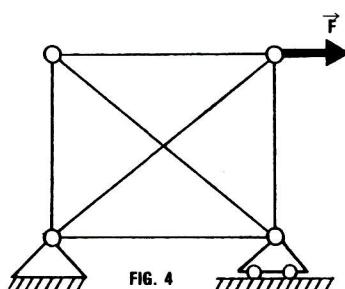


FIG. 4

Si on rajoute encore d'autres barres, le treillis est hyperstatique.

```

690 KI = KI + 1
700 COMBINE(KI) = COMBINE(KI - 1) + 1
710 GOTO 480
720 PRINT
730 PRINT "CALCUL DE LA MATRICE (F)"
740 PRINT
745 FOR J = 1 TO NR2
750 FOR I = 1 TO NR2
755 DB(I,J) = MA(I,J):DTB(J,I) = DB(I,J):AM(I,J) = MA(I,J)
760 NEXT I
762 IF ISO = 1 THEN GOTO 780
765 FOR I = NR2 + 1 TO NB
770 DB(I,J) = 0:DTB(J,I) = 0
775 NEXT I
780 NEXT J
783 IF ISO = 1 THEN GOTO 910
785 FOR I = 1 TO NR2
790 FOR J = 1 TO NR2
795 M1(I,J) = MA(I,J)
800 NEXT J
805 NEXT I
810 N1 = NR2:N2 = NR2:II = 0
815 FOR J = 1 TO NB
820 FOR K = 1 TO NR2
825 IF COMBINE(K) = J THEN GOTO 870
830 NEXT K
835 II = II + 1
840 FOR I = 1 TO NR2
845 M2(I,II) = AD(I,J)
850 NEXT I
870 NEXT J
875 N3 = BNR
880 GOSUB 1800
885 FOR J = 1 TO BNR
890 FOR I = 1 TO NB
895 XB(I,J) = 1:XTB(J,I) = 1: IF I < = NR2 THEN XB(I,J) = M3(I,J):XTB(J,I) = XB(I,J)
900 NEXT I
905 NEXT J
910 FOR I = 1 TO NB
915 LB(I) = SQR((TA(BARRE(I,1),1) - TA(BARRE(I,2),1)) ^ 2 + (TA(BARRE(I,1),2) - TA(BARRE(I,2),2)) ^ 2) / E / S
920 NEXT I
925 N2 = NB:N3 = NR2
930 FOR I = 1 TO NB
935 FOR J = 1 TO NR2
940 M2(I,J) = DB(I,J) * LB(I)
945 NEXT J
950 NEXT I
955 FOR I = 1 TO NR2
960 FOR J = 1 TO NB
965 M1(I,J) = DTB(I,J)
970 NEXT J
975 NEXT I
980 N1 = NR2
985 GOSUB 1800
990 FOR I = 1 TO NR2
995 FOR J = 1 TO NR2
1000 DF(I,J) = M3(I,J)
1005 NEXT J
1010 NEXT I
1013 IF ISO = 1 THEN GOTO 1195
1015 NI = BNR
1020 FOR I = 1 TO BNR
1025 FOR J = 1 TO NB
1030 M1(I,J) = XTB(I,J)
1035 NEXT J
1040 NEXT I
1045 GOSUB 1800
1050 FOR I = 1 TO BNR
1055 FOR J = 1 TO NR2
1060 XDF(I,J) = M3(I,J)
1065 NEXT J
1070 NEXT I
1075 N3 = BNR
1080 FOR I = 1 TO NB
1085 FOR J = 1 TO BNR
1090 M2(I,J) = XB(I,J) * LB(I)
1095 NEXT J
1100 NEXT I
1105 GOSUB 1800
1110 N1 = NR2

```

```

1115 FOR I = 1 TO BNR
1120 FOR J = 1 TO BNR
1125 XF(I,J) = M3(I,J)
1130 NEXT J
1135 NEXT I
1140 FOR I = 1 TO NR2
1145 FOR J = 1 TO NB
1150 M1(I,J) = DTB(I,J)
1155 NEXT J
1160 NEXT I
1165 GOSUB 1800
1170 FOR I = 1 TO NR2
1175 FOR J = 1 TO BNR
1180 DFX(I,J) = M3(I,J)
1185 NEXT J
1190 NEXT I
1195 JJ = 1
1200 FOR I = 1 TO NN
1205 II = 2 * I - 1
1210 IF AA(II,0) = 1 THEN GOTO 1225
1215 PRINT "DONNEZ LA VALEUR DE L'EFFORT EN X SUR LE NOEUD ";I;: INPUT
  * : ;EF(JJ): PRINT
1220 JJ = JJ + 1
1225 IF AA(II + 1,0) = 1 THEN GOTO 1240
1230 PRINT "DONNEZ LA VALEUR DE L'EFFORT EN Y SUR LE NOEUD ";I;: INPUT
  * : ;EF(JJ): PRINT
1235 JJ = JJ + 1
1240 NEXT I
1245 IF ISO = 1 THEN GOTO 1475
1270 N = BNR
1275 FOR I = 1 TO N
1280 FOR J = 1 TO N
1285 MA(I,J) = XF(I,J)
1290 NEXT J
1295 NEXT I
1300 GOSUB 2000
1305 NI = BNR:N2 = BNR:N3 = NR2
1310 FOR I = 1 TO BNR
1315 FOR J = 1 TO BNR
1320 MI(I,J) = - MA(I,J)
1325 NEXT J
1330 NEXT I
1335 FOR I = 1 TO BNR
1340 FOR J = 1 TO NR2
1345 M2(I,J) = XDF(I,J)
1350 NEXT J
1355 NEXT I
1360 GOSUB 1800
1365 FOR I = 1 TO BNR
1370 X(I) = 0
1375 FOR J = 1 TO NR2
1380 X(I) = X(I) + M3(I,J) * EF(J)
1385 NEXT J
1390 NEXT I
1395 II = 1:JJ = 1
1400 FOR I = 1 TO NB
1402 IF I > NR2 THEN GOTO 1410
1405 IF COMBINE(I) = II THEN II = II + 1: GOTO 1435
1410 IF II > NB THEN GOTO 1440
1412 N(II) = X(JJ)
1415 FOR K = 1 TO NR2
1420 AX(K,II) = AD(K,II)
1425 NEXT K
1430 JJ = JJ + 1:II = II + 1: GOTO 1402
1435 NEXT I
1440 FOR I = 1 TO NR2
1450 AX(I,0) = 0
1455 FOR J = 1 TO BNR
1460 AX(I,0) = AX(I,0) + EF(I) + X(J) * AX(I,J)
1465 NEXT J
1470 NEXT I
1475 FOR I = 1 TO NR2
1480 II = COMBINE(I):N(II) = 0
1485 FOR J = 1 TO NR2
1487 IF ISO = 1 THEN AX(J,0) = EF(J)
1490 N(II) = N(II) + AM(I,J) * AX(J,0)
1495 NEXT J
1500 NEXT I
1505 HOME : VTAB 5: PRINT "VOICI LES EFFORTS SUPPORTES DANS LES BARRES
  (SIGNE + : TRACTION, SIGNE - : COMPRESSION) : "; PRINT
1510 FOR I = 1 TO NB

```

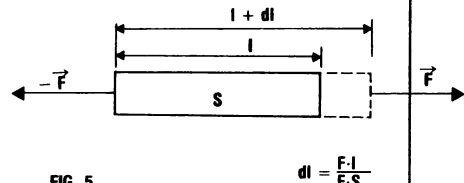


FIG. 5

Tout matériau élastique et en particulier tout métal s'allonge proportionnellement à l'effort de traction qui lui est appliqué.

toutes les combinaisons possibles de colonnes. Soit  $MA = -(AS^{-1})$ . Les BNR colonnes délaissées constituent, dans l'ordre, la matrice  $AX$  (NR2, BNR).

7. On construit la matrice  $DB$  (NB, NR2) de la façon suivante :  
— les NR2 premières lignes sont celles de  $MA$   
— les autres sont remplies de 0

8. On note  $DTB$  la matrice transposée de  $DB$ .

De taille (NR2, NB), elle est définie par  $DTB(I,J) = DB(J,I)$ ,  $1 \leq I \leq NR2$ ,  $1 \leq J \leq NB$ .

9. On construit la matrice  $XB$  (NB, BNR) de la façon suivante :  
— les NR2 premières lignes sont constituées par le produit  $MA \cdot AX$   
— les autres sont remplies de 1.

10. On note  $XTB$  la matrice transposée de  $XB$  et on construit  $LB$  (NB, NB) par :  
—  $LB(I,J) =$  longueur de la barre  $n^o I$  divisée par  $E.S$ .  
—  $LB(I,J) = 0$  pour  $I \neq J$ .  
Dans le programme,  $LB$  pourra être ramené à un simple vecteur.

11. On construit la matrice  $\mathcal{F}$  :

$$\mathcal{F} = \begin{pmatrix} (FD) & (FDX) \\ (FXD) & (FX) \end{pmatrix}$$

avec les produits des matrices suivants :

$$\begin{aligned} FD &= DTB \cdot LB \cdot DB \\ FXD &= XTB \cdot LB \cdot DB \\ FDX &= DTB \cdot LB \cdot XB \\ FX &= XTB \cdot LB \cdot XB \end{aligned}$$

12. On constitue le vecteur  $EF$  renfermant les efforts appliqués aux noeuds. Ainsi, à chaque ligne de  $AD$  correspond une valeur du vecteur  $EF$ .

**13.** On calcule les efforts dans les BNR barres associées aux colonnes tirées de AD pour former AX, en les regroupant dans le vecteur  $X = -(F_{X^{-1}} \cdot F_{XD}) \cdot EF$

**14.** On calcule les efforts dans les NR2 barres associées aux colonnes tirées de AD pour former AS, en les regroupant dans le vecteur  $NS = MA \cdot AX \cdot X + MA \cdot EF$

**15.** on calcule les déplacements, coordonnée par coordonnée, des noeuds au moyen du vecteur DEP :

$$DEP = \frac{1}{E \cdot S} (FD - F_{DX} \cdot F_{XD}) \cdot EF$$

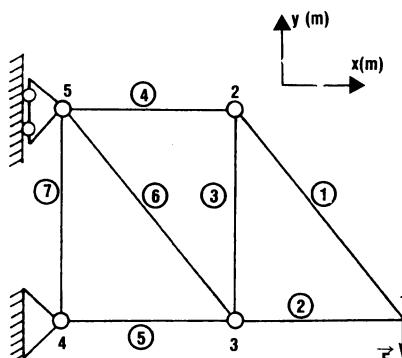
donnant, à la place n° I, le déplacement de la I<sup>e</sup> coordonnée associée à la ligne n° I de la matrice AD. Les déplacements des noeuds où existent des réactions d'appui sont nulles.

E est le module d'élasticité et S la section commune à l'ensemble des poutres.

### Exemple

Dans le treillis suivant, déterminer les efforts dans les sept barres et le déplacement en y du noeud 1, si on tire verticalement dessus avec une force de (- 100) Newton :

Nœuds	x	y	Rx	Ry
1	2	0	non	non
2	1	1	non	non
3	1	0	non	non
4	0	0	oui	oui
5	0	1	oui	non



On obtient les efforts suivants dans les barres (le signe + indique une traction, le signe - une compression).

```

1515 PRINT "BARRE n° ";I;" : ";N(I);" NEWTON": FOR T = 1 TO 40:T1 = SIN
1516 (I): NEXT T: REM BOUCLE DE TEMPORISATION
1520 NEXT I
1525 PRINT : PRINT "VOICI LES REACTIONS AUX SUPPORTS : ": PRINT
1530 FOR I = 1 TO NN
1535 II = 2 * I - 1
1540 IF AA(II,0) = 0 THEN GOTO 1570
1545 MM = 0
1550 FOR J = 1 TO NB
1555 MM = MM - AA(II,J) * N(J)
1560 NEXT J
1565 PRINT : PRINT "REACTION EN X AU NOEUD ";I;" : ";MM;" NEWTON": PRINT

1570 II = II + 1
1575 IF AA(II,0) = 0 THEN GOTO 1605
1580 MM = 0
1585 FOR J = 1 TO NB
1590 MM = MM - AA(II,J) * N(J)
1595 NEXT J
1600 PRINT : PRINT "REACTION EN Y AU NOEUD ";I;" : ";MM;" NEWTON": PRINT

1605 NEXT I
1607 IF ISO = 1 THEN GOTO 1675
1610 FOR I = 1 TO BNR
1615 FOR J = 1 TO NR2
1620 M2(I,J) = M3(I,J):M1(J,I) = DXF(J,I)
1625 NEXT J
1630 NEXT I
1640 N1 = NR2:N2 = BNR:N3 = NR2
1645 GOSUB 1800
1650 FOR I = 1 TO NR2
1655 FOR J = 1 TO NR2
1660 DF(I,J) = DF(I,J) + M3(I,J)
1665 NEXT J
1670 NEXT I
1675 PRINT : PRINT "VOICI LES DEPLACEMENTS DES NOEUDS : ": PRINT
1680 II = 1
1685 FOR I = 1 TO NN
1690 JJ = 2 * I - 1
1700 IF AA(JJ,0) = 1 THEN PRINT "LE NOEUD n° ";I;" EST FIXE EN X": PRINT
1705 : GOTO 1735
1710 MM = 0
1715 FOR J = 1 TO NR2
1720 MM = MM + DF(II,J) * EF(J) * 1000
1725 NEXT J
1730 PRINT "LE NOEUD n° ";I;" SE DEPLACE DE ";MM;" MM EN X": PRINT
1735 JJ = JJ + 1
1740 IF AA(JJ,0) = 1 THEN PRINT "LE NOEUD n° ";I;" EST FIXE EN Y": PRINT
1745 : GOTO 1775
1750 MM = 0
1755 FOR J = 1 TO NR2
1760 MM = MM + DF(II,J) * EF(J) * 1000
1765 NEXT J
1770 PRINT "LE NOEUD n° ";I;" SE DEPLACE DE ";MM;" MM EN Y": PRINT
1775 NEXT I
1780 PRINT : PRINT : HTAB 5: PRINT "*****": PRINT
1785 END
1800 REM
1810 REM SOUS-ROUTINE DE MULTIPLICATION DE MATRICES
1820 REM
1830 FOR K1 = 1 TO N1
1840 FOR K2 = 1 TO N3

```

Barre	Effort (N)
1	+141
2	-100
3	-100
4	+100
5	-200
6	+141
7	-100

Avec les valeurs de S (1 cm<sup>2</sup>) et de E (2.10<sup>11</sup> pascal) du programme, on trouve un déplacement en y du noeud 1, de -0,0683 mm, donc d'un peu plus de 68 micromètres vers le bas.

### Description du programme pour Apple IIc

La sous-routine d'inversion de matrices a été recopiée telle quelle

```

1850 MM = 0
1860 FOR K3 = 1 TO N2
1870 MM = MM + M1(K1,K3) * M2(K3,K2)
1880 NEXT K3
1890 M3(K1,K2) = MM
1900 NEXT K2
1910 NEXT K1
1920 RETURN
1970 REM
1980 REM SOUS-ROUTINE D'INVERSION D'UNE MATRICE
1990 REM
2000 DET = 1: FOR LC = 1 TO N
2010 MAX = MI
2020 FOR I = LC TO N
2030 FOR J = LC TO N
2040 A = MA(I,J)
2050 IF ABS(A) <= MAX THEN GOTO 2070
2060 IM = I:JM = J:MAX = ABS(A)
2070 NEXT J
2080 NEXT I
2090 IF MAX < > MI THEN GOTO 2130
2100 DET = 0
2110 RETURN
2130 PIVOT = MA(IM,JM):DET = DET * PIVOT
2140 EL(LC) = IM:EC(LC) = JM
2150 IF IM = LC THEN GOTO 2190
2160 FOR J = 1 TO N
2170 A = MA(IM,J):MA(IM,J) = MA(LC,J):MA(LC,J) = A
2180 NEXT J
2190 IF JM = LC THEN GOTO 2230
2200 FOR I = 1 TO N
2210 A = MA(I,LC):MA(I,LC) = MA(I,JM):MA(I,JM) = A
2220 NEXT I
2230 FOR I = 1 TO N
2240 IF I = LC THEN GOTO 2320
2250 R = MA(I,LC) / PIVOT
2260 FOR J = 1 TO N
2270 IF J = LC THEN GOTO 2310
2280 DD = MA(I,J) - R * MA(LC,J)
2290 IF ABS(DD) < ABS(MA(I,J)) * PR THEN DD = 0
2300 MA(I,J) = DD
2310 NEXT J
2320 NEXT I
2330 FOR K = 1 TO N
2340 MA(K,LC) = MA(K,LC) / PIVOT
2350 MA(LC,K) = -MA(LC,K) / PIVOT
2360 NEXT K
2370 MA(LC,LC) = 1 / PIVOT
2375 NEXT LC
2380 FOR L = 1 TO N
2390 K = N - L + 1
2400 PL = EL(K)
2410 IF PL = K THEN GOTO 2450
2420 FOR I = 1 TO N
2430 A = MA(I,K):MA(I,K) = MA(I,PL):MA(I,PL) = A
2440 NEXT I
2450 PC = EC(K)
2460 IF PC = K THEN GOTO 2500
2470 FOR J = 1 TO N
2480 A = MA(K,J):MA(K,J) = MA(PC,J):MA(PC,J) = A
2490 NEXT J
2500 NEXT L
2510 RETURN

```

du programme de mars dernier et placé à partir de la ligne 2000. MA est la matrice à inverser et N son ordre.

Nous avons également besoin d'un sous-programme qui effectue le produit de deux matrices  $M_1$  et  $M_2$ .

Celui débutant à la ligne 1800 place le résultat dans le tableau  $M_3$ , de taille  $(N_1, N_3)$  où  $N_1$  est le

nombre de lignes de  $M_1$ ,  $N_3$  le nombre de colonnes de  $M_2$ , et  $N_2$  est le nombre de colonnes de  $M_1$ , forcément égal au nombre de lignes de  $M_2$ .

Le programme principal enregistre les caractéristiques des noeuds (lignes 30 à 150) dans le tableau TA, puis les données concernant les poutres dans la matrice BARRE. Suit un assez grand

nombre de dimensionnements de tableaux (lignes 220 et 225) avant le remplissage des matrices AA et AD, qui prend fin à la ligne 450. La variable ISO est égale à 1 ou à 0 suivant que la structure est ou n'est pas isostatique. Le programme cherche ensuite à extraire de AD une sous-matrice carrée inversible ayant le même nombre de lignes, qui n'est autre que NR2. Le balayage s'effectue en essayant toutes les combinaisons possibles de colonnes de AD (lignes 600 à 710).

Le vecteur COMBINE enregistre les colonnes retenues. Au cas improbable où la structure proposée serait tellement particulière que l'obtention d'une telle sous-matrice s'avèrerait impossible (en raison de la nullité de tous les déterminants), l'exécution s'arrête là.

Autrement, le programme construira les matrices DB, DTB, XB, XTB (lignes 745-905) puis le vecteur LB, défini au point 15 de notre formulation. Viendra ensuite le calcul des matrices DF, XDF, XF et DXF, qui se poursuivra aux lignes 925 à 1190.

Pour ces 8 tableaux et par rapport à la formulation, nous avons à chaque fois changé une lettre de place pour éviter les confusions car le basic ne prend en compte que les deux premiers caractères d'un nom.

A part de cet état, l'ordinateur invitera l'utilisateur à lui indiquer les efforts appliqués aux noeuds, puis l'instruction 1300 demandera l'inversion de la matrice XF. Suit alors le calcul des efforts dans les barres (lignes 1305 à 1500), lesquels sont affichés poutre par poutre.

Lignes 1525 à 1605 aura lieu le calcul et l'affichage des réactions aux supports, avant l'ultime étape consistant à évaluer les déplacements des noeuds, les résultats étant affichés en millimètres (lignes 1610 à 1780).

Terminons en remarquant que l'exécution est allégée lorsque le treillis est isostatique (ISO = 1), car à ce moment BNR = 0 et les matrices DXF, XDF et XF n'existent pas.

Alors le calcul des efforts dans les barres est ramené à  $NS = -(AS^{-1})EF$ .

Daniel FERRO ▲

# ECHOS DE LA VIE PRATIQUE

HALLEY

## Concours Leitz-“Science & Vie” : plus qu'un mois pour photographier la comète

*La comète de Halley va nous quitter pour 76 ans. Pratiquement, dès le 1<sup>er</sup> mai vous ne pourrez plus la voir. Il ne vous reste donc que quelques semaines pour tenter de la photographier et gagner le plus prestigieux des reflex 24 × 36, le Leica R4S-2.*

*Jusqu'au 5 avril vous pourrez la voir presque au ras de l'horizon juste avant le lever du soleil, vers le sud-est. Il faudra l'observer d'un point élevé et choisir un jour au ciel très pur. Pour la photo, adoptez un télescope d'au moins 400 mm. Puis la comète disparaîtra de l'hémisphère nord. Seuls nos amis partant avec nos voyages pour l'Amérique du Sud pourront alors la photographier, pratiquement à coup sûr.*

*Enfin, le 18 avril, la comète fera sa dernière apparition dans l'hémisphère nord et ce jusqu'au 30 avril, date de clôture du concours Leitz-Science & Vie. Il faudra alors l'observer le soir, à la tombée de la nuit, vers le sud-est-sud. Elle sera à 10° sur l'horizon le 19 avril avec une magnitude 4,7, et à 35° le 29 avril avec une magnitude plus faible de 6 ; une focale de 400 mm au moins sera nécessaire.*

*Un dernier conseil pour ces prises de vues : adoptez un film de type E6 de 400 ISO ou plus (comme l'Ektachrome ou le Fujichrome). Vous aurez ainsi la possibilité de le faire développer en urgence et de nous adresser votre meilleure photo, même si vous ne la prenez que le 29 avril.*

*Pour le règlement du concours et la liste des prix offerts par Leitz-France : voir Science & Vie de 150 décembre 1985, février et mars 1986.*



## Appareils modulaires

Première firme au monde à avoir commercialisé des camescopes 8 mm en 1984 (appareils Kodavision), la société Eastmann Kodak lance actuellement aux Etats-Unis sous l'appellation MVS (Modular Video System) une seconde génération de matériels 8 mm, beaucoup plus perfectionnés et de conception modulaire.

D'emblée ce système compte six appareils (d'autres devront suivre ultérieurement) : un magnétoscope de salon (MVS-3000, prix : 6 000 F), un combiné magnétoscope/magnétophone haute fidélité (MVS-5000, prix : 7 500 F), deux tuners pour capter les émissions de télévision (MVS-360 et 380, prix : 3 000 et 5 000 F), deux camescopes à mise au point automatique (MVS-440 et 460, prix : 6 000 et 7 500 F).

En ce qui concerne les camescopes, l'unité d'enregistrement est amovible et se transforme ainsi en magnétoscope autonome. Le couplage avec l'un des tuners permet en outre la réception et l'enregistrement des programmes de télévision.

L'une des caractéristiques remarquables de ces camescopes est leur compacité : 1 kg pour le Kodak MVS-

## VIDÉO

**Un camescope de 1,6 kg**

Dans la guerre que livre actuellement la vidéo 8 mm au standard VHS, Matsushita, le géant de l'électronique japonaise, et ses filiales JVC et National seront sûrement gagnants. Matsushita fabrique en effet les deux types de matériels, les magnétoscopes VHS sous ses marques et les appareils de vidéo 8 mm pour des concurrents devenus des partenaires, comme Kodak.

Ce n'est pas pour autant que Matsushita assiste passivement à la bataille. La firme d'Osaka préfère en effet l'aviver. Ainsi va-t-elle entrer avec ses propres marques sur le marché de la vidéo 8 mm (dès ce printemps au Japon). Ensuite, par le canal de JVC, elle va lancer du matériel VHS compétitif vis-à-vis du 8 mm. Ainsi se prépare-t-elle à commercialiser au Japon (et fin 1986 en France) le plus petit camescope VHS du monde, le JVC GR-C7, qui mesure 12 x 16 x 22 cm environ et pèse 1 600 grammes. Soit à peine plus que le plus petit des camescopes 8 mm de Sony, le CCD-M8, dont le poids est voisin de 1 400 grammes en état de marche.

Pour réaliser sa performance, JVC a utilisé la cassette VHS-C dont la taille

est moitié de celle du modèle standard. La miniaturisation des circuits électroniques aidant, le camescope GR-CY possède des caractéristiques remarquables. Il est équipé d'un viseur électronique, du réglage automatique de la balance des blancs, d'une mise au point automatique et d'un système de fondu image et son aussi automatique.

Grâce à un tambour à quatre têtes vidéo, la durée des cassettes VHS-C peut être doublée (1 h au lieu de 30 min). L'analyseur d'images est un capteur DTC (dispositif à transfert de charge). 15 lux suffisent pour filmer.

L'objectif,



un zoom 9 à 54 mm, est utilisable en prise de vue rapprochée. Prix au Japon : environ 9 500 F.

**es pour le 8 mm**

440 et 1,15 kg pour le modèle MVS-460.

Les deux camescopes ont par ailleurs les mêmes caractéristiques et ne se distinguent que par la mise au point de la distance qui est automatique sur le MVS-460 et manuelle sur le MVS-440. Ils sont équipés d'un tube Newvicon qui permet de filmer avec un faible éclairage (10 lux) et d'un zoom de type "macro" pour la prise de vue rapprochée (Kodak 1,2/9-54 mm). Le viseur est électronique.

Les appareils peuvent être équipés d'un générateur de caractères et d'une commande d'effets spéciaux (inversion positif/négatif, fondus et fondus enchaînés). L'exposition et le réglage des blancs sont automatiques. Le magnétoscope MVS-5000, qui peut être couplé avec les caméras et avec les tuners, autorise deux heures d'enregistrement vidéo ou 12 heures d'enregistrement audio sur une cassette 8 mm.

Pour l'instant, le système MVS ne sera disponible qu'aux Etats-Unis. L'exportation vers le Royaume-Uni est envisagée pour cette année. Aucune date n'est avancée pour l'extension du marché à l'Europe continentale.

## RADIO

**Un poste Satellit à mémoire**

Pour rester à l'écoute des stations de radio lointaines émettant à travers le monde, Grundig propose depuis de nombreuses années une gamme de postes à transistors, les Satellit, dont la réputation n'est plus à faire. Aujourd'hui le fabricant allemand lance un nouveau modèle, le Satellit 650.

Disposant de quatre gammes d'ondes étendues (87,5 à 108 MHz, en modulation de fréquence, 148 à 420 kHz en GO, 1,6 à 30 MHz en OC et 510 à 1 620 kHz en PO), cet appareil est doté d'une mémoire de grosse capacité pour la recherche automatique de 60 stations dont 32 en OC et 16 en MF. Ces mémoires sont protégées par une pile. Le synthétiseur à quartz permet soit la recherche

manuelle des fréquences avec un bouton double pour un accord fin, soit une entrée directe de la fréquence choisie au moyen d'un clavier numérique. L'appareil peut aussi capter les émissions en BLU (bande latérale unique), ce qui est surtout utile pour les radios maritimes.

Une horloge à quartz incluse autorise jusqu'à trois programmations de mise en service. De multiples petits détails pratiques, tels que le taraudage dans le bas de l'appareil pour le fixer sur un support, la prise casque, l'antenne ferrite intérieure pouvant se coupler à une antenne extérieure ou encore les trois possibilités d'alimentation (secteur, piles ou accus et batterie extérieures) font de Satellit 650 un appareil professionnel à la portée de l'amateur.

Prix moyen : 6 800 F (Grundig-France, 107-111 avenue Georges-Clémenceau, 92005 Nanterre Cedex, tel. (1) 47 25 96 30).



VIDÉO

## Un magnétoscope VHS numérique à la fin de l'année

Digicontrol VHS, c'est un magnétoscope (utilisant les cassettes VHS) lancé par ITT dans le système PAL de télévision en couleurs. Il possède des étages de traitement numérique des signaux qui, comme dans les téléviseurs couleurs numériques, améliore la qualité des images, notamment en les débarrassant des signaux parasites véhiculés par les circuits électroniques.

La société ITT utilise dans ce magnétoscope des composants dérivés de ceux qui sont déjà employés dans ses téléviseurs Digivision (Science & Vie n° 784 de janvier 1983). Les signaux traités numériquement sont ensuite codés en PAL pour la lecture sur téléviseur.

L'un des avantages de ce type de magnétoscope, c'est que ce codage de sortie (actuellement PAL) peut se faire indifféremment en NTSC, en SECAM ou dans tout autre système, comme le D2-MAC Paquet de notre future télévision par satellite. Le magnétoscope peut donc se charger directement du passage d'un système à l'autre.

Vente en Europe vers l'automne 1986.

à 1600 ISO). Un écran à cristaux liquides permet l'affichage des paramètres de fonctionnement de l'appareil.

Ceux-ci possèdent encore un retardateur, un dispositif sonore signalant les sujets trop proches et le mauvais positionnement du film, un dos dateur pour l'impression sur le film du mois, du jour et de l'heure. Prix : moins de 2 800 F. Le L 35 TW-AF, sans dos dateur coûte 2 400 F environ.

PHOTO

## Un Leica affiné

Chez Leitz, la plus réputée des firmes allemandes d'appareils photographiques, le Leica R4S-Mod. 2 vient de remplacer

le Leica R4S. Le nouveau modèle comporte peu de modifications par rapport à l'ancien. Mais chez Leitz, c'est une tradition vieille de 60 ans, un modèle dure longtemps et s'améliore sans cesse pour accroître sa fiabilité. Les grands changements n'interviennent que tous les 5 ans, voire tous les 10 ans.

Le nouveau Leica R4S possède un verrouillage de la commande des programmes (plus de changements accidentels), un levier d'armement et une manivelle de rebobinage d'emploi plus rapide, un sélecteur de sur ou de sous-exposition utilisable tout en quadrant et, surtout, un verre de visée plus clair et plus contrasté. Lorsqu'on sait que le R4S avait déjà l'un des meilleurs viseurs reflex, l'arrivée de ce nouveau verre creuse encore le fossé qui le sépare du bien des concurrents.

Pour le reste, nous retrouvons sur le Leica R4S-Mod. 2 les caractéristiques du R4S : double système de mesure (sélectionné et sur tout le champ), mémorisation des mesures sélectives, réglage automatique ou manuel de l'exposition, vitesses de 8 s à 1/1 000 s, objectifs et verres de visée interchangeables.

Le Leica est en outre très adapté à la photographie technique et scientifique grâce à des accessoires spécifiques : objectifs de photomacrographie pouvant grossir de 1 à 16 fois, tubes allongés et soufflets objectifs à mise au point rapide pour la chasse photo, télécommande, commande automatique des déclenchements à fréquence réglable, deux moteurs d'entraînement (jusqu'à 5 images/s), etc.

Prix : 7 000 F environ boîtier nu.

PHOTO

## Le plus perfectionné des compacts

Les petits appareils 24×36 destinés au grand public semblaient disposer de tous les perfectionnements possibles sur un matériel de ce type, c'est-à-dire sans viseur reflex et sans objectifs interchangeables. C'était compter sans l'imagination des constructeurs. En effet, ceux-ci proposent depuis quelques mois des compacts 24×36 à un seul objectif mais comportant tout de même deux focales, obtenues par une combinaison optique variable.

Aujourd'hui, Nikon fait un pas de plus et lance sur le marché le Nikon L 35 TW-AF-AD. Bien entendu, cet appareil qui ne pèse que 370 grammes, possède deux focales, une grande angulaire de 38 mm (ouverture 1 : 3,5 avec 4 lentilles) et une longue focale de 65 mm (ouverture 1 : 5,6 avec 8 lentilles). En



outre, la focale de 38 mm comporte une mise au point spéciale dite "macro" qui permet des photos en gros plan à 0,40 m. L'appareil étant à mise au point automatique, l'automatisme fonctionne jusqu'à cette distance.

En ce qui concerne le système optique, il suffit à l'utilisateur de pousser un index vers W (grand angle) ou T (téléobjectif) pour qu'un moteur se mette en route et positionne automatiquement les lentilles de l'objectif. En même temps, un cadre dans le viseur se met en place, donnant le champ de visée.

Le L 35 TW-AF-AD est aussi totalement automatique pour l'exposition du film, le flash, le défilement du film (chargement, avance et rebobinage) et la programmation de la sensibilité (de 50

## PHOTO

## 3 appareils japonais faits main

Si les Japonais sont les rois de la production en grandes séries d'appareils photographiques, ils ne dédaignent pas pour autant certaines fabrications artisanales, faites à la main. Ainsi en est-il des chambres Tachiara dont le bâti est réalisé en bois de cerisier d'Hokkaido.

Destinées aux professionnels et aux amateurs de moyens et grands formats, ces chambres allient précision et fiabilité.

Trois modèles viennent d'arriver sur notre marché : Ikeda 4 × 5 (format 4 × 5 pouces, poids 1 180 g, porte-objectif type Linhof recevant notamment toutes les optiques Fuji, Schneider et Rodenstock) ; Tachiara 4 × 5 (même format, même objectif, pesant 1 500 g et pouvant recevoir un soufflet d'extension arrière) ; Tachiara 20 × 25 (format 20 × 25 cm, poids 5 kg, porte-objectif Sinar et dispositif réducteur pour format 4 × 5 pouces).

Ces chambres permettent bien entendu les techniques de prises de vues par bascule et décentrement de l'objectif ou du dos.

Prix moyen : respectivement 5 570, 7 760 et 17 000 F (BIP, 127 av. du Maine, 75014 Paris).

une pression d'une atmosphère, l'Explorer permet à un plongeur d'évoluer jusqu'à 10 mètres de profondeur pour photographier en lumière ambiante ou au flash. L'étanchéité est assurée par l'utilisation de polycarbonate, de fibres de verre et de verre armé. Ces trois composants sont assemblés par moulage par injection et les joints sont siliconés.

Par rapport à un compact classique de Canon, l'Explorer possède des parois deux fois plus épaisses. Le rapport poids/volume (400 g/420 cm<sup>3</sup>) permet à l'appareil de flotter à la surface de l'eau.

Le boîtier a été doté d'un objectif de qualité, 4,5/35 mm à 5 lentilles (manquant un peu de luminosité toutefois). Une lentille spéciale sur la frontale de l'objectif modifie ses caractéristiques en plongée sous-marine : la focale passe de 36 à 33,6 mm, la mise au point minimale de 3 m à 1,50 m et la profondeur de champ de 1,50 m/infini à 1-3,20 m. Bien entendu le réglage de l'exposition est automatique (pro-

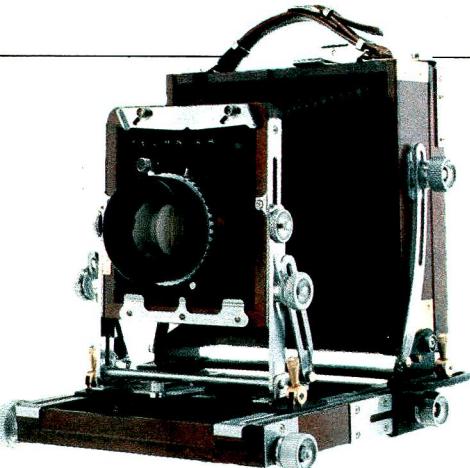
gramme de 1/40 s à 4,5 jusqu'au 1/250 s à 11). L'appareil reçoit les films de 100 à 400 ISO avec affichage automatique de la sensibilité (système DX). Un flash électronique est incorporé.

Prix : moins de 1 500 F.

Chez Nikon, les deux appareils proposés sont plus perfectionnés, le Nikon 35 AW-AF-AD se distinguant du 35 AW-AF (**photo 6**) seulement par son dos qui permet de dater chaque vue. Les deux boîtiers sont dotés de tous les automatismes possibles : mise au point de la distance, exposition, entraînement et rebobinage, fonctionnement au flash, affichage de la sensibilité du film.

Ce sont aussi des appareils étanches tout terrain, mais la prise de vue sous-marine ne peut se pratiquer que jusqu'à 3 m de profondeur. La possibilité d'employer des films 1 600 ISO permet de travailler sous l'eau avec une vitesse rapide (jusqu'au 1/430 s). L'objectif est un Nikon 2,8/35 mm à 4 lentilles utilisable de 0,70 m à l'infini.

Prix : environ 2 200 F.



## PHOTO

## Des compacts 24 × 36 sous-marins

Le succès des petits appareils 24 × 36, dits compacts, ne se dément pas, leurs qualités étant de mieux en mieux perçues du grand public. Aussi légers et automatiques que bien des miniformats, ils donnent des images plus nettes et plus riches en couleurs à cause de la plus grande surface sensible utilisée.

Ils permettent aussi de choisir un film dans le plus large éventail disponible (sensibilités de 25 à 1 600 ISO).

Ces avantages permettent aujourd'hui aux constructeurs de se lancer dans la production d'une nouvelle génération de compacts étanches et tout terrain, peu fragiles, ne craignant ni la poussière, ni le sable, ni l'eau.

Canon vient de lancer son premier modèle, l'Explorer AS-6 ; Nikon suivra dès ce printemps avec les modèles AW-AF et AW-AF-AD, puis l'Olympus à l'automne avec un compact modulaire (nous reviendrons ultérieurement sur cet appareil dont les caractéristiques ne nous sont pas encore parvenues). Premier né, le Canon AS-6 est un 24 × 36 compact qui convient aux sportifs, aux alpinistes, aux randonneurs et à tous les passionnés de mer et de bateau.

En photo courante il devrait résister aux pires conditions d'utilisation : l'ouverture du dos, le logement des piles, la touche flash sont dotés d'une protection hermétique. Le déclencheur est étudié pour assurer une libre circulation de l'eau et du sable, grâce à un circuit d'évacuation.

Par ailleurs, conçu pour résister à



# Notre sélection du mois

*Objets astucieux et appareils ingénieux produits par l'industrie arrivent souvent sur le marché sans tambour ni trompette : le fabricant les commercialise sans présentation à la presse ni publicité, parce que les retombées du progrès scientifique et technologique dans le quotidien se multiplient très vite et, finalement, se banalisent. Les acheteurs les découvrent alors par hasard, en flânant de boutique en boutique. Chaque mois, nous irons ainsi fouiner aux "puces" de la technologie, autant pour vous informer que pour votre plaisir.*

## 1

### 40 000 VOLTS POUR VOTRE AUTO-DÉFENSE

Vous n'êtes ni ceinture noire de judo, ni un athlète et vous habitez l'une de ces zones isolées où il ne fait pas bon circuler la nuit... Qu'à cela ne tienne. Vous deviendrez pratiquement intouchable si vous brandissez un poing étincelant Power Zapper (a) ou une matraque électrique Titan (b).

Le premier, de la taille d'un paquet de cigarettes, est alimenté par quatre petits accumulateurs. Ce qui ne l'empêche pas de délivrer 26 000 volts à la moindre sollicitation. Et cette haute tension se manifeste sous forme d'étincelles bruyantes et... odorantes du plus intimidant effet.

La seconde est encore plus dissuasive. En appuyant sur un bouton, elle se déploie avec un claquement sec et son extrémité se met, elle aussi, à étinceler et à bruire. Sa hampe de 33 cm de long est entourée d'un fil hélicoïdal sous une tension encore plus élevée : 40 000 volts !

Les fabricants sont formels, ces deux engins ne mettent en jeu ni la vie, ni l'intégrité physique de l'assaillant : ils se contentent de le tétaniser pour lui ôter toute envie de continuer. Avec le gymnote et la torpille, ces deux poissons qui savent eux aussi créer des champs électriques paralysants, la nature a

montré le chemin. Un bobinage et quelques transistors ont fait le reste...

Power Zapper CFB (960 F) et Titan (1 600 F) sont en vente chez Dune, 12 rond-point des Champs Elysées, 75008 Paris.

## 2

### LE RÉPONDEUR TÉLÉPHONIQUE DE DISSUASION

Un cambrioleur conscient n'opère pas sans prendre quelques précautions élémentaires, la plus simple étant de s'assurer évidemment de l'absence de son "client".

Quelques sondages téléphoniques font l'affaire, surtout pendant les périodes de vacances. Mais si, avant de partir, vous avez branché le simulateur de présence Sectel il en sera peut-être pour ses frais... Le système se présente sous la forme d'une prise téléphonique gigogne que l'on intercale entre le socle mural et la fiche du combiné.

Après quoi, Sectel répond à tout appel en "décrochant" comme vous le feriez vous-même, puis reste muet quelques instants et raccroche brutalement...

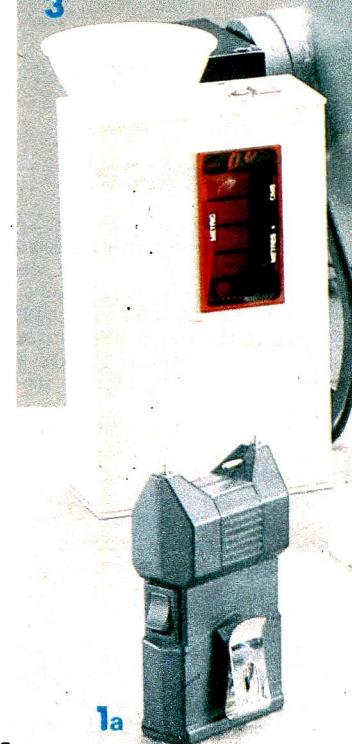
Cet intéressant module de dissuasion est fabriqué en France et distribué par Somodevi. On le trouve, au prix de 330 F au Bazar de l'hôtel de ville, 2 rue de Rivoli, 75004 Paris.

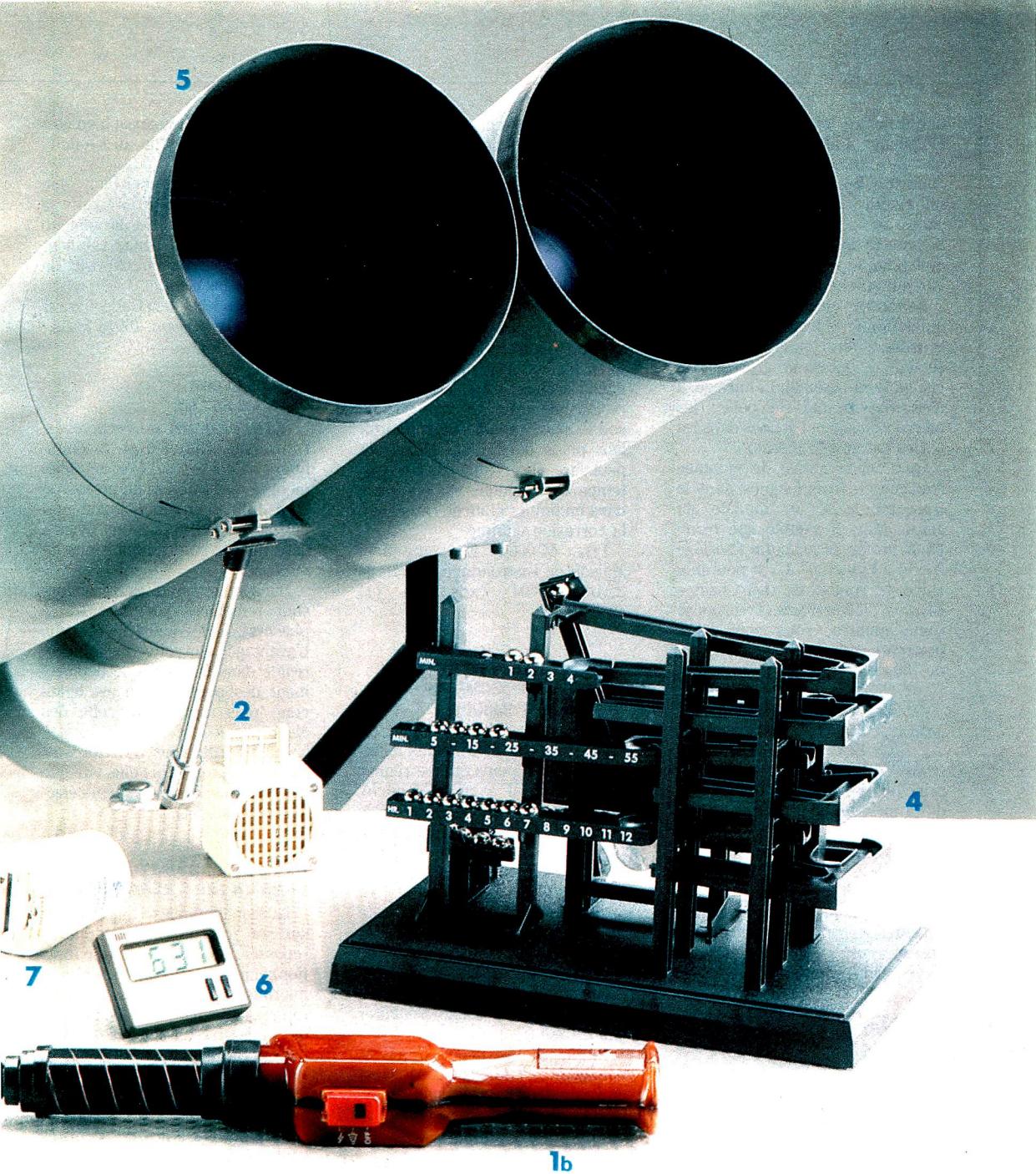
## 3

### LE MÈTRE À ULTRASONS

Rangera-t-on bientôt la chaîne d'arpenteur au magasin des accessoires avec le litre en étain, le mètre en platine irridié et les poids en laiton plombé ? Pourquoi en effet parcourir à deux la distance à mesurer, la chaîne à la main, alors qu'un instrument proposé par la

Photo Th. Morin





société Skandex vous permet de faire cette mesure seul, et en restant assis si vous le souhaitez.

Le Sonic tape, sorte de triple décamètre électronique fonctionne au moyen d'ultrasons émis par un générateur. Vous le braquez sur une surface quelconque ; et comme une vulgaire chauve-souris, le boîtier envoie un faisceau ultrasonore et le capte au retour. Un calcula-

teur intégré décompte le temps écoulé entre l'émission et la réception, le traduit en mètres et centimètres et l'affiche sur son écran... Tout est prévu y compris le compensation automatique de la température ambiante et l'éventuel réétalonnage de l'appareil.

Prix : 2 600 F. Chez Berty SA, 49 rue Claude-Bernard, 75005 Paris, tél. (1) 43 36 36 99.

#### L'HORLOGE À BILLES

Bien qu'il ressemble à un modèle réduit de "grand huit", le Roll-o-Clock est une horloge. Dès qu'elle est branchée un grand levier animé d'un mouvement circulaire prend une bille et la transporte au sommet d'un toboggan. La bille descend et va se loger dans un rail de stockage provisoire gradué de

une à quatre minutes. Dès que la cinquième bille arrive, ce rail bascule sous son poids et transfère l'une des billes sur un deuxième rail (gradué de 5 à 55 par intervalles de 5 minutes) via un plan incliné. Et le processus se reproduit pour le troisième rail basculant qui affiche les heures...

Le moteur électrique synchrone qui actionne le levier élévateur se branche directement sur le secteur, ce qui est un gage de précision. Pour assembler l'horloge, il n'est pas besoin de colle : les pièces s'engagent les unes dans les autres par simple pression.

Quant à la notice de montage (rédigée en trois langues dont le français), c'est un modèle du genre. Mais il semble que beaucoup préfèrent acquérir l'horloge "prête à brancher". C'est pourquoi Dune, 12 rond-point des Champs Elysées, 75008 Paris, la propose toute montée, sous son capot transparent de protection au prix de 790 F.

## 5 LES JUMELLES LES PLUS LUMINEUSES ET LES PLUS CHÈRES

Bien qu'elles soient en principe réservées aux travailleurs de la mer, paisibles caboteurs ou vigilants gabellous, ces jumelles hors du commun, les Fujinon Meibo 25 × 150 construites par le Japonais Fuji, pourraient parfaitement être braquées sur la comète...

Leur ouverture, donc leur luminosité, est remarquablement élevée. On le doit au diamètre de

l'objectif (150 mm) et au traitement multicouche qu'ont subi les lentilles.

Leur grossissement est de ×25. Cela signifie qu'à un kilomètre, leur champ est de 2°42' et couvre 47 mètres. Autrement dit, à cette distance, un pétrolier moyen déborde largement. Il faut donc, pour le voir en entier, le balayer de la pioche à la poupe.

Toutefois avec les jumelles Fujinon Meibo 25 × 150 tenues à la main, la chose est impossible... A moins qu'on ne les fixe sur un solide statif capable de supporter leur poids de 27,5 kg. Alors tout peut être observé même par gros temps car l'optique est enfermée dans un boîtier étanche résistant à la corrosion marine.

Prix : 57 000 F. En vente à la Maison de l'astronomie, 33 rue de Rivoli, 75004 Paris, tél. (1) 42 77 99 55.

## 6 UNE PENDULE-THERMOMÈTRE NUMÉRIQUE

Avec la micro-électronique, bien des instruments autrefois distincts peuvent être réunis. Ainsi en est-il avec la pendule-thermomètre Microconta. Elle vous donne, en plus de l'heure, la température au dixième de degré près (Celsius ou Fahrenheit).

Le résultat de ses mesures est affiché en chiffres de 13 mm de haut sur un écran à cristaux liquides. Il est donc possible de consulter l'instrument à plusieurs mètres de distance. Mieux, la nuit, il est toujours possible d'éclairer son cadran.

Enfin, cet instrument précis et commode ne coûte que 129 F. Il est en vente dans les magasins Tandy, tél. (1) 30 73 10 15.

## 7 UNE FICHE CONVENANT À TOUTES LES PRISES ÉLECTRIQUES DU MONDE

La "jet society" — et les habitués des charters — ne seront plus désorientés au moment de brancher leur rasoir électrique dans une prise de courant guatémalteque ou même néo-zélandaise. N'importe où dans le monde, la radio, le séchoir à cheveux, les bigoudis chauffants ou la brosse à dents électrique accepte-

ront de fonctionner aussi bien qu'à Quimper Corentin ou au Kremlin-Bicêtre...

Ceci grâce à Super-Plug, une prise universelle qui s'adapte à tous les réseaux de la planète (pourvu que ces réseaux veuillent bien vous délivrer du 220 volts de bonne qualité).

En vente 120 F à la Gadgetière, 1 place Pierre Brisson, 75016 Paris.

## L'ORDINATEUR OPTIQUE EST NÉ

Après cinq ans de recherches, l'université Heriot-Watt à Edimbourg (Ecosse) achève actuellement la construction du prototype d'un ordinateur fonctionnant non plus avec des impulsions électriques mais avec des impulsions lumineuses.

Dans cet appareil les transistors sont remplacés par des "transphasors", leur équivalent optique. L'avantage de cette technologie réside dans la vitesse de déplacement des photons, qui est beaucoup plus rapide que celle des électrons.

Ainsi l'ordinateur d'Heriot-Watt travaille-t-il mille fois plus vite que le plus rapide des ordinateurs électroniques actuels.

## UN MICROORDINATEUR DANS UN FER À REPASSER

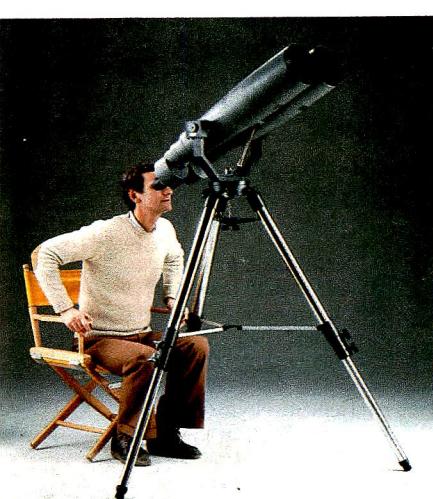
La firme japonaise Sanyo a mis sur son marché le premier fer à repasser automatique dont le fonctionnement est commandé par micro-ordinateur. Les températures convenant aux divers types de tissus à repasser sont régulées par microprocesseur.

Dès que la température programmée est atteinte, l'utilisateur en est informé par un signal sonore. Divers types de sécurités sont prévus.

Lorsqu'on pose le fer à plat, l'alimentation se coupe au bout de 10 secondes. Impossible donc de brûler un tissu.

De même lorsque le fer est laissé sans bouger en position verticale, un signal sonore se déclenche au bout de 10 secondes si l'alimentation n'a pas été fermée. Puis, une minute après, cette alimentation est alors automatiquement coupée.

Aucune date d'importation en France n'a été donnée.



# La guérison de la timidité

Peut-on radicalement guérir la timidité ?.. W.R. Borg l'a non seulement affirmé mais mille fois démontré. La timidité n'étant, d'après lui, pas une maladie morale, mais une maladie physique.

"Prenez, disait-il, un timide. Empêchez-le de trembler, de rougir, de perdre son attitude naturelle pour prendre une attitude ridicule. Montrez-lui comment il peut éviter ces manifestations physiques de son émotion et vous l'aurez guéri de son mal. Jamais plus il ne se troublera, ni pour passer un examen, ni pour déclarer son amour à une jeune fille, ni même s'il doit un jour parler en public. Mon seul mérite est d'avoir découvert le moyen qui permet à chacun, instantanément et sans effort, de maîtriser ses réflexes".

Il semble bien, en effet, que W.R. Borg a trouvé un remède définitif à la timidité. J'ai révélé sa méthode à plusieurs de mes amis. L'un d'eux, un avocat, était sur le point de renoncer à sa carrière, tant il se sentait bouleversé chaque fois qu'il devait prendre la parole ; un prêtre, malgré sa vaste intelligence, ne pouvait se décider à monter en chaire ; ils furent tous stupéfaits par les résultats qu'ils obtinrent. Un étudiant, qui avait échoué plusieurs fois à l'oral du baccalauréat, étonna ses professeurs à la dernière session en passant ses examens avec un brio étourdissant. Un employé qui osait à peine regarder son directeur, se sentit soudain l'audace de lui soumettre une idée intéressante et vit doubler ses appointements. Un représentant, qui hésitait cinq bonnes minutes devant la porte de ses clients avant d'entrer, est devenu un vendeur plein de cran et irrésistible.

Sans doute désirez-vous acquérir, vous aussi, cette maîtrise de vous-même, cette audace de bon aloi, qui sont si précieuses pour gagner les dures batailles de la vie. Je ne peux pas, dans ce court article, vous exposer en détail la Méthode W.R. Borg mais j'ai décidé son éditeur à la diffuser auprès de nos lecteurs. Priez-le de vous envoyer l'interesting ouvrage documentaire de W.R. Borg sur "Les Lois Eternelles du Succès". Il vous l'adressera gratuitement. Voici son adresse : *Méthode W.R. Borg, chez Aubanel, dpt 822 – 6, place St-Pierre, 84057 Avignon Cedex.*

E. de Castro

## BON GRATUIT

A remplir en lettres majuscules en donnant votre adresse permanente et à retourner à :  
*Méthode W.R. Borg, dpt 822, chez Aubanel – 6, place Saint-Pierre, 84057 Avignon Cedex, France, pour recevoir sans engagement de votre part et sous pli fermé "Les Lois Eternelles du Succès".*

Nom \_\_\_\_\_ Prénom \_\_\_\_\_

N° \_\_\_\_\_ Rue \_\_\_\_\_

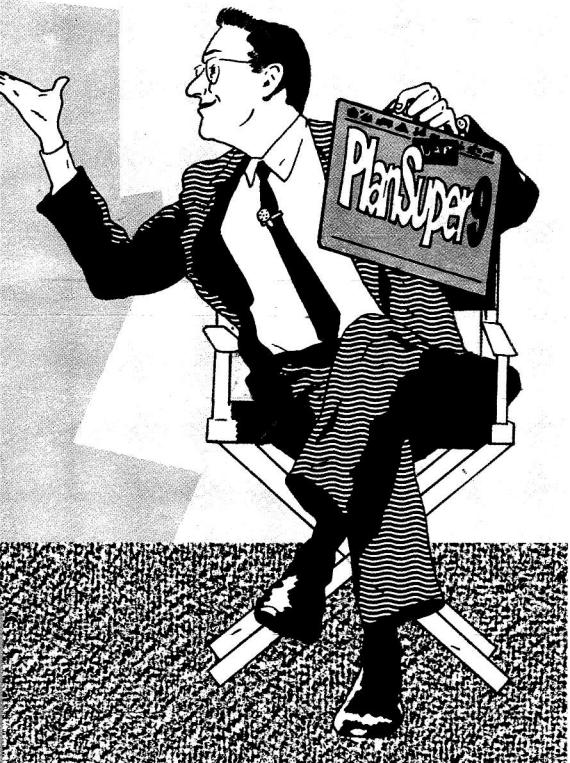
Code postal \_\_\_\_\_ Ville \_\_\_\_\_

Age \_\_\_\_\_ Profession \_\_\_\_\_

Aucun démarcheur ne vous rendra visite

**L**a voiture et le domicile, la retraite et l'épargne, les investissements, la prévoyance et la responsabilité, les loisirs et l'assistance en France et à l'étranger : il vous en faut, des assurances, si vous voulez être bien assuré. Des contrats, des primes, des échéances... beaucoup de papiers. Une affaire compliquée à gérer. A moins que vous ne regardiez la page d'en face...





Toutes les assurances dont vous avez besoin, ni plus ni moins, regroupées et mensualisées, c'est le Plan Super 9 de l'UAP. Une nouvelle façon, simple et souple de vous assurer une bonne fois pour tout. Et c'est très pratique : on n'en paye qu'un peu chaque mois. Pour en savoir plus sur le Plan Super 9 de l'UAP, consultez votre conseiller UAP habituel. Si vous n'êtes pas encore assuré à l'UAP, complétez cette page, découpez-la et adressez-la à : Plan Super 9 - UAP Cedex 9516 - 75705 Paris-Brune.

## Assurez-vous une bonne fois pour tout, et réglez par mensualités.

Mon nom \_\_\_\_\_

Mon adresse \_\_\_\_\_

14 Mon numéro de téléphone \_\_\_\_\_

**PlanSuper9**  
**UAP**

**UN NOUVEAU REGARD SUR L'ASSURANCE, N° 1 OBLIGE.**

# DRÔLES DE JEUX

Les jeux de rôle, vous connaissez ? Ces drôles de jeux de société où l'imagination est la règle, envahissent les loisirs d'un nombre croissant d'adeptes. JEUX & STRATEGIE vous explique tout ce qu'il faut savoir sur ces nouveaux must.

## AU SOMMAIRE :

- A quoi jouaient les pharaons ?
- Les meilleurs jeux sur micro.
- Des casse-tête à rendre fou.
- Les grands jeux classiques : échecs, tarot, Scrabble, go.

JEUX &  
STRATEGIE

N° 30 DÉCEMBRE 1988  
ISBN 2-02-01122-2

# JEUX & STRATEGIE

### HISTOIRE

A QUOI JOUAIENT LES PHARAONS ?

### N'AYEZ PLUS PEUR DES JEUX DE RÔLE

### LOGICIELS

LES MEILLEURS  
JEUX SUR MICRO

### JEU EN ENCART

LE SCEPTRE  
MAUDIT

### CONCOURS

GAGNEZ UN VOYAGE,  
UN MICRO, UN SCOOTER,  
... ET DES JEUX



EN VENTE PARTOUT

mieux s'exprimer / mieux communiquer

### METHODE ACTIVE DE REFLEXION ET D'EXPRESSION

Un programme nouveau, à distance, individualisé, pour acquérir une solide méthode de réflexion et d'action, indispensable à la réussite des projets personnels et professionnels.

En quelques mois, quelques heures par semaine, vous développerez vos capacités de synthèse, de rédaction et d'expression.

Vous apprendrez à communiquer avec aisance, à nouer facilement des contacts, à mettre en valeur votre personnalité et vos qualités dans toutes les circonstances de la vie.

Vous saurez utiliser des techniques efficaces et des clés pour lire et mémoriser rapidement, réfléchir constructivement, jauger une situation, intervenir avec confiance. Vous saurez écrire professionnellement, organiser et animer des conversations, des réunions... parler en public avec aisance et persuasion.

**Documentation gratuite à :** IFP — Dépt Méthode d'Expression, Service ME 1032, 35 rue Collange 92303 Paris-Levallois.

Téléphone : (1) 42.70.73.63. (ét. privé).



**BILLARDS CHEVILLOTTE**

ZA des Montées - 23, rue Jean-Moulin - 45073 Orléans Cedex 2  
Tél.: 16-38665100

et aussi:

Paris, Arniens, Strasbourg, Nantes, Poitiers, Lyon, Marseille, Ste-Maxime  
PRESTABLE CHEVILLOTTE: 74-78, av. Thiers - B.P.72 - 33015 Bordeaux  
Cedex - Tél.: 16-56329393

Pour recevoir, sans engagement, une documentation Chevillotte, fabricant de billards et connaître les possibilités de financement, complétez le bon ci-dessous et retournez-le à l'adresse indiquée.

Nom .....  
Adresse .....  
Tél. .... SV.04.1

# Rubson l'humidité vaincue

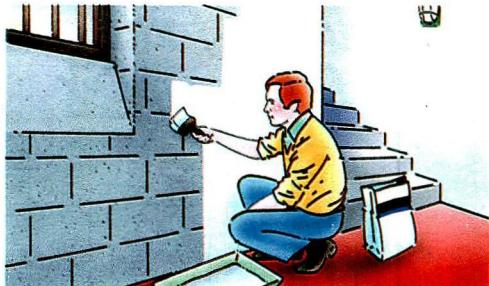


Impact

**Une fuite en toiture ?** Le constat : une tache d'eau au plafond. La solution : la méthode Rubson. Intervenir par l'extérieur avec un mastic et un revêtement de caoutchouc.



**Des fissures en façade ?** Le constat : une façade qui s'écaillle, des peintures qui se dégradent. La solution : appliquer à l'extérieur un revêtement Rubson, imperméable, élastique et réellement antifissures.



**Un mur intérieur humide ?** Le constat : des taches de moisissures, des peintures qui cloquent. La solution : créer un écran imperméable avec la protection Rubson recommandée.

**Pour solutionner votre problème,** écrivez à Rubson, B.P. 215, 92502 Rueil-Malmaison Cedex.  
**Service Conseil Rubson :** Tél. (1) 47.08.92.88.

Merci de m'envoyer toutes vos informations concernant :

TT  Fuites en toiture  
FA  Fissures en façade  
MH  Mur intérieur humide

Autre problème (cf. courrier joint)

Nom et adresse complète .....

AS6 SH1  
**Rubson**

L'humidité vaincue

## CULTURE GÉNÉRALE

### UNE MÉTHODE POUR FAIRE LE POINT

Une bonne culture générale est le support indispensable à la réussite de vos projets, qu'ils soient personnels ou professionnels. Contacts, rencontres, relations, examens, etc... en toute occasion, **on vous juge sur votre culture.**

La Méthode de l'I.C.F., claire et pratique, vous permettra en quelques mois, chez vous, à raison de quelques heures par semaine, de voir ou revoir les connaissances de base dans les principaux domaines : littératures, arts, philosophie, religions, histoire, sciences, économie, politique, cinéma, musique, etc.

Une méthode qui fait la synthèse des idées dans la chronologie des événements, des mouvements de pensée et des hommes qui ont forgé les civilisations. Une mise au point utile à tous ceux qui veulent progresser et réussir.

**Documentation gratuite à l'I.C.F., service 3780  
35, rue Collange 92303 Paris-Levallois.  
Tél. : (1) 42 70 73 63.**

### Ecrivez donc sans aucune faute grâce à l'Orthographex



Présenté sous la forme d'un triptyque en couleurs, sur carton plastifié, l'ORTHOGRAPHEX vous permet de trouver, instantanément et sans rien feuilleter, le mot sur lequel vous hésitez et de vérifier s'il est masculin, invariable, etc. L'ORTHOGRAPHEX comporte 7 250 mots ! Indispensable à tous ceux qui écrivent (écrivains, journalistes, secrétaires, etc.). Il est également l'aide fidèle du collégien, de l'étudiant... Il sert même pour les loisirs : mots croisés, scrabble, jeux télévisés, etc.

Distribué par l'I.P.M joindre 50F(chèque, timbres ou 15 coupons réponse). Vous recevrez en plus un passionnant petit livre qui vous montrera comment améliorer rapidement votre orthographe. I.P.M. (Bureau L604) 40, rue Jules-Ferry - 59430 SAINT-POL-SUR-MER

## L'AÉRONAUTIQUE DES BALLES

(suite de la page 31)

ne sont pas des records mais des moyennes réalisées sur plusieurs coups par des joueurs professionnels.

Au golf, la rotation avant de type "lift" ou "topspin" n'est pas utilisée car elle fait plonger la balle et accélérer sa course dès qu'elle touche le sol, ce qui rend difficile un tir précis. Par contre le "backspin", ou effet rétro, est largement pratiqué, de même que les rotations latérales droite ou gauche. Le "backspin" a le même effet que sur toute balle : une portance due à la force Magnus qui s'oppose à la pesanteur et permet à la balle de rester beaucoup plus longtemps en vol, donc d'accroître la portée de 10 % à 15 %. Celle-ci, pour un coup de longueur, atteint couramment 200 m (joueur professionnel), puis le roulage de la balle sur le sol porte la distance totale parcourue à 230 m.

Notons que cette distance de roulage n'est qu'une valeur indicative ; sur un terrain dur, net et plat, le roulage peut dépasser facilement 100 m ; toutefois, des coups dépassant au total 300 m sont rares. Mais, pour en revenir à la seule portée en vol, celle-ci ne dépasserait pas 150 à 160 m sans la portance de l'effet Magnus.

Les joueurs de haut niveau utilisent cette portance pour aller loin, mais aussi pour franchir des obstacles en hauteur.

Toutefois, les coups les plus difficiles sont ceux qui consistent à franchir l'obstacle en le contournant, par exemple quand il y a un arbre entre le joueur et le trou. Tirer en ligne droite, c'est frapper l'arbre, erreur totale, ou arriver à côté du trou, ce qui est un moindre mal. Les professionnels tentent un tir beaucoup plus difficile : contourner l'arbre par la droite ou par la gauche en donnant à la balle une rotation oblique, ou même verticale, de façon à ce que l'effet Magnus dévie la balle sur le côté dans le plan horizontal.

Il faut énormément de talent pour donner la juste rotation avec le club adapté à la distance et au terrain, et pourtant les grands champions savent utiliser les forces aérodynamiques pour mettre la balle au but.

Encore n'avons-nous pas considéré l'influence du vent, qui renforce ou amenuise l'effet Magnus, ni les forces gyroscopiques qui commencent à prendre de l'importance avec une balle de 46 g lancée à 8 000 tr/mn. Car, pour être juste, la trajectoire d'une balle de golf concerne autant la mécanique des fluides que les lois de la percussion élastique ou la dynamique des rotations, et elle n'est guère plus facile à calculer que le vol d'un intercepteur supersonique.

Renaud de La Taille

## L'ININTELLIGENCE ARTIFICIELLE

(suite de la page 22)

correspond aux plantes qui sont actuellement traitées par le système expert "Ivraie".

Un système expert peut donc être utilisé pour faire un diagnostic à chaque fois que l'on sait lister toutes les conclusions possibles, et que l'on connaît les critères pour les différencier. On pourrait pratiquement dire qu'un système expert permet de résoudre tous les problèmes de diagnostic ne faisant plus appel à l'intelligence. Pourtant il n'est pas une publicité ou une description de système expert qui ne parle d'intelligence artificielle.

Dans les tests utilisés pour mesurer le quotient intellectuel, il faut généralement trouver le critère permettant d'associer une liste de figures ou de nombres. La question posée est de trouver ce qui doit suivre.

Par exemple lorsque la question est 1, 2, 4, 8, 16, 32 ? La réponse attendue est 64. Elle prouve que le sujet a compris que la suite était faite de chiffres dont chacun était le précédent multiplié par 2. Cet exemple se trouve en général au début des tests. Etant donnée sa facilité, il permet au sujet de prendre confiance et de comprendre la nature du test. Pourtant l'ordinateur ne possède pas le mi-

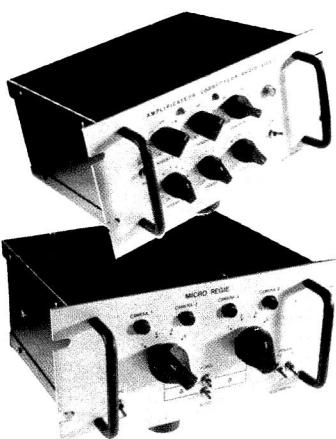
nimum d'intelligence qui lui permettrait de répondre ici. A moins bien sûr qu'il soit programmé pour reconnaître un certain nombre de suites pré-définies. Mais dans ce cas il paraît peu probable que l'on ait pensé à programmer la suite suivante : 10, 200, 3 000, 40 000, 500 000 ?

Nous sommes incapables de décrire comment trouver la bonne réponse. Et pourtant elle est facile pour qui possède un minimum d'intelligence, mais ce n'est toujours pas le cas pour aucune machine.

La création d'une intelligence artificielle comparable à l'intelligence humaine, soit par ses mécanismes, soit par ses performances, correspond depuis longtemps à un espoir et à une crainte. Elle nous est régulièrement annoncée comme imminente, pourtant elle n'apparaît toujours pas possible avec nos moyens actuels. Les mécanismes de l'intelligence, qu'elle soit artificielle ou naturelle, nous sont encore inconnus, et rien ne prouve que nos connaissances soient composées d'éléments indépendants que l'on pourrait définir séparément.

C'est pourquoi les progrès observés dans les recherches sur l'intelligence artificielle ne nous avancent peut-être pas plus vers le but à atteindre que les records de saut en hauteur ne nous avancent pour atteindre la lune, bien qu'ils nous en rapprochent.

Roland Olivet



## VIDEO DEUX NOUVEAUX MODELES CHEZ GUISTON

**UN AMPLIFICATEUR-CORRECTEUR AUDIOVIDEO STEREOFONIQUE**, comportant 2 ou 5 sorties. Il régénère l'image et le son de toutes sources ayant pour support final un écran TV, TV moniteur ou Télé projecteur.

Il comporte un système unique de réglage automatique de gain et de netteté particulièrement efficace et un contrôle monitoring. Ses applications sont multiples : **En duplication**, il supprime une perte de qualité d'environ 30 %. Ainsi permet-il 6 à 7 générations de films (copies de copies) en conservant encore une bonne qualité de l'image et du son.

L'amplificateur-correcteur est également très utile en montage électronique, surveillance vidéo, réception par satellite, réception TV ou Télé projection...

Cet appareil s'adresse donc tant aux particuliers qu'aux vidéoclubs, laboratoires médicaux et industriels, hôtellerie, enseignement, etc.

**UNE MICRO-REGIE** : Elle permet de filmer une scène avec plusieurs caméras afin de cadrer des plans de grosses différences sous divers angles. Cette technique, utilisée en prise de vue professionnelle est maintenant à la portée de l'amateur, avec cet appareil qui permet le branchement de quatre caméras sur un magnétoscope. Le passage de l'une à l'autre se fait avec possibilité de sélection indépendante de l'image et du son. La micro-régie peut également être utilisée en banc de montage.

## AUDITORIUM HIFI AVIE

**Centre de recherche et de perfectionnement en électronique audiovisuelle.**

17-19, rue Lambert - 75018 PARIS - Tél. 42.55.01.63

Documentations contre 11 F en timbres.

## LES ACUPUNCTEURS

### PIQUÉS AU VIF

(suite de la page 59)

par voie vasculaire permet des études de "première" circulation, cérébrale par exemple : on injecte l'isotope dans une veine du bras, il passe immédiatement dans la circulation générale et va se redistribuer dans les organes, tels le cerveau, les poumons, le cœur. En raison de son faible poids moléculaire et de ses dimensions, l'ion pertechnétate quitte ensuite rapidement la circulation. Injecté par voie sous-cutanée, le traceur diffuse vers le secteur vasculaire. Ceci est connu depuis pratiquement vingt ans. Nous n'avons donc pas du tout conscience d'être aussi ignorant en la matière que l'avancent les trois auteurs. Nous pensons même en savoir suffisamment pour être en droit de leur demander des détails bien plus explicites sur leurs injections de technétium par voie sous-cutanée en dehors des points "privilégiés" d'acupuncture. Et surtout sur les conditions véritables dans lesquelles ont été faites les images du point d'injection. Par ailleurs, les trois auteurs, dans leur mémoire à l'Académie, déclarent s'être livrés à un "test croisé" pour « éliminer l'éventualité d'une migration par voie lymphatique ». La contre-preuve qu'ils apportent est curieuse parce que parfaitement inutile : il est en effet totalement avéré que le pertechnétate administré par voie sous-cutanée au niveau d'un espace interdigital, ne permet en aucun cas de visualiser les trajets de drainage lymphatique de la zone injectée, pour la bonne raison qu'il ne diffuse jamais par voie lymphatique mais uniquement par voie capillaire sanguine.

Le sulfure de rhénium, que les médecins de Necker ont utilisé pour montrer, en le couplant à l'isotope, qu'il va préférentiellement vers les vaisseaux lymphatiques ("prouvant" ainsi que le technétium seul chemine bien le long des "mériadiens"), ce sulfure de rhénium est un colloïde. Il est effectivement capté par les cellules phagocytaires du système réticulo-endothélial (appartenant à l'appareil lymphatique) du ganglion. Mais c'est une contre-vérité scientifique de dire qu'il est véhiculé par les vaisseaux lymphatiques. Le sulfure de rhénium n'est pas réabsorbé dans des délais brefs par les vaisseaux lymphatiques, car sa fixation dans les ganglions est durable. Il n'autorise aucune étude dynamique — de 0 à 6 minutes, comme l'ont fait les médecins de Necker — et ne permet que très rarement de visualiser les trajets situés entre les groupes ganglionnaires, autrement dit les vaisseaux lymphatiques. C'est dommage pour la démonstration que prétendent faire les trois auteurs, d'autant qu'il existe d'autres composants lymphotropes dont l'utilisation aurait beaucoup mieux servi leur cause. Pour les médecins de Necker, la vitesse de migration du traceur radioactif le long des trajets "préférentiels" (leurs "mériadiens") est incompatible avec un passage par voie vasculaire. Nous disons au contraire que les délais, bien connus, de diffusion par voie vasculaire, sont sensiblement comparables à ceux qui sont censés avoir été obtenus par diffusion le long des "mériadiens".

On peut soulever bien d'autres réserves sur ces travaux. La conclusion immédiate qu'on peut en tirer, c'est que la preuve scientifique de la théorie acupuncturale reste encore complètement à faire<sup>(5)</sup>.

Piqués eux aussi au vif par les propos et l'utilisation des médias de ces médecins (acupuncteurs et biophysiciens), les professionnels s'organisent : un essai associant plusieurs centres de médecine nucléaire français est en voie d'être réalisé pour reprendre de A à Z l'expérience de Darras, Albarede et de Vernejoul. Gageons que cet essai saura répondre au moins aux critiques méthodologiques dont est entaché le travail présenté à l'Académie de médecine. Quant aux résultats... attendons.

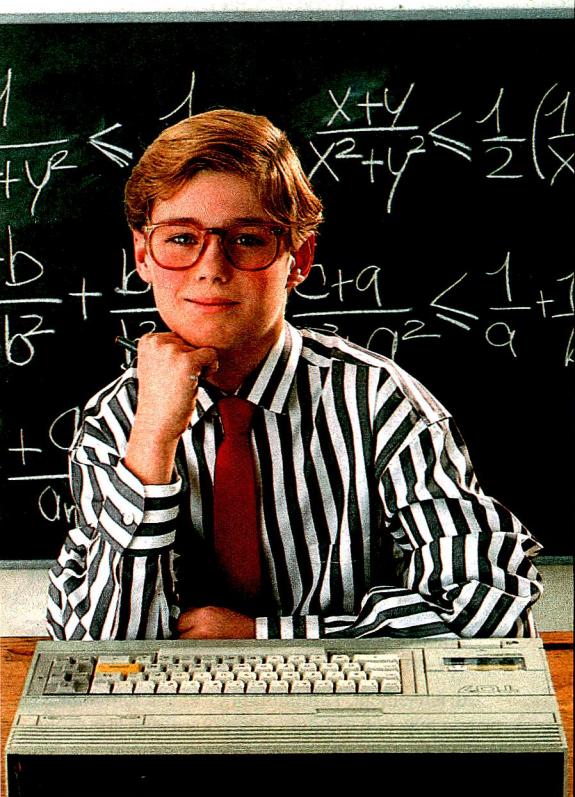
**Dr Jean-Michel Bader**

## 9 LOTS DE LOGICIELS ET 3 LOTS MÉTHODES "ASSIMIL"

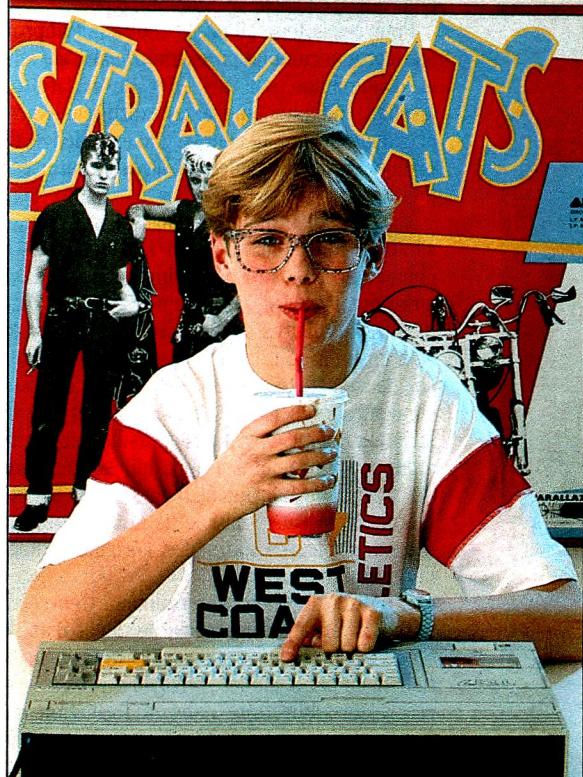
### LOGICIELS ÉDUCATIFS

		Prix moyen du courrament pratiqué	Prix du lot	Prix offre spéciale THOMSON
<b>Pré-élémentaire</b>				
Ronde des formes	Vifi-Nathan	145 F		
Dominombrés	Playjeux	180 F	540 F	<b>270 F</b>
J'entends	Hachette	215 F		
<b>CP</b>				
Formes	FIL	120 F		
Lis, Lissons, Lisez	Belin	350 F	630 F	<b>315 F</b>
Addsous	Hatier	160 F		
<b>CE</b>				
Dictée Electronique	Infogrammes	150 F		
Orthocrack 1	Hatier	160 F	535 F	<b>267,50 F</b>
Rangements et Repérages	Cedic-Nathan	225 F		
<b>CM</b>				
Je, Tu, Il	Hachette	165 F		
Nombres et Opérations	Cedic-Nathan	225 F	515 F	<b>257,50 F</b>
Multiplications Casse-Tête	Vifi-Nathan	125 F		
<b>6*/5*</b>				
Conte	FIL	120 F		
Groupe Nominal	Vifi-Nathan	175 F	470 F	<b>235 F</b>
Calculs Numériques	Vifi-Nathan	175 F		
<b>4*/3*</b>				
Solchim	FIL	120 F		
Démonstration Géométrie	Vifi-Nathan	175 F	475 F	<b>237,50 F</b>
La Conjugaison	Belin	180 F		
<b>Seconde</b>				
Lire les Statistiques	Vifi-Nathan	175 F		
Tablo Logique	FIL	120 F	494 F	<b>247 F</b>
Conjuguer	Le Robert	199 F		
<b>Première</b>				
Microprocesseurs	Belin	180 F		
Propag	FIL	120 F	525 F	<b>262,50 F</b>
Point Bac Français	Ediciel	225 F		
<b>Terminale</b>				
Point Bac Français	Ediciel	225 F		
Point Bac Maths 1	Ediciel	225 F	675 F	<b>337,50 F</b>
Point Bac Maths 2	Ediciel	225 F		
<b>Méthodes de langues</b>				
Anglais	Assimil	510 F		<b>255 F</b>
Espagnol	Assimil	510 F		<b>255 F</b>
Allemand	Assimil	510 F		<b>255 F</b>

# J'APPRENDS A L'ECOLE



# J'ASSURE A LA MAISON



**T07.70 + BASIC MICROSOFT® + LECTEUR DE CASSETTES + 2 JEUX  
+ UN BON DE RÉDUCTION DE 50% SUR 3 LOGICIELS ÉDUCATIFS  
POUR 3390 F\***

\*Prix public maximum. Offre valable jusqu'au 31 mai 1986.

Thomson à l'école, c'est plus de 100 000 micros fonctionnant avec la plus grande bibliothèque de logiciels éducatifs en français.

Cette offre de Thomson, c'est la possibilité de choisir pour soi-même et à la maison, un soutien éducatif correspondant à son niveau scolaire (du CE1 à la Terminale). Dans cette offre spéciale, Thomson vous offre deux des meilleurs logiciels

actuellement sur le marché : Micro-Scrabble (FIL) et la Planète Inconnue (FIL), ainsi qu'un bon de réduction de 50% sur un ensemble de trois logiciels présélectionnés par niveau scolaire.

**THOMSON**   
**MICRO-INFORMATIQUE**

**THOMSON, TU ME RENDS MICRO.**

## L'ALUMINIUM FACTEUR DE DÉMENCE SÉNILE

(suite de la page 53)

identique et qu'on les retrouve aux mêmes endroits. Leur concentration au cœur des noyaux des plaques est étonnamment élevée comparée à celle d'autres éléments chimiques simples — sulfures, potassium, magnésium, calcium, fer.

Pour ces auteurs, il paraît tout à fait improbable que cette accumulation extraordinaire de silicium et d'aluminium soit un effet du hasard ou un artefact (un phénomène créé artificiellement ou accidentellement au cours d'une expérience, dû par exemple à la technique d'observation utilisée ou à une contamination fortuite).

Mais les scientifiques anglais rejettent toute possibilité d'une contamination extérieure ou d'une coïncidence. La présence simultanée, à des taux aussi comparables, de ces deux produits dans les plaques fibrillaires des cerveaux malades, ne peut être mise en doute, tous les paramètres ayant été soigneusement contrôlés. Pour ces biologistes, la concentration sélective d'aluminium et de silicium au cœur même des plaques séniles constitue un argument extrêmement fort, qui suggère que les deux produits pourraient bien être les agents primordiaux, la cause initiale de la formation de ces masses fibrillaires anormales, l'origine véritable de la maladie d'Alzheimer.

En 1928, un chercheur roumain, Georges Marinesco, avait déjà avancé que le dépôt d'une substance argyrophile — c'est-à-dire attirée préférentiellement par la matière grise du cerveau — était le catalyseur obligatoire dans la formation de ces plaques, microscopiques mais redoutables témoins de la démence sénile. Il se trouve que les propriétés cationiques des aluminosilicates s'accordent en effet très bien avec cette hypothèse.

Plusieurs centres de recherche, travaillant sur des animaux, ont déjà dans le passé fait état d'une concentration intracellulaire d'aluminium et de silicium dans les neurones malades, neurones conte-

nant les neurofibrilles caractéristiques de la démence sénile. On a pu critiquer ces résultats en invoquant l'incertitude des techniques mises en œuvre, le fait que les modèles animaux étaient très éloignés de l'homme, et que les quantités cérébrales d'aluminium augmentent de toute façon avec l'âge, même chez les sujets mentalement sains.

Quand même, le rapport du *Lancet* renforce ces nombreux et vieux soupçons jusqu'à leur donner, presque, une consistance de preuve.

Le Pr Pierre Galle, du laboratoire de biophysique de l'hôpital Henri Mondor à Créteil, émet cependant quelques réserves. Il est l'un des plus grands spécialistes mondiaux de la microanalyse biologique. Il pense que la microsonde utilisée par les Anglais est d'une technique trop sommaire pour garantir entièrement la vérité de l'expérience. En particulier, l'appareil dispose seulement d'une diode d'analyse silicium-lithium, et surtout, il est dépourvu d'un microscope électronique à transmission, le seul qui permette de visualiser l'artefact majeur : les poussières atmosphériques d'aluminosilicate, dont chaque mètre cube de l'air que nous respirons contient des dizaines de milliers. Inévitablement, quelques-unes se déposent sur les coupes histologiques que l'on passe au microscope. Les plus grandes précautions ne peuvent éviter complètement cette contamination artificielle. Et si ces artefacts ne sont pas détectés en tant que parasites, ils déforment les résultats, et de façon importante, car ces poussières métalliques minuscules donnent parfois des spectres d'émission très intenses.

Curieusement, l'aluminium et le silicium sont les principaux constituants des poussières atmosphériques. Le fait, justement, qu'on retrouve ces éléments en telles quantités dans les préparations biologiques faites à partir de cerveaux malades, devrait inciter à la méfiance, selon Pierre Galle. Les deux phénomènes sont-ils totalement dissociés ?

En attendant, l'aluminium reste bien sous suspicion légitime.

Dr Jean-Michel Bader

Brillant & Associés

# Regardez Sharp.

**SHARP** LA POINTE DE LA TECHNIQUE

B.P. 111-91320 WISSOUS

## LA MACHINE À DÉCODER LES GÈNES

(suite de la page 41)

aujourd'hui couramment utilisée au "Caltech", avec des résultats très encourageants. Ainsi, le Dr Dianne Perez, de l'équipe du Pr Richards, est parvenue à synthétiser un gène de 600 nucléotides, celui qui commande la production de l'alphalytique-protéase, un enzyme analogue à la trypsin que l'on rencontre dans l'estomac humain. Sa collègue, le Dr Sheila Boyle Iverson, a réussi, elle, la synthèse d'un gène de 300 nucléotides, celui de la plastocyanine, une protéine qui participe au transport des électrons dans le processus de la photosynthèse.

Toutes ces recherches et ces innovations ont une portée pratique considérable. En 1985, par exemple, on a déjà identifié et isolé chez le fœtus les gènes défectueux responsables de l'hémophilie, de la phénylcétonurie (ou idiotie profonde) et de l'anémie falciforme. Dans les années à venir, on compte dépister de la sorte la totalité des gènes impliqués dans les 1500 maladies héréditaires, avec le secret espoir de pouvoir un jour les "réparer" ou les remplacer par des gènes sains.

Toujours avec l'aide du "séquanateur", on pense pouvoir accélérer l'inventaire complet des quelque 100 000 gènes contenus dans l'ADN humain. De la même façon, on procédera au déchiffrage du patrimoine génétique de tous les animaux d'élevage. Au fur et à mesure de leur identification, les gènes seront reproduits par clonage et stockés dans des banques où ils seront en permanence à la disposition des chercheurs.

Quant au nouveau procédé de synthèse des gènes, il permettra, ainsi que nous l'avons déjà évoqué, de modifier la composition interne des chaînes de nucléotides, quelle que soit la longueur de ces chaînes, afin de transformer le message du gène et d'améliorer, soit quantitativement, soit qualitativement, la protéine qu'il fait fabriquer.

Pour le moment, les chercheurs du California Institute of Technology travaillent surtout sur des gènes susceptibles d'intéresser l'industrie des détergents et celle de l'agroalimentaire. Ils essaient, par exemple, en remaniant les gènes responsables de la sécrétion d'enzymes utilisés dans les lessives, de rendre ces enzymes encore plus gloutons. Ou bien, en manipulant les gènes impliqués dans les métabolismes animaux et végétaux, d'obtenir des plantes plus productives et des bêtes plus charnues.

Quand on leur demande si ces manipulations s'appliqueront un jour aux gènes humains pour améliorer les capacités physiques et intellectuelles de l'homme, ou lui procurer des facultés nouvelles, les chercheurs du Caltech sourient, mais ne répondent pas. On peut être certain, cependant, que la plupart y ont déjà pensé... **Pierre Rossion**

## L'ÉTOILE DE PIERRE

(suite de la page 35)

niers de la ligne maritime San Francisco-Australie.

Sur ce Pacifique central vide et redouté, pris en écharpe par les alizés du nord-est, puis du sud-est, perturbés par les courants nord-équatoriaux et le contre-courant équatorial, forts de 15 à 25 noeuds par jour, Mau Pialug accepta de piloter l'hokulea monté par 17 hommes et chargé de six tonnes de vivres, en utilisant exclusivement le compas d'étoiles et le savoir hérité de ses ancêtres. Pendant cette longue aventure, le Public Broadcasting Service (USA) réalisa un film, *The Navigators* (1984), dont les images, les sons et les paroles assureront la conservation des enseignements nautiques de Pialug. David Lewis se joignit à l'équipage hawaïen.

La traversée fut une magistrale démonstration. Chaque jour, en dépit des courants et des vents changeants, Mau donna grâce au compas d'étoiles une position estimée, avec une marge d'erreur qui fut toujours inférieure à 40 milles. Après 30 jours de mer, pendant une semaine les nuages obscurcirent le ciel et Mau maintint sa route en utilisant d'autres signes. Vingt-quatre heures à l'avance, il indiqua la proximité du but.

**Jean-Albert Foëx**

**berdy**

le prêt à porter  
des grands  
(1m85 à 2m15)  
... et dès costauds

**PARIS 12<sup>e</sup>**  
86 av. Ledru-Rollin  
Tél. 46.28.18.24

**PARIS 17<sup>e</sup>**  
79, av. des Ternes  
Tél. : 45.74.35.13

**LYON 6<sup>e</sup>**  
22, cours F. Roosevelt

**AVIGNON**  
101 rue Bonneterie

**TOULOUSE**  
7, rue J.F. Kennedy

**BORDEAUX**  
20, allées Tourny

**Franchise BERDY :**  
agglomérations  
de + 300 000 hab.  
Tél. : (1) 45.74.66.68

laycom sv

## L'AMÉRIQUE SPATIALE PARALYSÉE

(suite de la page 95)

peu d'affolement. On sait bien que les joints des boosters, déjà peu fiables à température normale, sont fragilisés par le froid. D'ailleurs, le grave incident du mois de janvier précédent, où avait été remarquée pour la première fois la petite bouffée de fumée noire, s'était produit avec la température la plus basse jamais enregistrée lors d'un lancement (11,6 °C, après une nuit à -3,9). Et cette fois, la météo prévoit qu'il fera encore plus froid, très nettement même, peut-être 10 ou 15 °C de moins !

A 16 heures, après en avoir discuté avec des collègues, Robert Ebeling, ingénieur de Thiokol, le fabriquant des boosters, téléphone à Allan McDonald, le principal ingénieur de Thiokol présent à Cap Canaveral. Il lui fait part de son inquiétude. McDonald prend la chose très au sérieux. Il appelle Robert Lund, vice-président de Thiokol, qui a la haute main sur les questions d'ingénierie. Et il décide d'organiser avec les responsables de la NASA une téléconférence (par téléphone) pour décider de la conduite à suivre.

Pourquoi une téléconférence ? Parce que les centres de décision sont dispersés. Un peu de géographie est ici nécessaire. Cap Canaveral, la base de lancement, est situé au Kennedy Space Center, sur la côte de la Floride. C'est bien là que se trouvent rassemblés les responsables du lancement. Mais comme il s'agit des joints des boosters, question aussi technique que délicate, toute une chaîne de décideurs doit être consultée.

Lorsque les boosters sont repêchés en mer après le décollage réussi d'une navette, ils sont remorqués par des bateaux de Morton Thiokol jusqu'à Kennedy, où ils sont désassemblés et subissent un premier nettoyage. De là, ils sont expédiés dans les usines de Morton Thiokol, dans l'Utah, où les morceaux sont traités et réassemblés afin de reconstituer les quatre segments primaires. Ceux-ci sont chargés en carburant solide par Morton Thiokol, qui les renvoie ensuite par chemin de fer à Kennedy, où ils sont montés deux à deux.

Mais la supervision technique de toutes ces opérations incombe à un autre acteur du système : le Marshall Space Flight Center, à Huntsville, Alabama. Comme le Kennedy Space Center, ce centre est partie intégrante de la NASA. Il est chargé de vérifier que les contractants et sous-contractants de la NASA se conforment aux spécifications des contrats. Si un incident se produit, en vol ou à terre, c'est au Marshall Center de le décortiquer.

La téléconférence du 27 janvier est donc une discussion entre trois pôles, le siège de Morton Thiokol dans l'Utah, le Marshall Space Flight Center dans l'Alabama et le Kennedy Space Center

en Floride.

La téléconférence s'ouvre à 20 h 45. Les protagonistes ont eu quatre heures pour s'y préparer. Aussi bien à Kennedy que dans l'Utah, les ingénieurs de Thiokol, une quinzaine en tout, expriment clairement leur opposition au vol. Robert Lund, le vice-président de Thiokol déjà mentionné, déclare qu'il s'opposera au vol tant que la température des joints n'aura pas atteint le minimum de janvier 1985 : 11,6 °C. Mais du côté de la NASA, c'est la consternation. A Huntsville, George Hardy, le n°4 du Marshall Space Center, se déclare « atterré » par ce point de vue, tandis qu'à Kennedy, Lawrence Mulloy, qui dirige les opérations de supervision des boosters au Marshall Space Center, s'écrie « Bon Dieu, Thiokol, quand voulez-vous que je lance, en avril ? »

Après deux heures d'un débat où chacun reste sur ses positions, Joseph Kilmister, vice-président de Thiokol pour les boosters, qui s'était lui aussi prononcé contre le vol, demande une interruption de séance. Au bout d'une demi-heure, il rappelle : à la demande de Jerald Mason, le "senior" vice-président de Thiokol, il accepte de revenir sur sa position et de signer un texte indiquant que la société Thiokol autorise le vol.

Ce texte est aussitôt envoyé en fac-similé à Kennedy. Il reconnaît que les cercles de caoutchouc des boosters seront, d'après les calculs, de 11 °C plus froids que lors du placement de la navette, en janvier 1985 ; que les joints perdront de leur élasticité ; que le premier cercle de caoutchouc ne remplira sans doute pas son office ; mais que le second, lui, devrait tenir le coup.

Interloqué par la décision de son entreprise, Allen Mc Donald, le principal ingénieur de Thiokol présent à Kennedy, tente d'ébranler Lawrence Mulloy : « S'il arrive quelque chose, lui dit-il, je n'aimerais pas être à la place de celui qui devra venir expliquer à la commission d'enquête pourquoi il a donné l'autorisation de vol. »

A partir de ce moment-là, les responsabilités se diluent comme par enchantement. On ne sait plus qui est informé de quoi. On ne sait pas à qui sont communiqués les relevés de température alarmants faits sur le booster droit. Le matin, les dirigeants de Rockwell, le principal constructeur des navettes, s'inquiètent à leur tour de la glace qui s'est formée sur le pas de lancement. Le vice-président de la compagnie, Robert Glaysher, dit à Arnold Aldrich, l'un des grands "pontes" de la NASA, que sa société « ne répond pas de la sécurité du vol ». Aldrich ne s'en émeut pas outre mesure. Deux heures plus tard, le compte à rebours est déclenché et la navette s'envole vers son destin. Les astronautes ne savaient pas qu'il y avait un problème avec les boosters : ils n'en avaient pas été informés.

Olivier Postel-Vinay

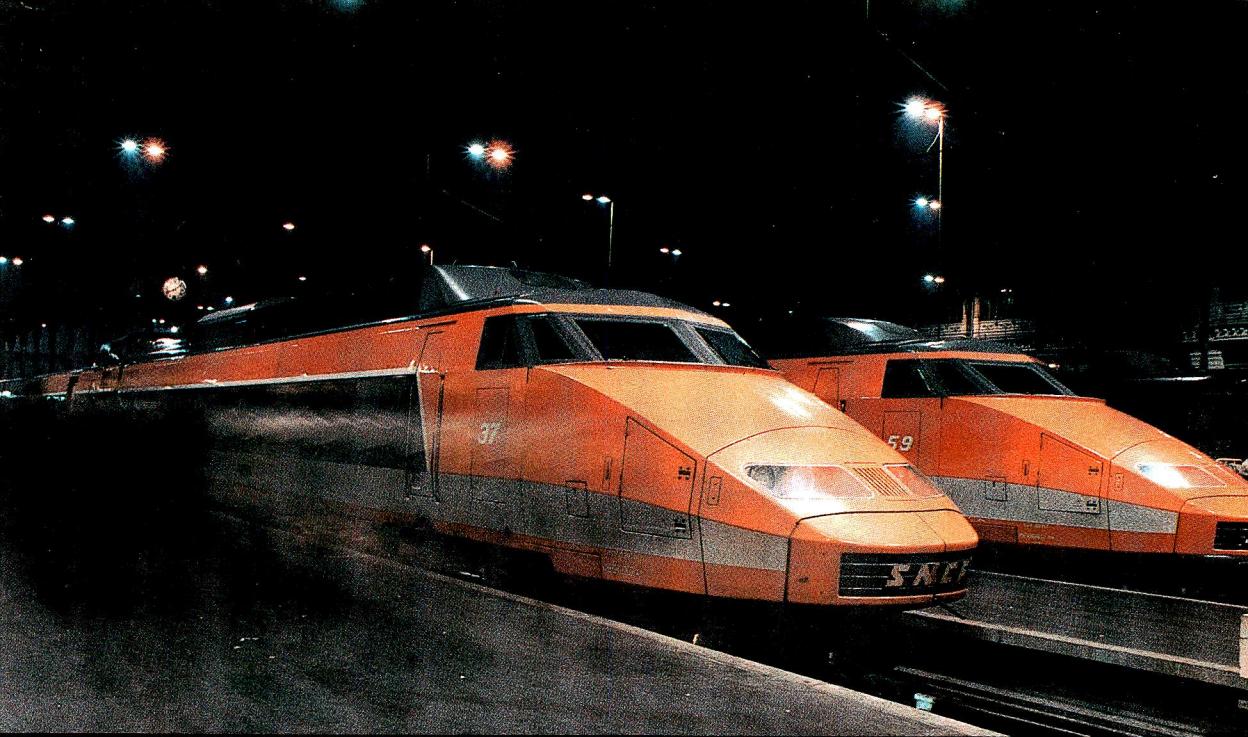


PHOTO J. MONNIN - GALERIE 27

# L'AVENIR DU RAIL

Il y a dix ans, *Science & Vie* annonçait le renouveau du chemin de fer, symbolisé par le TGV et la renaissance du transport urbain caractérisée par le métro léger automatique.

En 1986, le TGV mis en service sur le Sud-Est depuis cinq ans s'avère le plus brillant fer de lance de la politique commerciale de la SNCF. Raison pour laquelle il sera étendu à l'Ouest.

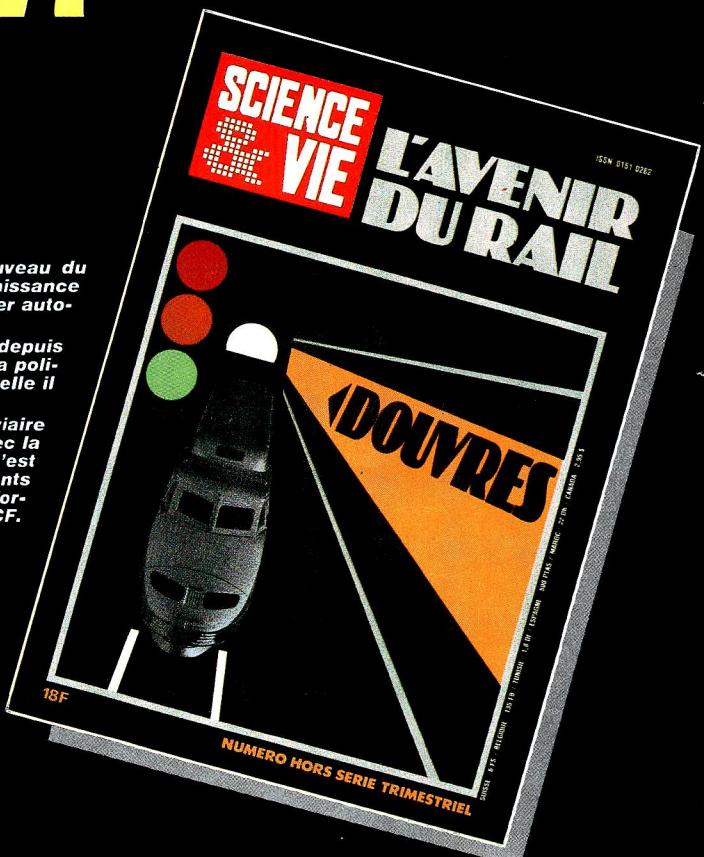
1986 c'est également l'année où le paysage ferroviaire européen va se renouveler de fond en comble avec la décision de construire le tunnel sous la Manche. C'est enfin l'année où, à la suite des tragiques accidents de l'été 85, un plan à long terme de sécurité renforcée a été arrêté par la Direction générale de la SNCF.

Au sommaire de ce même numéro :

- La situation financière de la SNCF.
- Les nouveaux métros.
- Les mutations de la traction électrique.
- Les réseaux informatisés de modèles réduits.
- Le catalogue des locos.

**SCIENCE  
&  
VIE**

un numéro hors-série  
de *Science & Vie*  
à paraître en Mars 86  
en vente partout.



# FINA FLOR

PETITS CIGARES

HAVANITOS  
Fina Flor

