

# SCIENCE & VIE

MENSUEL

N° 826 JUILLET 1986

ISSN 0036 8369

## LE PARI FOU DE L'AVION ORBITAL



16 F  
N° 826

SUISSE 5 FS  
CANADA \$ 2.75  
BELGIQUE 110 FB  
ESPAGNE 450 Ptas  
MAROC 17 Dh  
TUNISIE 1.24 T

LES TRICHEURS EN  
BLOUSE BLANCHE





# *Déménagez vos méninges! Et gagnez le "Papillon d'or Microsoft."*

Vous êtes passionné par la micro-informatique ?  
Vous êtes équipé d'un ordinateur personnel IBM  
ou compatible ? Ou bien encore d'un Macintosh d'Apple ?  
Et surtout, vous déborderez d'idées !

Le grand Concours "Papillon d'Or" Microsoft, Fil  
et SVM est fait pour vous. Pas de contraintes. Pas de  
limites.

Affaires, scientifique, jeux, tous les domaines vous  
sont ouverts, à condition de développer une application  
"clés en main", grâce aux macro-commandes de  
Multiplan 2 sur IBM PC et  
compatibles ou celles d'Excel sur  
Macintosh d'Apple.

De nombreux prix récompenseront les meilleurs  
programmes. Le premier prix : le "Papillon d'Or",  
s'accompagne d'un voyage aux Etats-Unis. Et les  
meilleurs logiciels pourront être édités par Fil qui les  
diffusera auprès du public.

Lisez vite le règlement complet du Concours.

Vous l'obtiendrez chez votre revendeur  
micro-informatique. Ou encore, avec des  
conseils utiles et tous les détails, dans  
le numéro de juillet/août de Science et  
Vie Micro.

SVM vous informe. Microsoft vous assiste.  
Fil vous édite. A vous le "Papillon d'Or" !



**MICROSOFT**  
Les logiciels de la vie simple.



# SCIENCE & VIE

Publié par EXCELSIOR PUBLICATIONS S.A.  
Capital social : 2 294 000 F - durée : 99 ans  
5 rue de La Baume - 75415 Paris Cedex 08 - Tél. 45 63 01 02  
Principaux associés : JACQUES DUPUY, YVELINE DUPUY,  
PAUL DUPUY

## • DIRECTION, ADMINISTRATION

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

## • REDACTION

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

## • ILLUSTRATION

ANNE LEVY intérim : CARLIJN FOURNIER  
Photographe : MILTOS TOSCAS

## • DOCUMENTATION

CATHERINE MONTARON

## • CONCEPTION GRAPHIQUE

TOTEMA, ANTONIO BELLAVITA

## • MAQUETTE

CHRISTINE VAN DAELE Assistant : LIONEL CROOSON

## • CORRESPONDANTS

New York : SHEILA KRAFT, 115 East 9 Street - NY 10003 - USA  
Science & Vie + Hors Série available monthly at International  
Messengers inc. 3054 Mecon Bldg. 10 Houston Texas 77032.  
Tél. : (713) 443 21 60. Subscription price is \$ 62,50 for one year.  
Second class postage paid at Houston.  
Londres : LOUIS BLONCOURT, 16, Marlborough Crescent,  
London W 4, 1 HF  
Tokyo : MARIE PARRA-ALEDO - The Daily Yomiuri 1-7-1  
Otemachi Chiyoda-Ku, Tokyo 100

## • SERVICES COMMERCIAUX

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

## • RELATIONS EXTERIEURES

MICHELE HILLING  
Assistée de : ANITA LJUNG

## • EXPORTUNITES

GHISLAINE DICHY - Tél. 42.25.53.00

## • PUBLICITE

Excelsior publicité - INTERDECO  
67, Champs-Élysées 75008 Paris - Tél. : 42.25.53.00  
Directeur de la publicité : DIDIER CHAGNAS  
Chefs de publicité : FRANÇOISE CHATEAU  
GHISLAINE DICHY  
Adresse télégraphique : SIENVIE PARIS  
Numéro de commission paritaire : 57284

## A NOS LECTEURS

• Courrier et renseignements : MONIQUE VOGT

## À NOS ABONNÉS

Pour toute correspondance relative à votre abonnement, envoyez-nous l'étiquette collée sur votre dernier envoi. Changements d'adresse : veuillez joindre à votre correspondance 2,20 F en timbres-poste français ou règlement à votre convenance. Les noms, prénoms et adresses de nos abonnés sont communiqués à nos services internes et organismes liés contractuellement avec Science & Vie sauf opposition motivée. Dans ce cas, la communication sera limitée au service des abonnements. Les informations pourront faire l'objet d'un droit d'accès ou de rectification dans le cadre légal.

LES MANUSCRITS NON INSÉRÉS NE SONT PAS RENDUS

COPYRIGHT 1985 SCIENCE & VIE

CE NUMÉRO DE SCIENCE & VIE A ÉTÉ TIRÉ À 442 500 EXEMPLAIRES



**BVP**

# ABONNEZ-VOUS A

# SCIENCE & VIE

## ETRANGER :

BENELUX 1 an simple

1 200 FB - 1 an couplé 1 650 FB

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

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

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

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

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

USA 1 an couplé 62,50 \$

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

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

Commande à adresser directement à SCIENCE & VIE.

Recommandé et par avion nous consulter.

**1 AN - 12 Numéros**

**176 F 2 ans : 330 F**

**1 AN - 12 Numéros**

**+ 4 Hors Série**

**230 F 2 ans : 445 F**

## BULLETIN D'ABONNEMENT

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

• Veuillez m'abonner pour :

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

Nom.....

Prénom.....

Adresse.....

Code postal.....

Ville.....

Pays.....

Profession.....  
(facultatif)

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

SV826



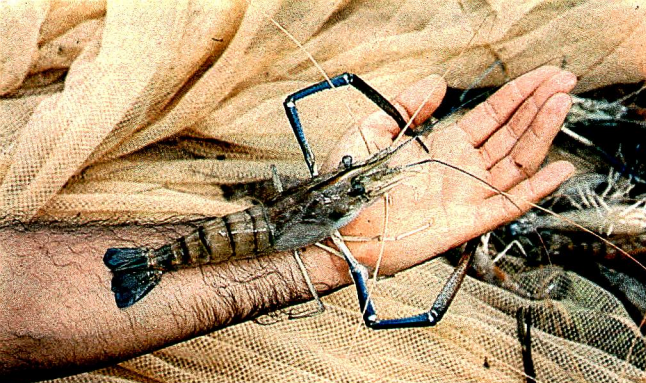


Photo J. C. Duclos

Avis aux amateurs de crustacés : une crevette importée sur deux est une "fausse" crevette, vendue au prix des vraies.  
p. 118

S

O

M

M

A

## SAVOIR

Forum

4

Lestricheurs en blouse blanche

*Dr Jean-Michel Bader*

14

La navette intestinale

*Pierre Rossion*

24

La pilule à changer l'heure

*Jean Ferrara*

28

Après les antibiotiques, les anti-adhésines

*Marie-Laure Moinet*

30

Marée gélatineuse sur nos plages

*Michel Rouzé*

40

Pourquoi pleut-il des étoiles filantes ?

*Anna Alter*

42

Capterons-nous un jour "radio-extraterrestre" ?

*Samuel Joffre*

45

"Photo-Halley" : les gagnants de notre concours

*Roger Bellone*

48

Gödel, Escher, Bach : la logique du faux-vrai

*Samuel Joffre*

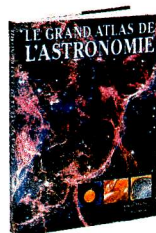
56

Echos de la recherche

*Dirigés par Gerald Messadié*

59

On annonce de belles pluies de comètes pour octobre, allez les voir en "voyage FNAC-Science & Vie". Gagnez le nouveau *Grand Atlas de l'astronomie* offert par l'Encyclopédie Universalis.  
p. 42



## POUVOIR

A Chinon, EDF prépare-t-elle la bombe à neutrons ?

*Jacqueline Denis-Lempereur et Olivier Postel-Vinay*

65

Le rêve de l'avion orbital

*Olivier Postel-Vinay*

74

Le terroriste percé à jour

*Renaud de La Taille*

92

Les poissons malades de nos rejets

*Jacqueline Denis-Lempereur*

98

Echos de l'industrie

*Dirigés par Gérard Morice*

101

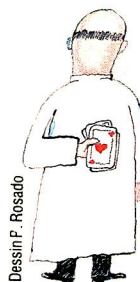
Photo Carré/Jacana



Le bonheur : la plage ; le plus grand malheur : les méduses. On va percer le mystère de leurs migrations.  
p. 40

Couverture :  
dessin C. Lacroix

Science & Vie  
N° 826  
JUILLET 1986



Dessin P. Rosado

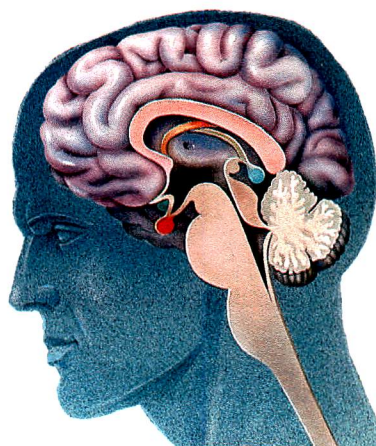
Scandale aux USA : les médecins "trafiquent" les tests des médicaments, avant la mise sur le marché. Qu'en est-il en France ?





Concours "comète de Halley" : les gagnants et les plus belles photos. Ici, celle d'Y. Delaye, 1<sup>er</sup> prix catégorie Amérique du Sud.  
p. 48

Finis les affres du décalage horaire et du travail de nuit, une petite pilule permet de modifier à volonté notre horloge intérieure, en agissant sur le noyau suprachiasmatique (point rouge), qui est une partie de l'hypothalamus (flèche).  
p. 28



Dessin M. Delahy

**I R E**

## UTILISER



Les pirates  
du téléphone

*Henri-Pierre Penel* **106**

1995 : la "télé" haute définition

*Roger Bellone* **110**

Photo : films pour maladroits

*Alex Kovaleff* **114**

Les crevettes d'eau douce

*Jean-Christophe Duclos* **118**

Nos Jeux

*Y. Delaye, D. Ferro, R. de La Taille  
et H. Penel* **124**

Science & Vie

al pour vous **140**

Echos de la

vie pratique

dirigés par

*Roger*

*Bellone*

**144**

Photo G. Uzan/Gamma

Pourquoi réparer Chinon A3, la plus vieille, la moins sûre et la plus chère de nos centrales nucléaires ? Aucun motif économique ne permet de justifier cette décision d'EDF. Aucune raison technique non plus, semble-t-il : les robots à l'œuvre ne seront pas réutilisables dans une autre centrale. En revanche, cette initiative vient à point nommé pour le programme nucléaire français : Chinon A3 peut, en effet, produire le plutonium nécessaire pour fabriquer la bombe à neutrons.  
p. 65





# FORUM

## Alzheimer, "blanchisseurs de café" et Cour européenne de justice

Nous avons reçu, à propos de notre article sur "Aluminium et maladie d'Alzheimer", des informations intéressantes d'un lecteur canadien, M. Servais, sur la situation outre-Atlantique en matière de recherches sur cette maladie.

« Vous parlez surtout, écrit notre correspondant, des produits anti-acides comme source possible de l'aluminium qui se retrouve dans le cerveau. On en fait une grande consommation en Amérique, puisqu'ils sont en vente libre comme en Europe. Il y a une autre source d'aluminium (en quantité) beaucoup plus grande que les anti-acides, c'est le succédané de crème ou de lait à café. On en consomme des tonnes et des tonnes en Amérique du Nord. S'il n'a pas attiré votre attention, c'est peut-être parce que les Européens y résistent plus que les gens d'ici.

» Ce produit est apparu sur le marché au début des années 60. Il se faisait passer pour de la crème et portait des noms qui prôtaient à confusion, comme Krem ou Pream. Ces noms ont été interdits et la loi oblige d'identifier correctement le produit. Aujourd'hui, il est vendu sous d'autres appellations: blanc à café, colorant à café, cofferuàte, etc. »

Effectivement ces succédanés de crème sont très consommés partout dans le monde... sauf en France! Ils contiennent des sels d'aluminium, essentiellement des aluminosilicates, mais en quantités faibles par rapport à leurs autres

composants. Et pourraient constituer une source alimentaire non négligeable d'aluminium. Mais la surprise vient de ce que pour une fois le consommateur français est protégé de ces "blanchisseurs de café" comme les appellent les services de la répression des fraudes. En effet, une loi protectionniste de 1934 interdit l'imitation des produits laitiers. Ces "blanchisseurs de café" sont commercialisés depuis longtemps en Grande-Bretagne et en Hollande. Toutes les demandes d'importation en France ont reçu des réponses négatives des services compétents.

Mais lesdits industriels européens, au nom de la libre circulation des produits européens, loyalement manufacturés en Europe, ont saisi la Commission de Bruxelles, qui en retour a entamé une procédure contre la France. Au nom des lois communautaires. On ne peut pas préjuger des décisions qui seront prises par la Cour européenne. Espérons qu'elles respectent notre indépendance.

Rappelons tout de même que la découverte de l'université de Cambridge, des quantités importantes d'aluminosilicates dans le cerveau de patients décédés de maladie d'Alzheimer, est sujette à caution: la méthode d'analyse utilisée serait insuffisante pour administrer la preuve véritable de cette association.

Enfin, il s'agit, c'est ce qu'ont compris nos lecteurs, d'une hypothèse de travail à explorer comme les autres, et qui justifiait en soit que l'on en parle **J.M.B.**

## Les souffrances du jeune matheux

Un lecteur, qui a négligé de nous communiquer ses coordonnées, nous fait part de sa mélancolie face à l'ordinateur, du moins le sien :

*Il est paru dans L'Ordinateur individuel d'octobre 1985 un sondage (encore un !) d'opinion dont les conclusions sont en substance que la majorité des sondés pensent qu'acheter un ordinateur individuel, c'est se laisser piéger par une mode, et où ils déclarent qu'ils n'ont pas l'intention d'en acheter un, ni maintenant ni demain.*

Le marché de l'informatique personnelle est morose, et la reprise problématique. Si je vous disais que je me réjouis de cette situation? Car la réaction collective reflète parfaitement le résultat de mon évolution personnelle depuis l'apparition des calculatrices de poche vers 1978. A l'époque, ces petites bêtes semblaient miraculeuses, mais dans l'euphorie du début, il s'est fabriqué n'importe quoi, au point qu'André Warusfel dans son livre *Le calculateur de poche et ses jeux* dit qu'il faut vérifier la résistance à la torsion de l'achat éventuel. Donc, il était urgent d'attendre la clarification du marché. Puis sont apparus les engins sérieux, TI 57, 58, 59, HP 21, 67, 34 C, 15 C, etc. Là on pouvait y aller.

Je me suis donc "fendu" d'une HP 34C puis d'une HP 15C. Au point de vue technique, parfait, rien à dire. En tant qu'"homme de la rue" titulaire en tout et pour tout du "certif" ancienne formule, je me suis dit que le meilleur usage que je pouvais faire de ces merveilleux engins, était de me mettre à l'étude des maths, le calculateur étant d'une froide objectivité, infiniment patient (les limites de sa patience étant celles de la pile) pouvait servir de prof et d'arbitre: la notion mathématique est assimilée quand on a réussi à l'intégrer dans un programme qui "tourne". Je pense avoir fait ainsi quelques progrès, mais il ne faut pas se faire d'illusions, je ne serai jamais au niveau d'un



ingénieur analyste programmeur. Il arrive donc un moment où j'ai besoin de programmes tout faits, conçus par des esprits supérieurs au mien. Or, dans le commerce, on ne trouve pratiquement rien. Je fondais quelques espoirs sur vos numéros consacrés aux grands nombres, particulièrement les n° 766 et 755, mais après avoir bien mis l'eau à la bouche du lecteur, vous l'avez laissé en plan, les programmes annoncés n'ayant jamais été publiés.

Attention, je ne prétends pas qu'on me fournisse gratuitement ce qui a coûté des heures de travail à des personnes mieux dotées que moi en matière grise. J'aurais simplement aimé que ces programmes soient édités dans une brochure à part, payante, ce qui aurait contenté tout le monde; les auteurs auraient perçu des droits, et l'utilisateur des machines aurait eu ces programmes. Donc en ce moment, je poursuis ma quête pratiquement solitaire, pour re-

trouver des programmes que d'autres ont déjà trouvés et qui dorment sans profit pour personne.

C'est pour cela que je ne passe pas au stade supérieur: une HP 71B par exemple. Pourtant, vous avez l'air bien partis avec les programmes scientifiques de Daniel Ferro pour Apple qui devraient pouvoir être transcrits en Basic 71B. On peut comprendre que la majorité des gens ne s'intéressent pas à l'informatique, c'est leur droit. On comprend moins que l'on fasse tout pour décourager les velléités de ceux qui voudraient s'y intéresser, par exemple, je ne trouve personne lorsque j'ai besoin d'une "consultation maths", les meilleurs livres sont étrangers. Donc le mot informatique n'impressionne plus. Synonyme de grande puissance de traitement de données, de merveille technique, c'est aussi synonyme de pagaille, de mépris du non-initié, qu'on traite avec hauteur. Les gens le sentent d'instinct et se

tiennent à distance.

Aurais-je l'honneur d'une réponse? Vous avez sûrement d'autres chats à fouetter.

Le problème de notre correspondant n'est pas informatique, mais tout bonnement mathématique. Pourquoi a-t-il donc acquis un calculateur programmable? Pour se distraire ou par besoin professionnel? Dans un cas comme dans l'autre, il faut programmer l'appareil. Programmer, c'est-à-dire lui apprendre ce qu'il doit faire. Mais pour enseigner quelque chose, ne faut-il pas le connaître au préalable? Les calculateurs programmables sont fournis avec une notice qui explique comment dialoguer avec l'appareil. Après, c'est à l'utilisateur de savoir ce que l'on veut lui apprendre à faire. Si l'on utilise ce calculateur pour se distraire, des programmes tout faits ne présentent que peu d'intérêt ludique, puisqu'il suffit alors d'introduire les données et d'appuyer sur une touche pour obtenir le résultat. Pour des besoins professionnels, il semble logique que l'on



**TUBE NESTLÉ**

330 g d'énergie pure

**Comment j'ai fait  
le mur.**

Lait concentré sucré  
**Nestlé**



connaissiez les méthodes de calcul nécessaires dans l'exercice d'une profession donnée.

L'ordinateur ou le calculateur qui apprendra les maths n'est pas encore né. Toutefois, quelques éditeurs proposent des livres consacrés précisément à une marque d'ordinateur (ce qui est nécessaire vu que, d'une marque à l'autre, voire quelquefois d'un modèle à l'autre, le langage est incompatible). Notamment pour Hewlett Packard, une adresse: Ed. du Cagire, 77 rue Cagire, 31000 Toulouse.

Enfin, les programmes de calcul ont été publiés dans notre n° 759 de décembre 1980.

## Deux comètes qui se ressemblent

M. Henri Kern, de Paris, lauréat de la Société astronomique de France, nous adresse la lettre suivante:

«A la page 42 de votre édition de février 1986, vous publiez la

photo d'une comète qui, d'après la légende de la page 43, ne serait pas celle de la comète de Halley. Je suis absolument d'accord avec vous sur ce point: Halley n'a jamais eu cet aspect au cours de son apparition de 1910.

» Par contre, vous affirmez que la photo de la page 42 se rapporterait plutôt à la "grande comète de Janvier (1910) et c'est là que je me permets d'émettre des doutes sur votre interprétation.

» En effet, cette comète, qui n'est certainement pas Halley, ressemble étrangement à la comète Arend-Roland apparue en 1957, visible à l'œil nu, et qu'en tant qu'astronome-amateur, j'ai photographiée à maintes reprises au cours des mois de mars et d'avril 1957.

» Pour vous permettre de mieux apprécier la similitude de votre photo de la page 42 avec la comète Arend-Roland, je me permets de joindre un tirage d'une de mes photos de cette comète.

» Vous pourrez surtout constater que la comète de votre page 42 présente la même aigrette en

direction du Soleil que celle de mon cliché, phénomène très rare et qui n'est pas encore entièrement expliqué à l'heure actuelle. La comète Arend-Roland était une des très rares à présenter une telle aigrette. »

Il est vrai que les deux photos, celle de la comète du Jour de 1910 et celle de la comète d'Arend-Roland se ressemblent, les deux objets célestes ayant l'aigrette orientée vers le Soleil. Mais c'est bien la comète du Jour que nous avons publiée.

Photo H. Kern

**APPRENDRE, ETUDIER: FAITES-LE EN MINITEL**

Some which an is very be

Production of 700 MIT AN URSS: 900 EN: 900

$\frac{a+b}{c} = x$   $\sqrt{3-14} = x$

$\frac{621}{4}$

**TRADUCTION**

Although when he became in the productive years. Don't do it even he come to see if you

$4217 \times (f' b \times \sqrt{213})$   
 $\frac{4217}{x} (x = f' b)$

Un devoir difficile? Une interro à préparer? Fini de sécher! Le Minitel vient au secours de tous les écoliers, et de leurs parents. Exercices de maths ou de français, révision d'histoire-géo, cours d'anglais tous niveaux, le Minitel donne ses leçons particulières à domicile. Programmes complets du

CM1 jusqu'à la fac avec des informations sur l'orientation scolaire, les filières universitaires et les grandes écoles.

Et comme on n'en finit jamais d'apprendre, il y a encore des banques de données économiques, politiques, géographiques sur tous les pays. Consultation recomman-

dée avant tout voyage d'affaires. Bref, les vrais cancren n'auront qu'un regret: malgré sa petite taille, le Minitel est encore trop gros pour entrer dans un cartable! Pour en savoir plus sur le Minitel et ses services, appelez gratuitement le

**NUMERO VERT**  
05 10 20 10

**teletel**

TELECOMMUNICATIONS

Minitel marque déposée

**La puissance de l'informatique, la simplicité du téléphone.**



**Encore des témoignages qui prouvent que l'on peut maintenant gagner sans aucune difficulté plus de 20 000 F par mois en montant une affaire**

# Voici comment devenir votre propre patron

**E**tablissez-vous à votre compte. Imaginez-vous dans le fauteuil confortable du patron. En tant que chef d'entreprise, vous êtes toujours respecté. C'est vous qui donnez des ordres. C'est vous qui choisissez librement vos horaires de travail. Prenez votre après-midi quand vous en avez envie. Libérez-vous enfin des contraintes des salariés. Beaucoup d'entre eux peuvent se trouver au chômage, du jour au lendemain : la sécurité de l'emploi, cela n'existe plus. En tant que patron, en revanche, vous faites partie des personnes aisées. Offrez-vous, vous aussi, des loisirs attrayants, des voyages passionnants. Goûtez aux plaisirs d'une très bonne table, et d'une cave à vin bien fournie. Décidez-vous maintenant.

**C'est plus facile que vous ne le pensez**

**Voici des exemples :**



Avec moins de 1 000 F, M. Jean-Pierre Bruyères de Rieux-Volvestre (31) a lancé une affaire d'entretien de parkings. Après 12 mois à peine, cette activité lui a déjà rapporté presque 400 000 F de bénéfice, cela représente plus de 30 000 F par mois : une belle rentabilité, une exploitation facile et sans risque. Vous pouvez même démarrer cette entreprise tout en gardant votre emploi, en travaillant le soir, le samedi... avec un minimum de capital. M. Bruyères nous avoue : *Aujourd'hui, si je n'ai plus de problèmes d'argent, c'est grâce aux dossiers-études « idées lucratives ». Ils sont tellement clairs et méthodiques qu'il m'a été facile de réussir.*



M. Serge Rhumorbarbe, Protec'Gratfitis à Ifs (14), a enlevé sa blouse blanche de dessinateur industriel. Il a quitté son emploi stable, mais peu motivant. Ce sont là encore les dossiers-études « idées lucratives » qui lui ont permis de franchir le pas. Avec les informations qu'il y a trouvées, il est devenu spécialiste en cuir artificiel (vinyl). Selon son propre témoignage, ses revenus s'élèvent à 20 000 F par mois en moyenne. Sa nouvelle activité l'a déjà conduit dans de nombreux pays, dont les Etats-Unis, au cours de 2 voyages. *Voilà, c'est autre chose que 8 heures de travail de bureau tous les jours, je ne pourrais plus jamais y retourner, se réjouit-il en lecteur fidèle d'« idées lucratives ».*

**Il gagne 250 000 F la première année**



« Avant j'avais un travail de routine, pas assez rémunéré. Heureusement, j'ai découvert une bonne affaire dans « idées lucratives ». En moins d'un an, mes revenus ont triplé. Actuellement, je gagne plus de 20 000 F par mois, sans contrainte : je suis mon propre patron ». Jacques de Brabant de Lyon.



Du chômeur au roi du jus, M. Henri-Denis le Bigot a réussi cet exploit. Il a vendu en moins d'un an plus d'un million de gobelets de jus de fruits pressés à 10 F le gobelet. Une affaire très simple mais d'autant plus « juteuse », qui ne demande aucune connaissance particulière et un investissement réduit. Une activité sans secret, à votre portée, de suite. Les dossiers-études « idées lucratives » vous montrent comment vous pouvez en faire autant.

Tous ces gens et beaucoup d'autres qui réussissent dans les affaires, qu'ont-ils de plus ? Rien du tout. Ils sont comme vous. Ni plus malins, ni plus intelligents que vous. Ils n'ont pas non plus de formation particulière, ni de capital important à leur disposition. Quelques milliers de francs suffisent dans certains cas. Mais, et l'explication est très simple, ils exploitent tous des affaires faciles à réaliser, et néanmoins d'une extrême rentabilité. Ces affaires sont décrites jusque dans les moindres détails avec exemples concrets à l'appui, dans les dossiers - études « idées lucratives » (10<sup>e</sup> année).

**Vous êtes également capable de réussir**

**Comment faire ?**

Actuellement, vous pouvez vous procurer la collection complète des dossiers-études « idées lucratives » déjà publiés. Vous y découvrirez toutes les clefs du succès de nombreuses affaires qui marchent bien. Les raisons pour lesquelles elles marchent bien. Vous y trouverez une méthode systématique, facile à suivre. Vous apprendrez, par étapes, comment en faire autant et même mieux.

Démarez immédiatement, sans perte de temps, mais sur des bases solides. Réussissez grâce à des conseils pratiques et à des cas réels dévoilés par « idées lucratives ».

A l'heure actuelle, c'est le moyen le plus sûr et le plus rapide de vivre mieux, plus en sécurité, avec des revenus confortables. Et enfin, vous ne dépendez plus de personne.

## Vu à la télévision

Même la télévision (T.F.1 et F.R.3), les radios (France-Inter, Europe 1), de nombreux journaux (Le Monde...) et revues (V.S.D., Biba, l'Expansion...) ont consacré des émissions et des reportages aux dossiers-études « idées lucratives ».

« Tout le monde peut devenir son propre patron », explique à F.R.3 M. Frédéric Spindler. Lui-même s'est mis à son compte à 19 ans grâce à « idées lucratives ». Peu après le démarrage, il gagne entre 15 et 20 000 F par mois. Il a réussi. Vous pouvez en faire autant. Car vous trouverez en plus de l'idée, tous les éléments éprouvés pour faciliter votre installation dans les meilleures affaires. Laissez-vous simplement guider par les instructions claires et méthodiques.

## Gratuitement et sans risque

Demandez de suite, sans engagement de votre part, la collection comprenant plus de 80 résumés d'« idées lucratives ».

**Ne tournez pas cette page avant d'avoir découpé le bon ci-dessous**

Faites-le à l'instant même, pendant qu'il en est encore temps, sinon vous risquez de l'oublier. Envoyez 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

Oui, je souhaite recevoir à titre GRATUIT, et sans engagement de ma part, la collection complète de plus de 80 résumés « idées lucratives ».

☐ Mme ☐ Mlle ☐ M

Nom : .....

Prénom : .....

Adresse : .....

Code : .....

Ville : .....

A remplir en lettres d'imprimerie et à retourner aux : Editions SELZ - BP 266 - 68005 Colmar Cedex

1 SVB60107





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

**Et sa bière rousse coulera pour tous !**





**C**'AY EST! George Killian a gagné! Alors aussitôt c'est sa tournée! Sa bière rousse coule à flots! La mousse déborde, les rires fusent! Les bonnes histoires aussi!

C'est vraiment bon de se retrouver entre amis quand cette sacrée bière rousse est de la partie...



**GEORGE KILLIAN'S**  
*La bière rousse*

# *Pouvoir maîtriser l'imprévu.*



## Le système ABS

Pouvoir en toute sécurité maîtriser l'imprévu, à l'instant même où l'on découvre un danger, c'est le rôle spécifique de l'ABS.

Ce dispositif augmente considérablement la sécurité active de la RENAULT 25 et donne à son conducteur les moyens de contrôler son freinage quel que soit l'état de la route.

Avec le système ABS, RENAULT matérialise une contribution décisive de l'électronique dans le domaine de la sécurité.

L'ABS, dispositif électronique compor-

tant des capteurs et un calculateur, régule à la fraction de seconde près, la puissance de freinage de chacune des roues en fonction de l'adhérence des pneus sur la chaussée. Sa vitesse de réaction et sa sensibilité à la moindre perte d'adhérence permettent de contrôler la trajectoire du véhicule et de réduire les distances d'arrêt.

Aujourd'hui, l'ABS permet de vivre la puissance de la RENAULT 25 en pleine sérénité.

Le système ABS existe en série sur la





PUBLICIS

CO 570

RENAULT 25 série limitée ABS, la RENAULT 25 V6 Turbo et en option sur la RENAULT 25 GTX et la RENAULT 25 V6 Injection. Modèle présenté RENAULT 25 GTX avec ABS en série - Série limitée. Prix clés en main

juin 86: 133000F, millésime 87. Peinture métallisée Havane en série. Chaîne stéréo 4x20 W avec 6 haut-parleurs. Roues spécifiques en alliage léger. DIAC: votre financement. **RENAULT** préconise **elf**

*série limitée*

**Renault 25 GTX-ABS.**







TUBORG, PARTOUT  
OÙ LE SOLEIL SE COUCHE.



# LES TRICHEURS EN BLOUSE BLANCHE

*Accablant : il n'y a pas d'autre mot*

*pour qualifier le document que nous vous présentons ce mois-ci, et qui n'avait jamais été divulgué en France. Il concerne un sujet particulièrement délicat : les essais de nouveaux médicaments.*

*Les faits se sont passés aux Etats-Unis, pays pourtant archiprotégé. Alors, on ne peut s'empêcher de se demander avec une certaine inquiétude : qu'en est-il chez nous ?*

**D**ans l'esprit du public, s'il est un domaine où s'impose la plus grande prudence, où toute initiative doit se conformer à des règles très strictes, où le sens des responsabilités doit guider toute action, où enfin les qualités morales des opérateurs sont au moins aussi importantes que leurs qualités professionnelles, c'est bien celui de l'expérimentation thérapeutique, et en particulier de l'expérimentation sur l'homme. Car, s'il est indispensable d'essayer les nouveaux médicaments avant de les mettre sur le marché, il est tout aussi capital de contrôler les risques que comportent ces essais.

Expérimenter un nouveau médicament, c'est étudier la façon dont l'organisme l'absorbe, le distribue, l'élimine ; c'est déterminer la dose à laquelle il est efficace ; c'est déceler ses effets indésirables et en mesurer la gravité. Tout cela, aucun ordonnateur ne peut le faire. Les essais sur les animaux de laboratoire donnent d'utiles indications, mais ils ne sont pas les mêmes que celles des hommes. Il faut donc faire des tests sur l'homme : sur des volontaires sains d'abord, sur des patients sélectionnés ensuite.

En général, ces essais ne soulèvent pas d'inquiétude particulière dans le public. Ils sont faits par des médecins, alors les gens ont confiance. Et puis, on nous répète à l'envi que les procédures sont très sévèrement réglementées, que les

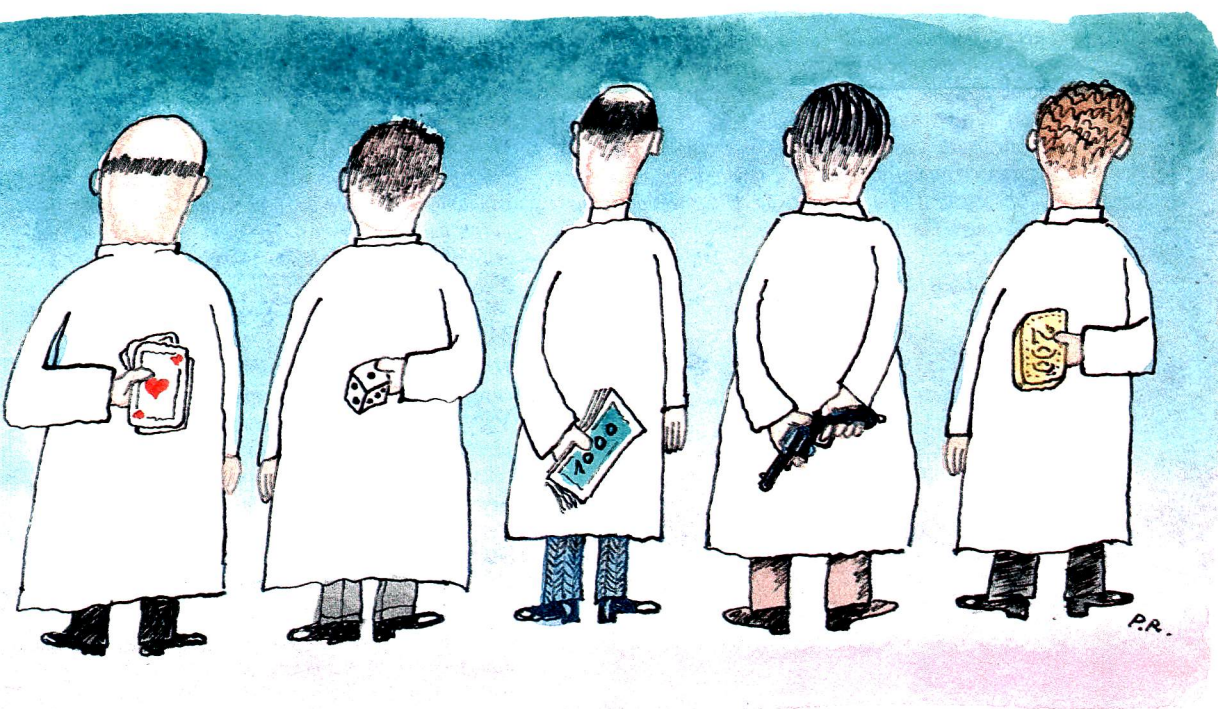
contrôles sont permanents et rigoureux, que la haute qualification des investigateurs est une garantie de sécurité. Comme nous n'avons pas de raisons spéciales de mettre en doute ces allégations, nous les tenons pour vraies et nous nous rassurons.

C'est ce que pensaient aussi les Américains jusqu'à un certain mardi de l'automne 1979. Non seulement ils avaient confiance dans les chirurgiens, cliniciens et universitaires qui testaient leurs nouveaux médicaments, mais ils se sentaient protégés par un formidable rempart, qui n'a pas d'équivalent en France : la FDA (*Food and Drug Administration*).

La FDA est un organisme fédéral qui veille sur tout ce qui concerne l'alimentation et le médicament. Il n'est pas une nourriture, pas une boisson, pas une pilule, pas une poudre qui entre dans la bouche d'un Américain sans l'assentiment de la FDA. C'est elle qui autorise les nouveaux médicaments et en surveille les essais. C'est elle qui définit les protocoles d'expérimentation et en contrôle l'application. Bref, elle a l'œil à tout et des enquêteurs partout.

Or, ces enquêteurs ont découvert de bien curieuses choses, et même des choses bien révoltantes : un certain nombre d'essais de nouveaux médicaments étaient truqués, falsifiés, maquillés. Malgré la vigilance de la FDA, des médecins, et non des moindres, trichaient, mentaient, inventaient.





Les faits étaient si graves que la commission sénatoriale chargée de la Santé et de la Recherche scientifique fut alertée. Elle se réunit plusieurs fois, à l'initiative de son président, le sénateur Edward Kennedy, pour entendre les responsables de la FDA.

Mais la séance la plus mémorable fut celle du mardi 11 octobre 1979. Y participaient, outre le sénateur Kennedy et un certain nombre de ses collègues, le directeur de la FDA, Sherwin Gardner, son adjoint, Richard Cooper, et le responsable des enquêtes pharmacologiques, le Dr Michael Hensley. Ce qui s'est dit, ce jour-là, dépasse l'imagination, mais donne aussi à réfléchir. C'est pourquoi nous jugeons utile, et même salutaire, de reproduire ici de larges extraits (en caractères italiques) du compte rendu de cette séance. Ce document n'a jamais été publié en France, et on en comprend la raison : il ne faut pas réveiller le chat qui dort, ni une population qui sommeille en toute confiance !

Transportons-nous donc dans un bureau du Capitole. La commission sénatoriale de la Santé et de la Recherche scientifique y est réunie, et la séance s'ouvre sur une courte allocution de son président.

**Sénateur Kennedy.** — *Pour l'ensemble des Etats-Unis, les médecins ont délivré en 1977 un milliard et demi d'ordonnances prescrivant des médicaments, soit une moyenne de sept ordonnances par Américain, homme, femme ou enfant. Nos compatriotes consacrent*

*chaque année environ 16 milliards de dollars à l'achat de produits pharmaceutiques, qui passent pour être les plus sûrs et les plus efficaces du monde. Ils doivent cette réputation, d'une part, à la qualité de nos chercheurs, d'autre part, à la surveillance rigoureuse qu'exerce la FDA et qui empêche tout produit dangereux de parvenir sur le marché. Il arrive cependant que cette barrière protectrice soit contournée par des personnes qui non seulement trompent la confiance des laboratoires qui les emploient, mais mettent en danger la santé de nos concitoyens. Cela est d'autant plus choquant qu'il s'agit de médecins, c'est-à-dire de personnes qui ne peuvent pas ignorer les conséquences de leurs fraudes. Ces fraudes sont-elles fréquentes ? Je dirai que certaines d'entre elles sont si graves, si potentiellement dangereuses, qu'il importe peu, en fin de compte, de connaître leur fréquence : le simple fait qu'elles existent est déjà en soi inacceptable. Il y a aux Etats-Unis quelque 2 000 cliniciens qui réalisent chaque année environ 12 000 essais thérapeutiques. Même s'il n'y a qu'un pour cent de ces essais qui sont falsifiés, cela représente un chiffre énorme et une menace considérable.*

Après ce préambule, le sénateur Kennedy passe à l'ordre du jour, c'est-à-dire à l'examen d'un certain nombre de cas délictueux.

**Sénateur Kennedy.** — *Comme d'habitude, nous ne donnerons pas de noms ; nous nous contenterons de mentionner les numéros des dossiers. Commençons donc*



par le cas du Docteur 31. Si j'ai bonne mémoire, nous avons déjà parlé de lui l'an dernier. Il avait testé des médicaments pour trois firmes pharmaceutiques : Roche, Knoll et Endo, et l'on avait découvert que les données qu'il avait transmises à Knoll pour l'essai de son médicament, étaient les mêmes que celles qu'il avait fournies l'année précédente à Endo pour un autre médicament. Il s'était contenté de changer les dates sur les dossiers. Finalement, on s'est même aperçu que toutes ces données avaient été purement et simplement inventées. Est-ce exact ?



**Dr Hensley.** — C'est exact.

**Sénateur Kennedy.** — Quelles explications le Dr 31 a-t-il données aux inspecteurs de la FDA ?

**Dr Hensley.** — Le Dr 31 leur a dit qu'à l'époque des faits, il était si surchargé de travail qu'il était obligé d'emporter ses dossiers chez lui et de leur consacrer ses rares moments de loisirs. Ainsi, un dimanche, alors qu'il faisait de la barque sur un lac proche de l'hôpital, et qu'il avait pris ses dossiers avec lui pour les compléter à l'occasion d'une halte, l'embarcation avait chaviré, et la boîte métallique contenant les précieux papiers avait coulé au fond de l'eau. Il avait essayé de reconstituer de mémoire les données perdues, ce qui l'avait amené à en inventer quelques-unes. Bien entendu, toute cette histoire était, elle aussi, entièrement inventée...

**Sénateur Kennedy.** — Le Dr 31 n'a-t-il pas essayé de surcroît de faire pression sur une infirmière pour qu'elle corrobore ses dires ?

**Dr Hensley.** — En effet, M<sup>me</sup> J., surveillante à l'hôpital de la Veteran's Administration (1), a déclaré à nos inspecteurs qu'à l'automne 1977 le Dr 31 lui avait demandé un entretien particulier. Au cours de celui-ci, qui s'était déroulé dans un bureau de l'hôpital, il lui avait expliqué qu'un enquêteur de la FDA viendrait sûrement la questionner le lendemain matin, et qu'elle devait lui confirmer qu'elle se trouvait elle aussi dans la barque au moment où cette dernière avait chaviré. Il voulait également qu'elle dise à l'enquêteur qu'elle avait vu disparaître dans le lac une boîte métallique contenant des papiers. Mais M<sup>me</sup> J. refusa de faire un faux témoignage, ce qui, précisa-t-elle, mit le Dr 31 dans une

rage effroyable.

**Sénateur Kennedy.** — Sait-on où le Dr 31 a fait ses études de médecine ?

**Dr Hensley.** — D'après lui, à l'université de Saigon. Nous avons évidemment vérifié et, grâce à la Veteran's Administration, nous avons retrouvé la liste des diplômés de l'université de Saigon aux dates correspondantes, ainsi que deux personnes qui avaient fréquenté ladite université à cette même époque. Eh bien, il semble que le Dr 31 n'ait jamais été à cette université. En tout cas, il n'y a pas obtenu de diplôme.

**Sénateur Kennedy.** — Est-on au moins sûr qu'il a fait des études de médecine ?

**Dr Hensley.** — Même pas. On sait, en revanche, qu'il a envoyé récemment à un membre de l'université de Saigon une lettre dans laquelle il lui lance un appel pressant : « Si quelqu'un vous interroge, répondez-lui, je vous en prie, que j'étais étudiant chez vous. »

**Sénateur Kennedy.** — Mais, voyons, il possédait bien une licence médicale pour l'Ohio (2). Comment, dans ces conditions, est-il arrivé à l'obtenir ?

**Dr Hensley.** — Il a tenté l'examen de l'Etat du Massachusetts une dizaine de fois, mais sans succès. Il a alors passé celui de l'Ohio, plus facile. Une fois son diplôme en poche, il a obtenu sans difficulté une licence pour exercer en Californie. C'est ainsi qu'il a pu travailler onze ans à l'hôpital de la Veteran's Administration.

**Sénateur Kennedy.** — En résumé, voilà quelqu'un qui n'a jamais fait officiellement d'études de médecine, qui a néanmoins obtenu un diplôme aux Etats-Unis, qui a exercé pendant onze ans dans un hôpital, et qui a falsifié des essais thérapeutiques commandés par trois des plus grandes firmes pharmaceutiques américaines, sans que deux d'entre elles, d'ailleurs, ne se doutent jamais de rien ! Avouez qu'il y a de quoi se poser des questions sur le fonctionnement de nos systèmes de contrôle...

La démonstration de la fraude entraîne l'annulation des visas de commercialisation du médicament en question, la disqualification de l'expert et la dégradation de l'image de marque du laboratoire pharmaceutique. En pratique, là comme ailleurs, ce sont l'argent et l'ambition qui servent de moteurs à la fraude. Les experts, en effet, "vendent" de l'information aux labos en effectuant ces tests. Et une étude dite de phase II (déterminant la posologie) sur l'homme se monnaie aux alentours de 200 millions de centimes. Quant à certaines "études

(1) Etablissement hospitalier réservé aux anciens combattants américains et à leur famille (NDLR).

(2) Aux Etats-Unis, ce sont les Etats qui accordent les diplômes de médecine, au terme d'un examen qui est plus ou moins difficile selon l'endroit où il est passé. Théoriquement, le diplôme n'est valable que dans l'Etat qui l'a délivré, mais, en fait, de nombreux Etats reconnaissent les diplômes décernés ailleurs. Quant aux médecins qui ont obtenu leur doctorat à l'étranger, ils doivent obligatoirement repasser un examen américain (NDLR).



pivots" de très grands médicaments, elles peuvent rapporter jusqu'à dix fois plus... La tentation peut être grande pour certains d'empocher le chèque du laboratoire sans réaliser complètement le long et fastidieux travail de l'étude, voire en inventant carrément et l'étude et les résultats.

D'autre part, chaque essai d'un médicament nouveau fait l'objet d'une publication dans des revues médicales. Plus le médicament est original, plus la revue est prestigieuse, et plus le signataire des résultats publiés en tire de la gloire. L'ambition peut pousser certains à acquérir rapidement une réputation scientifique en multipliant les publications de résultats d'essais "vite faits".

Abandonnant le cas du Docteur 31, la commission passe à un autre dossier, celui du Docteur 24, psychiatre, qui, entre 1971 et 1978, a étudié douze médicaments pour six laboratoires pharmaceutiques.

**Sénateur Kennedy.** — Dans un de vos rapports que j'ai là sous les yeux, vous dites qu'il vous a été impossible de vérifier si les patients mentionnés par le Dr 24 dans ses essais y avaient effectivement participé. Ainsi, pour l'un de ces essais, vous n'avez trouvé aucune trace des consentements écrits qu'auraient dû donner, comme le protocole l'exigeait, les trente et un malades cités. Rien non plus qui prouve que les malades en question aient réellement absorbé le médicament testé : aucun décompte exact des pilules fournies par le laboratoire. Un des prétendus patients se trouvait même au Texas au moment où cette étude était réalisée en Californie ! Mieux, vous avez constaté que les analyses biologiques qui accompagnaient l'essai fait en 1977 pour le laboratoire Marion étaient strictement les mêmes que celles qui avaient été fournies en 1976 pour les essais commandés par le laboratoire Winthrop et le laboratoire Upjohn.

**Dr Hensley.** — En ce qui concerne le décompte des pilules, un assistant du Dr 24 nous a expliqué que son patron pratiquait la méthode de la cuvette : il calculait chaque jour le nombre de pilules que ses patients fictifs auraient dû prendre, les prélevait dans les boîtes, les jetait dans les toilettes et tirait la chasse !

Mais la commission n'est pas au bout de ses surprises. En effet le Sénateur Kennedy demande que l'on procède à l'audition d'un témoin capital : M<sup>me</sup> F., la première femme du Dr 24.

**Sénateur Kennedy.** — Est-il exact, Madame, que vous avez travaillé pour votre mari sur des essais de médicaments entre 1970 et 1975 ?

**M<sup>me</sup> F.** — Oui, cela a commencé à l'occasion d'une étude, en apparence modeste, qu'avait commandée à mon mari un petit laboratoire. En fait, le travail s'est révélé beaucoup plus important qu'il ne le pensait, et il s'est aperçu qu'il ne pourrait jamais l'effectuer dans la forme et dans les délais requis. Il m'a donc demandé,

ainsi qu'à des collègues du State Hospital, de lui donner un coup de main. Pour ma part, je devais remplir les fiches des patients, y porter des observations sur leur état de santé, leur comportement, exactement comme l'auraient fait des infirmières. Bien entendu, ces observations, je les inventais... Après cela, la firme pharmaceutique a confié à mon mari une autre étude, beaucoup plus ambitieuse. Je l'ai prévenu que, cette fois, je ne participerais plus à ses combines. Mais, que voulez-vous, nous étions mari et femme, il était débordé de travail, et sa réputation était en jeu. Finalement, j'ai cédé. Il m'a donné une feuille sur laquelle étaient inscrites les principales constantes biologiques : constantes chimiques du sang, numération globulaire, pouls, tension, albumine, etc. Je devais remplir la fiche des patients en attribuant à chacun des chiffres ou des taux situés dans la normale.

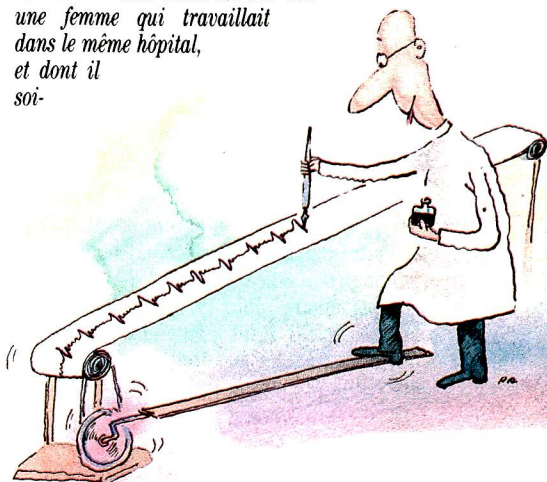
Les protocoles d'essais définissent strictement, entre autres, la durée de l'essai (3 jours pour un hypnotique léger dans les troubles du sommeil, 6 mois pour un antirhumatismal). Ces protocoles sont le fruit de l'expérience des firmes pharmaceutiques et de l'exigence des autorités de tutelle. Et les médecins hospitaliers très sollicités par les firmes établissent des plannings répartissant sur l'année les différents essais. Certains, prenant du retard, se rattrapent comme ils peuvent...

**Sénateur Kennedy.** — Ainsi, aucune analyse biologique n'était effectuée. Votre mari administrait-il au moins le médicament à ses patients ?

**M<sup>me</sup> F.** — Absolument pas. Comme l'a dit tout à l'heure le Dr Hensley, les pilules que les malades auraient dû prendre chaque jour disparaissaient dans les toilettes. Celles qui restaient à la fin des essais étaient rendues au laboratoire.

**Sénateur Kennedy.** — Et les électrocardiogrammes ? Le protocole de l'essai n'exigeait-il pas que figurent dans le dossier de chaque malade un électrocardiogramme réalisé avant le traitement et un autre effectué en fin de traitement ?

**M<sup>me</sup> F.** — Mon mari est allé voir une femme qui travaillait dans le même hôpital, et dont il soi-



gnait le fils. Je ne sais pas quelle histoire il lui a racontée, mais il a obtenu qu'elle lui donne des électrocardiogrammes normaux. Il ne lui restait plus alors qu'à les insérer dans chaque dossier, après avoir enlevé le nom qui figurait dessus et l'avoir remplacé par celui du patient.

**Sénateur Kennedy.** — Et le commanditaire de l'étude ne s'est pas rendu compte du truquage ?

**M<sup>me</sup> F.** — Non, il n'a rien vu !

Non seulement le Dr 24 n'a jamais été soupçonné, mais une autre firme lui a confié deux nouvelles études. Car le bouche à oreille avait fonctionné : le Dr 24 était apprécié. D'habitude, en psychiatrie, les essais de nouveaux médicaments sont des nids à problèmes : d'abord, parce qu'il n'est pas facile d'obtenir le consentement des malades ; ensuite et surtout, parce que beaucoup d'entre eux abandonnent en cours de route. Or le Dr 24 avait un pourcentage de défections extraordinairement bas. Normalement, cela aurait dû alerter les laboratoires, mais c'est le contraire qui s'est produit : tous voulaient travailler avec lui !

Les médecins experts sont rémunérés à l'acte par les laboratoires. Qui veut tester un anti-cancéreux fera appel à un cancérologue, qui teste un antipalludéen se tourne vers un parasitologue, etc. La firme connaît le "recrutement" de chaque expert, c'est-à-dire le nombre de cas de ces maladies qu'il verra dans l'année.

Souvent les relations de confiance établies au cours des ans interviennent plus que tout autre critère.

Curieusement nous sommes le seul pays au monde où les médecins essayant des médicaments sont inscrits sur une liste d'experts auprès du ministère de la Santé. Mais ce rempart de papier est d'une efficacité toute relative, puisque les officielles autorités inscrivent automatiquement qui en fait la demande sur la liste. Aux Etats-Unis, il faut "simplement" faire la preuve de sa qualification en envoyant à la FDA son CV, ses références bibliographiques, et être "reconnu compétent" par ses pairs (?).

**M<sup>me</sup> F.** — Pour ces deux nouvelles études, la rémunération était très élevée. Mais, plutôt que de payer des assistants pour faire correctement les essais, mon mari, une fois de plus, s'est adressé à moi à la dernière minute. J'étais alors enceinte et je n'ai pas su refuser...

Les firmes pharmaceutiques furent si satisfaites du travail fourni par le Dr 24 qu'elles l'envoyèrent dans des congrès médicaux et des réunions de sociétés de psychiatrie pour qu'il y présentât les résultats de ses essais. Il fut même la vedette d'un film documentaire destiné aux étudiants, aux médecins et aux visiteurs médicaux.

**Sénateur Kennedy.** — Et que fait votre ex-mari à présent ?

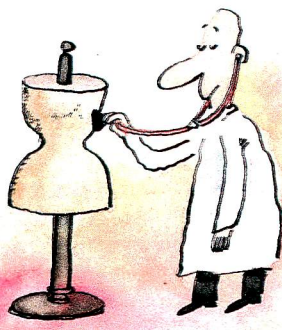
**M<sup>me</sup> F.** — Il est médecin militaire dans la Navy.

La commission passe maintenant à l'examen du Docteur 12. Il s'agit cette fois d'un éminent universitaire, exerçant dans l'un des centres médicaux les plus prestigieux des Etats-Unis.

**Dr Hensley.** — Le Docteur 12 a réalisé de nombreux essais pour diverses firmes pharmaceutiques. Son cas n'est pas sans rappeler celui du Dr 31, dont nous avons parlé au début de cette séance. J'ai moi-même mené l'enquête, en compagnie d'un autre inspecteur de la FDA, et je puis dire, pardonnez-moi l'expression à propos d'une affaire aussi grave, que nous nous sommes bien amusés. En particulier lorsque nous avons consulté les archives de l'hôpital où le Dr 12 avait réalisé ses essais. Nous voulions simplement comparer les fiches individuelles que le praticien avait remises au laboratoire à l'occasion d'une de ses études, avec les dossiers médicaux des patients qui étaient censés avoir participé à l'étude en question. Eh bien, le moins que l'on puisse dire, c'est qu'il y avait peu de points communs entre les fiches et les dossiers ! Prenons l'exemple du patient n° 1. Sur la fiche fournie par le Dr 12, dont voici la photocopie, il est écrit qu'il a subi une incision chirurgicale, suivie d'un drainage, le 31 juillet 1978 ; sur le dossier de l'hôpital, aucun acte chirurgical n'est mentionné ce jour-là. Sur la fiche, il est indiqué que le 2 août 1978, il a reçu du Tylenol (un médicament contre la douleur) et qu'il a été pris de nausées et de vomissements ; dans le dossier, en revanche, il n'est pas question de Tylenol, mais d'un autre calmant formellement interdit par le protocole de l'essai. Mêmes contradictions à propos du patient n° 48 : sa fiche signale qu'il a été opéré du genou et qu'à cette occasion le médicament testé lui a été administré ; sur son dossier n'apparaît aucune opération ni du genou ni d'ailleurs, pas plus que l'administration du médicament en question.

**Sénateur Kennedy.** — En somme, le rapport d'expérimentation serait entièrement truqué ?

**Dr Hensley.** — Oui, et je puis même vous citer d'autres exemples qui frisent carrément le burlesque. Ainsi, sur la fiche d'un malade, il est indiqué qu'il a été opéré le 13 novembre 1978, et que le médicament à l'essai lui a été administré le 16 novembre à midi. Or, sur son dossier médical, nous avons trouvé ceci : après l'opération, les mâchoires du patient ont été maintenues fermées à l'aide d'un fil de fer, le rendant in-





capable d'avalier quoi que ce soit. De plus, il avait quitté l'hôpital le 15 novembre 1978 ! Nous avons retrouvé ce malade et l'avons interrogé : bien entendu, il n'a jamais participé à l'expérimentation du nouveau médicament, et sa signature au bas du consentement écrit était, nous a-t-il assuré, un faux. En tout, nous avons vérifié la situation de 57 des malades figurant dans l'étude du Dr 12. Certains n'existaient pas ; d'autres n'avaient jamais subi d'opération ; d'autres, enfin, avaient bien été opérés, mais à une date différente de celle qui était portée sur leur fiche.

**Sénateur Kennedy.** — En conclusion, quel est votre sentiment sur cette étude ?

**Dr Hensley.** — Elle est sans valeur, et ceci est d'autant plus grave qu'il s'agissait d'une étude pivot (3).

Exit le Dr 12. La commission se penche maintenant sur le cas du Docteur 16. Il s'agit encore une fois d'un universitaire de renom, auteur d'une étude pivot sur un célèbre médicament produit par la firme Pfizer (4), et dont on voulait tester l'efficacité pour une nouvelle indication (d'ordre cardiovasculaire).

**Dr Hensley.** — Un de nos agents avait été pris de doute : les résultats des essais en question lui semblaient trop parfaits, trop en accord avec le but poursuivi, pour être tout à fait honnêtes. Encore fallait-il démontrer la fraude, si du moins fraude il y avait. Nous avons donc pris rendez-vous avec le Dr 16, en lui disant que nous menions une enquête de routine sur les cinq derniers essais qu'il avait réalisés. Il ne savait donc pas ce que nous cherchions, ni si nous avions déjà trouvé quelque chose, mais la perspective de devoir répondre à des questions l'a mis sur des charbons ardents. Il a fini par craquer : il a téléphoné à un fonctionnaire de la FDA pour lui avouer qu'il avait falsifié une partie des résultats de l'étude commandée par Pfizer, ainsi que ceux d'un autre essai. L'enquête a confirmé qu'il avait

## LES "TRICHÉRIES" DU DOCTEUR 16

IDENTITÉ DU PATIENT	OBSERVATIONS PORTÉES SUR LES FICHES DU DR 16	OBSERVATIONS TIRÉES DES DOSSIERS MÉDICAUX
A.A.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Jamais d'hypertension.</li> <li>● Les analyses d'urine ne révèlent ni albumine ni calculs.</li> <li>● Sur les quatre radios du thorax, on observe un cœur gros et fatigué.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Des antécédents d'hypertension.</li> <li>● Les analyses d'urine ont révélé la présence de protéines et de quelques calculs.</li> <li>● Les quatre radios du thorax sont normales, compte tenu de l'âge et du sexe.</li> </ul>
W.J.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Pas d'antécédents gastro-intestinaux.</li> <li>● Antécédent d'angine de poitrine actuellement silencieuse.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Oesophagite chronique.</li> <li>● Angine de poitrine invalidante.</li> </ul>
J.S.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Jamais d'hypertension.</li> <li>● Pas de diabète.</li> <li>● Rien à signaler aux poumons.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Patient hypertendu.</li> <li>● Diabète traité à l'insuline.</li> <li>● A eu deux embolies pulmonaires.</li> </ul>
R.U.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Pas d'alcoolisme ni de toxicomanie.</li> <li>● Pas d'hypertension.</li> <li>● Pas de diabète.</li> <li>● Aucune maladie de peau.</li> <li>● Antécédent d'infarctus du myocarde actuellement contrôlé.</li> <li>● Radios thoraciques faites le : 28-11-77 12-12-77 2- 1-78 23- 1-78</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Alcoolique, ancien toxicomane.</li> <li>● Patient hypertendu.</li> <li>● Diabétique sous insuline.</li> <li>● Lupus érythémateux.</li> <li>● Les monographies cardiaques montrent des signes d'infarctus aigu.</li> <li>● Radios thoraciques faites le : 2-11-77 4-11-77 21-11-77 17- 1-78</li> </ul>
B.J.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Pas d'antécédent alcoolique grave.</li> <li>● Pas de maladie hépatique en cours.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Antécédent d'alcoolisme.</li> <li>● Foie très congestionné.</li> </ul>

truqué les radios thoraciques (5) des malades et les comptes rendus qui les accompagnaient. Elle a également révélé, comme dans le cas du Dr 12, des contradictions flagrantes entre les observations portées sur les fiches individuelles des patients sur qui avait été testé le médicament, et les dossiers médicaux de ces mêmes personnes. J'ai consigné quelques-unes de ces contradictions sur un petit tableau que je tiens à la disposition des membres de la commission (voir ci-dessus).

**Sénateur Kennedy.** — Ce brillant faussaire avait publié plus de 200 articles scientifiques, je crois.

**Dr Hensley.** — Exactement 211.

**Sénateur Kennedy.** — Savez-vous si l'un de ces articles contenait des résultats frauduleux ?

**Dr Hensley.** — Malheureusement oui. L'étude truquée dont nous venons de parler a fait l'objet d'une publication, de même que l'autre étude que le Dr 16 reconnaît avoir manipulée.

**Sénateur Kennedy.** — Vous voulez dire que des journaux sérieux ont publié ces articles, et que c'est seulement après coup que l'on s'est aperçu qu'ils contenaient des données fabriquées ?

**Dr Hensley.** — Oui. J'ajouterai qu'à la suite de notre enquête, la direction de Pfizer a mené la sienne et nous en a communiqué les résultats.

**Sénateur Kennedy.** — Et quels sont ces résultats ?

**Dr Hensley.** — Elle a découvert moins de tricheries

(3) Aux Etats-Unis, comme en France d'ailleurs, les services officiels qui examinent les dossiers soumis par les laboratoires en vue de l'obtention d'un visa pour un nouveau médicament, accordent plus de poids aux études réalisées dans certains centres médicaux de pointe ou par des experts de renommée internationale. Ce sont ces études que l'on appelle des "études pivots". Inutile de dire que les firmes pharmaceutiques n'hésitent pas à payer très cher (on parle de plusieurs centaines de millions de centimes) ces études pivots, sur lesquelles repose souvent l'avenir du médicament (NDLR).

(4) Nous avons appris tout récemment, de la bouche de M. Soucaret, directeur de Pfizer France, que le Dr 16 ne serait autre que le Dr W.S. Aronow, un célèbre cardiologue de la côte ouest des Etats-Unis. Il travaille au Veterans' Administration Hospital de Long Beach, en Californie. L'article dont parle Michael Hensley au sénateur Kennedy s'intitule *Chronic Left Ventricle Heart Failure*, il parut dans l'*American Journal of Cardiology* en 1977 et s'est trouvé dans le dossier d'enregistrement du médicament (un alpha-bloquant appelé trimazoline), qui n'a finalement jamais été commercialisé en France.

(5) Les radios thoraciques permettent de contrôler l'efficacité d'un médicament cardiovasculaire (NDLR).

que nous, mais je crois que son enquête a été faite trop vite, sous la pression des événements. On y trouve, par exemple, beaucoup d'éléments qui ne correspondent pas aux dossiers médicaux des patients.

Quand un journal médical reçoit d'un auteur un article traitant par exemple de cardiologie, il l'envoie à deux experts cardiologues indépendants, qui jugent de son originalité et de son intérêt. Mais les experts qui acceptent pour un journal la parution d'un article ne peuvent jamais vérifier la matérialité de l'essai. Ils jugent l'article uniquement quant à son contenu et ses idées.

Le cas du Docteur 9, qui est à présent évoqué devant la commission, est encore plus étonnant. Non seulement parce que le praticien incriminé est l'un des plus grands psychiatres des Etats-Unis, auteur de plusieurs livres et de plus de quatre cents articles scientifiques, mais parce qu'il a réussi à tenir tête à la FDA pendant près d'une dizaine d'années.

**Dr Hensley.** — Etant donné sa stature professionnelle et son renom, le Dr 9 entretenait des contacts privilégiés avec la division de neuropharmacologie de la FDA. Nos experts le consultaient volontiers, et lui-même trouvait toujours un accueil bienveillant dans notre maison. C'est ainsi que, à la fin des années 60, il avait réussi à se faire délivrer des IND (\*) pour plusieurs médicaments, alors que ce genre d'autorisation ne se donne habituellement qu'aux firmes pharmaceutiques qui ont un produit en cours d'étude. Il devenait du même coup juge et partie, puisqu'il expérimentait des médicaments dont, pour ainsi dire, il s'était fait l'impresario. Cette situation ambiguë eût été à la rigueur tolérable si le Dr 9 s'était plié aux règles applicables aux IND, c'est-à-dire s'il avait tenu régulièrement au courant la FDA de l'utilisation qu'il faisait des médicaments provisoirement autorisés. Or, pendant quatre ans, il a fait la sourde oreille à toute demande d'information. En 1974, après une nouvelle réclamation, il a fini par envoyer une lettre de deux lignes, accompagnée d'un article dans lequel il rendait compte de l'expérimentation d'un de ces médicaments sur 300 patients. La FDA, trouvant le procédé plus que cavalier, a exigé par retour du courrier des explications plus substantielles et surtout plus circonstanciées. Le Dr 9 a promis de les fournir dans les plus brefs délais. Nous les attendons toujours...

**Sénateur Kennedy.** — A propos du médicament que

nous évoquez, n'a-t-on pas appris un jour qu'il pouvait avoir un effet secondaire redoutable, autrement dit qu'il pouvait tuer les malades à qui il était administré ?

**Dr Hensley.** — Si, et le Dr 9 en a été aussitôt avisé. Nous lui avons demandé de restreindre l'usage de ce médicament et de ne le donner qu'aux malades qui ne pouvaient absolument pas s'en passer. Il a accepté. Mais, un mois plus tard, nous avons reçu la copie d'un message télex envoyé par le fournisseur suisse du médicament : il ressortait de ce texte que le Dr 9 prétendait avoir reçu l'autorisation de la FDA de traiter un nouveau contingent de 100 malades, ce qui, bien évidemment, était complètement faux. Nous avons immédiatement demandé au fabricant de surseoir à l'envoi des nouveaux échantillons du médicament, et nous avons convoqué le psychiatre. Nous ne sommes pas près d'oublier sa visite, qui restera dans les annales de la FDA comme la scène la plus extravagante à laquelle il nous a été donné d'assister. Ayant affrété un avion, il a débarqué à notre siège central de Washington avec tout un lunch, auquel il a convié l'ensemble du personnel du bureau des médicaments et de la division de neuropharmacologie. Il avait aussi amené avec lui l'un des plus célèbres avocats des Etats-Unis, et, pendant tout le repas, il a multiplié les promesses, les engagements et les assurances.

**Sénateur Kennedy.** — Et, cette fois, a-t-il tenu parole ?

**Dr Hensley.** — Pas plus qu'auparavant. Un jour, alors que nous lui avions envoyé une énième lettre comminatoire, il a appelé notre directeur au téléphone, prétendant être dans un studio de télévision à Chicago et le menaçant d'expliquer en direct à tous les Américains que la FDA l'empêchait de soigner ses malades. Après quatre nouvelles années de réclamations, d'admonestations et de mises en demeure (\*), nous avons fini par annuler les autorisations d'expérimentation accordées au Dr 9. Celui-ci, dans un dernier sursaut, a annoncé qu'il allait arriver en hélicoptère sur le toit de notre building, accompagné d'un « commando » de psychiatres, et que, tous ensemble, ils nous feraient savoir ce qu'ils pensaient de l'annulation des autorisations. Une fois encore, c'étaient, si j'ose dire, des paroles en l'air !...

Pour la dernière affaire évoquée ce mardi 11 octobre 1979, celle du Docteur 30, la FDA produit deux témoins de poids, deux jeunes chercheurs qui ont travaillé avec l'accusé et qui, au bout d'un certain temps, ont été révoltés par sa conduite : Stephen Blythe et Karen Test.

**Stephen Blythe.** — J'ai commencé à travailler avec le Dr 30 en juin 1978. Ma tâche consistait à expérimenter des médicaments sur des rats de laboratoire, et ce n'est

(6) Vu la longueur et la complexité des procédures d'expérimentations des nouveaux médicaments, la FDA accorde une IND (*Investigational New Drugs*), c'est-à-dire une autorisation d'emploi pour un nombre limité d'indications médicales, et sous réserve que l'administration soit régulièrement informée de l'usage qui en est fait. Ne peuvent obtenir cette autorisation que les médicaments qui ont déjà satisfait à la phase d'expérimentation animale et qui sont en cours d'évaluation sur l'homme. Ainsi, les malades peuvent bénéficier de remèdes nouveaux et rares sans être obligés d'attendre que ceux-ci aient obtenu leur visa officiel (NDLR).

(7) La FDA est un énorme organisme bureaucratique, lent à réagir, suivant toujours des procédures compliquées, qui laissent parfois des années de répit aux fraudeurs.



qu'épisodiquement que je participais à des essais sur l'homme. J'ai ainsi été amené à étudier un liquide nutritif injectable par voie intraveineuse. Ce liquide était contenu dans de petites bouteilles revêtues d'une étiquette orange sur laquelle on pouvait lire : « Réserve à l'expérimentation animale ; pas d'utilisation chez l'homme. » Ce qui m'a tout de suite intrigué, c'est que le Dr 30 faisait systématiquement décoller ces étiquettes par ses employés. Un jour, il m'a demandé, à moi aussi, de décoller les étiquettes en question, mais j'ai refusé.

**Sénateur Kennedy.** — Savez-vous si la solution était effectivement injectée à des sujets humains ?

**Stephen Blythe.** — Oui, elle l'était, et tout le monde avait l'air de trouver ça normal.

**Sénateur Kennedy.** — Pouvez-vous nous dire sur combien de personnes elle était expérimentée ?

**Stephen Blythe.** — Sur une trentaine ou une quarantaine, d'après ce que j'ai vu. Mais on m'a dit que cela faisait deux ans que le Dr 30 procédait à de tels essais. Alors... Vers le milieu du mois de novembre dernier, à la demande du Dr 30, Karen a téléphoné aux laboratoires Knoll, qui fournissaient la solution, pour savoir si la date de péremption pouvait être dépassée.

**Sénateur Kennedy.** — M<sup>re</sup> Test, parlez-nous de ce coup de téléphone.

**Karen Test.** — Au cours de la conversation, j'ai précisé tout à fait innocemment qu'il s'agissait d'une utilisation humaine. A l'autre bout du fil, mon interlocuteur a eu l'air profondément choqué : il m'a rappelé que le produit était strictement réservé à l'expérimentation animale, et que c'était écrit en toutes lettres sur chaque bouteille. J'en ai aussitôt parlé à M. Blythe, qui a décidé de contacter la FDA. Pour ma part, j'ai prévenu un des pharmaciens de l'hôpital, mais, là, je suis très mal tombée : ce monsieur était au courant de la situation et il m'a averti qu'en cas de visite de la FDA nous aurions, M. Blythe et moi, de très gros ennuis.

**Sénateur Kennedy.** — Le Dr 30 ne menait-il pas parallèlement une expérimentation animale ? Vous avez retrouvé, je crois, le double d'une lettre adressée par lui au fabricant de la solution, et dans laquelle il disait que ses expériences sur les chiens avaient épuisé tout son stock de produit et qu'il fallait d'urgence lui en envoyer un lot supplémentaire.

**Stephen Blythe.** — Cette lettre du 1<sup>er</sup> avril 1977 était un pur mensonge. Je puis vous assurer, Monsieur le Sénateur, qu'il n'y a jamais eu d'expériences sur des chiens. J'ai interrogé le chef de l'animalerie, qui travaillait depuis six ans avec tous les chercheurs de l'hôpital. Il m'a dit textuellement : « Nous n'avons jamais eu de chiens ici ; d'ailleurs, nous n'avons ni la place ni les installations pour les abriter. »

**Sénateur Kennedy.** — En somme, le Dr 30 a trompé tout le monde. Il a demandé à la FDA l'autorisation d'expérimenter la solution, mais il a bien caché qu'il le ferait sur l'homme. Il a commandé le produit au fabricant en lui faisant croire qu'il allait l'essayer sur des chiens. Il a même berné le comité d'éthique de

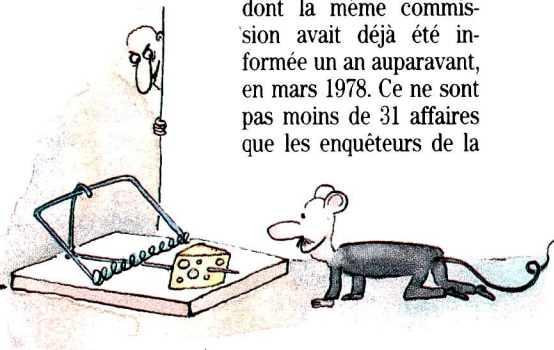
l'hôpital en changeant le numéro d'enregistrement de la solution, afin que celui-ci ne puisse pas savoir que le médicament en question était suspendu. Pouvez-vous nous dire, M. Blythe, comment s'est terminée cette triste histoire ?

**Stephen Blythe.** — Finalement, un officiel de la FDA de Boston est venu faire une enquête. Quant à Karen et à moi-même, nous avons donné notre démission.

Pourquoi diantre tester des solutions nutritives animales chez l'homme ? Seule réponse plausible : ces mélanges injectables de protéines, de lipides et de vitamines exactement équilibrés sont destinés à des organismes malades ne pouvant s'alimenter tout seuls, et le Dr 30 a peut-être imaginé que ce qui était bon pour les rats le serait aussi pour l'homme, et qu'il serait ainsi, lui, le « découvreur » d'un nouveau médicament.

Tels sont quelques-uns des cas « scandaleux » qui ont été évoqués au cours de cette mémorable séance du 11 octobre 1979. Ils s'ajoutent à ceux

dont la même commission avait déjà été informée un an auparavant, en mars 1978. Ce ne sont pas moins de 31 affaires que les enquêteurs de la



FDA ont dû instruire entre 1977 et 1979. Chaque fois, un médecin expérimentateur avait ou bien falsifié des résultats d'analyses, ou bien violé des protocoles de recherche, ou bien consigné des essais imaginaires, ou bien négligé de demander le consentement des patients ou bien dénaturé des dossiers de malades, ou bien trompé le comité d'éthique local, ou bien refusé de répondre aux injonctions de la FDA, ou bien, souvent, cumulé plusieurs de ces malversations.

Inutile de dire que tous ces « tricheurs » se sont vu supprimer leur qualité d'experts. Pour certains d'entre eux, la FDA a même recommandé que soient engagées des poursuites judiciaires.

Comment des hommes de science, souvent éminents, occupant des postes importants et jouissant d'un statut enviable, ont-ils pu commettre de tels actes ? C'est sur cette interrogation que, le mardi 11 octobre, la commission s'est séparée.

A la suite de ces révélations, les autorités fédérales des Etats-Unis ont encore renforcé les systèmes de contrôle et de surveillance. La FDA, en particulier, s'est attelée à une tâche considérable :

la définition et la codification de tous les règles applicables à l'expérimentation thérapeutique. Celles-ci, qui ont désormais force de loi, ont été rassemblées dans un manuel de 120 pages intitulé *Les Bonnes Pratiques cliniques*. Ces règles sont si nombreuses, si précises, si contraignantes que les firmes pharmaceutiques qui font faire des essais sont maintenant obligées d'employer des "moniteurs", c'est-à-dire des vérificateurs dont la charge est d'assister les médecins expérimentateurs en leur servant à la fois d'aide-mémoire et de pointeurs.

Cela dit, une question vient inmanquablement à l'esprit : de telles tricheries sont-elles possibles en France ? Non que nous voulions absolument mettre en doute la compétence et l'honnêteté des cliniciens qui, chez nous, expérimentent les nouveaux médicaments ; mais les Américains, eux aussi, pensaient que tous leurs experts étaient à la hauteur de leurs lourdes responsabilités, et qu'il ne pouvait pas exister d'âmes noires chez les blouses blanches. D'autre part, nous n'avons pas, nous, les vigilants limiers de la FDA. Alors ?

En France, interviennent dans les essais thérapeutiques : la firme pharmaceutique productrice du médicament (et son employé, le moniteur), le médecin investigateur et les patients. Ont également leur mot à dire le comité d'éthique de l'hôpital où a lieu l'expérimentation, et un organisme officiel, la direction de la pharmacie et du médicament au ministère des Affaires sociales. Mais c'est essentiellement à la commission d'autorisation de mise sur le marché, actuellement présidée par un pharmacologue de l'hôpital de Broussais, le Pr J.-M. Alexandre, qu'ont affaire les firmes pharmaceutiques. C'est cette commission qui décide de l'avenir d'un médicament à partir des rapports qu'ont remis les médecins expérimentateurs.

Tous ces acteurs ont des obligations, des devoirs ou des droits. Le fabricant doit s'assurer de la compétence des expérimentateurs et de la matérialité des essais ; l'expérimentateur doit respecter le protocole de l'étude et les droits des patients (c'est-à-dire obtenir l'assentiment de ces derniers ou celui de la famille) ; enfin, la direction de la pharmacie et du médicament doit veiller à ce que l'ensemble des rouages fonctionnent normalement. « Néanmoins, tout le système, de haut en bas, repose sur l'intégrité de l'expérimentateur, car c'est de cette intégrité que dépend la valeur de l'essai », reconnaît le Pr Alexandre.

Or, comment être sûr de cette intégrité puisque, dans notre pays, il n'existe pas d'organisme qui contrôle directement le travail des médecins expérimentateurs, épêche leurs rapports, compare les fiches des patients testés avec leurs dossiers médicaux, s'étonne de résultats trop parfaits, exige des éclaircissements, scrute, soupèse, compulse...

Mais, nous dira-t-on, nous avons, nous aussi, nos barrières de sécurité : il y a la direction de la pharmacie et du médicament, les industriels de la pharmacie, le moniteur de l'étude, la commission d'autorisation de mise sur le marché, et le comité d'éthique de l'hôpital. Examinons donc l'un après l'autre ces prétendus anges gardiens.

- La direction de la pharmacie et du médicament peut, certes, lors de la déclaration d'expertise que tout fabricant doit faire avant que débutent les essais cliniques (sur l'homme) d'un médicament, réclamer des informations supplémentaires sur le protocole envisagé pour l'expérimentation humaine, ou sur la qualification des experts. En fait, la plupart du temps, la direction de la pharmacie et du médicament se contente d'enregistrer les dossiers qui lui sont soumis.

- La firme pharmaceutique a, certes, intérêt à ce que les essais soient réalisés dans les meilleures conditions possibles, par des expérimentateurs irréprochables, car c'est de la qualité des rapports présentés que va dépendre en fin de compte l'attribution de l'AMM (autorisation de mise sur le marché) et donc la rentabilisation des capitaux, parfois très importants, investis dans la recherche. Cependant la façon dont, aux Etats-Unis, des firmes de l'envergure de Pfizer, Sandoz, Upjohn, Knoll, Endo, Ortho, ont été abusées par des expérimentateurs véreux, en dit long sur la capacité des industriels à juger de la valeur d'un expert — de sa valeur morale surtout.

- Le moniteur est-il un garant plus sûr ? Certes, ce factotum infatigable qui, mandaté par le fabricant, prend contact avec l'expérimentateur, visite les locaux où auront lieu les essais, vérifie le matériel, s'informe de la qualification et de la disponibilité du personnel, explique par le menu le protocole de l'étude, s'enquiert du consentement des patients, compte les pilules, note les résultats, etc., pourrait être un garde-fou efficace contre les erreurs fortuites ou les falsifications volontaires. En fait, ce n'est ni de son ressort ni de sa compétence. En général, les moniteurs n'ont pas de formation médicale ; ce ne sont que des vérificateurs spécialisés, dont le travail consiste, pour l'essentiel, à comparer les documents produits avec le carnet de bord de l'étude. Sans compter que l'éventualité d'un moniteur "ripoux", entièrement à la solde d'un expert "marron", n'est pas à exclure complètement. Le cas s'est produit aux Etats-Unis, où Bio-Basics, une agence spécialisée dans la surveillance des études cliniques pour le compte des fabricants, a trompé deux grands laboratoires, Ortho et Bristol-Myers,





entraînant le retrait de deux médicaments, le Suprophén et le Butorplanol.

Ajoutons toutefois, pour être complet, qu'une tendance se dessine en France en faveur des moniteurs médecins. « Chez MDS-France, explique le Dr Espier, nous avons à la fois des moniteurs "profanes" et des moniteurs médecins. Ce sont eux qui, les premiers, disent si les propriétés observées d'un médicament correspondent à l'action qu'on en attendait. Quant aux moniteurs non médecins, ils ont en charge le contrôle administratif et technique de l'essai. Ce sont eux qui font respecter à la lettre les différentes étapes du protocole, ce qu'un médecin aurait peut-être scrupule à exiger d'un confrère. »

• La commission d'autorisation de mise sur le marché est-elle un meilleur rempart ? Certes, elle connaît bien les médecins expérimentateurs à qui l'industrie fait appel pour les essais importants. « Tout le monde sait qui sont les bons experts, et les moins bons, avoue le Pr Alexandre, ceux avec qui tous les laboratoires veulent travailler, et ceux dont personne ne veut. » Cela ne vous rappelle rien ? Mais si, souvenez-vous, aux Etats-Unis toutes les firmes pharmaceutiques s'arrachaient le Dr 24 ! Le succès n'est donc pas obligatoirement synonyme de probité.

• Reste le comité d'éthique de l'hôpital. Peut-il tenir le rôle de vigile vigilante ? « L'hôpital n'a pas vocation de faire des essais thérapeutiques, explique le Pr Castaigne, cardiologue au CHU Henri-Mondor de Créteil. C'est avant tout un lieu où l'on soigne. Le médecin hospitalier ne comprend pas toujours la signification des procédures d'expérimentation<sup>(8)</sup>, et il risque de faire capoter un essai par ignorance. »

Ainsi tous nos prétendus systèmes de protection contre la fraude et la tricherie se révèlent en fin de compte inadaptés, voire illusoire<sup>(9)</sup>. Alors, que faire ? Faute d'avoir une FDA, nous pourrions au moins emprunter aux Américains leurs "bonnes pratiques cliniques". D'ailleurs, tous les pays y viennent : le Japon a adopté ses bonnes pratiques en 1984, et la Grande-Bretagne est en passe de le faire. En France, plusieurs laboratoires pharmaceutiques les utilisent déjà officieusement. « A la SANOFI, comme chez nous, révèle M. Pierredon, directeur médical à la filiale française d'Éli Lilly,

nous avons déjà mis en œuvre les bonnes pratiques pour certaines études lourdes de gros médicaments. »

Et puis, dans la mesure où l'on semble aujourd'hui s'orienter vers une autorisation européenne — et même mondiale — des médicaments, les bonnes pratiques sont appelées à devenir la méthode commune applicable à toute expérimentation.

Au ministère des Affaires sociales, on est conscient de cette évolution et l'on s'apprête à aligner notre réglementation sur les bonnes pratiques cliniques. Déjà, en mai 1983 et en septembre 1984, deux instructions ont été publiées, qui peuvent être considérées comme une ébauche des bonnes pratiques en matière d'expérimentation animale.

La première contient un ensemble de recommandations sur la manière de procéder pour réaliser une étude toxicologique de bonne qualité. Il y est question de la méthode, du matériel, des locaux, du personnel qui réalise l'étude, des conditions d'hébergement des animaux.

La seconde concerne la conduite d'une inspection de laboratoire et définit les tâches du pharmacien inspecteur. Celui-ci doit vérifier non seulement la matérialité de l'étude de toxicologie, mais aussi l'état du laboratoire, l'état de santé du personnel, la propreté des locaux réservés aux animaux, les soins qui leur sont apportés pour leur éviter le stress, la tenue des archives, la manière dont sont stockés les lots du médicament à l'étude, etc.

Toute cette revue de détail peut paraître fastidieuse et futile ; elle est pourtant la seule véritable garantie de la qualité d'un essai. Pour faire comprendre la nécessité de ces vérifications pointillistes et pointilleuses, le Pr Alexandre emploie une image : « Pour être sûr d'avoir un bon gâteau, explique-t-il, il faut disposer de bons ingrédients, connaître l'origine de la farine et sa composition, mais aussi savoir qui est le cuisinier, quelle expérience il a des gâteaux et comment il maîtrise le four. Il faut également connaître la marque du four, son âge, son emplacement, ses qualités. Il faut encore savoir qui sont les marmitons, quelle recette utilise le chef, où il range le beurre, les poêles, le fouet, etc. Pour les bonnes pratiques cliniques, c'est la même chose. Les produits, le matériel, le personnel, les documents, les locaux doivent être l'objet d'un examen minutieux, presque tatillon. »

Avec les bonnes pratiques cliniques, on ne peut pas être certain que les résultats de l'essai seront favorables au nouveau médicament, mais, en revanche, on est assuré que l'on a mis toutes les chances de son côté pour éviter les erreurs, les oublis et les malfaçons. Et, qui sait, les bonnes pratiques décourageront peut-être les mauvais experts !

Jean-Michel Bader

(8) Il manque encore, le plus souvent, dans les hôpitaux, des vrais "pros" du médicament, un comité d'éthique local, des médecins hospitaliers au fait de ces essais. Ces essais ne sont pas illégaux ; ils sont tout de même faits dans une certaine "semi-clandestinité", et c'est dans un vide juridique proprement ahurissant (en particulier sur les volontaires sains) qu'ils se pratiquent en France.

(9) Dans la législation actuelle, seule la commission d'AMM (autorisation de mise sur le marché) a quelque pouvoir de refuser l'autorisation en cas de doute. Mais elle n'a aucun moyen d'enquête permettant de prouver la fraude.

# LA NAVETTE INTESTINALE

*Une pilule "intelligente"  
explore pour la  
première fois l'intestin  
grêle, un organe jamais encore observé  
complètement de l'intérieur.*

L'intestin, cette portion de l'appareil digestif qui conduit du pylore, orifice de communication avec l'estomac, jusqu'à l'anus, joue un grand rôle dans le transit alimentaire. Il est formé tout d'abord par l'intestin grêle, immense tube entortillé, long de plusieurs mètres chez l'humain, où l'on distingue le duodénum, abouché au pylore, puis, en aval, l'ensemble jéjuniléon, qui décrit cette série de flexuosités, dites "anses intestinales", évoquant l'image d'un gros paquet de saucisses repliées. Le système débouche dans le côlon, qui lui-même se termine par le rectum.

L'intestin grêle accomplit des fonctions mécaniques et métaboliques essentielles dans la digestion. Il est animé de mouvements péristaltiques qui assurent la progression du bol alimentaire, et de contractions rythmiques grâce auxquelles son contenu se trouve homogénéisé. Il est aussi le centre d'action des enzymes pancréatiques et biliaires qui dégradent les aliments et les réduisent en molécules assez fines pour qu'elles filtrent dans le sang et la lymphe. Ce phénomène biologique d'absorption permet la nutrition de tous nos organes, en particulier les plus vitaux, comme le cerveau, le cœur, les poumons.

Notre canal digestif est aussi le siège de bon nombre de troubles et maladies parfois graves — entérite, dysenterie, typhoïde, gastrite, colite, ulcère, hernie, occlusion, tumeur, cancer —, ainsi que d'infections telles que les amibiases. Toute cette pathologie est le domaine spécialisé des gastro-entérologues.

Mais paradoxalement, cette région du corps tellement capitale reste encore, en partie *terra incognita* pour la médecine. Du fait de son anatomie flexueuse, c'est une zone réfractaire à l'exploration. Nous connaissons, certes, sa géographie grâce à la dissection, mais nous n'avons pas les moyens d'aller observer son fonctionnement sur place, comme nous le faisons avec le cathéter, par exemple, dans le cas de l'œsophage, de l'urètre, du cœur, d'une artère.

Il existe, il est vrai, des techniques endoscopiques qui elles aussi permettent l'examen des cavités naturelles du corps. On utilise des fibres optiques

extrêmement souples, associées à un système d'éclairage, pour "voir" ce qui se passe dans tel ou tel organe. Le duodénum est effectivement accessible à ce mode d'investigation, mais lorsque la sonde endoscopique pénètre dans le labyrinthe des circonvolutions de l'intestin grêle, elle est incapable de donner des renseignements fiables au-delà des 30 ou 40 premiers centimètres. Or, nous avons ici plusieurs mètres de longueur développée.

Voici qu'une équipe de l'hôpital central de Strasbourg<sup>(1)</sup>, conduite par le professeur Jacques Félix Grenier, chef de service de chirurgie digestive, vient de mettre au point un dispositif tout à fait révolutionnaire, la première "pilule-sonde" à réussir le parcours intégral de l'intestin grêle, depuis l'entrée jusqu'à la sortie — voyage sinueux durant lequel elle recueille un grand nombre d'informations inédites.

La navette intestinale se présente sous la forme d'une sorte de gros caramel d'une longueur de 38 mm et d'un diamètre de 11 mm, que le sujet avale. Ce n'est pourtant pas un bonbon ordinaire, puisque son enveloppe est en altuglass et qu'il est truffé d'électronique miniaturisée. Emettrice, elle transmet en ondes courtes, directement et en temps réel, les renseignements qu'elle glane au cours de son périple à travers l'intestin. Le micro-émetteur est alimenté par une pile au lithium de 3 V, d'une autonomie de 30 heures environ. La navette peut aussi établir un "journal de voyage", en quelque sorte, c'est-à-dire mémoriser les données récoltées au passage, données qui seront analysées après sa récupération ; autrement dit, lorsqu'elle aura été éliminée par les selles. La navette intestinale, plongée dans les circuits obscurs de nos entrailles, est également télécommandable.

Les premiers résultats d'exploration ont déjà livré un fait anatomique intéressant : on s'était jusqu'ici mépris sur la véritable longueur de l'intestin grêle, en l'évaluant, chez l'homme, à 7 ou 8 mètres. Il ne mesure en réalité que 5 m environ. L'erreur s'explique facilement, mais encore fallait-il y penser : lors d'une autopsie, quand on déroule

(1) Ce groupe de recherche comprend un chirurgien, Frédéric Vaxman, et deux ingénieurs de l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM), Alain Lambert et Francis Crenner.



l'organe, on est naturellement amené à l'étirer, d'où une surestimation.

Comment la navette est-elle capable d'effectuer des mesures *in vivo* aussi précises ? Parce qu'elle est munie d'une roue dentée encastrée qui se libère à la manière d'un train d'atterrissage, par télécommande. Pro-

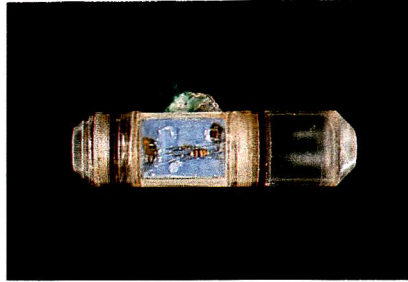
pulsée dans l'intestin grêle par le bol alimentaire comme n'importe quel objet ingurgité, la capsule avance passivement, tandis que la minuscule roue dentée adhère à la paroi interne de l'organe, suit chacun de ses méandres, épouse le moindre de ses replis, s'accroche aux nombreuses villosités de sa surface. Ce mécanisme ressemble en tous points, hormis qu'il est automatique, à ces dispositifs à roulette avec lesquels on trace un itinéraire sur une carte pour en connaître le kilométrage.

Un tour de roue dentée représente un parcours de 3 cm. Pour chaque centimètre effectué, le micro-émetteur transmet un signal, qui est amplifié, décodé, et enregistré par le système de détection extérieur. On connaît ainsi à chaque instant la distance parcourue par la navette et sa position exacte dans l'intestin grêle. On déduit alors sa vitesse en fonction du temps qu'elle met à couvrir une distance donnée. Cette vitesse n'est pas constante. Le mannitol (hexalcool utilisé en thérapeutique, notamment en situation pré-opératoire, pour son action laxative), parce qu'il nettoie rapidement les intestins, accélère considérablement la course de la navette, et peut lui faire faire des sprints de 60 cm à la minute. En revanche, les tranquillisants sont des freins puissants : la "pilule sonde" n'avance plus alors que de 1 à 2 cm à la minute. Cependant étant donné que la navette peut

être amenée par certaines conditions ambiantes de l'intestin grêle à reculer au lieu d'avancer, on a tenu compte de cette éventualité dans sa conception. Elle émet des signaux positifs en avançant, négatifs en reculant.

Evidemment, l'utilité de la navette ne se réduit pas au rôle de tachygraphe. En médecine, son champ d'application est extrêmement large.

En recherche d'abord, pour une meilleure



**La navette en grandeur réelle.** La roue dentée qui se libère électroniquement lors du passage dans l'intestin grêle, envoie régulièrement (après chaque centimètre parcouru) des signaux permettant à chaque instant de localiser la navette et d'évaluer la distance parcourue.

connaissance des mécanismes de la digestion. La "pilule-sonde" est équipée d'une sorte de soute dont l'ouverture est aussi commandée électroniquement de l'extérieur. Elle y transporte des échantillons miniatures d'aliments marqués par des isotopes radioactifs et elle peut les déverser,

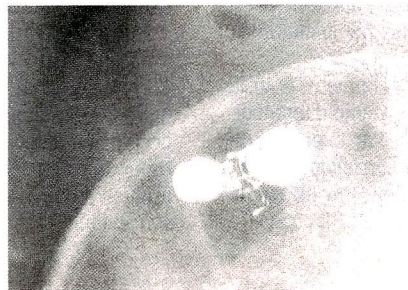
quand l'ordre lui en est transmis, en des points précis de l'intestin grêle. Il est ainsi possible de suivre le comportement de ces produits dans l'organe lui-même et après leur passage dans le sang, grâce au rayonnement émis par les radionucléides employés pour le marquage. Déjà, des études préliminaires ont montré que les huiles comestibles légères sont absorbées dans la première moitié de l'intestin grêle, alors que les huiles alimentaires lourdes le sont dans la seconde. Un fait tout à fait nouveau qui devrait permettre de mieux savoir quels produits oléagineux sont les plus digestibles pour l'homme.

Autre cas : le yaourt. Cet aliment riche en bactéries est réputé pour reconstituer la flore intestinale détruite, à la suite d'un traitement aux antibiotiques, notamment. Certains nutritionnistes mettent l'efficacité de son action en doute, étant donné que les populations bactériennes du yaourt ne sont pas celles que l'on rencontre chez l'homme. Les inventeurs du "bonbon électronique" jugent que, grâce à lui, on pourra enfin trancher le débat. La navette opérera des prélèvements successifs de bactéries en différents endroits de l'intestin grêle chez des patients soumis aux antibiotiques. On leur fera subir ensuite un régime au yaourt, après quoi l'on procédera à une nouvelle série de prélèvements dans les mucosités de l'organe. Les résultats, comparés à ceux qu'on aura

obtenus sur des sujets témoins non assujettis à un régime yaourt, pourront éclairer la vieille polémique diététique concernant ce produit dont Marcel Aymé disait qu'il est une « sorte de lait caillé d'une assez grande réputation, quoique sans orthographe bien sûre ».

La navette intestinale peut jouer un rôle thérapeutique. Des affections microbiennes, comme la fièvre typhoïde, ont leur origine dans les îlots lym-

**Radiographie de la navette** lors de son passage dans l'intestin grêle. La partie centrale en résine, substance non radio-opaque, ne se voit pas, elle contient les installations électroniques. En revanche, les extrémités radio-opaques apparaissent comme deux boules blanches. Il s'agit de la pile et de la gastrophosphore, (produit utilisé en radiographie pour visualiser les parois) contenue dans la soute.



phoïdes de l'iléon. Certaines entérites proviennent de l'infection de l'intestin grêle par des staphylocoques ou des salmonelles.

Un trouble sévère, l'infarctus intestinal, découle de l'oblitération de l'artère mésentérique supérieure, dont l'intestin grêle est solidaire ; les anses intestinales sont reliées aux feuillets du mésentère, qui sont des replis du péritoine. Dans cet inventaire de la pathologie locale, il faut compter certains maux subtils imputables à un mauvais transit intestinal, à un déficit enzymatique, à une absorption inadéquate de la muqueuse.

Par son pouvoir de prélèvement, la navette sera sans doute un instrument diagnostique important. Mais elle pourra aussi emporter des mini-doses de médicaments qu'elle déchargera à l'endroit bien précis de l'organe où elle aura elle-même décelé le mal — un procédé bien plus opérant que l'administration classique du remède par voie orale, qui entraîne une dénaturation du produit par les sucs digestifs et, partant, une baisse d'activité pharmacologique.

Certes, plusieurs firmes pharmaceutiques s'ingénient actuellement à enrober le médicament dans un emballage spécial, pour le protéger au début de son parcours dans le tube digestif. Or il se trouve que la destruction de l'enrobage varie d'un individu à l'autre en fonction de facteurs aussi divers que le degré d'acidité gastrique, de la charge enzymatique au niveau de la partie supérieure de l'intestin, si bien que le principe actif est souvent libéré trop tôt ou trop tard.

**P**uisque nous savons maintenant que la partie haute de l'intestin grêle est spécialisée dans l'absorption des molécules légères, tandis que la partie basse n'assimile que les molécules lourdes, il est possible de téléguider, vers l'une ou l'autre de ces régions, des molécules médicamenteuses de poids adéquat.

Mais les produits thérapeutiques pourront être introduits, de surcroît, non seulement à l'endroit voulu, mais au moment voulu, à la fraction de seconde près. On attend dès lors que cette technique fasse progresser une discipline encore mal connue et peu appliquée : la chronopharmacologie, qui étudie l'effet des médicaments en fonction de l'heure de leur administration au malade, chaque individu ayant ses rythmes biologiques propres. Aujourd'hui, en effet, les médicaments sont prescrits un peu arbitrairement : une pilule matin et soir, un cachet au déjeuner...

Le dispositif nous permettra de connaître pour la première fois le mode d'action véritable d'un médicament sur l'organe en question. Par exemple, on ne sait toujours pas si les antidiarrhéiques interviennent sur les sécrétions de l'intestin ou sur la motricité de la muqueuse intestinale. La navette

éclairera la médecine sur ce point.

Déjà, les endocrinologues ont pu déterminer grâce à elle comment agit, au niveau des intestins, la thyroxine, hormone de la glande thyroïde. En général, les patients atteints d'hyperthyroïdie sont sujets aux diarrhées. Les hypothyroïdiques, en revanche, souffrent plutôt de constipation. Si l'on administre de la thyroxine à ces derniers, les symptômes de constipation cessent. Or, la navette a montré que l'effet laxatif de la thyroxine serait dû à une augmentation de la motricité du tissu de l'intestin grêle.

Elle a de même élucidé le principe d'action du VIP (*vasoactive intestinal polypeptide*), hormone naturelle que l'industrie pharmaceutique sait synthétiser. Comme la thyroxine, elle accélère les mouvements intestinaux.

Des biopsies seront effectuées, la soute de la navette pouvant être équipée d'un fin bistouri. On peut même envisager d'effectuer des interventions microchirurgicales à l'aide de la "pilule sonde", comme cela se pratique déjà sur quelques organes avec certains types d'endoscopes, les résecteurs prostatiques par exemple. On songe à l'ablation des polypes, heureusement très rares, ou à l'opération d'une occlusion intestinale. Il suffit pour cela d'équiper la navette d'une caméra, d'un bistouri, ou encore d'une source laser qui exciserait les tumeurs — tous ces composants demandant, bien sûr, à être fortement miniaturisés.

Il a fallu près de dix ans pour mettre au point ce dispositif. « Notre tout premier modèle, raconte Alain Lambert, était en métal, et à la fin de son voyage inaugural, il est revenu à moitié rongé par l'acidité de l'estomac. La version actuelle a une carapace en altuglass, une résine inerte résistant à la corrosion.

« La taille de la navette nous a également posé des problèmes. Quand elle était inférieure à 38 mm, l'engin était sujet aux tête-à-queue, ce qui faussait déplorablement les mesures. »

Dans l'avenir, on proposera aux utilisateurs un modèle de base comportant l'émetteur-récepteur, la pile au lithium, la roue dentée. A partir de cet élément modulaire, on pourra se livrer à des compositions diverses, en ajoutant des compartiments au gré des besoins : capteurs à électrodes pour mesurer le pH, la température, la pression ; soutes de prélèvements et de déchargements ; micro-caméras et micro-bistouris.

Un marché prometteur à l'échelle mondiale s'ouvre à cette innovation entièrement française. Elle intéresse un univers de spécialisations scientifiques : pharmacologie, gastro-entérologie, médecine vétérinaire, techniques agro-alimentaires. Le "bonbon électronique" est l'une des pièces les plus originales que la médecine ait récemment ajoutée à son arsenal.

**Pierre Rossion**



# Peut-on réussir dans la vie simplement en développant sa mémoire ?

## *ou l'étrange histoire d'un grand avocat*

En ce jour de vacances d'été, qu'étais-je venu faire, avec mes 18 ans, dans ce grenier ouaté de poussière et de silence ?..

Dehors, le reste de la bande s'ébattait dans la piscine de cette grande et belle demeure où m'avait invité mon ami François. Mais je ne m'étais jamais senti très à mon aise dans la compagnie des autres.

Alors, j'étais là, au milieu de ces meubles qui avaient cessé de plaire, je détaillais l'œil curieux les souvenirs d'une vie qui, visiblement, avait été brillante.

J'ouvris plusieurs tiroirs et découvris dans l'un d'eux un petit livre que je feuilletai machinalement. Mais bientôt, m'asseyant sur l'osier grinçant d'une pаниère, je continuai ma lecture. Page après page. Négligent même la lumière du jour qui baissait.

Dans ce livre j'appris que tout le monde possède une mémoire fantastique, mais que seuls quelques-uns savent l'utiliser.

J'étais sceptique, bien sûr, mais une méthode simple était décrite. Ce qui me conduisit à prendre un vieux annuaire du téléphone oublié là, pour constater qu'en suivant la méthode, effectivement, j'étais capable après une seule lecture attentive de tout retenir : les noms, les professions et les numéros de téléphone de deux colonnes d'abonnés.

Oserais-je dire qu'alors je me pinçai, avant de me livrer à d'autres expériences. Mais toutes furent aussi convaincantes. Et je pus même vérifier que, trois heures après avoir simplement lu 83 numéros de téléphone (car je les avais comptés), je n'en avais toujours oublié aucun.

C'était tellement étrange que, ce soir-là, je m'endormis tard. Attendant le lendemain et le chant du premier merle qui, avec un jour nouveau, me dirait que j'avais rêvé.

Or j'avais tort. Tout était toujours dans ma tête. Et la fin des vacances, pour cela, en fut transformée.

Mon ami François me dit : " Mais on t'a changé ! " La bande me découvrit comme elle ne m'avait jamais vu. Je n'osais pourtant rien de plus. Simplement j'étais autre, inattaquable et serein. Répondant du tac au tac, après n'avoir eu si souvent que l'esprit de l'escalier.

Et plus tard, à la rentrée, moi qui peinais jusqu'alors sur mes cours de droit, je sus maîtriser les dates des lois et les articles du Code. J'appris même l'anglais en quelques mois.

A partir de cette simple méthode, je me souvenais de tout : des visages, des noms, des musiques, de poèmes entiers dont spontanément je pouvais dire quelque extrait dans un dîner en ville.

Depuis, le temps a passé. Même les médias m'accordent aujourd'hui l'autorité que donnent conjointement le talent et l'assurance et j'écris cet article pour rendre hommage à un être exceptionnel, qui a révélé en moi l'homme qui était au delà de l'homme.

Si vous voulez savoir comment obtenir les mêmes résultats et acquérir cette puissance mentale, qui est encore notre meilleure chance de réussir dans la vie, priez simplement l'éditeur de vous envoyer " Les Lois Eternelles du Succès ", intéressant petit ouvrage écrit par W.R. Borg comme introduction à sa Méthode. Vous le recevrez gratuitement comme quiconque désire améliorer sa mémoire. Voici l'adresse : *Méthode W.R. Borg, chez Aubanel, dpt 875 — 6, place St-Pierre, 84057 Avignon Cedex.*

*Pierre-Henri Marquand*

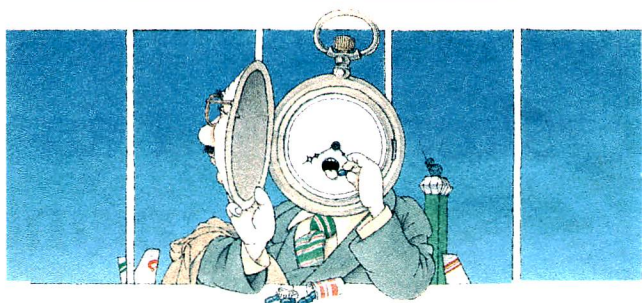
### **BON GRATUIT**

A remplir en lettres majuscules en donnant votre adresse permanente et à retourner à : *Méthode W.R. Borg, chez Aubanel, dpt 875 — 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*

# LA PILULE À CHANGER L'HEURE



*Plus besoin, bientôt, de souffrir des décalages horaires. Un somnifère courant, administré à un moment précis, doit permettre d'avancer ou de reculer notre horloge interne.*

**L**e voyageur qui va franchir d'un trait d'aile plusieurs fuseaux horaires, le travailleur qui doit s'adapter à un travail de nuit auront-ils bientôt une pilule qui remette à l'heure voulue leur horloge biologique ? Ainsi, l'homme d'affaires qui part de Paris à midi, pour se retrouver à New York à 14 h, alors qu'il est en réalité 18 h, pourrait ainsi retarder son horloge interne de six heures, pour se retrouver frais et dispos, synchronisé avec son interlocuteur new yorkais et sans avoir à étouffer des bâillements. L'ouvrier qui doit adopter pendant quelques jours ou quelques semaines, un horaire de travail de 18 h à 2 h du matin, avancera la sienne de 10 heures, pour se réveiller frais et dispos à 17 h, déjeuner à minuit et se coucher, après avoir diné, à 6 h.

Tel était l'objectif que les chronobiologistes, ces spécialistes des mécanismes d'horlogerie de l'organisme, poursuivent depuis des années, dans l'espoir d'éviter à des centaines de milliers de personnes, les inconvénients des décalages horaires inévitables. Cet objectif semble à notre portée : des chercheurs de la Northwestern University à Evanston (Illinois), non loin de Chicago, viennent de démontrer que les benzodiazépines, médicaments psychotropes fréquemment utilisés contre l'insomnie, permettent de remettre à l'heure les rythmes biologiques. Leurs expériences ont été réalisées chez des animaux ; celles sur l'homme vont suivre.

Ces chercheurs ont constaté que, selon le moment de l'administration, les benzodiazépines peuvent soit avancer, soit retarder les horloges biologiques. Or, ces horloges synchronisent non seulement les rythmes sommeil-éveil, mais aussi quantité d'autres paramètres biologiques. En effet, si l'on recouvre bien en deux ou trois jours, après un vol Paris-New York, son sommeil normal, la resynchronisation de l'ensemble des rythmes, notamment

glandulaires, prend, elle, deux à trois semaines. Et ce peut être grave. Le travail de nuit, nécessaire dans l'industrie moderne (pétrochimie, extraction, nucléaire), est souvent mal supporté, au moment où il ne reste, à l'usine, que quelques hommes aux commandes d'ordinateurs. Aux petites heures du matin, la vigilance s'émousse. Est-ce une coïncidence que les plus grands accidents de centrales nucléaires, aient été déclenchés la nuit ? 4 h du matin pour celle de Three Mile Island, en Pennsylvanie, le 26 mars 1979, 1 heure 35 pour celle de Tchernobyl, le 26 avril 1986...

Chez tous les animaux, y compris l'homme, il existe des variations chronologiques de diverses fonctions, non seulement du sommeil et de l'éveil, mais de la température du corps, qui atteint son maximum au milieu de l'après-midi et son minimum vers minuit, des sécrétions hormonales, dont les hauts et les bas varient selon les glandes, le rythme cardiaque. Aux cycles quotidiens, dit circadiens, se superposent d'autres, hebdomadaires, mensuels ou saisonniers.

Le rythme circadien chez l'homme, isolé de son environnement, se rapproche de 25 heures. Ceci a plusieurs fois été montré, notamment par les expériences "hors du temps" de Michel Siffre, qui a séjourné jusqu'à six mois, en 1972, dans le gouffre de Del Rio au Texas. Chez certaines personnes dans de telles conditions, ce rythme s'allonge jusqu'à 26 et plus, mais dans des conditions normales, il se synchronise facilement aux 24 heures de la journée.

Ce rythme semble inné. Chez l'homme il est contrôlé par une région bien précise du système nerveux central, le noyau suprachiasmatique, situé dans l'hypothalamus. L'hypothalamus, c'est la glande pinéale, vestige du mythique troisième œil, qui contrôle les sécrétions endocrines de l'organisme, établissant le lien entre le cerveau et le système glandulaire. Le noyau suprachiasmatique



est relié directement, par des connexions nerveuses, avec les yeux, ce qui lui permet de recevoir les informations sur l'alternance entre le jour et la nuit, et d'accorder le rythme biologique interne à l'environnement. (Qu'un tel rythme fasse partie du patrimoine génétique des êtres vivants vient d'être confirmé par la découverte, il y a quelques semaines à peine, d'un gène qui le contrôle chez la mouche. Une anomalie de ce genre détraque l'horloge interne chez cet insecte.)

Les Drs Fred W. Turek et Susan-Losee-Olson, inventeurs de la "pilule à changer l'heure", ont pris des précautions pour éviter de fausser les résultats de leurs expériences. Ils ont commencé par enregistrer pendant deux semaines le rythme de l'activité de hamsters soumis à un régime circadien régulier de 14 heures dans la lumière, suivis de 10 heures dans le noir. Les hamsters furent ensuite placés dans des cages individuelles, contenant une roue dans laquelle ils pouvaient courir lorsqu'ils en avaient envie, et dont les mouvements étaient automatiquement enregistrés pour mesurer les périodes d'activité des animaux. Ensuite, leur environnement fut modifié : certains furent placés dans des cages illuminées 24 heures sur 24, d'autres, dans des cages qui étaient constamment maintenues dans le noir. Bien qu'ils fussent ainsi isolés de l'environnement, les cycles circadiens et ceux de l'activité se maintenaient avec une grande régularité. Les périodes étaient suffisamment bien établies pour que l'on puisse les prévoir avec une marge d'erreur de moins de 15 minutes.

C'est alors que les chercheurs injectèrent aux animaux, à des intervalles précis de ce cycle, de la benzodiazépine, un médicament de l'insomnie, de l'anxiété et d'autres troubles psychiques associés au stress. Ainsi, chez certains animaux, le médicament était injecté au début de leur période d'activité, chez d'autres, 3 ou 6 heures plus tard, et ainsi de suite, de 3 heures en 3 heures, jusqu'au tour complet du cycle de 24 heures.

On pouvait certes s'attendre à ce qu'un tel traitement provoquât quelques troubles du rythme circadien. Ce qui fut inattendu, c'est la précision et la régularité avec lesquelles le moment de l'injection déterminait les changements de cycle, de façon constante d'un hamster à un autre. Ainsi, des injections de benzodiazépine 6 heures et 9 heures après le début du cycle d'activité des animaux, qu'ils fussent dans la lumière ou dans l'obscurité, avançaient l'horloge biologique d'une heure environ (les animaux commençaient leurs activités une heure plus tôt que prévu). En revanche, si les injections étaient administrées entre 12 et 24 heures après le début du cycle d'activité, l'horloge biologique était retardée d'à peu près autant.

Il y a de bonnes raisons de penser que la benzodiazépine agit directement sur le noyau suprachias-

matique, car elle stimule l'activité d'un neurotransmetteur (la transmission de l'influx nerveux d'un neurone au suivant emprunte le relais de tels neurotransmetteurs, des très petites protéines, ou peptides), l'acide gamma aminobutyrique (GABA). Or, de récents travaux montrent que des neurones contenant ce neurotransmetteur particulier se trouvent concentrés dans le noyau suprachiasmatique, où résiderait notre horloge interne.

Restent quelques points à approfondir. Le métronome circadien est formé d'un réseau complexe de systèmes interconnectés, dont les trois principaux seraient :

- le noyau suprachiasmatique, sans doute un centre majeur d'intégration ;
- le système sérotoninergique, constitué de l'ensemble des cellules qui utilisent un autre neurotransmetteur, la sérotonine. Le blocage de la synthèse de la sérotonine chez le rat supprime les rythmes circadiens de sécrétion de diverses hormones de l'hypothalamus, mais ces rythmes peuvent être restaurés par l'administration d'un précurseur de la sérotonine (à condition que ce précurseur soit administré pendant le sommeil !);
- Et le système gabaergique (qui fonctionne avec le neurotransmetteur GABA).

D'autres systèmes et structures interviennent certainement dans l'orchestration chronobiologique de l'organisme, dont une des conséquences est que les sécrétions de la plupart des hormones obéissent à des variations cycliques. C'est très important en thérapeutique, car dans ce cas, l'organisme réagirait différemment selon le moment d'administration d'un médicament.

La période la mieux connue des oscillations biologiques, est la période circadienne de 24 heures. Mais certaines fonctions obéissent à des rythmes de fréquences plus courtes, ultradiennes, ou plus longues, mensuelles ou circannuelles. Par exemple, les neurohormones de l'hypothalamus ont des "poussées" à peu près horaires. Quant aux cycles biologiques saisonniers ou annuels, ils sont bien connus au moins chez les animaux : cycles de reproduction, mues, migrations, hibernations.

Les techniques de plus en plus fines de dosages hormonaux permettent d'allonger la liste des sécrétions hormonales humaines à rythmicité circadienne. Et l'on a constaté que tous les cycles des hormones contrôlées par le système nerveux central présentent une phase d'accroissement quotidien pendant le sommeil, non seulement chez tous les mammifères étudiés à ce jour, mais chez les vertébrés en général. Il n'est donc pas surprenant qu'une modification du rythme circadien rompe l'accord entre les rythmes biologiques et l'environnement et que cette rupture à son tour entraîne des troubles fonctionnels, dits asynchronoses.

Jean Ferrara

# APRÈS LES ANTIBIOTIQUES, LES ANTI-ADHÉSINES

*L'attachement des bactéries, à une muqueuse ou à une surface inerte, peut entraîner des maux aussi divers que l'intoxication, la carie dentaire, les diarrhées ou les infections des voies urinaires. Pour empêcher cette fixation, premier stade de la colonisation microbienne, une nouvelle génération d'agents thérapeutiques est en train de naître : les anti-adhésines.*

**P**eut-on lutter contre l'attachement ? Certainement pas, diront les amoureux ! Bien sûr que si, répondront les microbiologistes en pensant à la façon dont les bactéries, levures, virus et autres germes s'attachent aux supports qu'ils colonisent, qu'il s'agisse des parois d'un rocher immergé, de la racine d'une plante, de la muqueuse intestinale d'un animal, de la peau ou des poumons d'un humain.

Il faut dire que, depuis quelque temps, cette sorte d'attachement intéresse au plus haut point les chercheurs, lesquels sont convaincus qu'il y a là une nouvelle voie pour lutter contre des infections particulièrement tenaces. Les antibiotiques, en effet, qui depuis quarante ans sont venus à bout d'à peu près tous les microbes, commencent à connaître quelques déconvenues. Au fil des ans, nombre de germes ont « appris » à leur résister. Tant et si bien que l'état sanitaire de certains milieux clos (les hôpitaux, par exemple, ou, dans le domaine animal, les étables) devient préoccupant. Diverses maladies, telles les infections dues au bacille pyocyanique, sont même considérées comme la rançon des antibiotiques.

Voilà pourquoi, dans les milieux vétérinaires

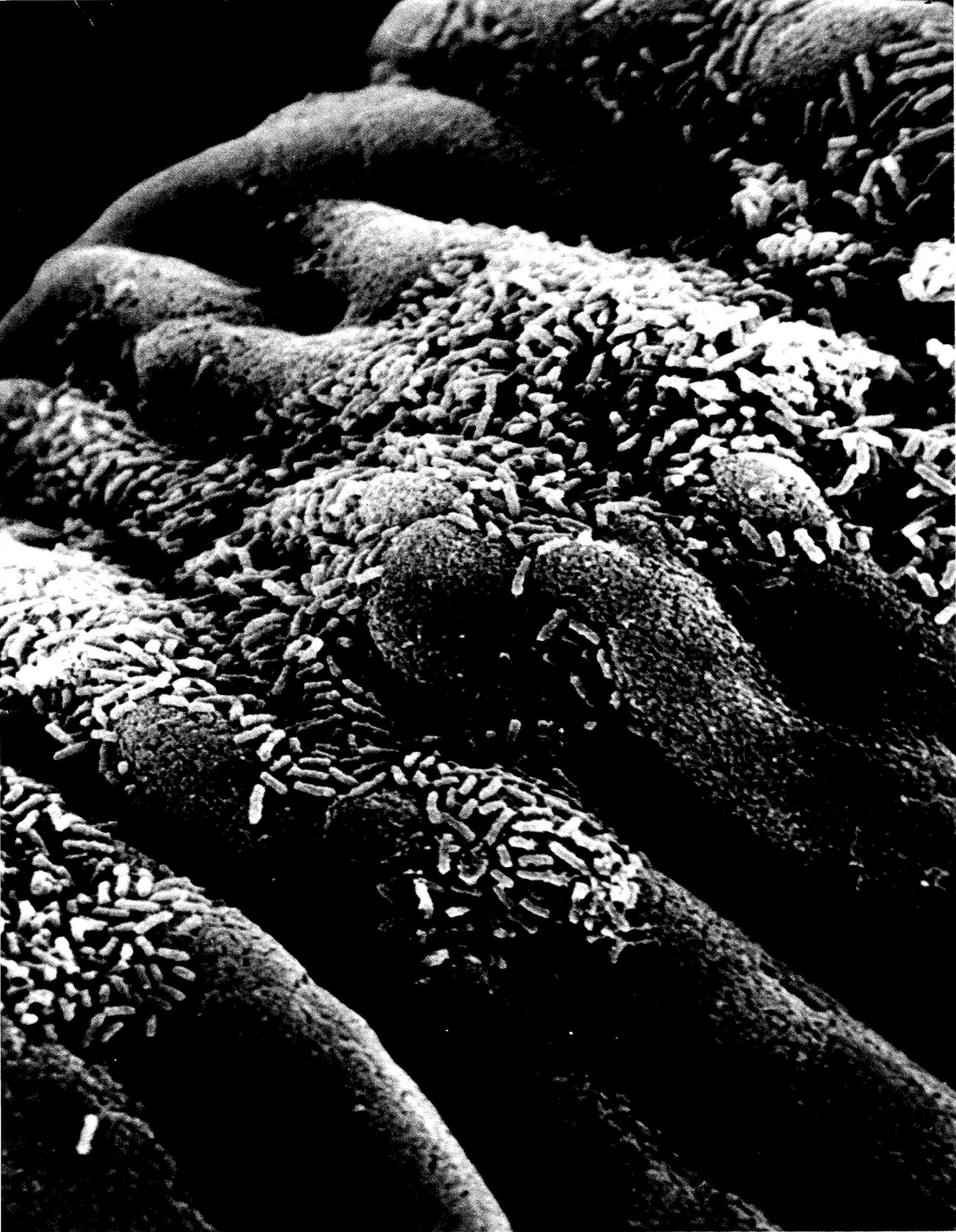
d'abord, puis dans ceux de la recherche médicale, on s'est demandé s'il ne serait pas possible de lutter contre ces germes récalcitrants en les empêchant tout simplement de se fixer sur les organes qu'ils s'approprient à infester.

Ce que les spécialistes appellent l'"adhésion microbienne" est en effet un phénomène qui concerne tous les micro-organismes, aussi bien ceux de l'environnement (bactéries du sol, bactéries de la surface des coquillages, bactéries symbiotiques des légumineuses, etc.) que ceux qui peuplent les cavités naturelles des animaux et des hommes. Cette adhésion est tantôt utile, tantôt nuisible ; cela dépend, en fait, de l'utilité ou de la nocivité du microbe qui adhère. Ainsi, dans le domaine industriel, l'adhésion est souvent recherchée (dans les systèmes d'épuration, par exemple, ou dans les fermenteurs), parce que les bactéries fixées sur un support <sup>(1)</sup> sont plus actives, croissent plus vite et se reproduisent mieux que les bactéries libres.

En revanche, dans les laboratoires, les hôpitaux, les crèches ou les fabriques de produits alimentaires, l'adhésion microbienne est un véritable

(1) Ce support — que l'on appelle un "biofilm" — peut être soit la paroi d'un récipient, soit une membrane, soit une résine...

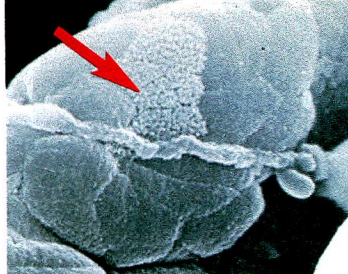




**L'attachement des germes infectieux est sélectif.** Ainsi, les *Escherichia coli* de cette photo (prise au microscope électronique à balayage) se fixent à l'intestin grêle du porc par des "adhésines" spécifiques ; les toxines sécrétées par les bactéries pénètrent d'autant mieux dans les cellules intestinales et provoquent des diarrhées aiguës.

fléau, que l'on est obligé de combattre par des désinfections périodiques, parce que même les nettoyages les plus vigoureux n'arrivent pas à éliminer les couches de leuconostocs qui se collent aux appareils utilisés pour l'extraction du sucre, ou les plaques de streptocoques thermophiles qui souillent jusqu'au matériel en inox de l'industrie laitière (2).

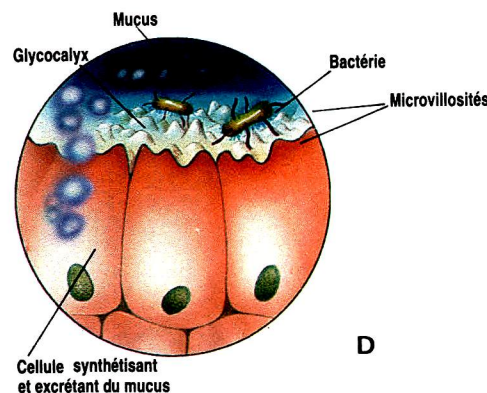
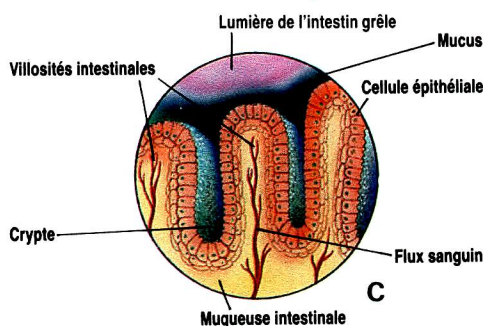
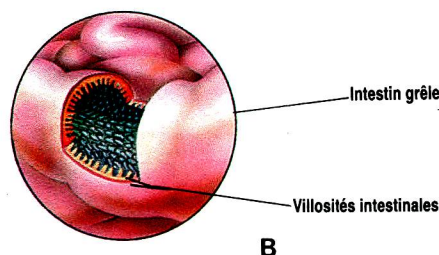
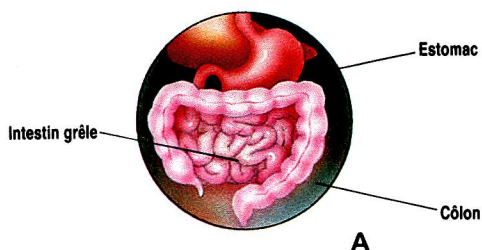
Chez l'animal et chez l'homme aussi, tous les micro-organismes ne sont pas nuisibles. Ainsi, nous hébergeons dans notre tube digestif quelque 100 000 milliards de bactéries qui ont un rôle doublement bénéfique : d'une part, elles sont à l'origine de la synthèse de certaines vitamines et, d'autre part, en occupant les lieux, elles empêchent les envahisseurs pathogènes de venir s'y installer — c'est ce que l'on appelle l'"effet barrière". Cette



flore commensale s'acquiert très tôt. Le nourrisson, dès le premier jour de sa vie extra-utérine, est investi par de forts bataillons de nos hôtes principaux : des colibacilles, germes intestinaux par excel-

lence ; des streptocoques ; des bifidobactérium, des clostridiens, des bactéroïdes, etc.

Certaines cavités du corps, cependant, demeurent quasiment stériles, soit que les germes ne s'accommodent pas des conditions qui y règnent (un pH trop acide, par exemple), soit qu'ils en soient chassés par des mouvements mécaniques (les contractions de péristaltisme dans la partie haute de l'intestin, le flux des mictions dans la partie basse de l'appareil urinaire, l'agitation des cils qui tapissent les voies respiratoires). Il va sans dire que les microbes qui arrivent malgré tout à s'accrocher dans ces lieux inhospitaliers, où il n'existe aucun



## LES PROMOTEURS DE L'INFECTION : ...

La muqueuse de l'intestin grêle est la cible de bactéries responsables de diarrhées aiguës.

L'intestin grêle, très replié sur lui-même, est le siège de contractions qui font avancer le bol alimentaire et les sécrétions digestives quotidiennes (A). La surface d'absorption des nutriments qui transitent est démultipliée par les villosités de la muqueuse (B).

Ces villosités sont fortement irriguées par le sang et sont tapissées par les cellules épithéliales qui assurent les échanges entre la lumière de l'intestin et le milieu intérieur (C). Le long de la muqueuse intestinale, certaines cellules sécrètent le mucus et les immunoglobulines qui forment une première barrière contre les infections ; les cellules épithéliales sont elles-mêmes hé-

rissées de micro-villosités (D). Normalement cachées par les sucres qui émergent de la membrane cellulaire (glycocalyx), ces micro-villosités sont hypertrophiées lors d'une infection (voir flèche photo ci-dessus ; une bactérie est visible à droite de la travée de mucus). Tels des crampons, elles facilitent alors l'adhérence des bactéries.

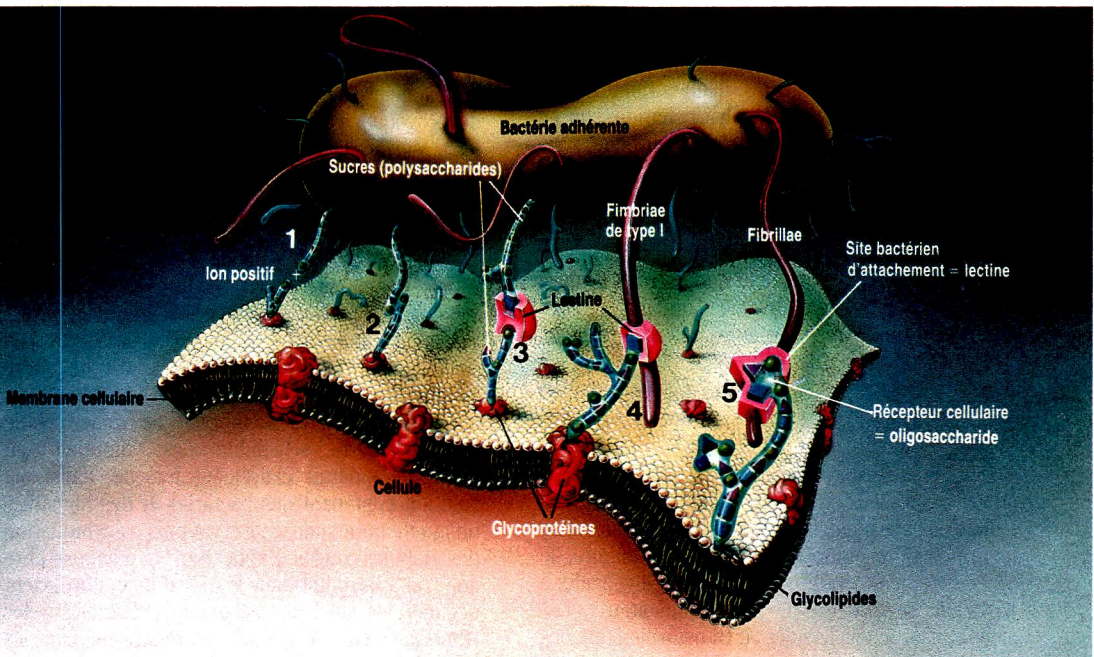


## ... LES ADHÉSINES ...

Les bactéries pathogènes ont plusieurs armes pour adhérer aux cellules. Les unes ne leur sont pas spécifiques ; les autres, au contraire, leur sont propres et expliquent alors la sélectivité d'une infection (génitale, urinaire ou buccale ; spécifique du veau ou de l'homme, etc.). Un attachement peu spécifique concerne les polysaccharides de surface (glycocalyx) de la bactérie et de la cellule épithéliale. Un ion positif (calcium, par exemple) peut former un pont entre les deux surfaces, chargées négativement (1) ; des forces d'attraction électrostatique (2) ou entre radicaux hydrophobes des lipides et protéines de membrane, peuvent associer des molécules placées en vis-à-vis.

Le pont entre les deux ramifications du glycocalyx peut aussi être assuré par des lectines : ce sont des protéines qui ont la particularité de se combiner avec des sucres dans une relation de type clef-serrure (3). Certaines lectines font partie intégrante de poils portés par la bactérie : les fimbriae, plus ou moins spécifiques d'une adhésion pathogène. Ainsi chez *Escherichia coli*, les fimbriae de type I (les premiers identifiés) ne sont pas spécifiques des souches infectieuses car ils portent des lectines complémentaires du mannose, l'une des "briques" les plus courantes des sucres terminaux des glycolipides et des glycoprotéines de la membrane cellulaire (4).

Par contre, d'autres fimbriae et des fibrillae (poils plus fins et plus flexibles) sont très spécifiques des souches infectieuses. L'explication avancée est simple : ceux-là portent une lectine complémentaire non plus d'un sucre simple et courant comme le mannose, mais d'un récepteur cellulaire plus complexe : un oligosaccharide, composé de plusieurs sucres simples et dont la configuration, spécifique, est propre à la cellule cible de l'infection (5). La lectine-adhésine n'est pas forcément localisée sur une fimbriae : elle peut appartenir à la paroi de la bactérie (c'est le cas pour *Streptococcus mutans*, le principal agent de la carie dentaire ou pour le gonocoque : *Neisseria gonorrhoeae*).



effet barrière, exercent leurs nuisances en maîtres absolus. C'est le cas de certaines souches pathogènes d'*Escherichia coli* qui, selon l'endroit où elles s'attachent, produisent des diarrhées, des inflammations respiratoires, des cystites ou des pyélonéphrites.

D'autres germes sont plus sournois (on les dit "opportunistes") : ils attendent, pour passer à l'attaque, que l'organisme connaisse un moment de faiblesse, soit par suite d'un amoindrissement de ses défenses immunitaires, soit à cause d'une dégradation passagère de la flore autochtone protec-

trice (après une antibiothérapie prolongée, par exemple).

Mais, qu'ils soient bénéfiques ou maléfiques, les micro-organismes agissent plus efficacement lorsqu'ils s'attachent (**dessin page 39**). Et pour ce faire, ils utilisent plusieurs méthodes qui, pour le fond, relèvent de la liaison physico-chimique, mais, par la forme, tiennent tantôt du bouton-pression,

(2) La manière dont se forment et s'incrudent ces dépôts, et la résistance des facteurs d'attachement aux différentes méthodes de désinfection sont actuellement étudiées par Olivier Cerf et son équipe au laboratoire INRA de génie des procédés alimentaires.

tantôt du grateron, ce fruit de la bardane qui s'accroche aux vêtements et aux toisons des animaux (**dessin page 33**).

D'un point de vue purement physique, la plupart des modes de fixation s'apparentent à l'adsorption. L'adsorption est un phénomène superficiel qui tend à faire adhérer à la surface d'un corps des substances dissoutes ou dispersées. Un cas typique d'adsorption est celui du charbon de bois qui, agité dans une solution colorante de fuchsine, attire la matière colorante sur la surface de ses pores. Dans le cas qui nous occupe, l'adsorption s'explique soit par la différence de signe entre les charges électriques portées respectivement par les microbes et la surface (organique ou métallique) sur laquelle ils se collent, soit par les forces de Van der Waals (responsables d'attraction entre les molécules très proches), soit par l'affinité qu'éprouvent réciproquement certains groupements chimiques. Ainsi, lorsque deux groupements moléculaires hydrophobes se trouvent en présence l'un de l'autre, ils ont une forte tendance à se lier.

De tels mariages par affinité sont fréquents entre les polysaccharides, longues chaînes ramifiées de sucres complexes. Or, des polysaccharides, on en trouve à la surface de la cellule bactérienne, sous forme de longues fibres glucidiques qui composent une sorte de ouate plus ou moins épaisse, dénommée glycocalix. L'existence de ce glycocalix a été longtemps méconnue, car les germes cultivés en laboratoire dans des milieux nourriciers classiques n'en fabriquaient pas. De leur côté, les cellules animales et humaines ont, elles aussi, leur glycocalix. D'aspect également filamenteux, il est constitué par les polysaccharides qui sont associés aux protéines (glycoprotéines) et aux lipides (glycolipides) de la membrane cellulaire.

Dans la majorité des cas, les bactéries se fixent en appliquant leur glycocalix sur le glycocalix de la cellule ou en le plaquant sur une surface lisse. Ainsi, le principal responsable de la carie dentaire, le *Streptococcus mutans*, synthétise son glycocalix à partir du saccharose (le sucre alimentaire classique) absorbé par le sujet : il transforme l'une des deux molécules constitutives de ce saccharose, le glucose, en un long polymère insoluble et capable d'adhérer à l'émail de la dent, le glycanne. Les glycannes conjugués de tous les streptocoques finissent par former une sorte de fin réseau dans lequel se prennent d'autres bactéries. Finalement, la dent se recouvre d'une pellicule jaunâtre, connue sous le nom de « plaque dentaire ». C'est à l'intérieur de cette plaque qu'ont lieu les fermentations bactériennes qui produisent l'acide lactique et les enzymes responsables de la dissolution de l'émail des dents.

À côté de ce mode général d'attachement, il existe des formes d'adhésion plus particulières,

plus sélectives aussi, car elles permettent aux micro-organismes de choisir les cibles sur lesquelles ils vont s'accrocher. C'est au début des années 50 que des chercheurs, examinant au microscope électronique différentes espèces de germes, ont découvert que certains d'entre eux possédaient sur leur surface des sortes de poils (**voir photo page 36**). Plus fins et plus nombreux que les flagelles qui servent d'organes locomoteurs aux bactéries mobiles, différents des "pilis" sexuels qui aident au rapprochement des micro-organismes au moment de l'accouplement, ces poils, d'un diamètre d'environ 7 nanomètres et d'une longueur pouvant atteindre 2 à 3 fois celle du germe, sont constitués d'une succession de plusieurs centaines de sous-unités protéiques, les pilines. On les trouve sur la plupart des *Escherichia coli*, sur les souches pathogènes comme sur les non pathogènes, et on les appelle des "fimbriae".

À quoi servent ces "fimbriae" ? Ils confèrent à la bactérie la capacité d'adhérer à un très grand nombre de cellules des êtres "supérieurs" (plantes, levures, animaux...). Ils permettent en outre aux colibacilles d'agglutiner les hématies (c'est-à-dire de provoquer l'agglutination de globules rouges à leur surface) chez de nombreuses espèces animales, raison pour laquelle on leur a longtemps donné le nom d'"hémagglutinines" (**voir photo page 37**).

Pour caractériser le mode d'action de ces "fimbriae" communs, on dit qu'ils sont "mannose-sensibles". Car ils ont un point d'attache préférentiel : les molécules de mannose présentes à la surface des cellules. Le mannose est un sucre simple (un monosaccharide) que l'on trouve en abondance dans la membrane de toute cellule animale. Cette sensibilité des "fimbriae" au mannose apparaît clairement lorsque, dans une solution contenant des bactéries et des hématies, on ajoute du mannose : il n'y a plus d'agglutination des globules rouges. Explication : le mannose libre que l'on a introduit dans le milieu de culture, vient occuper les sites d'attachement présents sur les "fimbriae", qui, de ce fait, ne retiennent plus les hématies.

Au début des années 60, des chercheurs danois du Statens Serum Institute de Copenhague, étudiant des souches particulièrement virulentes d'*Escherichia coli*, les ECET (*Escherichia coli* entérotoxigènes), découvrirent qu'elles possédaient un antigène, c'est-à-dire une protéine de surface, que n'avaient pas les souches non pathogènes. Or, ces ECET, contrairement aux autres colibacilles, arrivent à se fixer dans l'intestin grêle où, en diffusant leurs toxines, ils provoquent des diarrhées aiguës.

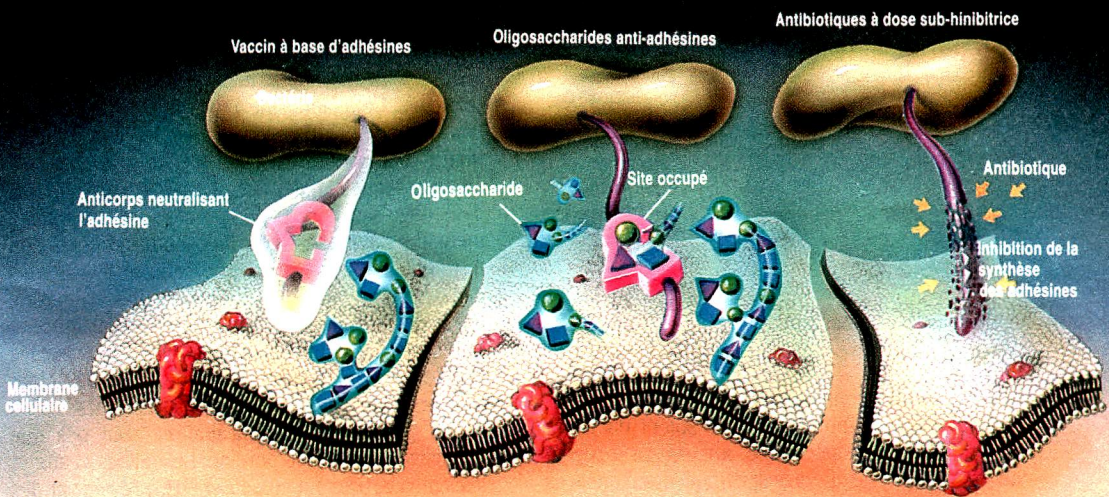
La protéine de surface en question fut identifiée en 1967 à partir d'ECET prélevés sur des porcelets diarrhéiques. Il s'agit encore une fois d'une sorte de



poil, mais plus fin (2 à 5 nanomètres de diamètre) et plus flexible que les "fimbriae" dont nous venons de parler. Il fut baptisé "fimbriae K 88".

Comparés aux "fimbriae" communs (appelés aujourd'hui "fimbriae de type 1"), les K 88 présentent plusieurs caractéristiques originales, qui toutes démontrent qu'ils ont une plus grande spécificité, c'est-à-dire que leur champ d'action est plus "ciblé". Par exemple, les K 88 n'agglutinent les globules rouges que chez très peu d'espèces animales (les cochons d'Inde et les poulets, dans l'état actuel de nos connaissances). D'autre part, ils n'existent que sur les germes pathogènes, mais encore faut-il que ces germes parviennent à s'accrocher pour que se

déclenche la maladie. La plus belle démonstration de cette nécessité a été apportée en 1985 par un groupe de chercheurs britanniques. Ceux-ci ont inoculé à des porcelets axéniques (dépourvus de flore intestinale) des colibacilles dotés de "fimbriae K 88". Eh bien, tous les animaux n'ont pas eu la diarrhée ! Les chercheurs, intrigués, ont voulu savoir pourquoi certains porcelets avaient été épargnés. Ayant prélevé des cellules sur l'intestin grêle des animaux résistants, ils les ont mises en présence des germes pathogènes et ont constaté que ces derniers ne parvenaient pas à s'y accrocher. Preuve que l'adhésion est bien un facteur capital dans la genèse de cette maladie infectieuse !



## ... ET LES MOYENS DE LUTTE : LES ANTI-ADHÉSINES

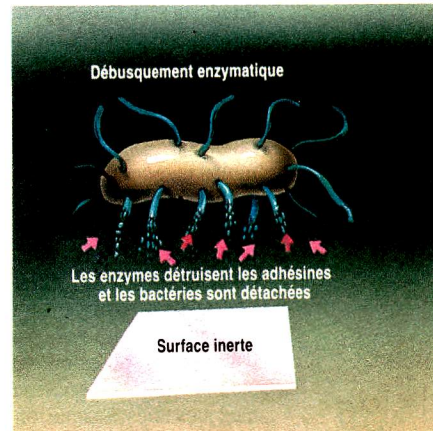
Lorsqu'on a identifié les adhésines, on peut prévenir l'attachement des germes infectieux par divers moyens :

— **La vaccination** : on peut injecter à un organisme un vaccin préparé à partir d'un extrait pur d'adhésines. Il déclenchera la fabrication d'anticorps complémentaires et les adhésines seront ainsi neutralisées.

— **L'absorption d'oligosaccharides complémentaires des lectines** : ces oligosaccharides, pourvu qu'ils arrivent intacts au siège de l'infection, occuperont la place des récepteurs de la membrane cellulaire, leurs structures étant analogues.

— **Les antibiotiques à dose très faible** (inférieure à la concentration qui inhibe la croissance de la bactérie) : certains antibiotiques entraînent *in vitro* une diminution du nombre de bactéries adhérant à leurs cellules-cibles habituelles. Cet effet pourrait s'expliquer par une inhibition de la synthèse des adhésines.

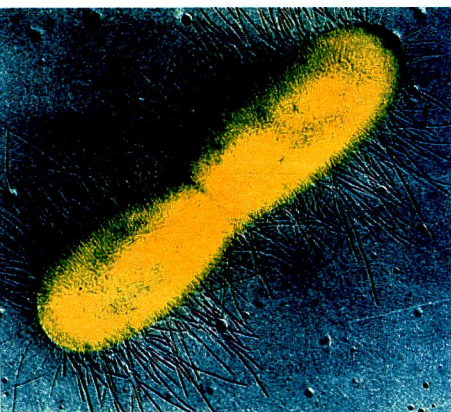
— **Le débousquement enzymatique** : on introduit des enzymes qui détruisent la structure des adhésines. Cette formule, toxique pour l'organisme vivant, peut convenir à la désinfection de surfaces inertes (piscines, équipement industriel et médical, etc.)





Mais cette observation des chercheurs britanniques a aussi une autre signification : elle laisse supposer que les points d'ancrage des "fimbriae K 88" sont différents de ceux des "fimbriae de type 1". Et en effet les K 88 ne sont pas sensibles au mannose (on dit qu'ils sont "mannose-résistants"). En conséquence, leurs points d'attache à la surface des cellules intestinales sont analogues à une autre molécule que le mannose.

Des biologistes anglais ont recherché la nature de cette molécule : ils pensent qu'il s'agit d'un oligosaccharide (c'est-à-dire une molécule composée de quelques sucres élémentaires : glucose, fucose, galactose, etc.) appartenant à la partie sucre



La microscopie électronique à technique d'ombrage permet de visualiser les poils (fimbriae) responsables de l'attachement des souches pathogènes d'*Escherichia coli* à leurs cellules-cibles.

(glyco-) d'un glycolipide de membrane.

Comment les "fimbriae", qu'ils soient du genre commun ou de l'espèce K 88, arrivent-ils à reconnaître leurs sites d'ancrage spécifiques, auxquels ils viennent s'arrimer par une liaison de type bouton-pression ? Grâce à des protéines qui font partie intégrante desdits "fimbriae" et qui ont la particularité de reconnaître les sucres avec lesquels elles peuvent se combiner. On appelle ce type de protéines des "lectines". Chaque lectine est plus ou moins spécifique d'un sucre, lui-même plus ou moins complexe et rare. Ainsi les "fimbriae de type 1" s'attachent aux molécules de mannose largement répandues à la surface de la plupart des cellules, tandis que les "fimbriae K 88" s'accrochent à un sucre moins commun qui n'existe que sur quelques types précis de cellules.

Ces premières découvertes sur la nature et le rôle des adhésines (on appelle "adhésines" ces substances — glycolipides, "fimbriae", etc. — qui permettent aux micro-organismes de s'attacher à un support vivant ou inerte) ont été suivies par bien d'autres qui toutes ont confirmé le rôle de l'adhésion dans les processus infectieux. Citons-en quelques-unes à seule fin de montrer la diversité

des recherches dans un domaine quasi inconnu du grand public.

- Poursuivant leurs travaux sur les "fimbriae K 88", les chercheurs en ont dépisté trois variantes (ab, ac et ad), auxquelles les porcs sont plus ou moins sensibles selon qu'ils possèdent ou non les récepteurs correspondants. Ainsi, une expérience menée l'année dernière au Laboratoire d'écologie microbienne de Jouy-en-Josas a révélé que les porcs chinois, qui avaient été importés par l'Institut national de la recherche agronomique pour leurs qualités d'élevage, étaient résistants aux colibacilles porteurs de "fimbriae K 88 ab".

- Plusieurs nouvelles adhésines ont été identifiées. Ce sont soit des "fimbriae mannose-résistants" comme les K 88, soit des lipides ou des lectines de surface, c'est-à-dire des molécules appartenant à la paroi bactérienne.

Des chercheurs hollandais, par exemple, ont découvert une nouvelle adhésine à la surface de colibacilles qui, bien que dépourvus de K 88, provoquaient eux aussi des diarrhées aiguës chez les porcelets. Cette adhésine a reçu le nom de 987 P, et l'on a cherché son récepteur sur les parois intestinales des animaux atteints. Ce site d'ancrage n'a été trouvé que l'an dernier : il s'agit encore une fois d'un oligo-saccharide, comprenant vraisemblablement du galactose et du fucose : en effet, si l'on introduit dans une culture de cellules intestinales de porcelet mélangées à des colibacilles à adhésine 987 P, des lectines complémentaires du galactose et du fucose, les colibacilles ne se fixent plus sur les cellules, les récepteurs de l'adhésine 987 P étant déjà occupés par les molécules surajoutées.

- Les phénomènes d'adhésion ne sont pas une exclusivité de la race porcine. Les jeunes veaux et les agneaux peuvent eux aussi être infestés par des *Escherichia coli* entérotoxigènes (ECET). On a d'ailleurs trouvé un "fimbriae" original, baptisé par la suite K 99, sur les ECET qui frappent ces animaux. A l'INRA de Theix (Puy-de-Dôme), M. Gouet, qui fait figure de pionnier en France pour tout ce qui concerne les germes infectieux des veaux et leurs adhésines, a même observé, concurremment avec une équipe de chercheurs hollandais, que l'intestin grêle des jeunes bovins, habituellement dépourvu de colibacilles, en était abondamment tapissé lorsque ces animaux étaient atteints de diarrhée et uniquement dans ce cas.

Des études plus poussées ont montré que les *Escherichia coli* porteurs de l'adhésine K 99 étaient capables de coloniser l'intestin grêle non seulement des bovins et des ovins, mais aussi des porcins. En revanche, la nature des récepteurs des "fimbriae" K 99 ne fait pas l'unanimité. Pour certains, ce serait un oligosaccharide appartenant à une glycoprotéine, pour d'autres une fraction de la chaîne sucrée d'un glycolipide.



Ajoutons que, au début des années 80, deux autres adhésines ont été découvertes dans les ECET des veaux : l'une a été dénommée F41, et la seconde, identifiée par M. Girardeau à l'INRA de Theix, a reçu le nom de FY. Cette dernière reconnaîtrait des récepteurs de type N-acétyl-glucosamine.

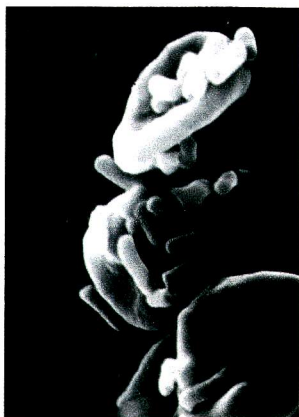
- De tout ce que nous venons de dire, il pourrait sembler que les adhésines sont l'apanage des colibacilles pathogènes de l'intestin, ce qui, naturellement, est faux. Il y a deux ans, des phénomènes d'adhésion ont été mis en évidence chez des *Escherichia coli* tenus pour responsables de certaines affections respiratoires du poulet. Voici comment. En 1984, Mme Dhô et M. Lafon, de l'INRA de Tours, s'étant penchés sur 59 souches de ces colibacilles, constatèrent que certaines d'entre elles étaient mortelles pour le poussin de un jour et d'autres pas. Ils procédèrent alors à des tests *in vitro*, mettant ces différentes souches en présence de cellules épithéliales prélevées sur des pharynx de poulet. Les résultats furent éloquentes : 64 % des souches mortelles pour le poussin de un jour avaient la propriété d'adhérer, contre 23 % seulement des souches non mortelles.

- Enfin, signalons que l'adhésion spécifique se rencontre également chez d'autres micro-organismes, les lactobacilles par exemple. Ainsi, si l'on prélève des souches de lactobacilles sur des animaux normaux et si on les administre à des animaux axéniques (dépourvus de tout germe), les bacilles en question ne se fixeront que sur des sites analogues à ceux dont ils sont issus : des lactobacilles pris sur l'épithélium gastro-intestinal d'un rat ne coloniseront que la muqueuse gastro-intestinale d'autres rats ; de même, des lactobacilles extraits du jabot d'un poulet n'adhéreront qu'à la paroi du jabot d'un autre poulet.

Le lecteur remarquera sûrement que toutes les expériences que nous avons évoquées jusqu'ici concernent exclusivement des animaux. A cela rien d'étonnant, puisque c'est d'abord à des fins vétérinaires qu'ont été menées les recherches sur l'adhésion bactérienne. Il faut dire que, dans le monde des animaux domestiques, la situation était devenue préoccupante. Dans les élevages, 10 à 30 % des nouveau-nés meurent de gastro-entérites bactériennes. Selon M. Vallet, responsable du groupe de santé de l'ITEB (Institut technique de l'élevage bovin), 40 % des veaux en sont actuellement atteints pendant leur premier mois de vie, et cette propor-

tion a même tendance à augmenter. C'est que, contrairement à l'enfant qui vient au monde avec des anticorps hérités du placenta maternel, les animaux naissent sans défenses immunitaires, et ne les acquièrent que vers le 21<sup>e</sup> jour. Si, au cours des trois premiers jours, le vitellus de l'œuf chez le poulet ou le premier lait de la mère (colostrum) chez le veau, arrivent à pallier provisoirement cette carence, entre le 4<sup>e</sup> et le 21<sup>e</sup> jour c'est le "trou immunitaire" total, que les agents pathogènes s'empres- sent de mettre à profit.

La médecine humaine ne s'est intéressée au phénomène de l'attachement que beaucoup plus tard, à la suite surtout des remarquables travaux



La nature des adhésines explique un phénomène connu depuis longtemps : l'agglutination des globules rouges (hématies) de certaines espèces animales par les bactéries *Escherichia coli*, agglutination inhibée en présence de certains sucres : les adhésines "accrochent" des récepteurs analogues sur les hématies agglutinées et sur les cellules épithéliales des muqueuses infectées. On se sert aujourd'hui de ce test pour classer les souches infectieuses en fonction de l'origine des hématies agglutinées (cobaye, poulet, homme, etc.) et de la nature du sucre capable d'inhiber cette agglutination (mannose, glucose, etc.).

menés par M. Gibbons, un chercheur du Forsyth Dental Center de Boston.

Ce spécialiste de la flore microbienne buccale a montré que, si différentes espèces de streptocoques se partageaient la cavité buccale (*Streptococcus salivarius* occupant les gencives et le dos de la langue ; *S. mitis*, la muqueuse ; *S. mutans* et *S. sanguis*, la surface des dents), c'est parce que chaque espèce adhère préférentiellement aux cellules de la "niche" qu'elle habitait.

Depuis, d'autres cas d'attachement sélectif ont été observés. Les streptocoques pyogènes, par exemple, qui sont à l'origine d'un grand nombre d'infections du nez, de la gorge et des oreilles, adhèrent surtout à la muqueuse rhinopharyngée. Les *Escherichia coli*, eux, colonisent plutôt les voies intestinales et urogénitales. Quant au *Candida*, un champignon responsable du muguet et des mycoses vaginales, ce ne sont pas les mêmes souches qui s'attachent à la muqueuse de la bouche et à celle du vagin.

D'autres germes sont spécifiques de l'espèce humaine : c'est le cas du gonocoque de la blennorragie, du vibron du choléra, etc.

Bientôt, dans les laboratoires hospitaliers, les

microbiologistes ont emboîté le pas, et les recherches sur les adhésines humaines ont pris un grand essor. Les investigations ont porté, entre autres, sur les ECET, ces fameux colibacilles qui sont responsables de diarrhées graves. Une première adhésine fut identifiée en 1975 sur des ECET provenant d'un malade diarrhéique de Dacca (Bangladesh), et une seconde en 1978 sur des colibacilles originaires du Mexique ; elles furent respectivement appelées CFAI et CFAII (*Colonization Factor Antigen*). Ces deux "fimbriae", qui sont impliqués dans les diarrhées infantiles des pays en voie de développement ou dans la célèbre "tourista" (la "diarrhée des voyageurs"), sont sensibles à l'acide N-acétylneuraminique, c'est-à-dire qu'ils s'accollent à un analogue de cette molécule.

En 1983, à la faculté de pharmacie de Clermont-Ferrand, M<sup>me</sup> Darfeuille-Michaud, de l'équipe du Pr Joly, a identifié un troisième "fimbriae CFA", adhérent uniquement aux cellules intestinales humaines ; et, tout dernièrement, une autre protéine de surface, baptisée "antigène 2230", sur des colibacilles provenant d'un patient diarrhéique du Sénégal.

Des adhésions spécifiques ont également été trouvées sur les *Escherichia coli* responsables des infections urinaires. La biologiste suédoise C. Svanborg-Eden, spécialiste mondiale de l'adhésion des *coli* urinaires, a identifié la plupart des "fimbriae" présents sur les souches les plus sévères (celles qui sont impliquées dans les pyélonéphrites aiguës). Détail intéressant : ils ont tous pour récepteurs des molécules analogues à la partie glucidique des glycolipides de membrane qui sont la "marque" du groupe sanguin P. D'où l'hypothèse — à vérifier — qu'il existe peut-être un terrain génétique propice aux infections urinaires.

Aujourd'hui, on s'intéresse plus particulièrement au déterminisme génétique des adhésines, c'est-à-dire à leur programmation par l'ADN bactérien et aux conditions qui permettent à la bactérie de les synthétiser. On a constaté, par exemple, en laboratoire, que, lorsque la température était inférieure à 20 °C, ou le milieu de culture trop riche, les bactéries habituellement adhérentes perdaient leur capacité à produire des adhésines<sup>(3)</sup>.

Pour mobiliser les énergies et coordonner les recherches, un groupe "Adhésion microbienne" s'est constitué en France en 1980, à l'initiative de M. Chabanon, responsable adjoint du laboratoire de bactériovirologie du CHU de Rangueil, à Toulouse. Ce groupe, qui a tenu sa troisième assemblée en novembre dernier, s'est récemment élargi à quelques industriels, signe que les recherches sur l'adhésion peuvent déboucher sur des applications économiquement intéressantes.

Il est de fait que la reconnaissance moléculaire des adhésines et de leurs récepteurs est susceptible d'avoir de nombreuses retombées dans le domaine thérapeutique. Actuellement, trois voies sont explorées qui visent toutes les trois à empêcher l'adhésion spécifique des bactéries pathogènes. Ce sont : — la vaccination avec des adhésines antigéniques ; — l'occupation des sites détecteurs (sur les bactéries) ou des sites récepteurs (sur les cellules) par des molécules complémentaires, ce qui a pour effet de contrarier l'adhésion des premiers sur les seconds ;

— l'administration de doses subinhibitrices d'antibiotiques (*dessin page 35*).

Voyons de plus près ces trois procédés. Le premier a déjà enregistré quelques succès dans le domaine vétérinaire. Il existe en effet des vaccins contre les infections provoquées chez les animaux nouveau-nés par les *Escherichia coli* entérotoxigènes (commercialisées en France par les laboratoires Intervet et Rhône-Mérieux).

Ces vaccins sont administrés aux vaches ou aux truies en fin de gestation. Les anticorps que ces animaux vont se mettre à fabriquer pour neutraliser ces corps étrangers, passeront dans leur colostrum (leur premier lait) ; ils seront absorbés par les nouveau-nés au moment où ceux-ci téteront leur mère.

Chez l'homme, une telle vaccination n'a pas encore été expérimentée, mais on fonde certains espoirs sur des recherches en cours concernant deux nouvelles adhésines identifiées au début de cette année.

La première, découverte par l'équipe de M. Guinet, à l'institut Pasteur de Lyon, est une lectine-adhésine du gonocoque blennorragique, différente de celles qui ont déjà été repérées. L'étude a révélé qu'elle avait une affinité marquée pour le maltose et le glucosamine et, surtout, qu'elle était très immunogène (c'est-à-dire qu'elle faisait produire beaucoup d'anticorps). D'où l'idée de l'utiliser pour un vaccin.

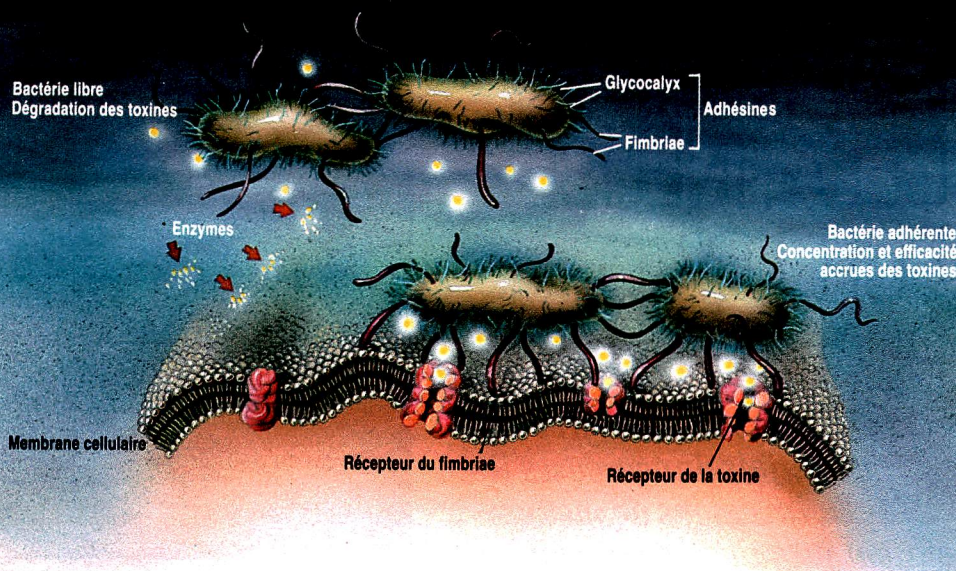
La seconde adhésine nouvellement identifiée est un composé protéique de la paroi du *Streptococcus mutans*. Elle a été isolée par M<sup>me</sup> Ogier, de la faculté de chirurgie dentaire de Strasbourg. Si elle apparaît capable de déclencher une production stable d'anticorps dans la bouche, elle pourra contribuer à la mise au point d'un vaccin préventif contre la carie dentaire.

Cela dit, le *Streptococcus mutans* n'est pas la seule bactérie cariogène, et il faudra encore bien des recherches avant que ne soit réalisé le vaccin anti-carie efficace à 100 %.

Venons-en maintenant au deuxième procédé évoqué plus haut, et qui consiste à bloquer les adhésines ou leurs sites récepteurs au moyen, soit d'oligosaccharides complémentaires des adhésines,

(3) Ainsi, un acide aminé très banal, la L-alanine inhibe la synthèse *in vitro* des "fimbriae K 99".





**L'adhérence favorise l'infection :** de nombreuses bactéries infectieuses sécrètent des toxines. Lorsque les bactéries sont libres, ces toxines peuvent être dégradées ou ne pas diffuser suffisamment pour atteindre leur cible. Lorsque les bactéries s'attachent à la muqueuse — des voies urinaires, digestives ou respiratoires — les toxines atteignent plus sûrement leurs récepteurs sur la membrane cellulaire ; elles pénètrent alors dans les cellules-sensibles, perturbant leur fonctionnement (excrétion abondante d'eau et d'ions aboutissant à la diarrhée, par exemple). (D'après le modèle proposé par Middeldorp et Witholt.)

soit de lectines complémentaires des récepteurs saccharidiques.

Une première application de ce procédé vient de voir le jour sous la forme d'un médicament vétérinaire : le "Bioglycan", produit par les laboratoires Virbac et commercialisé depuis janvier dernier. Naturellement, il est encore trop tôt pour juger de sa valeur ; tout ce que l'on peut dire, c'est qu'il s'est montré efficace contre les diarrhées à colibacilles des jeunes veaux lors de tests effectués dans différents élevages — ce qui lui a permis d'obtenir l'autorisation de mise sur le marché (AMM). Sa formule, mise au point à l'université de Limoges et à l'institut Bio-Limousin, est, en tout cas, la première du genre : c'est une "anti-adhésine" composée d'un mélange d'oligosaccharides extraits de globules rouges de bovins. Il est fabriqué dans l'usine de la société limousine Silab, qui valorise depuis octobre 1985 une matière première abondante dans la région : le sang des abattoirs.

Les promoteurs du "Bioglycan" ne comptent pas s'arrêter en si bon chemin. Pour eux, ce médicament n'est que le premier d'une longue série. Tout comme la pénicilline a ouvert l'ère des antibiotiques, le "Bioglycan" inaugurerait l'ère des anti-adhésines, toutes contruites sur le même modèle (un mélange d'oligosaccharides), mais adaptées chacune à un type particulier d'adhésion pathogène. Il pourrait ainsi y avoir autant d'anti-adhésines qu'il y a de germes infectieux chez l'animal et chez l'homme.

Ce pari sur les anti-adhésines oligosaccharidi-

ques n'est pas une exclusivité française. Une firme suédoise, Bio-Carb, s'est lancée elle aussi dans ce "créneau", dont les perspectives sont, semble-t-il, prometteuses, puisque le marché mondial est estimé à 40 milliards de francs pour le seul secteur vétérinaire.

Le troisième procédé de lutte antibactérienne actuellement à l'étude est, lui, plus inattendu. En effet l'inhibition de l'adhésion par administration de doses subinhibitrices d'antibiotiques remet en question la définition même desdits antibiotiques. Dans la pratique courante, quand un médecin prescrit une certaine dose d'antibiotiques, c'est généralement pour tuer les micro-organismes pathogènes (il s'agit alors d'une dose supérieure à la concentration minimale bactéricide ou CMB) ou, au minimum, pour empêcher leur prolifération (il s'agit dans ce cas de dose supérieure à la concentration minimale inhibitrice ou CMI). Or, on a observé en laboratoire qu'une inhibition de l'adhésion d'*Escherichia coli* responsables d'infection des voies urinaires était obtenue avec des doses mille fois plus faibles (de l'ordre du nanogramme) que la CMI de la péfloxacin, le dernier en date des antibiotiques élaborés par Rhône-Poulenc pour guérir ce type de maladie. Par quel mécanisme les antibiotiques administrés à si petites doses agissent-ils sur l'adhésion ? on ne le sait pas encore. Et l'on se demande même aujourd'hui si les traitements chocs pratiqués contre la blennorragie, par exemple, et consistant à faire prendre au patient en une seule fois une très grande quantité d'antibio-



# LA MARÉE GÉLATINEUSE SUR LES PLAGES

*Toujours désagréables et parfois dangereuses les invasions de méduses étaient jusqu'ici imprévisibles.*

*En décembre et avril, la soucoupe Cyana a plongé huit fois pour ramener des spécimens intacts. Le mystère de leurs migrations sera bientôt percé.*



**G**are aux méduses ! L'alerte est lancée sur la plage. Les mères précautionneuses interdisent la baignade à leurs enfants. Nombre de vacanciers plongent pourtant dans les vagues où nagent des ombrelles gélatineuses aux filaments urticants. Sentiment délicieux de braver un péril qu'on suppose sans réelle gravité. Quelques-uns regagneront le bord avec des brûlures dont ils garderont la marque durant une bonne semaine sinon plus. Assez pour gâter des vacances.

Les débarquements de méduses sont imprévisibles. Des années s'écoulent sans qu'on voie un seul de ces animaux. Puis, sans qu'on sache pourquoi, ils reviennent à l'offensive.

Il y a trois ans, les pays riverains de la Méditerranée ont coordonné leurs recherches, dans le cadre d'un plan soutenu par l'Unesco, pour percer le mystère des pullulations de *Pelagia noctiluca* (*photo ci-dessus*), une espèce qui doit son nom à sa luminescence nocturne, et dont les piqûres sont assez virulentes pour provoquer des troubles allant jusqu'à la syncope. En France, les recherches sont menées à la station zoologique de Villefranche-sur-Mer, près de Nice, où depuis un siècle déjà on accumule des observations. Ces recherches bénéficient de conditions particulièrement favorables : l'hydrologie du golfe de Gênes, est bien connue, et de plus, juste devant la rade s'ouvre un canyon, dans lequel les organismes sont piégés - leur apparition en surface étant peut-être liée à des remontées locales des eaux profondes.

Ainsi, dans la période récente, les prélèvements de plancton effectués en "mer Ligure" ont conduit à préciser la répartition des méduses adultes et des larves ; celles-ci se concentrent dans la zone côtière et seulement durant l'été.

Mais en décembre 1985, puis en avril de cette année, la station de Villefranche a disposé de la soucoupe plongeante Cyana, engin exceptionnel pour les observations directes de plancton. Les données recueillies ont montré qu'on avait jusqu'ici sous-estimé la masse des organismes gélatineux présents dans les eaux marines.

« Jusqu'à présent, nous explique Jacqueline Goy, maître de conférences d'ichtyologie au Muséum national d'histoire naturelle, qui a elle-même pris part aux plongées de Cyana, on capturait ces organismes au chalut pélagique. Or les méduses ont des récepteurs sensoriels qui perçoivent très finement les ondes engendrées par l'approche du filet. Elles se sauvent donc, et celles qu'on capture ne représentent qu'une fraction de ce qui se trouvait réellement dans le volume d'eau exploré. En outre, contrairement à certains mollusques, crustacés ou autres animaux protégés par leur coquille ou leur carapace, le plancton gélatineux, lui, est sérieusement endommagé. Quand on met une méduse dans le cristallisateur, elle est plus ou moins mutilée, il lui manque même des organes, on ne peut plus étudier son comportement, son métabolisme. Depuis 1981, nous avons, en plus du chalut, un outillage plus sophistiqué, une sorte de filet-pompe qui aspire de l'eau toutes les cinq minutes, de façon continue.



Cette eau est ensuite filtrée et le plancton intact réparti dans une grande quantité de flacons. »

Quant aux plongées effectuées par le Cyana : « Nous avons effectué huit plongées, depuis la surface jusque vers mille mètres de profondeur, quatre pendant le jour et quatre durant la nuit, selon une radiale coupant le front liguro-provençal qui sépare les eaux du système côtier des eaux du large. Ces dernières, qu'on pourrait appeler les eaux centrales, sont chargées de sels nutritifs. Au contact des eaux périphériques, ces sels précipitent en microflocs, qui alimentent le phytoplancton, c'est-à-dire les organismes végétaux marins. Les herbivores du zooplancton viennent brouter ces noyaux de phytoplancton, après quoi ils servent à leur tour de proie aux carnivores, telles les méduses, qui se situent donc à l'extrémité de la chaîne alimentaire. »

C'est dans cette zone d'eutrophisation — ainsi appelle-t-on la surcharge des eaux en substances nutritives — que se trouve naturellement la plus forte concentration en plancton végétal et animal, et qu'on observe souvent les essais de pélagies.

Mais cela n'explique pas que les pélagies soient beaucoup plus nombreuses à certaines époques. Les corrélations les plus évidentes concernent les grandes variations climatiques. Ainsi grâce aux inventaires du British Museum et du Muséum national d'histoire naturelle de Paris, on a établi une chronologie qui, sans être exhaustive, est étalée sur deux siècles : elle met en évidence une périodicité frappante entre les années à méduses et les plus fortes oscillations d'El Niño, ce courant océanique péruvien.

Les archives de Villefranche sont à une autre échelle. Entre 1898 et 1903, l'équipe du Pr A. Korotne de l'université de Kiev — la station était alors subventionnée par le ministère de la Marine russe — avait procédé à des comptages journaliers de 50 espèces de zooplancton avec indication des températures de l'eau. Le dépouillement montre que les années à méduses sont aussi celles où l'écart entre la température hivernale et la température estivale au large de Villefranche n'atteint pas 13°. De 1905 à 1907, l'écart atteint 13° : on a des années sans méduses. De 1908 à 1911, cet écart ne dépasse pas 11,5° : les pélagies envahissent la rade.

Par ailleurs, on observe une périodicité : pendant quatre ou cinq ans il y a beaucoup de méduses ; elles se raréfient ensuite ou disparaissent pour une durée presque égale, avant de réapparaître.

Mais, constater une corrélation n'est pas nécessairement trouver une explication. Et une donnée importante est ici apportée par l'analyse statistique des variations météorologiques locales à Nice et à Gênes : les années à méduses sont toujours précédées par des années à faible pluviosité. Or il existe une opposition entre les années à pélagies et les

années d'abondance d'un autre organisme proche des méduses, *Leucothea multicornis*. Ce qui veut dire qu'il y a probablement des différences dans leur choix de nourriture. Il se peut que ces différences soit liées à des changements d'aiguillage dans le cours de la chaîne alimentaire, selon que la photosynthèse du phytoplancton est intense (années de fort ensoleillement) ou moins importante (années pluvieuses).

Mais si les paramètres hydrologiques et climatiques des pullulations de méduses sont bien connus, on n'a qu'une connaissance incomplète de leur physiologie et de celle d'autres espèces de zooplancton, qui entrent dans le même écosystème. Pour ne prendre qu'un exemple, on n'a pas encore de réponse décisive à la question : que deviennent les méduses dans les années sans méduses ? Alors que d'autres espèces de cnidaires (!) connaissent, au cours de leur développement à partir de l'œuf, des stades où elles sont fixées sur un rocher à la manière d'un polype, la pélagie ne connaît pas de stade fixé. Existerait-il des formes de dormance ? Autre question, celles des causes de la ségrégation des larves et des adultes de part et d'autre du front liguro-provençal (ou d'autres structures hydrologiques analogues).

On voit donc l'intérêt, pour les chercheurs, d'étudier ces animaux en laboratoire, bien vivants et bien entiers. Ainsi l'élevage complet de la pélagie permet d'évaluer, à diverses températures, les paramètres de sa croissance et de sa reproduction ; on en déduira le nombre des générations possibles par an et une meilleure connaissance des conditions qui les engendrent. Un ordinateur surveille en permanence les méduses captives, reconnaît les œufs, les larves, leurs métamorphoses et la durée de chaque phase.

Les invasions estivales sur les plages se produisent évidemment durant les années à méduses, lorsque ces cnidaires pullulent en essaims dans les zones hydrologiques qui leur sont favorables plus ou moins loin des côtes. Mais pour qu'ils viennent s'échouer sur les rivages, il faut en plus un concours de circonstances locales dans la force et la direction des vents et des courants. La possibilité que la pullulation atteigne la côte dépend de la météorologie locale. « La prévision des années où les méduses fleurissent (comme disent les Anglo-Saxons qui ne parlent pas de pullulation, mais de *bloom*, floraison) est pour bientôt » dit Jacqueline Goy. Et les M. Météo, après nous avoir conseillé ou non de nous munir d'un parapluie, ajouteront peut-être : « attention, demain après-midi, sur telle plage, possibilité de méduses ».

**Michel Rouzé**

(1) Embranchement de métazoaires dont font partie les méduses, et qui se caractérise notamment par la présence de cellules venimeuses.

# POURQUOI PLEUT-IL DES ÉTOILES FILANTES ?

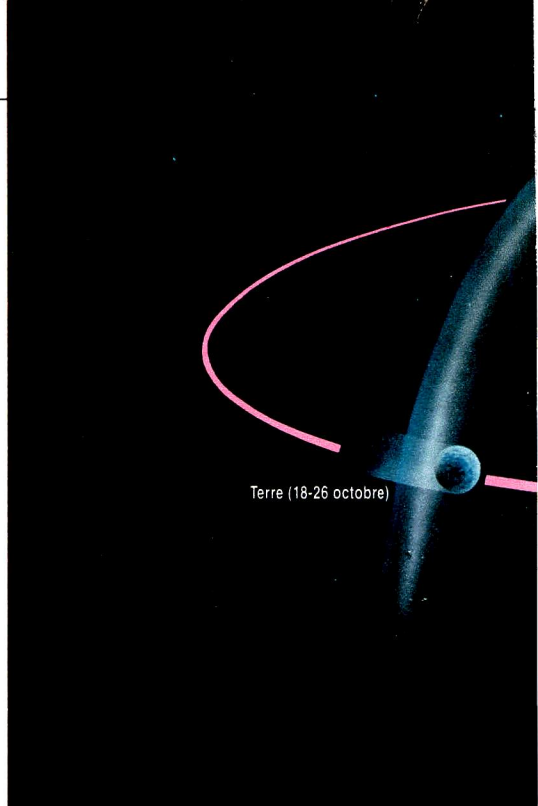
*Ces averses d'étincelles  
pour la plupart périodiques  
sont en fait des  
miettes de comètes.  
On en prévoit de belles  
pour octobre.*

**E**ntre comète et étoile filante, beaucoup ne font pas la différence. Pourtant le lien de parenté est mince : la première est un corps céleste à part entière, tandis que la seconde n'est qu'une poussière, un débris d'astre plus noble.

A l'instar des planètes, qui obéissent aux lois de la mécanique céleste, la comète se promène sur une orbite plus ou moins excentrique autour du Soleil. C'est une boule de neige sale. D'après les récents résultats de la sonde européenne *Giotto*, qui a rasé la célèbre Halley de très près le 13 mars 1986, cette boule est recouverte d'une bonne couche de sable et de cailloux pris dans la glace.

Chaque fois qu'une comète s'approche du Soleil, elle fond, sa tête gonfle et il lui pousse deux queues, une grande et une petite. Réactions qui s'expliquent aisément : à l'approche de la source chaude, les constituants des couches superficielles se volatilisent et s'excitent. Les gaz s'échappent, entraînant avec eux les poussières. Une enveloppe lumineuse sphérique se forme, qui peut s'étendre sur plus de cent mille kilomètres. Le vent solaire, jet de matière diffusé en permanence par le Soleil, souffle sur cette tête gonflée, lui arrachant des essaims de particules et des grains de poussière et les repoussant violemment.

Les particules dessinent une grande queue rectiligne qui flotte sur plusieurs centaines de millions de kilomètres. Les poussières, très sensibles à la pression du rayonnement, forment une queue incur-



Lorsque la Terre croisera le "tube" de Halley, réapprovisionnement

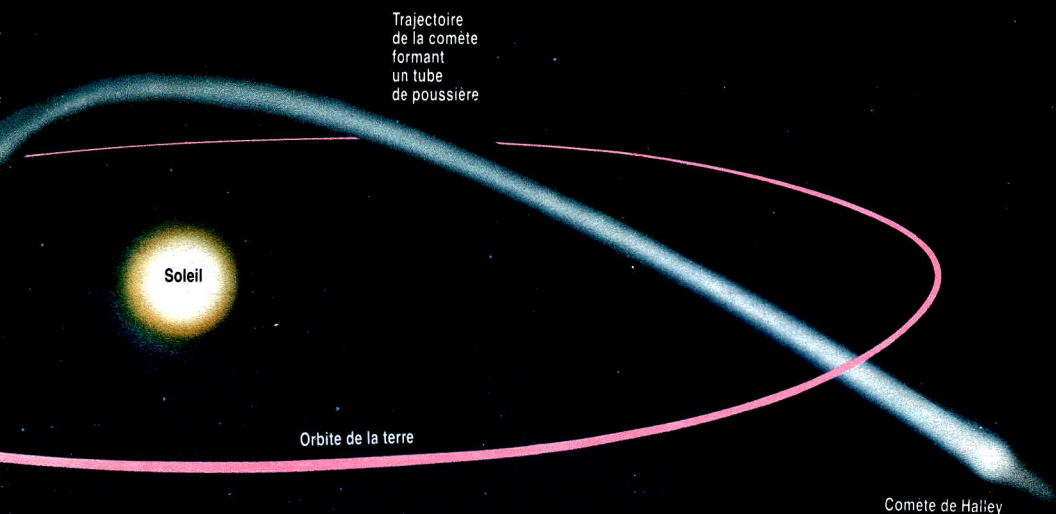
vée beaucoup plus discrète. Pendant de nombreuses nuits, la comète étale fièrement ses deux queues dans le ciel. D'une nuit sur l'autre elle change légèrement de position. Elle avance sur son orbite et nous observons son mouvement propre.

Lorsqu'elle quitte le voisinage du Soleil, la comète reprend peu à peu son train ordinaire : ses queues s'estompent, sa tête rapetisse et redevient une boule de neige sale. Elle repart pour longtemps aux confins du système solaire.

L'étoile filante est beaucoup plus éphémère. Généralement, elle traverse le ciel en quelques fractions de seconde. C'est un petit caillou extraterrestre qui tombe dans notre atmosphère, s'enflamme à son contact et se consume, laissant sur son passage une traînée lumineuse.

Parfois, des fragments rocheux plus gros se détachent de la ceinture des astéroïdes situés entre Mars et Jupiter et qui regroupe des milliers de petits corps célestes, gros de quelques millimètres à quelques centaines de kilomètres de diamètre. Quittant le troupeau, ces fragments mènent une existence vagabonde ; il arrive qu'ils rencontrent la Terre. S'ils pèsent plus d'un kilo, ils survivent à la traversée de l'atmosphère. Après avoir brûlé près des 4/5 de leur masse, ils tombent au sol. Deux à dix de ces grosses météorites arrivent chaque jour sur notre globe. Leur cure d'amaigrissement dans la haute atmosphère est spectaculaire. Elle se traduit par une intense traînée lumineuse dans le ciel.





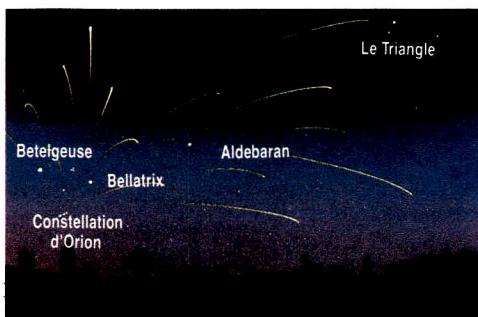
en poussière après le récent passage de la comète près du Soleil, la pluie d'étoiles filantes sera particulièrement fournie.

Des étoiles filantes, on en voit toute l'année. Cependant, certains mois elles sont plus nombreuses. Tous les ans, fin juin-début août, fin octobre et courant décembre, il y en a des "pluies".

Toutes les étincelles semblent issues d'une même constellation, dont elles portent le nom : en juin, on les appelle les bêta-Taurides (de la constellation du Taureau), en août, les Perséides (Persée), en octobre les Orionides (Orion) et en décembre les Géménides (Gémeaux).

Les saisons de ces pluies correspondent au passage de la Terre dans des essaims de poussières. Ceux-ci se trouvent pour la plupart sur la trajectoire de comètes connues. On pense que se sont elles qui les laissent dans leurs sillages. Les modifications des comètes à l'approche du Soleil expliquent d'ailleurs ces traînées : des fragments arrachés, évoqués plus haut, les plus petits, se dispersent définitivement dans l'espace interplanétaire ; les plus gros, de taille supérieure à quelques micromètres, restent proches de la comète et finissent par constituer un "tube" autour de la trajectoire du noyau cométaire. Lorsque la comète revient près du Soleil, à chaque passage, elle perd de la matière et repeuple son essaim.

Certaines comètes très assidues, comme Giacobini-Zinner, reviennent tous les 6 ans. D'autres, comme Halley, tous les 76 ans. D'autres encore préfèrent espacer leurs visites de 120 ou même 2 000 ans. Il faut dire que le Soleil fait vieillir



Dans le ciel d'octobre, les étoiles filantes attendues sembleront venir de la constellation d'Orion. D'où leur nom d'Orionides.

les comètes. Après quelques expositions, vidées d'une grande partie de leur matière, n'ayant plus de quoi alimenter leur splendide chevelure, elles deviennent chauves. Encke, par exemple, pour avoir trop souvent pris le Soleil au rythme très court de 3,3 ans, est une comète prématurément vieillie. Complètement usée, elle n'est plus que l'ombre d'elle-même, c'est-à-dire une petite boule de glace sale. Mais Encke peut être fière. C'est elle qui est responsable de la pluie des bêta-Taurides du 24 juin au 6 juillet.

Giacobini-Zinner, elle, est encore très jeune ; elle n'a pas rempli la totalité de son "tuyau". Ses poussières, plus ou moins suspendues à son noyau, ne

cèdent guère d'étoiles filantes que lorsque la Terre coupe l'orbite de la jeune comète tout de suite après son passage. Giacobini-Zinner ne déclenche la petite averse des Giacobinides que lorsqu'elle vient se réchauffer au Soleil, tous les 6 ans.

C'est chaque année, en revanche, que la comète Swift-Tuttle donne un festival, les "Perséides", du 25 juillet au 17 août. Pourtant, elle, on ne la voit pas. Guère coutumière du Soleil, elle ne revient dans son voisinage que tous les 120 ans. Néanmoins, elle laisse suffisamment de poussières derrière elle pour alimenter son grand spectacle estival durant ses longues absences. Les Géminides tombent aussi tous les ans, à la même époque. On les capte en radio pendant une bonne semaine, entre le 7 et le 15 décembre. Dans le visible, leur pluie dure un peu moins longtemps et son intensité varie très peu d'une année sur l'autre, ce

qui prouve que l'essaim de poussières a au moins 500 ans. Mais le plus curieux, c'est que la comète responsable garde l'anonymat ; en suivant le dessin des grains de poussière, les astronomes ont quand même réussi à retracer son orbite. La belle a une courte période ; elle reviendrait nous voir souvent. Récemment, le satellite IRAS (Infrared Astronomical Satellite) a découvert l'Astéroïde 3200, dont l'orbite coïncide pratiquement avec celle de l'essaim de poussières. Aujourd'hui, on se demande si ce ne serait pas, par hasard, le noyau de la comète des Géminides, complètement rabougri par ses fréquents passages au Soleil. Une autre hypothèse est que la comète a subi un accident et que sous le choc elle a été recouverte d'une épaisse couche de poussière qui la fait ressembler à un astéroïde.

La comète de Halley, elle, a commencé à faire parler d'elle en 240 av. J.C. Depuis, elle défraie la chronique à tous ses passages (voir *Science & Vie* n° 816, septembre 1985). Mais on ne revient pas impunément dans la banlieue solaire

pendant des millénaires. A force de passer et repasser, elle a laissé de sa matière. Notre planète traverse même son essaim de poussières deux fois par an. Une première fois du 1 au 8 juin, une autre du 18 au 26 octobre. En juin, la Terre reste au bord de l'essaim et ne ramasse que très peu de poussières. Mais en octobre, elle s'approche très près du centre du "tube" et la poussière emplît notre atmosphère, ce qui provoque la pluie des Orionides.

Or, en février dernier, Halley est passée au voisinage du Soleil. Cette fois encore, échauffée, ne se maîtrisant plus gravitationnellement, elle a perdu beaucoup de poussières. C'est en tout cas ce qu'avancent de nombreux astronomes. Aussi annoncent-ils une véritable averse d'étoiles filantes pour la mi-octobre, date à laquelle, comme on l'a vu, la Terre traverse chaque année l'essaim de Halley.

Les pronostics pessimistes donnent plus de mille étoiles filantes à l'heure, comme en 1966, lors de la grande averse des Léonides ; les plus optimistes prévoient jusqu'à plusieurs étoiles filantes à la seconde comme dans les années 1930, lorsque notre planète a coupé le sillage d'une comète très peu de temps après son passage près du Soleil.

D'autres astronomes contestent ces prévisions. D'après eux, Halley aura gardé la plupart de ses grosses poussières avec elle. Seules les très fines seront restées dans son sillage, se dispersant très vite dans l'espace interplanétaire. Aussi lorsque la Terre crociera le "tube" de la comète, plusieurs mois après le passage de celle-ci, il ne devrait rester que les grains habituels. La pluie d'étoiles filantes serait donc à peine différente de celles des autres années.

Averse spectaculaire ou petite pluie fine ? Les paris sont ouverts. Pour connaître les gagnants, nous invitons nos lecteurs (**voir encadré**) à contempler le ciel du 18 au 26 octobre, au Sahara.

Anna Alter

#### VOYAGE ET CONCOURS PHOTO FNAC - ENCYCLOPÆDIA UNIVERSALIS SCIENCE & VIE

Le meilleur endroit pour observer les étoiles, c'est le désert : la nuit, en bivouac, l'atmosphère très pure n'est qu'exceptionnellement troublée par des nuages. Et si les étoiles filantes ne viennent pas toutes au rendez-vous de vos vœux, il restera une superbe voûte céleste à observer et à photographier. Avec les commentaires d'Anna Alter, astrophysicienne, notre collaboratrice. Et le jour, nous l'occuperons à découvrir le Sahara.

Nous avons donc choisi un itinéraire conçu pour donner, en peu de temps, une vision assez complète des différents paysages sahariens : montagnes volcaniques du Hoggar (massif de l'Assekrem), oueds et canyons encaissés de Houf à Haket, dunes et pitons de grès rouge de Tagrera.

Une semaine depuis Paris, deuxième quinzaine d'octobre, environ 8 500 F.

Les 5 participants qui auront réalisé les meilleures photos du ciel recevront la nouvelle édition du Grand Atlas de l'Astronomie que l'Encyclopædia Universalis publiera au mois de septembre et qui contiendra les dernières informations glanées par les sondes spatiales sur Vénus, Uranus et la comète de Halley ainsi que des centaines de photos, de cartes et de dessins qui entraîneront le secteur aux confins du cosmos.

#### Informations et réservations.

- FNAC Voyages, Forum des Halles, niveau 3, porte Lescot, 75001 Paris, tél. (1) 42 21 42 78.
- FNAC Voyages, Montparnasse, 136 rue de Rennes, 75006 Paris, tél. (1) 42 22 19 55.

#### Réservations par correspondance.

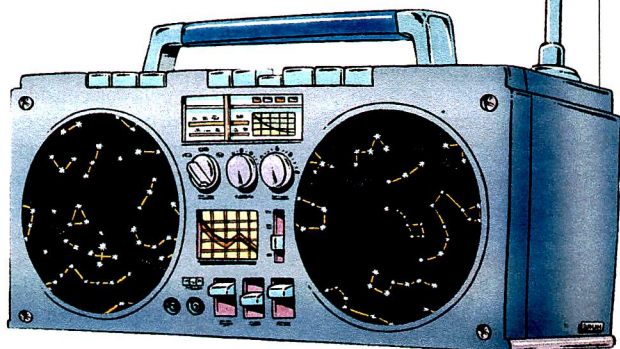
FNAC Voyages, 6 boulevard de Sébastopol, 75004 Paris, tél. (1) 42 71 31 25.



# CAPTERONS-NOUS UN JOUR RADIO-EXTRATERRESTRE ?

*La recherche de signaux  
radio-électriques en  
provenance d'une  
planète lointaine réveille  
le rêve ancestral  
d'une solitude brisée.  
Mais l'établissement*

*d'une telle liaison demanderait beaucoup  
de chance. Par un examen détaillé, Science & Vie en  
montre l'improbabilité et les conditions qui la  
rendraient possible.*



**L'**article du numéro 825 de *Science & Vie* consacré à l'hypothèse extraterrestre appelle un examen attentif des conditions dans lesquelles une liaison radio pourrait être établie entre une éventuelle civilisation extraterrestre et la nôtre.

Les nombreuses tentatives pour traquer le signal extraterrestre tant espéré se fondent sur deux préjugés discutables : 1 que le signal arrivera précisément au moment où nous écoutons; et 2 que nos récepteurs seront assez sensibles pour le détecter. Pour sortir du préjugé, on proposera une approche plus technique de ces deux problèmes.

A un siècle de nous, la civilisation avait déjà produit le train et la démocratie. *La guerre et la paix* ainsi que *Don Giovanni* brillaient au firmament de la création humaine. Mais cette société

évoluée n'avait pas inventé la radio. Du point de vue de l'hypothèse extraterrestre, elle n'existait pas. Nous ne sondons « le silence éternel de ces espaces infinis » que depuis dix ou vingt ans. Or dix années comparées à la durée de l'Univers représentent le même rapport que 58 millièmes de seconde comparés à une journée. La durée de notre recherche est encore ridiculement courte et il faudrait une incroyable chance pour que l'hypothétique message arrive à cet instant précis alors qu'il aurait pu glisser sur des dinosaures impassibles il y a dix minutes (100 millions d'années correspondent à dix minutes dans notre comparaison entre une journée et la durée de l'Univers).

Nous ne savons rien de la durée de vie d'une civilisation ayant atteint le seuil technologique de la connaissance de la radio. Selon l'hypothèse de l'astrophysicien Hubert Reeves, une telle civilisation découvre la bombe atomique et s'autodétruit en quelques millénaires. Quelle que soit la conjecture retenue, elle est hasardeuse devant notre ignorance. Mais si Hubert Reeves a vu juste, la réception d'un message extraterrestre relèverait d'une coïncidence temporelle improbable. Dans dix mille ans

(\*) La Cité des sciences et de l'industrie de La Villette, les éditions Autrement et la revue *Phosphore* lancent un concours "Envoyer un message aux extraterrestres", entre le 21 mai et le 21 septembre inclus. Votre message doit être compréhensible de tous. Proposez également un moyen astucieux de le faire parvenir. Envoyez vos réponses à l'adresse suivante : Concours "message aux extraterrestres", Autrement, 4 rue d'Enghien, 75010 Paris. 1<sup>er</sup> prix : un voyage au Sahara organisé par la Fnac et *Science & Vie* (voir page 44)

nous aurons une expérience plus fondée de la longévité des civilisations à haut potentiel technologique. Nous nous proposons d'en reparler dans le numéro 120826 de *Science & Vie* !

Mais en avant première et dès ce numéro 826 on peut se pencher sur le deuxième point douteux qui est généralement passé sous silence par les spécialistes des recherches de signaux extraterrestres : celui du bilan de puissance. Michel Rouzé nous dit dans son article (*Science & Vie*, numéro 825) qu'une émission de 1 000 kilowatts à 3 000 années-lumière pourrait être captée depuis la Terre. Une telle affirmation paraît, disons... optimiste.

Pour comprendre comment peuvent s'établir des bilans de liaison, il faut savoir, au-delà des considérations techniques, que les radiocommunications subissent un principe limitatif absolument incontournable. On pourrait croire à première vue que les amplificateurs compensent sans difficulté la faible puissance des signaux émis. Dans un tel cas, n'importe quelle liaison serait possible sans investissement dans des émetteurs puissants et de grandes antennes. En réalité, un amplificateur de réception n'exerce pas de discrimination entre les signaux qu'il amplifie. Il traite avec une égalité républicaine le signal utile et les parasites indésirables. Le rapport de puissance entre le signal utile et les parasites ne sera jamais amélioré par un amplificateur ; c'est pourtant lui qui conditionne la qualité de la réception. Chacun peut faire une expérience similaire avec un vieux disque qui grésille. Le fait de monter le son, d'augmenter le gain de l'amplificateur, n'améliore pas l'audition car on amplifie le grésillement avec la musique.

Il convient donc d'éviter au maximum de recevoir des parasites. Malheureusement, l'Univers est

baigné dans un bruit de fond, si omniprésent qu'il est rigoureusement impossible de ne pas le recevoir. Une antenne pointée sur le ciel le plus noir recevra encore ce rayonnement diffus et aléatoire qui ne serait, dit-on, rien d'autre que le reliquat du big-bang dont notre Univers est issu. On sait parfaitement calculer la puissance de ce parasite minimal et c'est à elle que l'on comparera la puissance d'un éventuel signal extraterrestre.

La puissance du parasite lié au bruit de fond de l'Univers ne dépend que de la "largeur de bande" du filtre d'entrée du récepteur, c'est-à-dire la "fenêtre" de fréquence dans laquelle on choisit de recevoir. Il convient de caler émission et réception dans la même "fenêtre" faute de quoi la liaison est impossible. Dans l'ignorance complète où nous sommes de la fréquence émise, on a choisi la longueur d'onde de 21 centimètres, raie d'émission de l'hydrogène. Une largeur de bande extrêmement fine ne permet de recevoir qu'une onde d'une seule fréquence qui ne contient aucune information. Plus large est la bande passante, plus l'information transmise peut être riche, mais plus la puissance des parasites s'en trouve augmentée. La théorie des télécommunications s'apparente à celle de l'économie politique, rien n'y est gratuit.

Pour le calcul de comparaison entre signal utile et parasite présenté dans **le tableau ci-dessous**, nous avons fait des hypothèses de largeur de bande de 1 herz (une information par seconde) à 10 kilohertz (10 000 informations par seconde). Ces largeurs de bandes, ces "fenêtres", sont très très étroites et n'assurent pas que la réception sera possible même si l'on a choisi la bonne fréquence car l'effet Doppler, ce décalage de fréquence lié à la vitesse de déplacement de l'émetteur et/ou du

récepteur — décalage dont on se sert pour piéger les automobilistes trop pressés —, pourrait très facilement faire dériver la fréquence émise. En élargissant la fenêtre, on augmente la probabilité d'un bon calage en fréquence, mais on augmente en même temps les réceptions de parasites. Ce problème de réception prend l'allure d'un cercle vicieux ou pire, d'un conte moral.

Le but de notre calcul est de comparer une éventuelle puissance reçue à celle du parasite minimal précédemment évoqué. Un tel calcul suppose un certain nombre d'hypothèses dont les justifications ne doivent pas masquer l'inévitable part d'arbitraire.

La puissance reçue à une extrémité dépend de la puissance émise par l'autre, des dimensions des an-

## À CHAQUE HYPOTHÈSE SES PARASITES

CARACTÉRISTIQUES DU MATÉRIEL	CAS 1 (cas limite)	CAS 2 (cas optimiste)	CAS 3 (cas standard)
Diamètre antennes (mètres)	300	20	20
Distance (années-lumière)	3	20	1 000
Largeur de bandes (hertz)	1	100	10 000
Puissance émise (watts)	1 000 000	10 000	10 000
Rapport signal/parasite	850 000 Bonne réception	1/2 600 Réception noyée dans les parasites	1/6 600 000 000 Sans espoir
<p><b>Mode de calcul :</b></p> <p><b>Parasite</b> (en watts) = <math>K \cdot T \cdot \Delta f</math> avec <math>K = 1,38 \times 10^{-23}</math> <math>T = 3^\circ</math> Kelvin <math>\Delta f</math> largeur de bande</p> <p><math>G_e G_r</math> = Gain des antennes émission et réception <math>\lambda</math> = longueur d'onde en mètre = 0,21 <math>d</math> = distance en mètres <math>\pi = 3,14</math></p> <p><b>Preuve</b> (en watts) = <math>P_{\text{émise}} \times \frac{G_e G_r \lambda^2}{16 \pi^2 d^2}</math> avec <math>P_{\text{émise}}</math> = Puissance émise en watts</p> <p><b>Gain d'une antenne</b> = <math>\frac{4\pi s}{\lambda^2} \times r</math> avec <math>s</math> = surface de l'antenne en <math>m^2</math> <math>r</math> = rendement = 0,5</p>			



tennes et de leurs rendements. Naturellement nous ne savons rien des conditions d'émission chez les éventuels extraterrestres. Nous allons donc faire une hypothèse correspondant à des performances un peu supérieures à nos possibilités actuelles, puis nous verrons que des hypothèses plus optimistes ne changent pas radicalement les conclusions.

### Trois cas sont examinés :

- Cas 1 ou cas limite : c'est le cas où toutes les hypothèses sont les plus favorables. Un tel cas est aujourd'hui irréaliste mais plus tard... si jamais nos voisins n'étaient pas trop loin...

- Cas 2 ou cas optimiste : les hypothèses sont plutôt favorables, leur heureuse conjonction n'est pas exclue.

- Cas 3 ou cas standard : c'est le cas moyen qui, compte tenu de nos connaissances actuelles, semble le plus probable.

### Les hypothèses sont les suivantes :

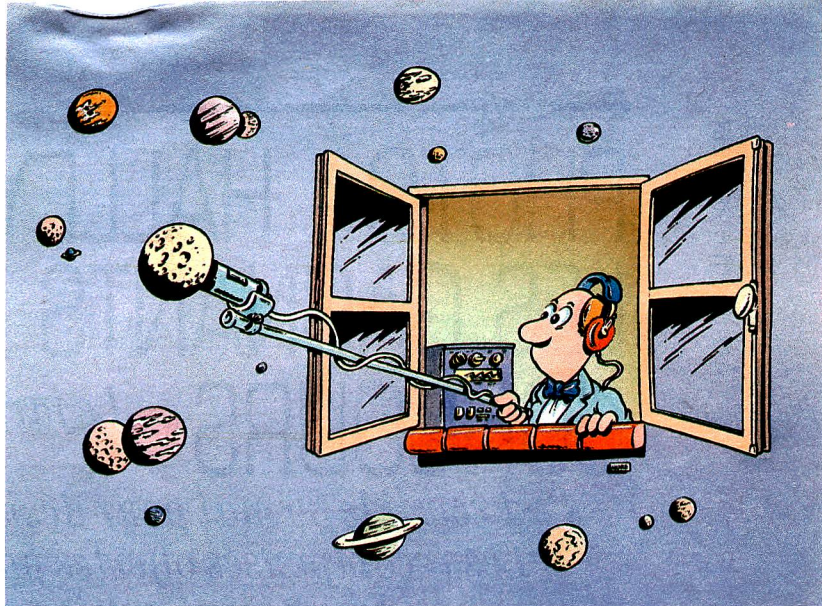
- Antennes : de 300 mètres de diamètre (cas 1) à 20 mètres (cas 2 et 3). La plus grande antenne sur terre mesure 300 mètres de diamètre (Arecibo). Mais il ne faut pas oublier qu'agrandir l'antenne réduit l'angle dans lequel elle vise et diminue d'autant la probabilité d'émettre et de recevoir dans la bonne direction. Supposer une liaison par d'immenses antennes n'a d'intérêt que si nos correspondants savent qu'il faut viser le soleil et que nous savons devoir viser leur étoile.

- Émetteurs : de un million de watts (cas 1) à 10 000 watts (cas 3). Cette hypothèse est la plus arbitraire car nous ne savons rien à ce sujet.

- Distances : de 3 années-lumière (cas 1, il s'agit de la distance à l'étoile la plus proche) à 20 (cas 2, distance probable du système planétaire le plus proche), puis 1 000 années-lumière (cas 3).

Le tableau rassemble les hypothèses dans les trois cas et le rapport obtenu entre la puissance reçue du signal utile et la puissance du parasite minimum. Dans le cas 1, ce rapport est de 850 000, c'est-à-dire que la réception est bonne. Par contre dès le cas 2, le rapport est inversé, 1/2 600, et le signal utile est totalement noyé dans le parasite. Il est impossible de le détecter. On ne parlera pas du cas 3 qui nous laisse dans notre coutumière déréliction. La puissance du signal utile est six milliards de fois plus faible que celle du parasite : définitivement sans espoir.

Ces résultats peu encourageants s'expliquent par l'énormité des distances en jeu par rapport à celles des liaisons habituelles. Ces étoiles, que paradoxalement on nomme proches, sont à plusieurs di-



zaines de milliers de milliards de km (1 année-lumière = 9,5 milliers de milliards de km).

On abandonne maintenant les cas 1 et 3, celui-ci pour cause d'irréalisme et celui-là pour garder l'espérance. On peut bien sûr imaginer un cas 2 amélioré avec une puissance d'émission 25 fois plus importante (2,5 millions de watts) et une antenne 10 fois plus grande. Le signal ne serait plus alors que 10 fois plus faible que le parasite et l'on arrive à des ordres de grandeur moins désespérants. Il n'est en effet pas exclu de "récupérer" un signal noyé dans du bruit à partir d'un certain seuil. Les électroniciens se livrent à des débauches d'imagination en vue de séparer le signal du bruit, mais toutes ces techniques se fondent sur la connaissance d'une information *a priori* concernant le signal. Dans une liaison "habituelle", on a une idée de la structure du signal attendu, ce qui précisément fait défaut dans le cas de l'hypothèse extraterrestre. Le cas 2 amélioré n'est pas lui-même suffisant pour assurer la liaison avec ces improbables correspondants mais il faut convenir qu'on n'est plus très loin. Un signal dix fois plus faible que le parasite minimum ne serait sans doute pas détecté.

Dans son livre *Cosmos*, Carl Sagan s'indigne des minables émissions télévisées que nous laissons s'envoler vers les astres lointains où elles pourraient être captées. Qu'il se rassure, bien avant la première étoile les puissances en jeu sont devenues plus insignifiantes que les émissions incriminées. Une liaison avec les extraterrestres n'est pas rigoureusement impossible sur le papier mais elle demeure difficile et improbable. La condition de puissance radioélectrique — trop souvent négligée — s'ajoute aux multiples improbabilités évoquées par Michel Rouzé. Cela fait beaucoup trop de "si" pour un espoir, et juste ce qu'il en faut pour un rêve.

Il n'y a décidément pas d'abonné...

Samuel Joffre



# PHOTO - HALLEY : LES GAGNANTS DE NOTRE CONCOURS

*Le jury du concours photo  
"Comète de Halley"  
s'est réuni le 30 mai pour désigner les 20 lauréats.  
Les récompenses offertes par Wild-Leitz France  
leur seront remises le 9 juillet prochain,  
à la Cité des sciences et de l'industrie de La Villette.  
Les photos des lauréats y seront présentées  
dans le cadre d'une exposition  
sur l'astronomie.*



Le jury et les organisateurs. De g. à d. : M. R. M. Bonnet, directeur scientifique de l'ASE, M. J. R. Germain, rédacteur en chef adjoint, M. M. Rietzler, directeur de Wild-Leitz, M<sup>me</sup> Van Hollebeke, chargée de mission scientifique, M. Ph. Cousin, rédacteur en chef, M. R. Bellone, journaliste, M. E. Ortiz, ancien pilote, M. Y. Maxence ; responsable du département photo Leitz.

**L**a comète de Halley s'éloigne maintenant de la Terre qu'elle a contournée d'octobre à mai. Son passage a mobilisé les astronomes amateurs comme une comète ne l'a jamais fait. Il est vrai que Halley était précédée d'une solide réputation. Cette comète, que les Chinois avaient observée voici plus de 3 000 ans, avait déjà frappé l'imagination des artistes qui ont présenté avec magnificence sa tête et sa queue (sur la tapisserie de Bayeux après le passage de 1066 ; sur une fresque de l'*Adoration des Mages*, après celui de 1301). Plus proches de nous, les récits de son retour en 1910 ont fixé le

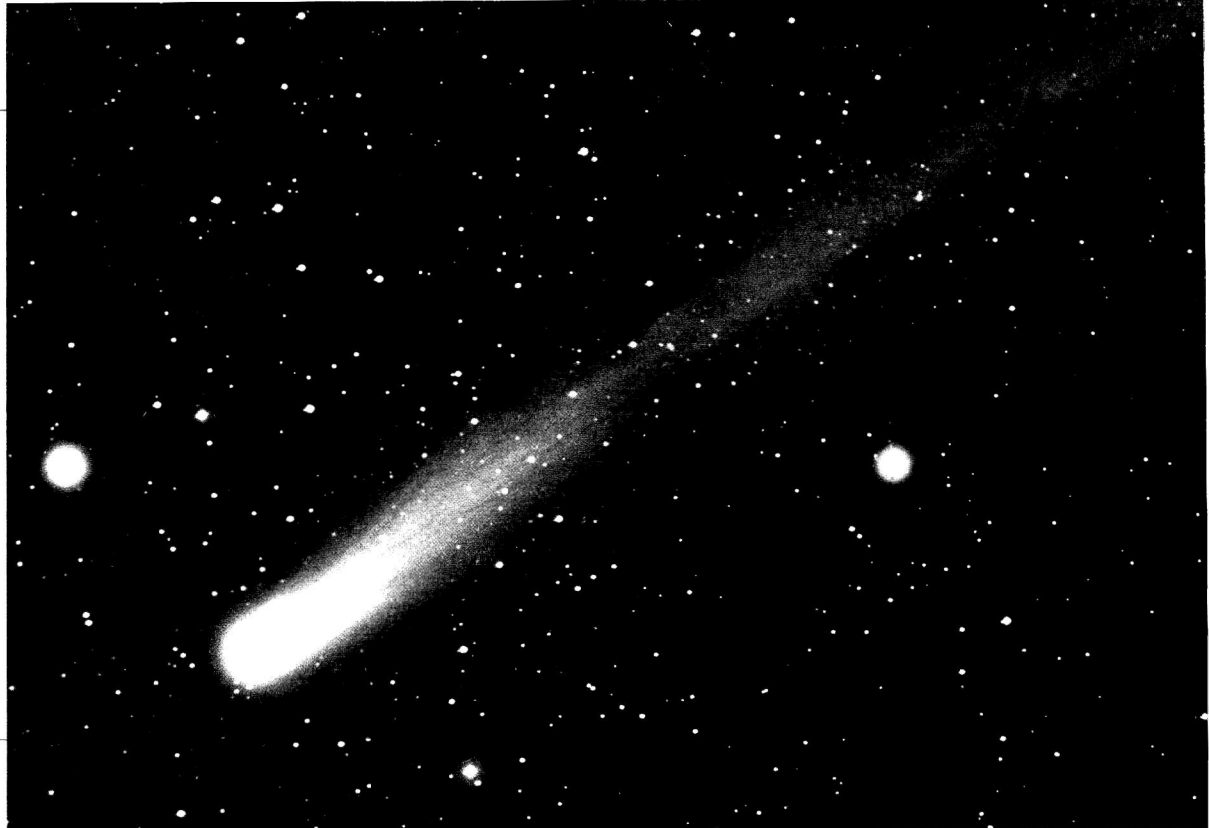
souvenir d'une grande comète bien visible à l'œil nu. L'imagination aidant, qui n'a pas pensé que ce spectacle pouvait se renouveler durant l'hiver 1985-86 ?

Hélas, cette fois-ci, la comète de Halley s'est révélée particulièrement difficile à voir. Dans l'hémisphère Nord, elle n'était pratiquement pas visible à l'œil nu et il a fallu beaucoup de persévérance aux amateurs pour l'observer aux instruments et la photographier. Dans l'hémisphère Sud, on l'a vue sans lunette ni jumelles. Mais cela ne ressemblait en rien à cette somptueuse comète promise par notre imagination.

Les difficultés d'observation n'ont pas arrêté les amateurs qui, dès la fin de l'année 1984, ont cherché à découvrir et à photographier la comète. Elles n'ont pas empêché le succès de notre concours photo pour lequel nous avons reçu près de 140 images, tirages sur papier et diapositives, accompagnées de commentaires détaillés sur les conditions de prise de vue et sur la comète. Ces photos ont été prises dans une douzaine de régions différentes : Botswana, France, Réunion, Madagascar, Tenerife (Canaries), Tamanrasset (Algérie), Tunisie, Afrique du Sud, Guadeloupe, Argentine, Chili.

Ce n'est pas sans mal que le jury a départagé les concurrents. Ainsi, pour le premier grand prix doté d'un Leica R4 S, près de 45 minutes ont été nécessaires. Le jury fut d'abord tenté d'attribuer ce prix à la photo de M. Robert Varenne, prise le 20 mars





**1<sup>er</sup> prix** (ci-dessus), M. Domini-que Albanèse. Photo prise le 11 janvier 1986, dans le Var avec un astrographe F : 620 mm et un film Kodak Technical Pan exposé 15 minutes après hypersensibilisation au nitrate d'argent. Les conditions d'observation étaient difficiles : vent assez fort, par rafales, turbulence moyenne, température ambiante de 13,5 °C.

**2<sup>e</sup> prix** (ci-contre), M. Robert Varenne. Photo réalisée à la Guadeloupe le 20 mars 1986 avec un 4/300 mm monté sur télescope Célestron C8 et un film Kodak Tri-X de 400 ISO, posé 5 minutes à 1 : 4 puis développé de façon classique.

## HALLEY, UNE MIETTE DE NOTRE PASSÉ

Les sept sondes qui sont allées observer la Comète ont ramené des trésors d'information. La plus précieuse : Halley est sans doute faite de la même matière que celle qui enfanta le système solaire.

Beaucoup de frais, mais cela en valait la peine : *Giotto* (Europe), *Vega 1* et *2* (URSS), *Planet A* et *B* (Japon), *IUE* (internationale) et *Pioneer Venus* (Etats-Unis) ont, non seulement ramené des photos du noyau de la comète de Halley et des sources de jets de gaz et de poussières, ce qui n'est déjà pas mal, mais elles ont aussi permis d'analyser chimiquement ce noyau. C'est-à-dire, peut-être, de savoir de quoi était composée la matière de la nébuleuse primitive.

Ces sondes furent donc des machines à remonter le temps, de quelque 4,5 milliards d'années.

D'abord, ce fut la première occasion d'observer toutes les régions caractéristiques de l'interaction du plasma magnétique du vent solaire avec ce que l'on peut appeler l'atmosphère de la comète. Qu'on imagine la finesse de la détection : les premières manifestations de la présence de la comète ont été détectées par *Giotto* à plus de 7 millions de km de distance du noyau !

Les comètes perturbent le milieu interplanétaire : en y injectant particules ionisées et poussières, elles en augmentent localement la densité. La rencontre de ce front de matière avec le vent solaire aurait dû produire l'équivalent d'une onde de choc ; on a plutôt observé une zone de turbulence. Le champ magnétique "transporté" par le vent solaire se trouve aussi considérablement perturbé : son intensité est décuplée à quelques dizaines de milliers de km du noyau ; mais, à moins de 5 000 km, il s'annule brutalement et sa polarité s'inverse.

Tout l'environnement de la comète est constitué de couches concentriques. On y trouve des ions de grande énergie et les ondes de plasma deviennent plus actives près du noyau. La température (200 000 °C) du vent solaire tombe brusquement, de plus d'un facteur 10, à quelques milliers de kilo-

mètres en aval du noyau et la densité du milieu est multipliée par 100.

Pour la première fois aussi, on a pu mesurer directement le débit, la taille et la composition chimique des poussières. Le taux d'émission varie dans le temps : à quelques milliers de km du noyau, *Giotto* n'a rencontré que le dixième environ du flux de poussières mesurées par les sondes *Vega*. Près du noyau, *Giotto* rencontre un environnement plus rude que prévu.

La distribution de la taille des poussières est une indication sur l'origine de la comète. Contrairement à ce qui était attendu, il n'y a pas de taille minimale ; simplement, les poussières les plus petites sont les plus nombreuses. Pas de ségrégation non plus dans les plus grosses, quand on s'approche du noyau. Les poussières semblent plus volumineuses que lourdes, comme la suie, de densité pouvant atteindre un dixième de celle de l'eau.

La spectrométrie de masse, de fait, révèle l'importance prédominante du carbone. Avec l'hydrogène, l'azote et l'oxygène, on retrouve dans les poussières de Halley les mêmes ingrédients que ceux que l'on détecte dans le milieu interstellaire : magnésium, silicium, potassium, calcium, fer et des composés complexes dont l'analyse n'est pas achevée aujourd'hui, mais qui peuvent être des composés organiques. Constituant 80 % de toutes les molécules dégagées par la comète, l'eau est l'élément dominant : plusieurs dizaines de tonnes par seconde s'échappent ainsi de la comète à la vitesse de 900 m/s. Viennent enfin le gaz carbonique et des éléments plus complexes, en particulier des composés du soufre. Les mesures par spectrométrie de masse de *Giotto*, couplées à celle effectuées par spectrométrie infrarouge sur *Vega-1*, montrent l'abondance d'éléments constitués de carbone et d'hydrogène et d'éléments carbonés. Tout comme la poussière, le gaz est donc, lui aussi, près du noyau, très riche en atomes de carbone qui proviennent vraisemblablement de la sublimation de la poussière elle-même. La spectrométrie de masse offre aussi la

possibilité de mesurer les abondances relatives de différents isotopes d'un même élément, ce qui est précieux pour déterminer l'origine de la comète par comparaison avec l'analyse par spectrométrie fine du milieu interstellaire.

On sait, depuis le vol de *Giotto*, que le noyau de Halley est un corps solide très sombre, de forme oblongue, unique et non pas double, comme on aurait pu le croire, 3 ou 4 fois plus grand que ce que l'on pensait, mesurant 15 km par 8 km (cette dernière valeur étant incertaine, car une partie du corps est masquée par deux jets de poussière très intenses).

Avec une résolution d'une cinquantaine de mètres, la caméra de *Giotto* est à même d'observer les points d'ancrage des jets individuels de poussière à la surface du noyau, qui n'apparaissent que dans la partie éclairée par le Soleil (voir photo). Cette surface n'est pas régulière, mais rugueuse, et elle présente des dénivellations en forme de cratères ou de cheminées circulaires de moins d'un km de diamètre. La présence de dénivellations de plusieurs centaines de mètres reflète sans doute l'existence de discontinuités dans la structure interne du noyau.

Noyau absorbant : il ne réfléchit pas plus de 4 % de la lumière qu'il reçoit du Soleil. Halley est donc, avec le satellite d'Uranus *Umbriel* observé récemment par la sonde américaine *Voyager-2*, l'objet le plus noir de tout le système solaire. Ces observations, couplées aux mesures de composition chimique, semblent confirmer ainsi l'hypothèse selon laquelle le noyau est recouvert d'une couche de suie de carbone.

Laplace avait le premier, au XVII<sup>e</sup> siècle, suggéré que les comètes étaient constituées de glace qui se vaporisait sous l'effet du Soleil. L'Américain Whipple reprit l'hypothèse en 1950, et, pour tenir compte de l'émission de poussière, suggéra que le noyau est fait de neige sale. Ce modèle est bon. La comète est composée de glaces, d'eau et de complexes organiques, elle est revêtue d'une couche poreuse et pulvérulente parfaitement noire de carbone.

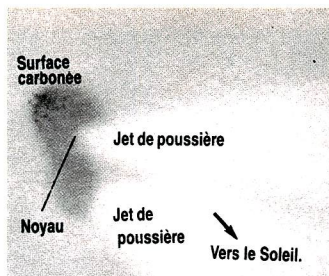
Nous voilà riches d'indices nouveaux montrant que Halley pourrait bien être l'un des restes de cette fameuse nébuleuse de Laplace qui enfanta notre So-

1986 à la Guadeloupe. Mais l'image, remarquable de netteté, comporte dans le voisinage de la tête de la comète, une tache claire courbe indéfinie. Défaut d'image dû à un reflet parasite dans les lentilles ou objet céleste non identifié ? La comparaison avec un lot de photos apportés par M. Bonnet n'a pas

permis de se prononcer. L'unanimité s'est alors faite pour attribuer ce premier prix à M. Dominique Albanèse, pour son image du 11 janvier 1986, qui est également un excellent document photographique et scientifique.

Devant la diversité des photographies présentées





L'image de droite a été prise le 14 mars à 00 h 06 par *Giotto*, à 18 000 km seulement du noyau de la comète. Le schéma ci-dessus indique la forme et la dimension approximative du noyau ; 15 km sur 8 km environ. On distingue en haut à gauche une partie sombre de 4 km que l'on estime être la surface carbonée du noyau. Deux grands jets de poussière brillants sortent de deux cratères en s'étendant sur une quinzaine de kilomètres vers le Soleil ; c'est ce côté qui "fond". En bas, vu depuis la Terre, le phénomène rare de rupture de la queue.



leil et ses planètes, il y a 4,5 milliards d'années. En effet, l'astrophysique a mis récemment en évidence une nouvelle composante de la matière interstellaire constituée d'agrégats contenant quelques dizaines à quelques centaines d'atomes de carbones recouverts d'hydrogène, et dont les dimensions et l'émission infrarouge présentent des similitudes frappantes avec celles des poussières de Halley. De plus, les constituants de Halley sont les mêmes que ceux des nuages interstellaires. Enfin, une analyse comparative des données de *Giotto* et *Vega* d'une part, et de celles recueillies récemment sur Uranus et ses satellites d'autre part, devrait vérifier l'hypothèse que les comètes se sont formées dans les mêmes régions de la nébuleuse primitive qu'Uranus et Neptune.

**R.M. Bonnet**  
 Directeur scientifique  
 de l'Agence spatiale européenne



et des difficultés rencontrées par les auteurs (il était par exemple plus difficile d'obtenir des images en région parisienne qu'à la Réunion, ou bien de réaliser des documents exceptionnels avec un matériel simple qu'avec un équipement sophistiqué piloté électroniquement), le jury a désigné des

lauréats par catégories (qualité photographique, intérêt scientifique, photos prises en Europe du Nord, dans l'océan Indien, en Amérique du Sud, mérite particulier).

La photo de M. Albanèse (grand prix) a donc été réalisée le 11 janvier 1986 à Trans (en Provence)

## LES PLUS DOUÉS DES "PAPARAZZI" DE LA BELLE HALLEY



1. **Catég. Photo 1<sup>er</sup> prix**, MM. Bibault et Sylvain, 13 janvier 1986, Pic du Midi, télescope de 2 100 m.

2. **Catég. Océan Indien**, 1<sup>er</sup> prix, M. Gaston Baudat faisant équipe avec MM. Ph. Jard et P. Neumans, 14 avril 1986, Madagascar. Canon F1 avec 2,8/200 mm et doubleur de focale sur Celestron.

3. **Catég. Photo, 3<sup>e</sup> prix**, M. Patrick Martinez, 10 avril 1986, La Réunion. Télescope de 1 800 mm et Fujichrome 400 (ayant une excellente réponse en pose longue).

4. **Catég. Photo 2<sup>e</sup> prix**, M. Patrick Pelletier, 17 avril 1986, La Réunion. Chambre de Schmidt 203 mm de diamètre et Technical Pan hypersensibilisé.

avec un astrographe de 2,1/620 mm. La comète était alors dans le Verseau (ascension droite 21 h 52, déclinaison  $-4^{\circ}50'$ ). La pose a duré 15 minutes. Pour obtenir une netteté parfaite, la comète était suivie à partir d'une étoile guide, à l'aide d'un oculaire micrométrique tenant compte du mouvement propre de Halley (angle et vitesse). Le négatif est un film Kodak Technical Pan hypersensibilisé au nitrate d'argent à raison de 0,14 g par litre.

L'épreuve de MM. Bibault et Sylvain, qui a reçu le 1<sup>er</sup> prix photographique, a été réalisée 2 jours après celle de M. Albanèse, le 13 janvier, au pic du Midi,







2



4

mais avec un instrument plus puissant, un télescope Newton de 2 100 mm de focale sur monture équatoriale (le suivi a été fait sur la comète). Les conditions météorologiques étaient mauvaises : vent de neige. Deux temps de pose ont été utilisés pour impressionner la queue et le noyau, respectivement 15 min et 5 secondes. Le film utilisé est encore du Kodak Technical Pan hypersensibilisé par l'auteur au "Forming gaz". La structure de la queue est très apparente sur la photo.

C'est encore cette structure montrant bien, cette fois, la queue ionique, qui a incité le jury à décerner à M. Bernard Fouquet le 1<sup>er</sup> prix dans la catégorie scientifique pour sa photo du 30 décembre 1985 prise à Archiax (Charente-Maritime). Halley, qui était près de l'étoile Gamma, a été photographiée avec une chambre de Schmidt 2,5/400 mm sur monture équatoriale, avec Technical Pan. La queue s'étendait alors sur plus de 8,9 millions de kilomètres. Dans cette même catégorie, le jury a désigné M. P. Martinez pour un prix spécial Giotto pour une photo qui détaille la formation de la queue au niveau de la tête. Elle a été prise le 12 mars 1986.

## LE PALMARÈS

CATÉGORIE ET PRIX	RÉCOMPENSE (le n° renvoie à la photo)	LAURÉAT	PHOTO
<b>Grands Prix</b>			
• 1 <sup>er</sup>	Leica R4S (1)	Dominique ALBANESE 103 rue Jean Aicard - 83600 Fréjus	11 janvier 1986 au Plan de la Tour (Var)
• 2 <sup>e</sup>	Pradovit 253 AF- IR (2)	Robert VARENNE Villa Biémand - Saint-Felix 97190 Gosier	20 mars 1986 en Guadeloupe
<b>Qualité photographique</b>			
• 1 <sup>er</sup>	Flash Metz 30 BCT 4 (3)	R. BIBAULT et J. SYLVAIN 50 chemin Sémaphore - 86 Poitiers	13 janvier 1986 au Pic du Midi
• 2 <sup>e</sup>	Equipelement de développement A. Jobo (4)	Patrick PELLETIER 5 Hameau de la Prairie - 03700 Bellerive/Allier	17 avril 1986 à La Réunion
• 3 <sup>e</sup>	Equipelement de développement A. Jobo (4)	Patrick MARTINEZ 10 rue A. Daudet - 31200 Toulouse	10 avril 1986 à La Réunion
• 4 <sup>e</sup>	Equipelement de développement Jobo Hobby (5)	Philippe MOREL 234 av. A. France - 59410 Anzin	19 mars 1986 à Tataouine (Tunisie)
• Spécial diapositive	Equipelement de développement A. Jobo (4)	Jean-Louis DROUOT Résidence Montjoyeux - 37200 Tours	8 avril 1986 à La Réunion
<b>Document scientifique</b>			
• 1 <sup>er</sup>	Jumelles Leitz Trinovid 10 × 25 BC (6)	Bernard FOUQUET rue de la Croix - 17520 Archiac	30 décembre 1985 à Archiac
• 2 <sup>e</sup>	Flash Metz 30 BCT 4 (3)	Jean DRAGESCO 7 rue Montbrun - 75014 Paris	11 avril 1986 au Botswana
• 3 <sup>e</sup> et prix spécial Giotto	Flash Metz 36 CT 3 (7)	P. MARTINEZ déjà cité	12 mars 1986 à La Réunion
• 4 <sup>e</sup>	Equipelement de développement A. Jobo (4)	Christian MALIVERNEY et Isabelle JOUVE 30 rue Léon-Fabre - 69100 Villeurbanne	7 avril 1986 à La Réunion
• 5 <sup>e</sup>	Equipelement de développement Jobo Hobby (5)	Gino FARRONI 11 rue du Puits-Cœllier - Saint-Avertin 37170 Chambray-les-Tours	11 avril 1986 à La Réunion
<b>Europe du Nord</b>			
• 1 <sup>er</sup>	Jumelles Leitz Trinovid 8 × 20 BC (8)	François GIRAUD Villa Denise Route de la Motte - 83720 Trans-en-Provence	3 photos en janvier 1986 à Trans (en Provence)
<b>Océan Indien</b>			
• 1 <sup>er</sup>	Jumelles Leitz Trinovid 8 × 20 bc (8)	Gaston BAUDAT Grand-Pré 72 - 1202 Genève	14 avril 1986 à Madagascar
• 2 <sup>e</sup>	Equipelement de développement A. Jobo (4)	Maxime MULLER Les Campanes rue des Edelweiss - 74230 Thones	7 avril 1986 à La Réunion
<b>Amérique du Sud</b>			
• 1 <sup>er</sup>	Flash Metz 45 CT 1 (9)	Yves DELAYE 307 Allée du Dragon - 91000 Evry	2 avril 1986 à Las Lenas (Argentine)
<b>Prix du mérite</b>			
• 1 <sup>er</sup> (pour la pré- cision de présentation)	Flash Metz 36 CT 3 (7)	Roger MARICAL Saint-Denis-Le-Thiboult - 76116 Ry	10 novembre 1985 à St-Denis-le-Thiboult
• 2 <sup>e</sup> (pour l'antériori- té de la prise de vue)	Equipelement de développement A. Jobo (4)	Roger CHANAL 1 rue Marc-Bloch - 42100 St-Etienne	14 août 1985 à Auree (Loire)
• 3 <sup>e</sup> (pour la tech- nique d'hypersensibi- lisation couleur)	Equipelement de développement A. Jobo (4)	Philippe LE MENESTREL 10 rue des Lions-St-Paul - 75004 Paris	13 décembre 1985 à Cornillon (Gard)
• 4 <sup>e</sup> (pour l'origina- lité)	Equipelement de développement A. Jobo (4)	Jean MOUETTE 17 rue d'Orsay - 91460 Marcoussis	10 mars 1986 à Tamanrasset (Algérie)





Les prix offerts par Wild-Leitz France.

Parmi les motivations des amateurs ayant photographié la comète, la recherche de l'antériorité de sa découverte n'est pas des moindres. Ce que nous dit sans ambages M. Roger Chanal, qui a obtenu le second prix de la catégorie mérite. Preuves à l'appui (photocopie du Minor Planet Circulars), il nous indique qu'il est le premier astronome amateur à avoir donné les positions de la comète de Halley (photo du 14 août 1985). Il précise : « Astronome amateur de longue date et possesseur d'un petit observatoire équipé d'un télescope Newton de 41 cm ;  $f/d = 5,8$  de fabrication personnelle (optique et monture), j'ai depuis le début de l'année 1985 tenté de photographier la fameuse comète. Les tentatives effectuées fin juillet se sont toutes soldées par des échecs, la comète étant trop basse sur l'horizon et l'aube naissante n'a pas permis d'aboutir. La lunaison des premières semaines d'août a interrompu mes observations, et ce n'est que le 14 août au matin que j'ai

réussi mon premier cliché. C'est celui que je soumets à votre attention (d'autres ont suivi les nuits des 19, 20, 21 et 22 août). J'ai procédé à la réduction astrométrique de ces clichés, à partir d'un programme de calcul sur micro-ordinateur, que je dois à Jean-Louis Heudier (observatoire du CERGÀ à Grasse), avec qui je suis en relation dans le cadre de la RCP 639 "Comète de Halley". J'ai envoyé ces résultats à cet observatoire ainsi qu'à G.M. Hurst (Angleterre), coordonnateur des amateurs. Ils ont été vérifiés et ont été jugés crédibles puisqu'ils ont fait l'objet d'un enregistrement dans les fichiers de l'IHW et acceptée par l'Union astronomique internationale. »

Le même enthousiasme se retrouve chez tous les astrographes. Patrick Martinez, un autre lauréat à qui le jury a donné le prix Giotto, écrit qu'il a commencé à traquer la comète de Halley en décembre 1984 et réussi ses premiers clichés les 18 et 19 février 1985 au pic du Midi et

#### JURY DU CONCOURS PHOTO "COMÈTE DE HALLEY"

- Président : M. Roger Maurice Bonnet, directeur du programme scientifique de l'Agence spatiale européenne, responsable de la sonde *Giotto*.
- M. Michel Festou, directeur de l'observatoire de Besançon, cométologue "consulté".
- M<sup>me</sup> Michèle Van Hollebeke, chargée de mission scientifique à la Cité des sciences et de l'industrie de La Villette.
- M. Emilio Ortiz, ancien pilote à Air France, amateur d'astronomie, découvreur de comètes.
- M. Roger Bellone, journaliste à *Science & Vie*.

# GÖDEL, ESCHER, BACH : LA LOGIQUE DU FAUX-VRAI

*Le premier devoir d'un discours juste, c'est de savoir distinguer le vrai du faux et, en cas de doute, de reconnaître son ignorance. Le domaine où cette contrainte semble le plus facile à respecter est celui de la logique mathématique, et c'est pourtant là que se rencontrent les propositions tierces, ou indécidables : ni vraies, ni fausses.*

**C**ertaines études se donnent pour objet de jeter des ponts entre des disciplines que rien ne semble relier à première vue. C'est le cas du livre de Douglas Hofstadter : *Gödel, Escher, Bach, les brins d'une guirlande éternelle* (1). Ce jeune mathématicien américain nous propose une très amusante promenade au fil d'un esprit éclectique suivant la guirlande du gai savoir.

Ce qui, selon Hofstadter, unit Jean-Sébastien Bach, Maurits C. Escher le dessinateur et Kurt Gödel le mathématicien, c'est l'usage qu'ils ont fait, chacun dans sa spécialité, de "l'auto-référence", ce procédé par lequel une chose en vient à porter le regard sur elle-même ou à parler d'elle-même. Un livre raconte l'histoire de l'écrivain qui justement écrit ce livre, un tableau englobe l'artiste en train de le peindre, une caméra filme le téléviseur sur lequel est diffusé l'image filmée, etc. « Cette phrase comporte cinq mots » est un exemple typique de phrase auto-référente. Elle est son propre sujet. Les artistes du vingtième siècle ont souvent été fascinés par l'auto-référence, ils l'ont utilisée pour interroger le public et par ce biais s'interroger sur leur création.

(1) Douglas Hofstadter : l'auteur, né en 1945. Fils de Robert Hofstadter, prix Nobel de physique. Titulaire d'une chaire de sciences cognitives à l'université de Michigan. Parle français. Publie en 1979 aux Etats-Unis *Gödel, Escher, Bach*. Prix Pulitzer 1980. Un million d'exemplaires vendus.

Kurt Gödel (1906-1978) : logicien américain d'origine autrichienne. Enseignant à Princeton. Il publie le célèbre théorème d'incomplétude en 1931.

M. C. Escher (1898-1971) : graphiste hollandais. Admiré des mathématiciens pour l'ingéniosité de ses univers qui mêlent habilement les dimensions.

Jean-Sébastien Bach (1685-1750) : 214 cantates, 48 concertos, 3 Passions... 18 enfants, etc.

Mais le procédé n'est pas nouveau, il s'en faut, puisque Hofstadter l'a découvert dans l'œuvre de ce grand novateur de la musique que fut Jean-Sébastien Bach. Le canon éternellement remontant de *L'offrande musicale* est ainsi conçu qu'il se termine sur les enchaînements mêmes qui l'ont ouvert à un ton près. Le morceau reprend un ton au-dessus, toujours semblable à lui-même, tandis que l'ensemble de la fugue monte lentement, ton après ton. Les trente fugues des variations Goldberg font aussi l'objet d'une construction extrêmement précise et recherchée. Les fugues numérotées 1, 4, 7, 10, etc. se répondent entre elles, tout comme les groupes de fugues numérotées 2, 5, 8... et 3, 6, 9...

Ce qui intéresse Hofstadter dans les fugues du maître de chapelle de Leipzig, ce n'est pas tant l'auto-référence dont l'usage est somme toute limité, que le génie et la rigueur de la construction. Les symétries, les inversions et les énigmes indiquent que Bach, en concevant sa musique comme Le Notre ses parcs, s'était posé avec deux siècles d'avance la question des différents usages d'une construction. Il est mort en composant une fugue dont le thème s'écrit dans la notation allemande : B.A.C.H. L'auto-référence serait-elle mortelle ?

Au vingtième siècle, le dessinateur Escher reprend le thème de l'auto-référence et présente des œuvres qui suscitent davantage la perplexité que les architectures subtiles, mais souvent indiscernables à l'audition de Bach. De ces deux mains qui se dessinent l'une l'autre, naîtra le malaise ou le sourire, l'étonnement à coup sûr. Et que penser devant cette cascade alimentée par un écoulement toujours descendant et qui pourtant amène vers le haut l'onde tombée au pied de la chute d'eau ? Et cet escalier carré qui revient à son point de départ...



en montant toujours ?

A l'aide de perspectives truquées, Escher multiplie les univers impossibles, avec des hauts et des bas... de plusieurs côtés, des villes qui se terminent dans un tableau, un musée qui contient le tableau sur lequel il est représenté. L'auto-référence mélange deux plans de la réalité. Ainsi, dans la phrase : « Cette phrase comporte cinq mots », le sens de la phrase interfère avec la phrase elle-même. Avec des tableaux dans lesquels le fond et le sujet s'inversent de façon incongrue, Escher reprend à son compte le même procédé. A-t-il inspiré Woody Allen qui dans *La rose pourpre du Caire* fait sortir de l'écran un personnage de film ?

Avec ces plaisants amuse-gueule, Hofstadter veut nous faire comprendre un point mathématique dont le rapport avec Bach et Escher réjouira les amateurs de parallélismes audacieux.

Comme on l'apprend assez jeune, les théorèmes de mathématiques se démontrent à partir d'axiomes qui, eux, sont admis et indémontrables. Le fait d'admettre un axiome représente un acte de foi, ce qui répugne aux esprits rigoureux et sceptiques des mathématiciens et logiciens. Aussi ont-ils cherché au début du siècle le nombre minimum d'axiomes qui permettrait de démontrer toutes les propriétés qu'ils estimaient vraies.

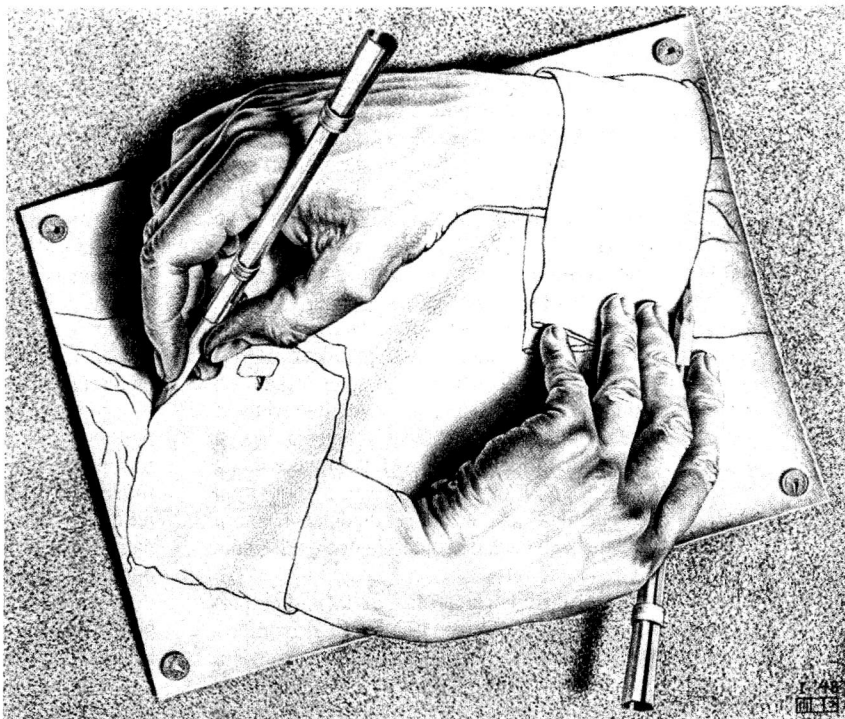
Ces axiomes devaient être non contradictoires et servir de base suffisante pour décider de la vérité ou de la fausseté de toute proposition. A partir des axiomes on démontrerait, espérerait-on, toutes les propositions vraies. Une telle ambition semblait logique et légitime aux mathématiciens.

C'est à un jeune mathématicien autrichien de 25 ans, Kurt Gödel, que revient le mérite d'avoir démontré la vanité d'une telle recherche. S'il n'a pas conquis la gloire, c'est que la science mathématique défraie peu la chronique. Mais l'originalité de ses conclusions lui assure, dans l'histoire de la pensée, une place aux côtés des plus grands.

Prenons l'exemple de l'affirmation "G", qui don-

nera une idée du procédé de Gödel. G s'énonce ainsi : « G n'est pas démontrable. » On remarquera que G est une affirmation auto-référente, elle parle d'elle-même. Cela aura son importance.

Il reste à voir si G est vraie. Pour cela, raisonnons par l'absurde en supposant G fausse. Cela signifie, en inversant G, que G est démontrable. Mais il est impossible à une propriété d'être simultanément fausse et démontrable. Donc l'hypothèse que G est fausse est inexacte. Donc G est vraie et il s'ensuit, d'après son contenu, que G n'est pas démontrable.



**"Mains dessinant" de Escher.** Sur le thème de l'auto-référence, une main gauche dessine une main droite qui dessine une main gauche qui... Pour sortir de ce "piège", il suffit de réaliser qu'elles sont l'œuvre d'une troisième main.

On a donc construit une proposition vraie non démontrable, et ceci indépendamment d'un quelconque groupe d'axiomes. Comme il est toujours possible de construire des propositions vraies non démontrables, Gödel a conclu qu'il n'existe pas de groupe d'axiomes à partir duquel on pourrait démontrer tout ce qui est vrai. La démonstration rigoureuse de Gödel est naturellement d'une grande complexité, cependant l'exemple de l'affirmation G donne une idée de la façon subtile mais presque absurde dont se construit la théorie gödelienne.

Ce résultat paraît abstrait, mais il a suscité beaucoup de commentaires — pas toujours pertinents — car il ébranle nos habitudes de pensée. En effet, il tendrait à montrer que la division habituelle des

propositions en vraies et fausses n'est pas universelle. Certaines, comme G, flottent entre les deux pôles, on les dit vraies non démontrables ou indécidables, ce qui signifie plutôt ni vraies ni fausses. Mais le franchissement de cette étape appelle certaines réserves, car les propositions vraies non démontrables s'appuient toutes sur l'auto-référence. On cite souvent le théorème de Gödel comme une limitation aux principes ancestraux de la logique établis par les Grecs en oubliant que la limitation gödelienne est entièrement fondée sur une utilisation captieuse de l'auto-référence. Après tout, les Grecs connaissaient déjà ces trous noirs auto-référents où s'abîment la raison depuis qu'Épiménide les avait embarrassés avec son fameux paradoxe qui s'énonce : "Cette phrase est fausse." Cette phrase auto-référente n'est vraie que si elle est fausse et fausse que si elle est vraie.

Douglas Hofstadter en vient ensuite à son sujet de prédilection : l'intelligence artificielle. La difficulté de conception de l'intelligence artificielle réside dans les différents niveaux de compréhension. Ainsi le peintre Magritte a commis un tableau représentant une pipe sur laquelle est écrit : "Ceci n'est pas une pipe." À première vue, l'affirmation semble paradoxale. Mais le paradoxe correspond à une compréhension au premier niveau. En effet, on peut dire aussi qu'il ne s'agit effectivement pas d'une pipe mais d'un tableau représentant une pipe, ce qui est différent. On s'en tient alors à une compréhension au deuxième niveau. Il serait vain de chercher quel est le bon entendement, car il s'agit de deux niveaux de compréhension différents et non contradictoires.

Un autre exemple emprunté à Hofstadter permettra de saisir le lien entre les niveaux de compréhension et l'auto-référence. Deux joueurs conviennent de disputer une partie d'échecs. Mais pour corser le jeu, ils donnent le choix entre bouger une pièce normalement ou modifier une règle du jeu. Par exemple un joueur pourra décider d'inverser les règles de mouvement du fou et du cavalier. Pour que cette partie ait un sens, il faut des règles pour changer les règles. Ce sont les "méta-règles".

Mais on peut encore compliquer la partie en choisissant de jouer un coup, ou changer une règle ou changer une méta-règle. Il faut alors définir des méta-méta-règles qui indiquent comment changer les méta-règles. Et on peut choisir de poursuivre le processus. Mais aussi loin que l'on remonte dans cette régression, il faudra toujours poser une méta-règle inviolable. Sans quoi le jeu n'a pas de sens. Le piège de l'auto-référence déposé par Gödel peut alors se comprendre d'une nouvelle façon : tout langage doit comporter une méta-règle inviolable pour garder sa cohérence. Cette méta-règle prescrit justement de ne pas utiliser l'auto-référence pour construire des paradoxes. On peut

d'ailleurs se sortir de ces cauchemars logiques en remontant d'un niveau de compréhension. Ainsi les mains se dessinant l'une l'autre ne comportent plus de mystère dès lors que l'on songe qu'elles sont l'œuvre d'une troisième main, celle d'Escher.

Douglas Hofstadter voit la supériorité de l'intelligence humaine sur l'intelligence artificielle dans la capacité de raisonner à plusieurs niveaux. Les ordinateurs sont incapables de venir à bout des champions d'échecs alors qu'ils calculent beaucoup plus vite. Ils ont une vision unique de la position alors que le champion sait associer une vision globale à la combinaison particulière de trois pièces, à ses souvenirs, son expérience et son intuition. Il ne perd pas son temps à examiner tous les coups possibles et oriente rapidement sa réflexion vers les deux ou trois coups valables. La machine au contraire procède dans tous les cas au même examen systématique, sa compréhension de la position se place toujours au même niveau.

Ces prémisses étant acquises, Hofstadter expose sa thèse sur la comparaison entre ces deux formes d'intelligence. Même si le cerveau humain a une structure beaucoup plus complexe qu'un ordinateur, le principe de son fonctionnement n'est pas radicalement différent, les neurones se comportent en certaines circonstances comme ces bascules électroniques qui ne savent répondre que par oui ou non (0 ou 1 dans le langage informatique). Pour ces raisons, Hofstadter pense que notre capacité de réfléchir à plusieurs niveaux doit davantage à une différence de complexité qu'à une différence de nature entre l'homme et la machine. Dans cette optique, l'intelligence artificielle, en s'appuyant sur des structures de plus en plus intégrées et riches, pourrait se rapprocher de l'intelligence humaine. L'auteur va même jusqu'à nier que la conscience d'exister soit une propriété spécifiquement humaine. Aucun principe ne s'opposerait à ce qu'un jour un ordinateur, extraordinairement plus compliqué que ceux d'aujourd'hui, méditât anxieusement sur un vers de Shakespeare : « To be or not to be... » Cette thèse surprend dans la mesure où elle n'est ni habituelle ni majoritaire parmi les scientifiques, mais elle se fonde après tout sur la seule hypothèse que le cerveau n'est que matière. Le livre de Hofstadter refermé, on se prend à se demander une fois de plus ce qu'est l'âme...

*Gödel, Escher, Bach* est de ces œuvres rares qui arment le talent le plus brillant pour ouvrir des perspectives insolites. On apprécie les efforts de l'auteur qui multiplie les anecdotes et les savoureux dialogues entre Achille et la Tortue pour faire comprendre un propos assez abstrait quant au fond. Mais l'honnêteté oblige à préciser qu'il ne s'agit pas d'un livre facile. Cependant, *Gödel, Escher et Bach* rendront une brassée de bonheur pour une poignée d'effort.

**Samuel Joffre**



# ECHOS DE LA VIE PRATIQUE

ALIMENTATION

## Stérilisation par irradiation : l'inconnu

*Il y a quelques mois, la puissante Food and Drug Administration des Etats-Unis a donné l'autorisation d'irradier la viande de porc.*

C'était pour détruire les œufs d'un parasite responsable d'une maladie assez grave, la trichinose. C'est oublier, notons-le en passant, qu'on détruit le même parasite en cuisant la viande à quelque 80° pendant cinq minutes, ce qui coûte beaucoup moins cher. Mais enfin, voilà quelque 35 ans que l'on agit plus ou moins précisément la possibilité d'irradier les aliments pour les stériliser et donc les conserver, et le problème de l'irradiation alimentaire reste entier.

Il reste d'abord entier du point de vue des travailleurs industriels qui devraient irradier nos jambons, sardines et autres pâtés. La généralisation de l'irradiation alimentaire va créer tout bonnement dans les mois à venir, en France, en Grande-Bretagne, en Inde, aux Etats-Unis, même en Chine et dans le reste du monde ensuite, un secteur nucléaire de plus. Secteur non dénué de risques : la firme Radiation Technology Inc., qui se trouve aux Etats-Unis derrière un lobby assez fort pour avoir enfin inspiré la FDA, a déjà été condamnée plusieurs fois pour infractions aux règles sur la sécurité en matière de radiations (elle a, entre autres, exposé un travailleur à du cobalt 60 sans protection, ce qui a fait prendre à celui-ci quelque 200 rads). Or, l'irradiation alimentaire, dans la technologie actuelle, se fait non seulement au cobalt 60, mais également au césium 137, deux

"bonnes" sources de rayons gamma, ou encore par des machines à électrons accélérés.

L'an prochain commencera à Pouzanges, près de la Roche-sur-Yon, la construction du centre Amphitryon d'ionisation alimentaire, au cobalt 60. Vingt-six chefs d'entreprise vendéens le financent et la mise en service est prévue pour 1988. La législation française autorise déjà l'ionisation des pommes de terre, ail, épices, légumes déshydratés et volailles découpées.

Le problème reste entier parce qu'il n'y a simplement aucune étude épidémiologique qui, à l'heure actuelle, permette de dire qu'un aliment irradié est sans inconvénient. On n'en sait trop rien. Certes, il y a des études qui assurent que les aliments irradiés ne sont pas toxiques, mais il y en a aussi qui disent le contraire.

Il est sûr, pour commencer, que l'irradiation ne rend pas les aliments radioactifs : il n'y aura pas de Tchernobyl dans nos réfrigérateurs ! Mais elle entraîne des modifications physico-chimiques dont les effets semblent mal connus. En ionisant les atomes et les molécules des aliments, elle forme des produits secondaires instables, les radicaux libres, dont l'effet nocif sur l'organisme est de plus en plus vérifié. Elle crée aussi des produits dits radiolytiques, qui sont spécifiques des aliments ir-

radiés, dont quelques-uns seraient au moins suspects. On a, par exemple, trouvé dans des aliments irradiés, rapporte notre confrère américain *Science for the people*, du formaldéhyde, du benzène et de l'eau oxygénée. Cela vaut sans doute mieux que les nitrates et autres conservateurs, certes.

Il est quand même certain que l'irradiation alimentaire détruit plusieurs vitamines, dont A, C, et E, ainsi que quelques B et qu'elle pourrait altérer les acides aminés. C'est-à-dire qu'elle réduirait la valeur nutritive des aliments (voir *Science & Vie* n° 795). L'*American Journal of Clinical Nutrition* rapportait en 1975 un taux élevé d'anomalies chromosomiques des globules blancs chez des enfants nourris au blé fraîchement irradié. En 1979, une autre étude, subventionnée par l'armée américaine, révéla des anomalies graves dans la reproduction des mouches de fruits nourries... avec du poulet irradié. En 1978 et 1981, des études soviétiques, citées par *Science for the people* rapportaient des anomalies dans les reins et les testicules de rats nourris à la viande et au poisson irradiés.

L'affaire mérite donc d'être étudiée. Des 441 études qui lui furent soumises sur l'irradiation des aliments, le FDA n'en a retenu que... cinq comme scientifiquement valides ! Il n'empêche qu'elle a quand même donné son feu vert à l'irradiation de la viande de porc et que, pour ne pas effrayer les consommateurs américains, le terme "Irradiated" a été discrètement remplacé par "Picowaved", c'est-à-dire "Picoradié"...

Pour le moment, aux Etats-Unis, on n'irradie sur une grande échelle que les herbes et les épices, à raison de 3 millions de rads, et les fruits et légumes, à raison de 100 000 rads... Mais on n'arrête pas facilement le "progrès"... Et les pays et aliments candidats à l'irra-

diation sont nombreux : viande, plats cuisinés, céréales, épices, fruits et légumes frais ou secs, champignons, etc. Seuls les aliments riches en lipides (produits laitiers par exemple) ne peuvent être irradiés car il donnent des produits d'oxydation et d'oxygénation au goût désagréable.

Les doses d'irradiation qui semblent réaliser l'unanimité internationale doivent être inférieures à 10 Gy (1 Gy ou Gray égale 100 rads, 1 kGy égale donc 100 000 rads et 10 kGy, un million de rads), bien que les Américains, comme on l'a dit plus haut, poussant jusqu'à 30 kGy pour les herbes, épices, oignons, etc. Le Canada, l'Australie, la Chine, la Grande-Bretagne se sont ralliés au seuil de 10 kGy.

On notera certaines contradictions et incohérences dans l'argumentation des partisans de l'irradiation. Selon celle-ci, en effet, l'irradiation n'entraîne pas de pertes de vitamines supérieures à celles que cause la cuisson, ce qui est tout à fait plausible, mais qui revient à dire que les aliments que l'on consomme crus, citrons, tomates, fruits, légumes, etc., ont donc perdu autant de vitamines que s'ils avaient été cuits, point qui ne semble pas avoir beaucoup retenu l'attention. De plus, si la viande ou le poisson ont perdu avant cuisson, par l'irradiation, une certaine partie de leurs valeurs nutritives, ils vont en perdre une nouvelle du fait de la cuisson. Il faut donc souligner, et cela contrairement aux discours un peu euphoriques des tenants de l'irradiation, que les aliments irradiés ne peuvent pas être appelés "frais" ; ils ne le sont pas, car ils sont appauvris. Ce sont des aliments conservés, comme les surgelés ou les conserves traditionnelles. Pour le moment, les fruits et légumes crus ne sont pas au programme de l'ionisation, mais ils finiront par y entrer. **M.-L.M. et G.M.**

**Le plus vieux marsupial connu**, environ 1,5 cm de long, a été retrouvé dans l'Utah, E.U., dans des roches vieilles de 100 millions d'années. Il est donc de 20 millions d'années plus vieux que le plus vieux jusqu'ici connu. Première conclusion, les mammifères sont apparus, au moins dans le Nouveau Monde, 30 millions d'années avant la fin des dinosaures.

## Il n'y a pas de phéromones humaines

*Certains animaux émettent des signaux chimiques qui vont déterminer, chez les sujets de la même espèce les recevant, des comportements précis, stéréotypés.*

Ces signaux ont pour support des substances plus ou moins complexes nommées phéromones, par analogie avec les hormones : ce sont en quelque sorte des hormones agissant à distance sur un autre individu. On en observe chez les insectes, les poissons, certains mammifères.

Les phéromones provoquent des comportements stéréotypés dans le domaine sexuel et aident aussi, par exemple, le jeune saumon dans sa migration.

Si, dans certains cas, elles peuvent être des odeurs ou des mélanges d'odeurs, toutes les odeurs ne sont cependant pas des phéromones. Pourtant certains faits ont pu faire croire que certaines odeurs humaines pourraient agir comme telles.

Cette idée étayait l'hypothèse d'un système de communications olfactives entre les êtres vivants, l'homme et la femme inclus. Elle donnait une assise au mythe des philtres d'amour, de la puissance des parfums (ils en ont une au niveau de l'imaginaire et cependant réelle), de la participation de l'olfaction à la séduction. Dire : « Je ne peux pas le sentir » prend alors toute sa force !

Des travaux récents, où dominent ceux de P. MacLeod en neurobiologie sensorielle, montrent que le mythe, pour séduisant qu'il soit, restera un mythe.

Chez l'animal, toutes les odeurs n'agissent pas comme des phéromones. Les lémuriens utilisent des signaux chimiques pour communiquer, mais ils ne déclenchent pas de comportements stéréotypés. Par contre, quand les récepteurs spécialisés des antennes du bombyx mâle reçoivent le bombykol, phéromone émise par la femelle, le papillon va automatique-

ment remonter vers la source du signal : il n'a aucun choix pour agir autrement.

Si l'on remonte l'échelle phylogénique, il ne semble pas que l'on puisse trouver de phéromones au-dessus des porcins. Keverne et de La Riva, de l'université de Cambridge, ont pu croire un moment à l'existence d'une phéromone chez la femelle du macaque rhésus. Celui-ci est un sujet d'étude "en or", qui fait inlassablement l'amour. Ayant observé que le mâle ne s'intéressait plus à une femelle lavée de ses sécrétions vaginales, aussi agressive soit-elle, ils recherchèrent une phéromone dans ces sécrétions, et dans les sécrétions vaginales d'autres primates, capables elles aussi d'exciter le mâle, dont celles de la femme. Le seul point commun de ces diverses sécrétions est l'acide butyrique, qui n'est pas sécrété par les femelles mais provient de la fermentation bactérienne (sur des cellules desquamées par exemple). Puis ces chercheurs observèrent qu'un mâle inexpérimenté, non conditionné par la présence ou l'absence de sécrétions vaginales, pouvait très bien copuler avec une femelle rigoureusement propre. Keverne et de La Riva abandonnèrent l'hypothèse d'une phéromone chez le macaque.

Le mythe avait pourtant la peau dure et on continua à chercher des phéromones humaines avec plus ou moins de rigueur. L'un des essais des plus sérieux consista à tester diverses substances (supposées pouvoir être des phéromones) sur des sujets auxquels on présentait des photographies d'hommes ou de femmes. On notait les appréciations en présence et en l'absence des substances en question. Or, rapporte Doty, de



l'université de Pennsylvanie, des sous-vêtements portés exclusivement par des femmes sont présentés à un échantillonnage de sujets qui doivent dire si l'odeur perçue est féminine ou masculine ; et bien que les vêtements soient tous imprégnés d'une odeur féminine, certains sujets décrivent des odeurs masculines : ce sont les odeurs les plus intenses, ce qui peut être simplement relié à un préjugé culturel suivant lequel les odeurs masculines seraient plus fortes.

Les tenants de l'existence de phéromones humaines s'appuyaient aussi sur des faits comme la synchronisation des règles chez les femmes vivant en collectivité et la reconnaissance olfactive de sa mère par le nourrisson. En ce qui concerne le premier fait, MacLeod rappelle l'aspect psychosomatique important du cycle menstruel : 100 % des femmes emprisonnées feraient une aménorrhée ! Et il ne saurait être là question de phéromone. Des femmes vivant en communauté ne peuvent guère se cacher les unes aux autres qu'elles ont leurs règles et c'est cette connaissance qui serait le facteur de la synchronisation.

Quant au nourrisson, Montagné, de Grenoble, a bien démontré qu'il reconnaît sa mère à l'odeur. Pendant les premières semaines de la vie il ne peut l'identifier à la vue et utilise son sens le plus développé, l'odorat, pour reconnaître la source vitale de plaisirs et de bienfaits qu'elle représente. Il n'y a pas là de phéromone, mais un simple conditionnement. Si la vache reconnaît son veau à l'odeur, c'est qu'elle utilise le meilleur moyen à sa disposition. Là encore pas de phéromone, et après 3 ou 4 jours elle le reconnaît à sa silhouette et à sa voix, qui se seront affirmées.

A l'appui de la thèse de l'existence de phéromones humaines on a aussi invoqué la variation de sensibilité de l'odorat féminin aux odeurs musquées selon la période du cycle. Mais il existe de grandes différences selon les individus et pendant le cycle, la variation des taux hormonaux est trop limitée pour qu'on puisse observer correctement le phénomène. Là encore point de phéromones. Les hormones sexuelles agissent sur la

synthèse des protéines à partir des acides nucléiques du noyau cellulaire et pourraient ainsi modifier l'équipement en accepteurs (récepteurs) des membranes sensorielles, et ce beaucoup plus pendant la grossesse.

Un argument plus important et qui aurait pu éviter de vaines spéculations est que le système neurosensoriel humain ne semble pas laisser de place à l'action de phéromones, comprises comme des signaux sensoriels déclenchant un comportement donné et obligatoire.

Les odeurs que nous dégaugeons ne peuvent agir directement sur nos comportements parce que, chez nous, à la différence de certains animaux, le sensoriel est découplé du moteur. Notre capacité d'abstraction nous différencie. Nos réflexes sont médullaires, comme celui qui fait retirer la main qui se brûle et, si l'odeur du camembert enchante certains, il s'agit d'un

acquis culturel. Des entrées sensorielles que nous recevons, nous tirons des schémas abstraits sur lesquels sont greffés nos comportements. Pour que ceux-ci puissent s'exercer, il faut que le lobe préfrontal lève l'inhibition dont il est responsable.

A ce niveau d'intégration par un cerveau développé, le comportement devient opportuniste et utilise toujours un répertoire de signaux interchangeables ; mais sans jamais passer par ce point faible qu'on trouve au bas de l'échelle, à savoir dépendre totalement d'un seul signal comme le bombyx. Ceci fait qu'il est inutile de chercher des phéromones humaines. Chez l'homme, par la matrice de l'abstraction, toute entrée sensorielle peut être branchée sur tout comportement : ces milliers de possibilités nous éloignent à jamais de phéromones humaines entraînant des comportements automatiques.

J.T.

## MÉDECINE

# Les pommes frites du Cap Cod

Les chercheurs aussi ont parfois le sens de l'humour. Témoin le rapport à la fois facétieux et sérieux récemment publié par le *New England Journal of Medicine*.

Quatre médecins du Massachusetts General Hospital, à Boston, Charles Homcy, Robert Gaivin, Jerome Zisfein et Robert Graham, se demandent si la consommation d'une ration de pommes de terre "chips" du Cap Cod, légèrement salées, modifie la concentration sanguine d'une hormone récemment découverte, le facteur natriurétique atrial ou ANF, que sécrète le cœur.

En effet, lorsque la concentration de sel augmente dans le sang, cette hormone augmente aussi. On ne connaît pas encore bien le rôle de l'ANF, si ce n'est qu'elle modifie le volume sanguin circulant et la pression du sang dans les vaisseaux. On aimerait bien savoir comment elle augmente aussi l'excrétion de sel par les reins, car cette excrétion, ou natriurémie, augmente beaucoup lorsque l'oreil-

lette cardiaque, qui produit l'ANF, est distendue. L'ANF est une hormone "d'avenir", si l'on peut dire, car elle intervient dans la maladie cardiaque congestive, les maladies circulatoires, l'insuffisance coronarienne, l'artérite des membres inférieurs, l'insuffisance vasculaire cérébrale.

Donc nos quatre médecins font consommer à cinq volontaires, en 2 h, 85 g de "chips". Ils effectuent ensuite des prélèvements sanguins et constatent que le taux d'ANF passe de 19 picogrammes/ml à 31 picogrammes/ml, soit plus de 50 % d'augmentation pour un stimulus relativement faible.

C'est d'autant plus remarquable que, chez le rat, il faut un régime fortement salé pour parvenir à des résultats similaires, alors que les "chips" en question ne sont que légèrement salées. Conclusion : l'ANF a bien le rôle qu'on a dit. Peut-être l'expérience devrait-elle être reprise avec des frites non salées, à des fins de contrôle. Mais nos chercheurs déclarent qu'ils n'y tiennent pas...

J.-M. B.

**PSYCHOLOGIE**

# Le sportif est plus extraverti et se connaît mieux que le non-sportif



*Quand il s'agit de sélection et d'orientation professionnelles, les tests psychologiques s'appliquent aux comptables comme aux sportifs*

Deux chercheurs français, Misoum et Laforesterie, ont mis au point de nouveaux tests à l'intention de ces derniers. Ces tests sont censés mieux dégager les traits psychologiques les plus favorables aux performances sportives.

Ces chercheurs ont d'abord tenté de cerner la personnalité du sportif et son évolution, telles que le sujet lui-même les définit, en fonction de ce qu'on peut appeler une "image-désir". « Quelle conception ai-je de moi-même ? Comment et à quel niveau est-ce que je m'évalue ? » Voilà des questions types. Le concept de soi, conscience et identité, ainsi que l'image de lui que le sportif s'attribue, s'y révèlent de la sorte.

Le modèle de test utilisé dans cette recherche est le MIPG d'Ada Abraham. 22 traits de personnalités correspondent à autant de questions. Le sujet répond en se

situant sur une échelle d'estimation graduée de 1 à 5. Ce test a été appliqué à trois groupes : l'un de 83 athlètes de haut niveau et d'âge moyen de 21 ans, l'autre de 48 jeunes athlètes d'environ 16 ans ; et le troisième d'un groupe de 33 jeunes de 17 ans, non sportifs. Les résultats peuvent être analysés et interprétés de façons différentes selon la suite à donner :

- Pour situer chaque sujet par rapport à un groupe, les réponses sont analysées alors en fonction de la norme du groupe. Elles permettent d'identifier éventuellement les sujets d'un groupe qui se rapprocheraient de la norme d'un autre groupe ; si le but est la sélection, on retiendra alors un jeune athlète dont les réponses approcheraient les normes des athlètes de haut niveau.

- Pour en savoir plus sur la psychologie d'un groupe, déterminer

un profil du jeune athlète ou de l'athlète de haut niveau et comprendre ce qui les différencie des non-sportifs, on procède alors à une analyse de la variante. Pour chaque question, on établit si et quand les groupes sont différents, et l'on voit lesquelles des 22 caractéristiques de personnalité sont propres à tel ou tel groupe en particulier, ainsi que lesquelles sont partagées par tous. Les questions portent sur les caractéristiques suivantes : inhibition dans la relation ; besoin de compétition ; compréhension d'autrui ; expression et contrôle émotionnels ; capacité d'auto-critique ; besoin d'approbation par autrui ; besoin affectif ; sentiment d'infériorité ; conformisme ; spontanéité ; volonté ; capacité d'auto-évaluation ; sociabilité ; agressivité ; contestation de l'autorité ; intégration au groupe ; capacité d'expression au sein du groupe ; capacité d'écoute ; dépendance et autonomie. Nombreuses sont les caractéristiques psychologiques communes à tous : le besoin de compétition, celui de communication et celui d'évaluer ses propres limites. Pour maintenir l'estime de soi, chacun cherche dans une certaine mesure l'approbation d'autrui, mais le sport ne peut être envisagé comme un substitut d'affection. Le sentiment d'infériorité est interprété comme un signe d'inadaptation. La spontanéité et la volonté existent avec la même intensité dans les trois groupes. Ni les sportifs ni les non-sportifs n'éprouvent de besoin particulier d'être aidés par le groupe.

Les sportifs, surtout les jeunes, sont sociables ; ils ont l'esprit d'équipe. Pour rester dans un groupe ils en acceptent les règles, mais plus qu'une caractéristique intrinsèque de leur personnalité, c'est le résultat d'un choix stratégique. Ils valorisent les situations socialement idéalisées par le groupe et la réalisation de leur "moi" passe par la reconnaissance des membres du groupe. L'esprit d'équipe comporte toutefois une certaine dose d'élitisme. La contestation de l'autorité est absente et l'on note même une tendance nette au respect des règlements et des conventions sociales, ainsi qu'une certaine crainte prononcée de la censure. Les jeunes sportifs apparaissent finalement comme moins



indépendants que les non-sportifs dont ils se distinguent par une forte capacité d'évaluer eux-mêmes leurs motivations, besoins et désirs.

Pour nos psychologues, la situation sportive stimule la connaissance de soi et les capacités de s'analyser et de se juger. Peut-être cela s'interprète-t-il ainsi ! Ce serait un besoin initial de connaissance de soi-même qui porterait vers l'"investissement" en tant qu'occasion de s'extérioriser. L'aptitude à s'auto-évaluer est en tout cas retenue comme une qualité indispensable au bon déroulement d'une carrière sportive.

La compétition implique l'ouverture à autrui. Le sportif reconnaît son rival et l'estime avant d'essayer de le surpasser.

Enfin le grand sportif est plutôt plus extraverti que le commun des mortels ; non seulement il a des émotions, mais encore il les laisse s'exprimer car cela l'aide à comprendre ses échecs et ses réussites. Contrôler son corps et se construire une cuirasse de muscles, oui, mais pas de censure pour les sentiments. L'environnement affectif est donc essentiel au sportif. La conception du sportif-robot est une construction idéologique issue de cerveaux supportés par d'étroites épaules.

Le grand sportif sait aussi se servir de son agressivité comme d'un moyen favorisant son désir de gagner. C'est le moteur de son esprit de compétition et elle revêt donc un côté positif non négligeable. Du jeune sportif au sportif de haut niveau, l'évolution de la personnalité passe donc de l'adaptation aux contraintes collectives du groupe à l'adaptation de ses ambitions personnelles, de la soumission au groupe à la prise en charge individuelle. **G.M. et R.L.**

**Dioxyne** : atteintes du système immunitaire et du foie relevées dans une étude sur des habitants du Missouri exposés à des émanations de ce toxique.

**Drogues anti-SIDA** : la ribavirine et l'azidothymidine se sont, aux Etats-Unis tout au moins, révélées décevantes. A l'étude : la suramine, le foscarnet, toujours l'HPA-23 et la di-déoxyadenosine.

## Cancers à Pasteur : une enquête bien compliquée

Cinq chercheurs travaillant séparément dans des laboratoires voisins de l'Institut Pasteur ont été atteints de cancers. Deux en sont décédés. Afin d'établir s'il s'agit d'une coïncidence ou d'affections liées à leur activité professionnelle, la direction de l'Institut Pasteur a demandé la réunion d'une commission d'enquête constituée de spécialistes non pastoriens, dirigés par le Pr Jean Bernard.

N'importe où ailleurs, les accidents d'avion en sont un exemple tragique, on aurait parlé de loi des séries. Dans un laboratoire où on manipule des substances potentiellement cancérigènes l'émotion est vive. La loi des séries est peu scientifique. Doit-on craindre de nouveaux cas ? En l'absence de connaissances précises sur les causes des cancers, l'enquête s'annonce extrêmement difficile. Examinons-en les éléments.

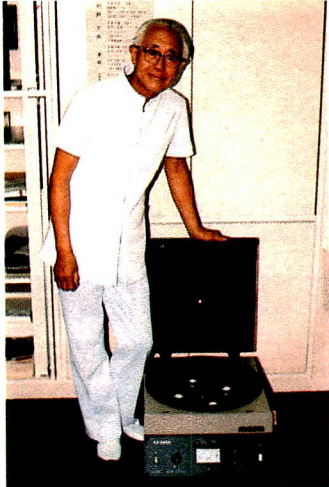
Les médecins traitants sont liés par le secret médical et peu bavards en cas de cancer : la vérité n'étant pas toujours annoncée aux patients, il serait assez regrettable que ceux-ci apprennent les détails de leur mal dans la presse. Les sources officielles (l'Institut Pasteur notamment) se contentent donc d'affirmer qu'il s'agit de cancers de types différents. On a cependant appris qu'il s'agissait d'un ostéosarcome chez un homme d'une trentaine d'années décédé l'an dernier ; de métastases osseuses d'un adénocarcinome non identifié (sein, poumon, intestin sont parmi les plus fréquents) chez une femme d'une cinquantaine d'années décédée le mois dernier, et d'un sarcome d'un type rare (la classification histologique précise de ce type de tumeurs est très délicate même pour les spécialistes) chez un homme d'une trentaine d'années qui a été traité et peut continuer ses recherches. La nature des deux autres cas n'est pas encore connue au moment où nous mettons sous presse. On peut déjà remarquer que, s'il s'agit de sujets jeunes, les cancers observés

ne sont pas sortis de leur tranche d'âge habituelle.

De tous temps, les scientifiques ont été exposés à des dangers qu'ils connaissent mal, et la recherche a déjà payé un lourd tribut.

Dans le présent, si on peut vérifier le respect des mesures de sécurité qui touchent les produits dont les effets sont connus (isotopes radioactifs fréquemment utilisés comme traceurs ou mutagènes chimiques divers suspects n° 1 pour certains), on ne peut pas éliminer *a priori* l'effet, seul ou en association, de substances dont les effets sont mal connus (gènes manipulés et notamment, oncogènes impliqués dans le cancer, virus, cultures de cellules concréneuses, solvants organiques...) et cela même si les mesures de sécurité sont souvent plus draconiennes dans ce cas : travail sous hottes avec filtration absolue, locaux isolés avec sas et pressions négatives appelés couramment "sous marins" et incinération systématique des déchets contaminés. Peut-être ne pourra-t-on réellement prouver l'existence ou la non-existence d'une relation entre ces tumeurs que lorsque l'on aura vraiment compris ce qui provoque un cancer.

En attendant les conclusions de la commission devront reposer sur de subtiles enquêtes statistiques. Cinq cancers sur quelques centaines de chercheurs est-ce trop, alors qu'un Français sur quatre est touché ? Y a-t-il des cas analogues dans les nombreux laboratoires qui pratiquent le même type d'expérience ? Il est vraisemblable que la taille des populations étudiées fera conclure que l'événement n'est pas statistiquement significatif. Autrement dit, le hasard pourrait parfaitement être seul responsable. Si certains esprits s'en trouvent rassurés, d'autres trouveront sans doute ce hasard bien cancérigène. En anglais "hazard" signifie aussi danger...



## MEDECINE

### Choix du sexe d'un enfant

Nous l'avions annoncé en juillet 83 (p. 56) : les Japonais étudiaient la possibilité de séparer les spermatozoïdes Y, qui donnent des garçons, des X, qui donnent des filles, en se fondant sur les différences de réaction aux champs électriques. Les Y se concentrent autour de l'électrode négative, les X, de l'électrode positive. Les Drs Hideo Mori, de l'université de Tokyo, et Rihachi Iizuka, de l'université de Keio, ont mis la méthode au point, au moins au stade du laboratoire. Ils ont trouvé qu'en moyenne, tous les chromosomes attirés par l'électrode positive étaient des X, alors que 83 % de ceux qui étaient attirés par la négative étaient des Y. Ce qui a permis à 42 femmes, depuis 2 ans, de mettre au monde 40 filles et 2 garçons.

Le choix des futures mères avait été dicté par le fait qu'elles souffraient de maladies héréditaires transmissibles uniquement aux enfants mâles. Les 2 garçons conçus ne constituaient, somme toute qu'un contrôle. Ces résultats ont été annoncés par le Dr Shiro Sugiyam (*photo ci-dessus*), chef d'une équipe de 800 obstétriciens qui a suivi les travaux et les a mis en pratique.

C'est dans la possibilité d'éviter la transmission de telles maladies, comme l'hémophilie, que semble pour le moment résider l'intérêt principal de la technique japonaise, saluée, comme on peut l'imaginer par un concert de protestations.

G.M.

## ÉLECTRONIQUE

### Énergie solaire : voici les super-cellules

Outil de rêve pour tous les écologistes friands d'énergie solaire ; la cellule photo-électrique a le gros inconvénient de réclamer beaucoup d'énergie (polluante) pour sa construction et d'avoir un rendement bien faible : 8 à 11 % en éclairage direct. Ce rendement croissant avec l'intensité du rayonnement, si l'on concentre la lumière du soleil sur la cellule avec une loupe ou un miroir concave on atteint de 15 à 20 %.

Poursuivant dans cette voie, des chercheurs de la Stanford University, aux USA, ont créé une nouvelle cellule qui convertit la lumière concentrée en électricité avec un rendement efficace moyen de 27 % qui pourra être porté à 30 %. Au lieu de comporter une mince lame de silicium plaquée d'un semi-conducteur n ou p, le nouveau dispositif utilise une feuille de silicium dont la face d'entrée est dépolie tandis que l'envers est revêtu d'un réseau de semi-conducteurs alternés p et n réfléchissants. Ce dispositif est connu sous le nom de cellule à contacts ponctuels, parce que le courant produit est recueilli par de petits contacts métalliques à l'arrière.

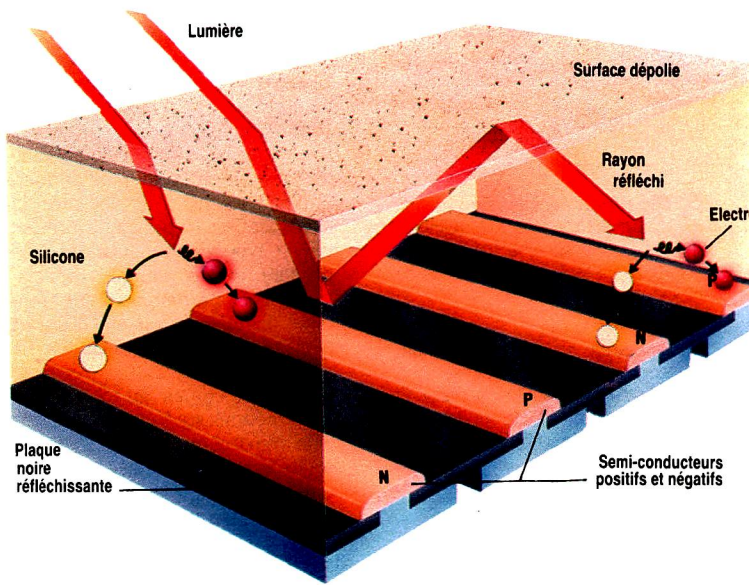
En utilisant comme collecteur un semis de microcontacts,

contrairement à la technique habituelle, qui utilise toute la surface, on libère la majorité du revêtement arrière, qui peut alors servir de réflecteur. A ce moment, la lumière reçue est réfléchi plusieurs fois d'arrière en avant à travers les fines bandes de silicium, délogeant les électrons dont le mouvement forme le courant électrique. Ajoutons que les photons réfléchis par le dos sont à leur tour piégés par la surface dépolie de la couche supérieure, augmentant encore l'efficacité du dispositif.

Mais cette cellule ne donne son plein rendement que placée au foyer de miroirs qui concentrent la lumière solaire de façon à multiplier son intensité normale par 500. La surface du miroir pourrait être occupée par des cellules standard, le courant débité par m<sup>2</sup> devenant alors nettement supérieur. En contre-partie, le miroir réclame beaucoup moins d'énergie à construire, donc le bilan total peut être meilleur.

R.d.L.T. ●

**Les articles de cette chronique ont été réalisés par** Stéphane Chenard, R. Laforesterie, Gerald Messadié, G. Missoum, Marie-Laure Moinet et Renaud de La Taille.





# À CHINON, EDF PRÉPARE LA BOMBE À NEUTRONS ?

*Alors que la France a trop d'électricité, pourquoi EDF remet-elle soudain en route Chinon A3, la plus vieille et la moins sûre de ses centrales nucléaires ? C'est sans doute que la production recherchée n'est pas l'électricité mais le plutonium. Et il semble bien que si l'armée a un besoin nouveau de plutonium, ce ne peut être que pour la bombe à neutrons.*



**C**inq robots commandés à prix d'or par EDF sont en train de réparer les structures rouillées du plus vieux réacteur nucléaire français, Chinon A3. Malgré le secret opaque qui couvre les motifs de cette opération, tout semble indiquer qu'elle est destinée à accroître la production de plutonium militaire, dans la perspective de la mise en service de la bombe à neutrons.

L'affaire serait peut-être demeurée dans l'ombre si la firme qui a construit les robots, Hispano Suiza, avait résisté à la tentation d'en faire sa publicité. Il faut dire qu'il s'agit d'une prouesse technologique. Sorte de serpent de 12 mètres de long, le robot s'introduit dans un tube de 24 cm de diamètre et plonge presque jusqu'au cœur du réacteur, dans une zone que les radiations et la température rendent inaccessible à l'homme. Là son bras articulé répare les pièces corrodées ou en met de nouvelles, aidé le cas échéant par le bras d'un robot

jumeau descendu par un autre tube.

C'est à la fin de 1982 qu'EDF a passé commande de ces belles machines à Hispano Suiza, filiale de la grande firme aéronautique SNECMA. Pour 230 millions de francs de l'époque. Afin de roder les robots, il fallut construire sur le site une maquette du réacteur grandeur nature. L'opération prit du retard. Au total, 440 000 heures de travail avaient été officiellement effectuées en janvier 1986. Mais depuis, les robots sont à l'œuvre, et tant EDF que le Commissariat à l'énergie atomique (CEA), véritable commanditaire et principal intéressé, semblent satisfaits de l'avancée des travaux. Arrêtée depuis le 4 mai 1984, Chinon A3 doit redémarrer cet automne.

Lorsqu'un reportage sur ce robot fut présenté à la télévision, en avril dernier, de bons esprits se demandèrent quelle mouche avait bien pu piquer les responsables d'EDF. Pourquoi donc aller faire cet exercice de haute voltige dans un réacteur archaïque dépourvu d'intérêt économique, dont le



déclassement définitif était prévu pour 1988 ? Pourquoi faire redémarrer une centrale qui est, du point de vue de la sécurité, la plus dangereuse des centrales françaises ?

Reprenons ces différents points. L'essentiel du parc de centrales nucléaires françaises est composé de centrales PWR (réacteur à eau pressurisée), fabriquées selon le procédé de la firme américaine Westinghouse. Cette situation résulte de la décision, prise en 1969, d'abandonner la filière précédente à uranium naturel, graphite et gaz carbonique (UNGG) dont relève Chinon A3.

Pourquoi la filière UNGG avait-elle été abandonnée ? Ce n'était pas pour le plaisir. C'était une filière bien française, mise au point par les ingénieurs du CEA. On y avait englouti des milliards. Mais du point de vue de la rentabilité, ces réacteurs ne tenaient pas la comparaison face aux PWR. Rappelons que les centrales nucléaires reposent sur le principe de la fission. Des atomes très lourds, comme ceux de l'uranium 235, se scindent et libèrent des neutrons. Ces neutrons libérés à grande vitesse (25 000 km/s) vont à leur tour provoquer la fission d'autres noyaux d'uranium : c'est la réaction en chaîne. Pour que cette réaction reste contrôlable et modulable, on dispose autour de l'uranium un matériau comportant des noyaux légers capables de ralentir les neutrons : c'est le modérateur. Dans le cas des centrales PWR, le modérateur est tout simplement de l'eau. Dans les centrales du type Chinon A3, le modérateur est du graphite (un charbon très pur). C'est ainsi qu'à Chinon A3, les cartouches d'uranium sont introduites par séries de 15 dans plus de 3 000 canaux verticaux percés dans un empilement de 2 500 tonnes de briques de graphite.

C'est la chaleur dégagée par les fissions en chaîne qui est récupérée pour produire de la vapeur, laquelle actionne des turbines qui fourniront l'électricité. Cette cha-

## LE SAUVETAGE D'UN MONSTRE

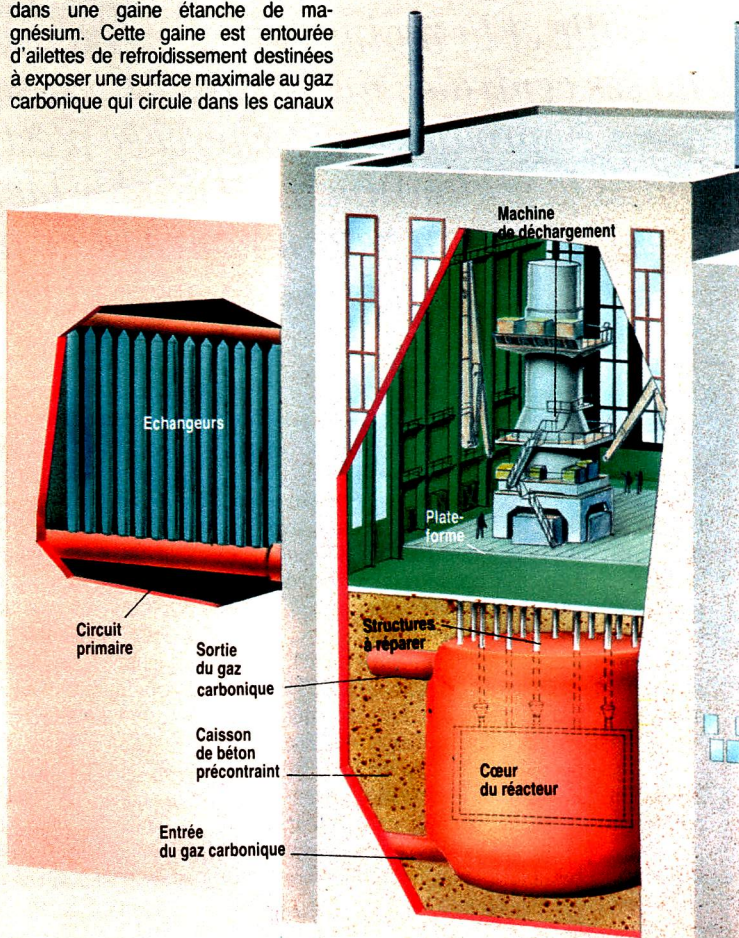
A l'intérieur d'un gigantesque cube de béton précontraint d'une trentaine de mètres de côté et de 5 mètres d'épaisseur, dans une cavité de 19 mètres de diamètre sur 21 mètres de hauteur, se trouve le cœur de Chinon A3. Cette cavité est occupée par un empilement de 2 530 tonnes de briques de graphite, de section hexagonale, qui s'emboîtent les unes dans les autres par un système de clavettes et reposent sur une sole en forme de coque.

Ces colonnes de graphite sont percées de trous réguliers sur toute leur longueur : 3 264 canaux en tout d'une quinzaine de centimètres de diamètre chacun. La majorité de ces canaux est destinée à recevoir les cartouches de combustible, soit 445 tonnes d'uranium naturel sous forme de métal. Dans un canal sont enfermées 15 cartouches de 60 cm de long chacune, contenant un barreau d'uranium de 4 cm de diamètre dans une gaine étanche de magnésium. Cette gaine est entourée d'ailettes de refroidissement destinées à exposer une surface maximale au gaz carbonique qui circule dans les canaux

pour récupérer la chaleur dégagée par la fission de l'uranium. Le tout est protégé par un cylindre de graphite. Le débit du gaz carbonique est 8 000 kilos à la seconde et sa pression est de 30 bars.

Le circuit de gaz carbonique traverse une batterie d'échangeurs gigantesques comprenant près de 200 éléments, où la chaleur est transférée à l'eau d'un autre circuit, étanche au premier et qui traverse également les échangeurs. L'eau devient alors vapeur et va entraîner le turbo-alternateur qui produit du courant électrique.

On peut accélérer ou freiner la réaction (et donc contrôler la puissance) en faisant plus ou moins descendre, dans des canaux spéciaux dépourvus de combustible, des barres de contrôle et de sécurité faites de carbure de bore, qui a la propriété d'absorber les neutrons. Le flux neutronique, en moyenne



Dessin I. Correia



30 000 milliards de neutrons au  $\text{cm}^2$  par seconde, n'étant pas constant d'un point du réacteur à l'autre, ces barres le régulent en permanence.

Une lourde machine de manutention (550 tonnes) se déplace au-dessus du réacteur, chargeant et déchargeant en continu le combustible, à raison de 2 à 3 canaux par jour.

Vers 1975, on découvrit qu'à partir d'une certaine température, de l'ordre de  $400^\circ\text{C}$ , le gaz carbonique oxydait certaines pièces métalliques à l'intérieur du réacteur des centrales graphite-gaz (observations faites en Angleterre et en Italie), risquant d'entraîner une rupture des assemblages d'acier boulonnés ou soudés ; il a donc fallu réduire la température du gaz carbonique de façon à ne pas dépasser  $360^\circ\text{C}$ . Ce qui revenait à réduire la puissance de Chinon A3, rendu infirme dès sa jeunesse. Au lieu des 480 MWe prévus, elle ne pourra jamais dépasser 360 MWe.

En 1980, malgré cette mesure, l'oxydation affecte quand même tant les soudures que la boulonnerie des structures internes supérieures de

l'empilement de graphite au cœur de Chinon A3. Les tubes de détection de rupture de gaine risquent ainsi de se détacher de leur support ou de basculer, menaçant d'obstruer le passage des barres de contrôle ou des cartouches de combustible lors du chargement-déchargement. De plus, on risque de perdre des informations précieuses sur d'éventuelles ruptures de gaine si le système est faussé.

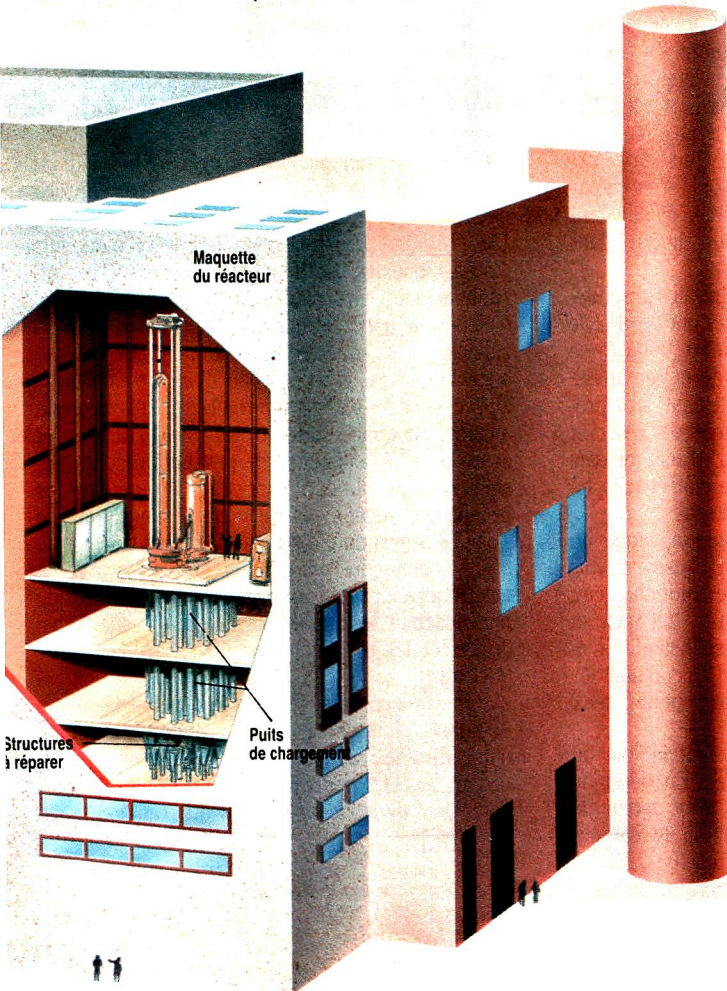
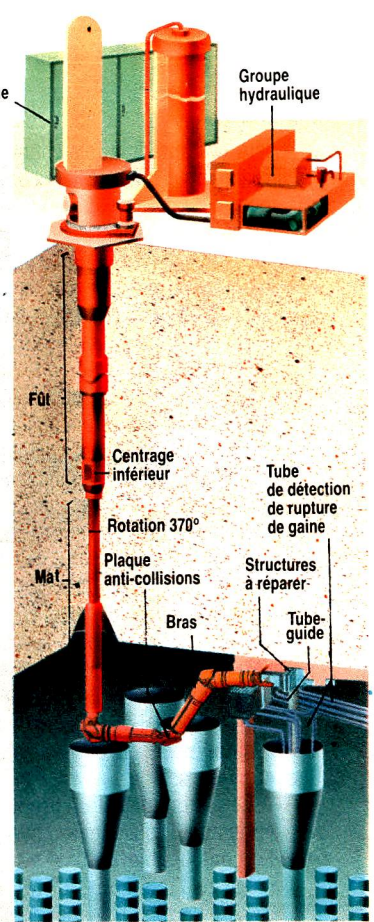
Baptisée ISIS (intervention sur les structures internes supérieures), l'opération de sauvetage commandée par EDF à Hispano Suiza est spectaculaire. Chaque robot, qui pèse trois tonnes, dispose de trois coudes et de trois poignets lui autorisant 8 degrés de liberté, c'est-à-dire huit mouvements différents.

Au bout des bras peuvent être accrochées des têtes de travail spécialisées et très perfectionnées, de 35 à 70 kilos, pouvant relever la topographie des zones à réparer, décaper, souder, polir, manipuler...

Sur le site, à côté du réacteur, a été

Armoire puissance et informatique locale

Groupe hydraulique



construite une maquette en grandeur réelle, correspondant à un immeuble de 20 étages, destinée à l'apprentissage des robots avant leur intervention dans le réacteur lui-même. Pour accéder aux structures endommagées, les robots se faufilent à travers l'un ou l'autre des 109 puits de chargement de 24 cm de diamètre et de 7 mètres de profondeur.

- Première étape : repérage des lieux dans le réacteur à l'aide d'une caméra.
- Deuxième étape : reconstitution des lieux dans la maquette.
- Troisième étape : apprentissage sur la maquette.
- Quatrième étape : réparation réelle en recopiant les gestes appris sur la maquette, avec toutefois une pointe d'"intelligence" en plus qui permet au robot d'improviser et de corriger sa position grâce à des palpeurs dans la phase finale d'accostage.

La première intervention de télémanipulation dans le réacteur et de recopie sur la maquette a eu lieu l'été dernier et la première réparation s'est déroulée fin février, début mars. Il ne s'agit pour le moment que d'un des 19 supports de tuyauterie les plus endommagés. Sur quelque 80 au total. Il y a un millier de pièces à poser en tout !

leur doit être à la fois contrôlée et captée. Dans les réacteurs PWR, c'est encore l'eau qui est utilisée pour ce faire. L'eau sous pression sert non seulement de modérateur, mais aussi de refroidisseur et de "caloporteur" (porteur de calories). Dans un réacteur à graphite ces deux dernières fonctions sont assurées par du gaz carbonique.

Ainsi, dans Chinon A3, quatre souffleries envoient du gaz carbonique froid dans le cœur du réacteur. Le gaz carbonique circule entre le graphite et les cartouches d'uranium, capte la chaleur de la réaction en chaîne, ressort du cœur et va chauffer l'eau de l'échangeur de chaleur. L'eau se transforme en vapeur qui va actionner les turbines.

Les premières centrales françaises à graphite-gaz avaient surtout un objectif militaire. Elles furent construites par le CEA à Marcoule : Marcoule G1, mise en service en 1956, G2 (1959) et G3 (1960). À l'époque, le charbon, le pétrole bon marché et les barrages hydrauliques suffisaient à satisfaire les besoins d'électricité. Les centrales graphite-gaz étaient spécialement conçues pour produire le plutonium nécessaire à la fabrication des bombes atomiques.

Le plutonium est un produit obligé de la réaction en chaîne. Un zeste de physique est ici nécessaire. Le combustible de base est l'uranium, en fait, un mélange d'uranium 238 et de son isotope l'uranium 235. Ce dernier est spontanément fissile, c'est-à-dire qu'il se casse en libérant des neutrons et de l'énergie. L'uranium 238 se transforme en plutonium 239 en capturant un neutron. C'est ce même plutonium 239 qui assure la réaction en chaîne dans l'explosion d'une bombe A, ou encore dans l'amorçage d'une bombe H.

Il ne fait aucun doute que les centrales graphite-gaz ont satisfait les militaires. Elles ont produit le plutonium nécessaire à la constitution de la force de frappe française. La question de la rentabilité économique ne se posait guère. Quant aux problèmes de sécurité, ils étaient couverts par le secret défense. Mais lorsqu'il s'est agi d'adapter ces centrales à la production rentable d'électricité civile, le tableau changea du tout au tout.

La direction du programme Chinon, lancé en 1957, est confiée à EDF. Celle-ci pense pouvoir dominer les problèmes comme elle a dominé ceux des barrages hydrauliques. Elle n'en fait qu'à sa tête, juge inutile de confier une responsabilité majeure à un industriel, et saucissonne les commandes en vertu du vieux principe : « diviser pour mieux régner ».

Les incidents se multiplient et font la joie du *Canard enchaîné*. Deux exemples. En dépit de nombreuses mises en garde, EDF avait décidé de construire en acier et non en béton le caisson entourant le cœur du premier réacteur, EDF1. Résultat : en février 1959, presque terminé, celui-ci

se fissure sur les deux tiers de son diamètre. Sept ans plus tard, en 1966, le général de Gaulle se propose d'inaugurer en grande pompe EDF3 (ce même Chinon A3 dont il est aujourd'hui question). Cela inquiète tellement EDF que son PDG parvient à convaincre le général de n'en rien faire, et d'aller plutôt inaugurer à la place l'usine marémotrice de la Rance. C'était plus sûr ! Bien lui en prit : huit jours avant la date prévue, une avarie mettait le réacteur en panne (1).

C'est donc très logiquement qu'en novembre 1969 le président Pompidou décida d'abandonner la filière française et de passer aux PWR. Mais qu'allaient devenir les réacteurs à graphite-gaz ? Cinq ont été déclassés : les trois de Marcoule, ainsi que Chinon 1 et Chinon 2. Il en reste quatre : Chinon 3, Saint-Laurent 1, Saint-Laurent 2 et Bugey 1. Les trois derniers sont d'une conception un peu plus moderne, mais leur histoire est émaillée d'incidents. Saint-Laurent A1 et A2 ont l'un et l'autre connu un début de fusion du cœur, le premier en 1969, le second en 1980. Bugey 1 fonctionne au ralenti, car on a dû limiter la température de sortie du cœur, donc la puissance du réacteur, en raison de la corrosion des aciers et du graphite par le gaz carbonique sous pression. Au total, la filière graphite-gaz coûte peut-être plus cher qu'elle ne rapporte. Elle ne contribue plus que pour un modeste 3,5 % de l'électricité d'origine nucléaire fournie par EDF.

On peut d'autant plus s'interroger sur la valeur de cette production que notre "parc" de centrales nucléaires est surabondant. Déjà dans son rapport 1984, EDF soulignait « le caractère légèrement surdimensionné de l'outil de production ». C'est un euphémisme. Non seulement EDF produit plus d'électricité que la France n'en consomme, mais sa capacité de production était, en 1985, de 450 000 gigawatts-heure, dont 220 000 d'origine nucléaire, alors que la consommation totale s'est élevée cette année-là à moins de 280 000 gigawatts-heure (2). Cet écart entre les capacités de production et les besoins réels devrait continuer de s'accroître dans les prochaines années : on ne compte pas moins de seize centrales en construction ! Une dix-septième a été commandée en 1986, et notre "programme électronucléaire" prévoit d'en commander une de plus chacune des années suivantes. Après le fleuve de lait et les montagnes de beurre, voilà la mer nucléaire.

Dans ce contexte, l'idée d'aller retaper Chinon A3, notre plus vieille centrale, pour la prolonger d'une dizaine d'années, semble étrangement anti-économique. On pourrait croire que Chinon A3 s'est distinguée de ses cousines par une rentabilité ex-

(1) J.-F. Picard & al., *Histoire de l'EDF*, Dunod, 1986.

(2) En estimant un facteur de charge de 70 %.



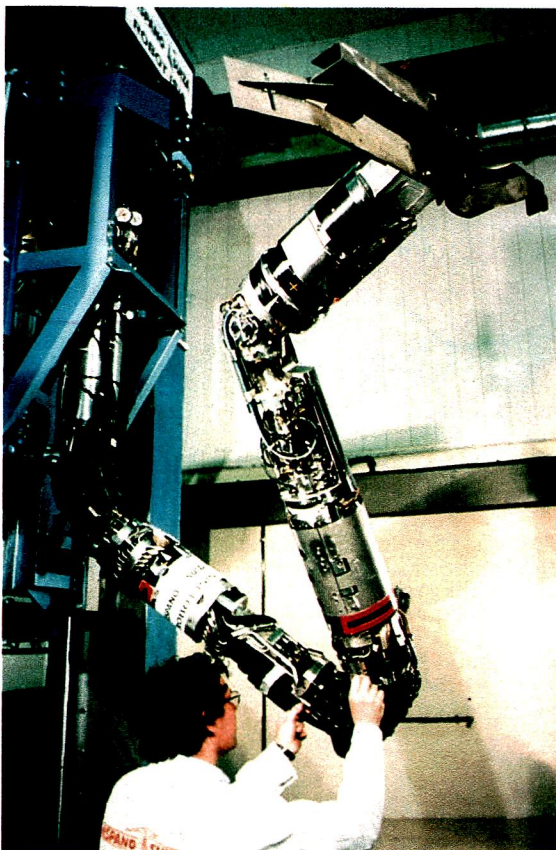
ceptionnelle, et qu'il serait dommage de ne pas lui accorder le droit de survie qu'elle mérite. Mais ce n'est pas du tout le cas ! Elle figure bonne dernière au palmarès du rendement nucléaire. Au total, elle n'a fonctionné, depuis 1966, que pendant la moitié de ses heures de service théoriques (89 793 au lieu de 160 560 depuis le 1<sup>er</sup> janvier 1968). Encore n'a-t-elle, la plupart du temps, fonctionné qu'aux deux tiers de ses capacités affichées. Avant son arrêt en mai 1984 — arrêt que d'aucuns crurent définitif — elle ne fournissait pas plus d'1 % de l'électricité d'origine nucléaire en France.

Le plus étrange dans cette obstination à renflouer ce vieux navire est qu'il fait eau de toutes parts. Comme nous l'avons dit, c'est probablement la moins sûre de nos centrales. C'est la seule, en tout cas, dont une partie du circuit primaire n'est pas protégée par une enceinte en béton. Comme celle de Tchernobyl, en cas d'incident même relativement bénin dans le cœur, les produits radioactifs qui se répandent dans le gaz carbonique ne sont séparés de l'atmosphère que par les tuyauteries des échangeurs de chaleurs.

Quel type d'incident ? Par exemple, la rupture d'une des quelque 45 000 gaines de magnésium qui forment la paroi des cartouches d'uranium. Ces gaines laissent passer les neutrons qui vont interagir avec le graphite et se ralentir, mais elles sont censées ne rien laisser passer d'autre. Si l'une d'elles se fissure, les produits de fission risquent de se répandre dans le gaz carbonique. Celui-ci entre en contact avec l'uranium et l'oxyde en quelques minutes, ce qui a pour effet de faire gonfler la gaine et de la déchirer davantage. En retour, la gaine gonflée peut obturer le canal où elle se trouve, empêcher le passage du gaz carbonique (qui sert de refroidisseur) et, le cas échéant, provoquer un début de fusion de l'uranium.

C'est pourquoi chacun des quelque 3 000 canaux où sont empilées les cartouches de combustible est équipé d'un dispositif de "détection de rupture de gaine" (DRG). C'est un tube d'acier inoxydable, gros comme le doigt. Quand un de ces tubes contient des produits de fission, on sait tout de suite qu'une gaine s'est rompue et dans quel canal. C'est l'avarie d'un tube DRG qui mit Chinon A3 en panne au moment où le général de Gaulle se proposait de l'inaugurer. C'était une erreur de conception. Lors des essais à chaud, les tubes DRG se déformaient. Il fallut les modifier.

Aujourd'hui, c'est la corrosion par le gaz carbonique des supports métalliques de ces tubes DRG qui justifie l'intervention des robots d'Hispano Suiza. Ce problème de corrosion de l'acier par le CO<sub>2</sub> n'est d'ailleurs pas propre à Chinon A3. Il se rencontre sur toutes les centrales à graphite-gaz. Il oblige depuis dix ans à limiter la température de sortie du CO<sub>2</sub> à 360°, ce qui n'est possible qu'en



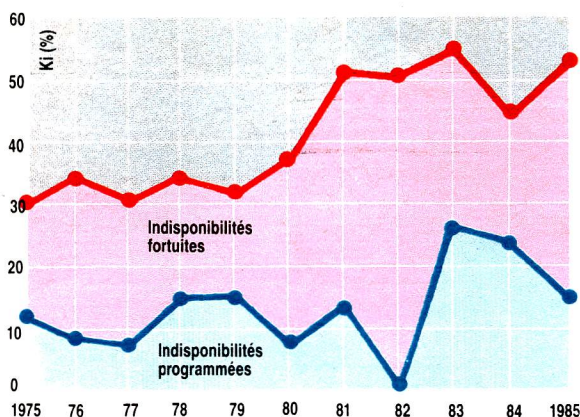
Ces bras articulés de robots géants (12 m) permettent des réparations près du cœur du réacteur de Chinon A3, que les radiations et la température rendent inaccessible à l'homme.

réduisant la puissance des centrales. Encore cette mesure n'est-elle pas suffisante. A Chinon A3, la visite annuelle de 1981 permit de constater que la corrosion s'était aggravée.

Ce ne sont pas les seuls incidents qui ont perturbé la vie de Chinon A3. Qu'on en juge. 1968 : des vibrations anormales dans les assemblages de combustible obligent à limiter le débit de soufflage du CO<sub>2</sub>. 1969-1970 : il faut remplacer la tuyauterie du circuit secondaire des échangeurs de chaleur (celle où circule l'eau qui reçoit la chaleur du CO<sub>2</sub>). 1976 : on découvre des défauts de soudure et des fissures dans les tuyauteries du circuit primaire. 1982 : une perte d'alimentation électrique entraîne l'arrêt des quatre turbo-soufflantes qui assurent la circulation du CO<sub>2</sub>. 1983 : deux incidents à trois mois d'intervalle provoquent chaque fois un arrêt d'urgence.

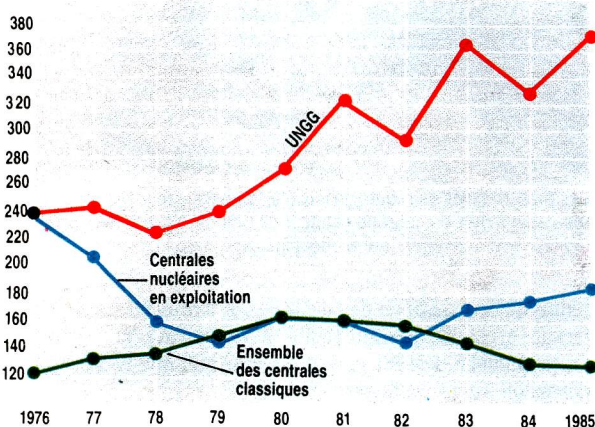
Chinon A3 est bien la plus anti-économique et la moins fiable des centrales françaises. Comme elle est unique en son genre, il est exclu que les super-robots qui ont été spécialement conçus pour la retaper soient utilisables dans d'autres centrales, en France ou à l'étranger. Il faut donc se rendre à l'évidence : cette opération n'a aucune justification possible sur le plan civil. En revanche, elle s'inscrit fort bien dans la logique de la modernisation de nos





## CENTRALES GRAPHITE-GAZ : DE PLUS EN PLUS PROBLÉMATIQUES...

Il est normal d'arrêter périodiquement une centrale nucléaire pour entretien et vérification. Mais, d'année en année, les arrêts fortuits des centrales graphite-gaz n'ont cessé de se multiplier ou se prolonger, dépassant de loin les arrêts normaux programmés.



## ... ET DE PLUS EN PLUS COÛTEUSES

Entre 1984 et 1985, les dépenses directes d'exploitation (entretien, contrôles-essais, etc.) ont augmenté deux fois plus vite pour les centrales graphite-gaz que pour l'ensemble des centrales nucléaires en fonctionnement en France : 13,9 % pour les premières (courbe rouge), contre 6,2 % pour les secondes (courbe bleue). Les centrales classiques (courbe verte), elles, ont vu ces dépenses diminuer de 1,9 % pour la même période.

armes nucléaires, surtout si, comme tout permet de le penser, nous nous acheminons vers la fabrication en série de la bombe à neutrons.

Que Chinon A3 ait déjà, dans le passé, servi à la production de plutonium à usage militaire est un secret de Polichinelle. Certes, on n'en voit guère de traces dans la littérature officielle. Qu'EDF travaille la main dans la main avec les militaires, on ne va pas le crier sur les toits. Mais c'est un fait. Quelques documents innocents en témoignent. Ainsi ce rap-

port d'information présenté en 1980 à l'Assemblée nationale par la Commission de la défense nationale, où l'on peut lire : « Les quantités de plutonium produit permettront de réaliser sans difficultés majeures la modernisation qualitative et quantitative de nos forces nucléaires stratégiques et de l'armement nucléaire tactique, bien que rien n'ait été fait de spécifique pour les plutonigènes depuis Marcoule, sauf Chinon 3... » Ainsi encore le rapport d'activité du CEA pour 1985, où la remise en activité de Chinon A3 est annoncée pour la mi-1986 et où est annoncé comme un anniversaire, en avril 1985, le fait que « l'usine UP1 de Marcoule traite la 2 000<sup>e</sup> tonne de combustibles irradiés émanant des centrales de la filière uranium naturel-graphite-gaz ». C'est dans cette dernière usine qu'est extrait le plutonium militaire.

Depuis l'arrêt des trois réacteurs graphite-gaz de Marcoule, la branche militaire du CEA doit officiellement se reposer, pour la production de plutonium militaire, sur ses deux petits réacteurs à eau lourde et uranium enrichi Célestin 1 et 2, également installés à Marcoule. Certes, depuis 1963, date de la mise en service du premier réacteur civil, le CEA a toujours pu compter sur la bonne volonté d'EDF. Chinon 1, Chinon 3, Saint-Laurent 1 et 2, Bugey 1, ainsi que le surgénérateur Phénix, ont apporté leur tribut à la constitution et à l'entretien de notre force de frappe. Mais aujourd'hui, Chinon 1 n'est plus en service, les réacteurs de Saint-Laurent et du Bugey sont optimisés pour la production d'électricité, et les gros bataillons de PWR sont impropres à la fabrication de plutonium militaire. La situation confortable évoquée dans le rapport de l'Assemblée nationale en 1980 appartient au passé. La réalité est que nos forces nucléaires risquent de se trouver tôt ou tard confrontées à un goulet d'étranglement. Risque qui se transforme en certitude si nous décidons, comme c'est probable, d'équiper notre artillerie de bombes à neutrons, grosses mangeuses de plutonium. En fait, il se pourrait bien que le sort de la bombe à neutrons soit lié à celui de Chinon A3.

Pour saisir les données du problème, il faut faire le compte des moyens de production de plutonium militaire et les confronter aux besoins de nos forces armées. Bien qu'il s'agisse d'un domaine rigoureusement confidentiel, il n'est pas interdit de procéder à des évaluations. De nouveau un zeste de physique. Nous avons dit que, dans un réacteur, l'uranium 238 se transforme en plutonium 239 par capture d'un neutron. C'est ce plutonium 239 qui est exploitable pour les bombes nucléaires. Malheureusement, dans un réacteur, le plutonium 239 a tendance à capturer à son tour d'autres neutrons, et à se transformer en plutonium 240, 241, 242 et 243. C'est une question de probabilité, donc de temps. Plus le temps passe, plus le plutonium 239 qui se



concentre aura tendance à se transformer. Or, ces isotopes plus lourds ont la fâcheuse qualité d'être spontanément fissiles. Dans une bombe, ils risquent de provoquer des préarmocages et de dérégler les dispositifs de mise à feu. Il faut en limiter la présence au maximum. Si l'on veut extraire le plutonium 239 d'un réacteur, il faut donc retirer le combustible après un temps d'irradiation relativement court. Dans les centrales PWR, la seule solution est d'arrêter la centrale. On conçoit que ce soit difficilement compatible avec la production d'électricité. C'est pourquoi les centrales PWR ne fournissent pas de plutonium militaire. Le combustible irradié dans ces centrales, qui est traité à l'usine de La Hague, contient bien du plutonium, mais celui-ci a été dégradé et n'a pas de valeur militaire.

Dans une centrale comme celle de Chinon, l'opération est beaucoup plus facile. Il suffit d'ordonner à la machine de chargement-déchargement située au-dessus du cœur de retirer régulièrement, en temps opportun, un certain contingent de cartouches irradiées. La centrale ne s'arrête pas pour autant, et, si le nombre de cartouches retirées à chaque fois reste limité, sa production d'électricité n'en est pas sensiblement affectée. C'est pourquoi l'essentiel du plutonium militaire a été produit par les centrales de la filière graphite-gaz.

Le CEA espérait que la nouvelle filière des surgénérateurs allait permettre de prendre la relève. Sans entrer dans les détails, rappelons que les surgénérateurs produisent du plutonium 239 dans leur "couverture fertile" d'uranium 238. Ce plutonium peut être extrait sans perturber le fonctionnement de la centrale. Malheureusement cette filière se révèle beaucoup moins prometteuse que prévu. Le prototype Phénix, en service depuis 1974, a connu quelques déboires. Le coût de fonctionnement de Superphénix, qui vient d'entrer en service, se révèle sensiblement supérieur à celui des PWR. En outre cette centrale n'est pas purement française: il n'est pas évident, il est même improbable, que le CEA obtienne l'autorisation d'en tirer du plutonium à usage militaire. Enfin, la décision de construire un troisième surgénérateur n'est pas prise. Le suréquipement de la France en centrales nucléaires et les doutes qui pèsent sur la rentabilité de cette nouvelle filière en rendent l'avenir problématique.

On peut essayer de calculer les quantités de plutonium militaire produites par les centrales françaises depuis le début de leur histoire. Marcoule G1, G2, G3, toutes les trois déclassées aujourd'hui, ont pu produire un total de 2 tonnes. Célestins 1 et 2, dont la mise en service remonte respectivement à 1967 et 1968, produisent du plutonium depuis 1976. Mais comme ils fabriquent aussi du tritium, leur production de plutonium n'a peut-être pas dépassé 0,5 tonne. Au total, Chinon 1 et Chinon 3 ont dû fournir 2 tonnes à eux deux. Les premières charges de Saint-Laurent 1 et 2, Bugey 1 et aussi Vandellós (en Espagne) ont été déchargées beaucoup plus tôt que les suivantes et ont permis de récupérer 1 tonne de qualité militaire. Depuis lors, cependant, les deux centrales de Saint-Laurent et Bugey 1 semblent avoir été optimisées pour la production d'électricité. Enfin Phénix, qui est à Marcoule, a dû fournir 80 kg de plutonium par an depuis 1974, soit une tonne en tout.

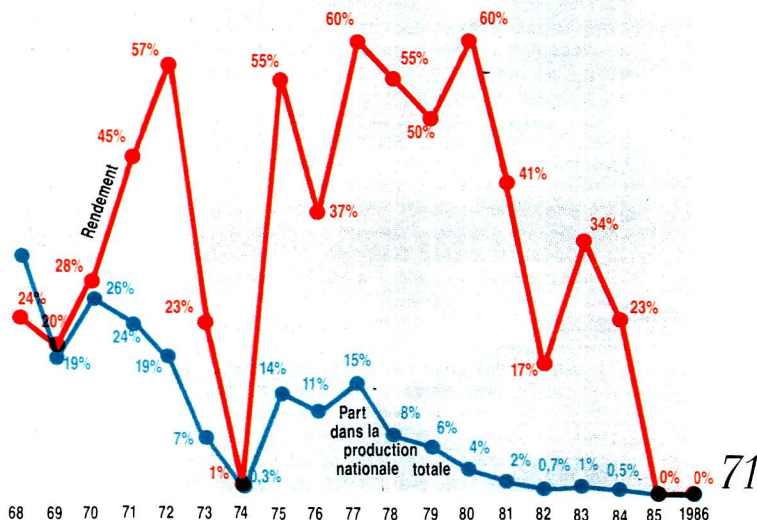
Au total, cela nous donne une production de 6,5 tonnes de plutonium militaire depuis le début du programme nucléaire français<sup>(3)</sup>.

Voyons maintenant quels ont été jusqu'ici les besoins. Les missiles du plateau d'Albion et les

(3) Selon les estimations de J.-P. Pharabod, chercheur à l'Ecole polytechnique.

### CHINON A3 : RENDEMENT MÉDIOCRE DEPUIS LE DÉBUT

En moyenne, Chinon A3 n'a fonctionné qu'au tiers de sa capacité. Pour calculer le rendement (courbe rouge) de cette centrale — son coefficient de production — nous avons fait le pourcentage de l'énergie produite par année par rapport à celle qu'elle aurait théoriquement produit si elle avait fonctionné continuellement à plein régime. Nous avons pris pour base de calcul la puissance initiale de Chinon A3, qui était de 480 mégawatts, mais qui a très vite été réduite à 360 mégawatts en raison des problèmes de corrosion, dus à la trop forte température du gaz carbonique. Le graphique montre également (courbe orange) la faible part de Chinon A3 dans la production totale d'énergie d'origine nucléaire.



M-20 lancés par sous-marin ont des bombes à l'uranium, et n'entrent donc pas en ligne de compte. Les 16 missiles M-4 lancés par sous-marin comportent chacun 6 charges nucléaires. Si l'on prend la valeur moyenne de 5 kg de plutonium par bombe (estimation de la Federation of American Scientists), cela donne 470 kg. 21 Mirage IV sont équipés chacun d'une bombe AN-22 contenant environ 7 kg de plutonium, soit 150 kg. 11 Mirage sont équipés d'un missile ASMP contenant chacun quelque 5 kg de plutonium, soit 55 kg. 111 avions tactiques peuvent d'autre part larguer une ou deux bombes contenant 4 kg de plutonium, soit 660 kg. 50 missiles Pluton portent 4 kg par bombe, soit 200 kg. Cela donne un total de 1 535 kg, auxquels il faut ajouter environ 600 kg pour les essais, soit un total général de l'ordre de 2 100 kg. Si l'on en juge par les forces actuelles, on voit que l'on dispose d'un surplus de  $6\,500 - 2\,100 = 4\,400$  kg. On conçoit que le rapport de l'Assemblée nationale ait jugé la situation confortable.

Voyons maintenant les quantités de plutonium exigées par nos futurs armements nucléaires (hors bombe à neutrons). Il faut compter 80 M-4 supplémentaires, soit 480 têtes nucléaires et un total de

## COMBIEN DE PLUTONIUM DANS UNE BOMBE ?

C'est évidemment un secret jalousement gardé par ceux qui les fabriquent. On peut néanmoins obtenir un ordre de grandeur correct en se basant sur des calculs à la portée de n'importe quel physicien nucléaire : connaissant l'énergie (185 MeV environ) libérée par la fission d'un noyau de plutonium 239, on peut calculer que la fission complète de 1 kilo de plutonium correspond à 16,5 kilotonnes.

C'est un chiffre théorique, car, dans une réaction en chaîne explosive, toute la masse fissile ne participe pas : lorsque la masse totale des noyaux fissiles (qui n'ont pas encore subi la fission) devient inférieure à la masse critique (celle en deça de laquelle il n'y a pas d'explosion), la réaction s'arrête. La puissance de la bombe est donc égale à sa puissance théorique multipliée par le "rendement de fission".

Par exemple, Gadget, le premier engin nucléaire américain testé à Alamo Gordo, le 16 juillet 1945, contenait à peu près 6,1 kg de plutonium. La puissance de l'explosion fut comprise entre 20 et 24 kt, donc le rendement était de 17 %. Les choses se sont bien améliorées depuis. Yves Rocard, ancien patron du CEA, écrivait ainsi en 1983 dans *La Recherche* : « J'ai plaisir à faire connaître aujourd'hui que cette première bombe française (NDLR : AN-52 de 60 kt) battait le record de rendement de tous les tirs antérieurs en ayant fissionné plus de la moitié de son plutonium. » Cette bombe employait donc 7 ou 8 kg de plutonium, mais c'était à la fin des années 60.

Depuis, le chiffre de 5 kg par bombe paraît un maximum ; au-dessus de 60 kt, les bombes deviennent thermonucléaires car elles peuvent être produites à moindre frais. Elles n'ont besoin que d'une "allumette" atomique qui ne saurait dépasser ce poids.

2,4 tonnes de plutonium. S'y ajouteront une centaine de véhicules Hadès équipés chacun de deux missiles, ce qui fait 1 tonne, et 76 missiles ASMP supplémentaires, soit 380 kg. Total : 3 800 kg. Si l'on récupère une partie du plutonium des AN-22 et des Pluton, on peut retrancher 300 kg à ces nouveaux besoins. Cela donne 3 500 kg au total. Soit la valeur approximative des stocks disponibles.

Compte tenu du fait que Célestin 1 et 2 ne produisent sans doute pas plus de 50 kg par an, et sont en outre sur le point d'atteindre l'âge canonique de 20 ans ; que Phénix produit au mieux 80 kg par an ; et qu'à part Chinon A3 il n'existe plus d'autre source de plutonium pour l'armée française, cela fait un peu juste. Mais surtout, cela devient tout à fait insuffisant si l'on envisage sérieusement de lancer le programme de la bombe à neutrons.

Rappelons que cette bombe dite à radiations renforcées est destinée, au moins en théorie, à immobiliser des formations blindées en provoquant un minimum de destructions par ailleurs. Pour être efficace, elle doit pouvoir être lancée à partir de pièces d'artillerie ordinaires (canons de 155). Mais cet "obus" est une véritable bombe H miniature, même si les effets de souffle et les effets thermiques sont réduits au minimum. Or pour amorcer la réaction de fusion caractéristique d'une bombe H, il faut une bombe A, donc du plutonium : 2 à 3 kg par bombe à neutrons.

Il semble prévu d'en construire 400. Certains en souhaitent 1 000 à 2 000. En comptant 2,5 kg par bombe, les besoins sont donc de 1 à 5 tonnes. Il semble qu'actuellement le CEA ne soit pas encore tout à fait parvenu à maîtriser la miniaturisation de cette petite merveille, afin de la faire tenir dans un obus de 155. Mais une série d'essais récents à Mururoa aurait permis une avancée décisive. Et d'après nos informations, la décision d'équiper l'armée française de l'arme à radiations renforcées (ARR) serait annoncée à l'automne. Au moment de la remise en route de Chinon A3...

Sans Chinon A3, l'armée française n'a pas actuellement les moyens de produire suffisamment de plutonium pour mener à bien, de front, la modernisation de notre force de frappe et le programme bombe à neutrons. Si Chinon A3 est remise en route pour une dizaine d'années (et si elle fonctionne sans trop d'incidents...), la chose devient possible. Au maximum de ses capacités, Chinon A3 peut en effet produire 240 kg de plutonium par an. En comptant avec un minimum d'incidents de parcours, cela fait 180 kg par an. Soit 1,8 tonne en dix ans. Grâce à EDF, l'armée française va peut-être pouvoir enfin se doter de la bombe à neutrons. L'histoire ne dit pas quelle est la nature des relations financières entre EDF et le ministère de la Défense.

**Jacqueline Denis-Lempereur  
et Olivier Postel-Vinay**



## LES ALÉAS DE LA BOMBE À NEUTRONS

Jusqu'à présent, la bombe à neutrons n'a donné lieu qu'à un débat émotionnel : c'est la bombe "qui tue les gens mais laisse le matériel intact". C'est aussi l'arme nucléaire qu'un simple général commandant un corps d'armée peut décider, seul, d'utiliser puisque, dans une escarmouche à 30 km de distance, il serait absurde d'attendre la décision du Président, comme pour les armes nucléaires actuelles.

La bombe N est exclusivement anti-chars. Elle n'a pas d'autre objectif que d'arrêter la progression d'une formation blindée. Elle doit donc être comparée avec les armes anti-chars présentes et à venir. Comme c'est une arme nucléaire, elle doit aussi être comparée avec les armes nucléaires tactiques.

Par rapport aux armes anti-chars acutelles, la bombe N présente un avantage quantitatif : elle équivaut à une dizaine d'obus bien envoyés. Par rapport aux armes nucléaires tactiques, elle présente des avantages qualitatifs : 1, elle est miniaturisée (mais on sait aussi miniaturiser les armes nucléaires tactiques) ; 2, à charge égale, les effets de souffle (onde de choc) et les effets thermiques (chaleur) sont réduits ; 3, les radiations sont au contraire maximisées. D'où le vrai nom de la bombe N : "bombe à radiations renforcées" (voir graphiques ci-dessous).

Sans entrer dans les détails (d'une grande complexité), rappelons que la bombe N contient une petite bombe A, qui sert d'allumette pour faire exploser une petite bombe H modifiée. Sur le dessin ci-contre, la bombe A correspond aux éléments centraux (plutonium 239, etc.). La bombe H correspond aux éléments inférieurs, dont le cœur est la matière fusible (deutérium de lithium et tritium). L'explosion de cette dernière est provoquée par les rayons X issus de la bombe A. C'est cette explosion qui dégage les flux de neutrons. Au total,

les effets de souffle et les effets thermiques de la bombe N correspondent à ceux d'une bombe A de 1 kilotonne (Hiroshima = 12,5 kt). C'est peu, mais ce n'est pas négligeable.

**Effet de souffle.** Dans un rayon de 250 m, rien ne résiste : ni bâtiments, ni chars. D'après les estimations du département d'Etat américain, les chars résistent à 300 m. Mais les maisons individuelles ne résistent qu'à partir de 700 m. A 1 000 m, les vitres se brisent.

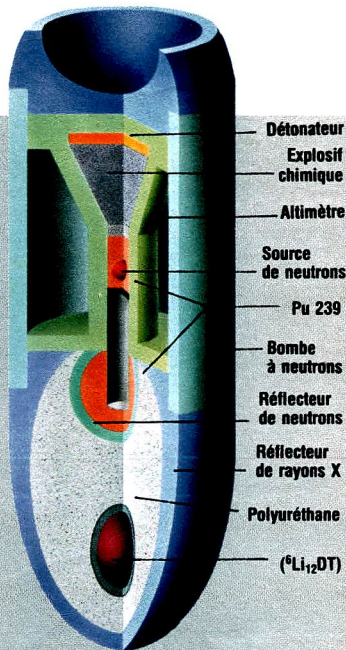
**Effets thermiques.** Les chars résistent à 300 m. Mais à 750 m, le papier journal et sans doute certains rideaux s'enflamment naturellement. C'est dire que les bâtiments qui auraient résisté à l'onde de choc peuvent brûler jusque vers 750 ou 800 m.

Les radiations sont au contraire considérablement renforcées par rapport à une bombe A ou H de même puissance. Elles correspondent à celles produites par une bombe A de 10 kt : on se rapproche d'Hiroshima.

**Rayons gamma.** A 600 m, ils produisent une irradiation de l'ordre de 10 000 rems : tout le monde meurt sur le coup. A 900 m, on a encore 1 800 rems : la mort est assurée entre 2 et 14 jours. A 1 350 m, 200 rems : si l'on ne reçoit pas des soins immédiats, on peut mourir au bout de quelques semaines. Ce n'est qu'à 1 800 m que la dose devient négligeable.

**Neutrons.** A 900 m, on reçoit 12 000 rems : mort immédiate. A 1 350 m, 750 rems : mort en quelques semaines (à moins d'une percée dans le domaine médical). A 1 800 m, les radiations tombent à 50 rems : c'est la limite supérieure du négligeable.

Ces estimations doivent être corrigées du fait que la bombe N, lancée par un canon de 155, est destinée à exploser à environ 200 mètres au-dessus du sol. C'est la raison pour laquelle un altimètre est incorporé. Mais celui-ci est soumis à d'énormes contraintes. S'il

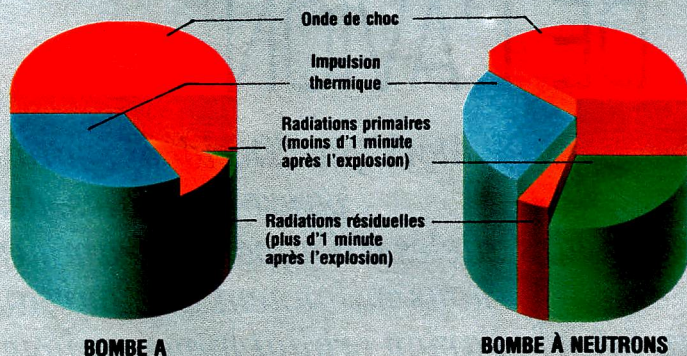


fonctionne mal, la bombe N peut exploser au niveau du sol. En outre, une seule bombe N ne suffit pas pour arrêter une formation moyenne de 30 chars et 10 véhicules blindés rassemblés sur 2 km. Il en faut quatre. En résumé, on peut compter qu'une attaque "neutrons" est capable de détruire tous les bâtiments sur une superficie de 200 ha, les maisons d'habitation sur 300 ha, et tuer tout le monde à plus ou moins court terme sur une superficie de 10 km<sup>2</sup>.

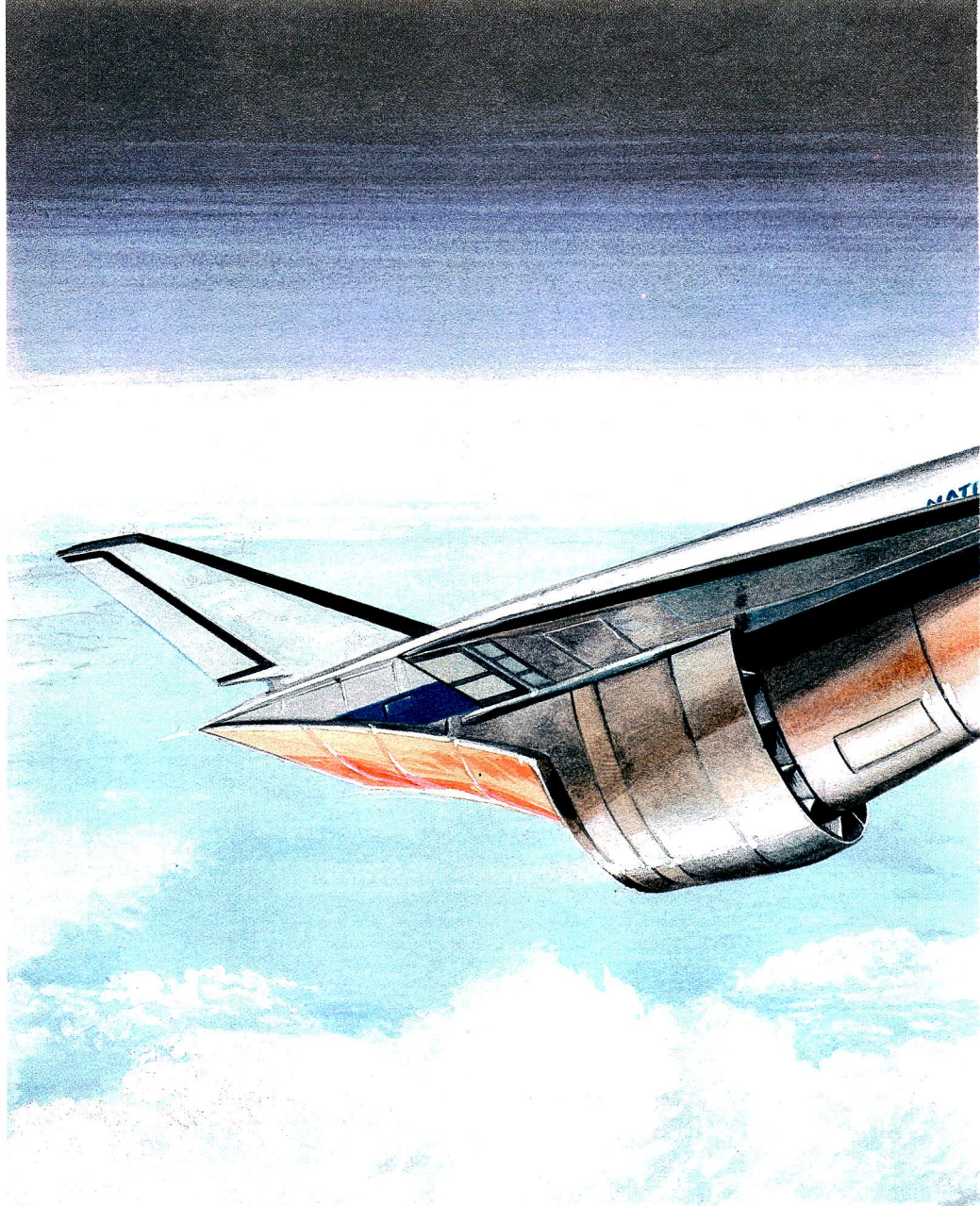
Quels sont les effets des radiations sur l'équipage des chars ? C'est la grande inconnue. D'après le physicien suisse André Gsponer, la technologie des blindages a tellement évolué que l'équipage peut tenir le coup pendant 1 à 3 heures si le char se trouvait à 280 m de l'explosion. Or le char, on l'a vu, est détruit par les effets de souffle à 300 m. Cela voudrait dire que tout le bénéfice attendu de la bombe à neutrons par rapport à une bombe A de même puissance est annulée. Au-delà de 300 mètres, le char n'est pas détruit et l'équipage peut poursuivre son avance.

Soutenue dès 1978 par le physicien George B. Kistiakowski, ancien conseiller scientifique du président Eisenhower, cette argumentation n'a pas à ce jour été sérieusement remise en cause dans la littérature ouverte. Mais l'évolution du blindage des chars fait partie des secrets militaires les mieux gardés...

L'objection la plus solide serait que l'électronique des chars, elle, ne résiste pas à 800 m de l'explosion d'une bombe à neutrons. Mais là encore, cela dépend du blindage. Et de la densité de l'équipage électronique.



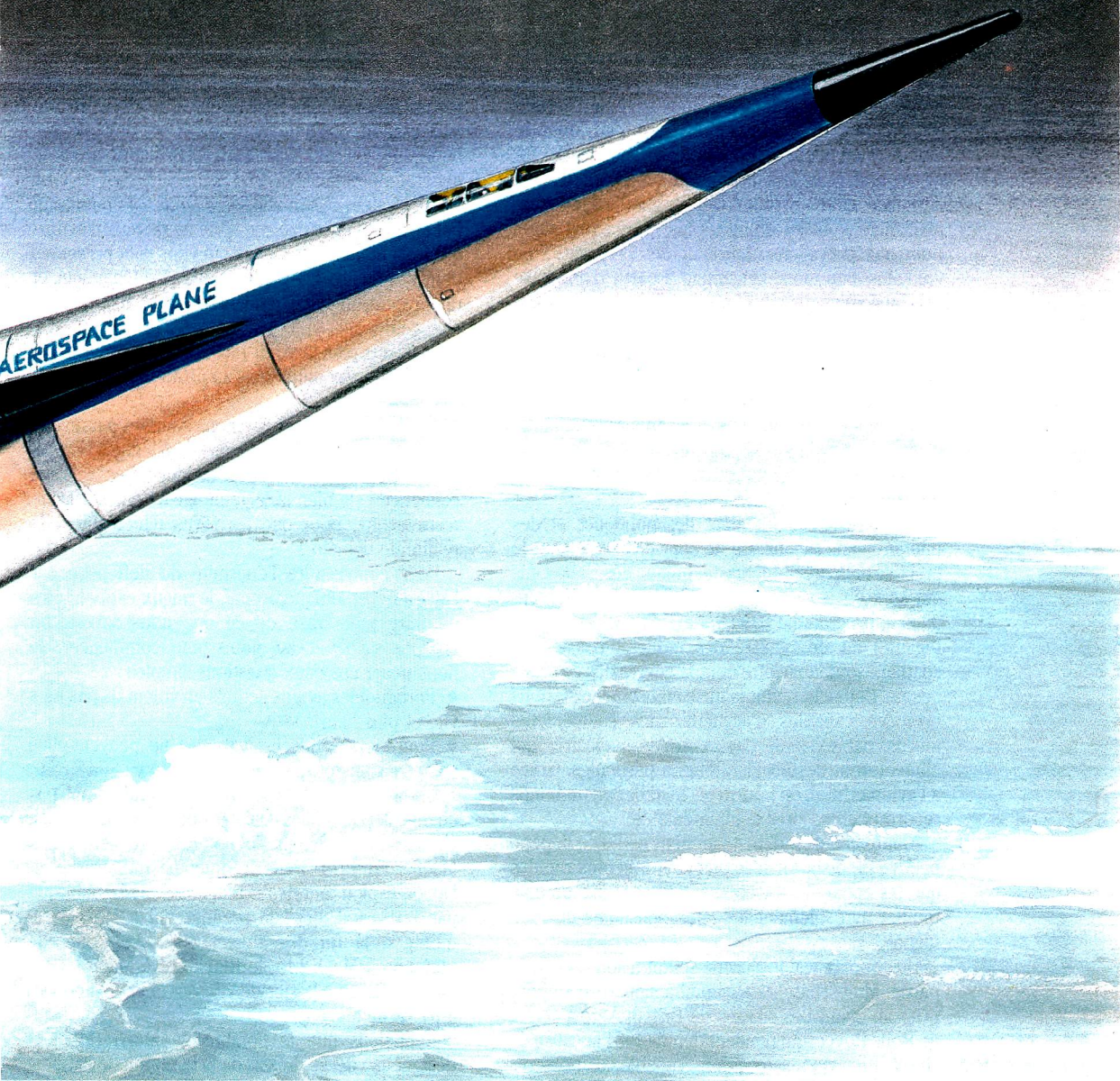




# LE RÊVE DE L'AVION ORBITAL

*Alors que l'Occident spatial  
panse ses plaies, des  
hyperingénieurs attelés à d'hyperprogrammes  
nous mitonnent un nouveau  
"choc du futur": l'avion orbital hypersonique.*





**A**les en croire, nous disposons désormais de la technologie permettant de fabriquer des avions capables d'à peu près tout : emmener des touristes de Paris à Tahiti en une heure et quelque, placer des satellites en orbite, faire la navette avec des stations spatiales civiles et militaires, ou encore semer la panique en n'importe quel coin de la terre.

Cédant à l'insistance de l'US Air Force, le président Reagan approuva en août 1984 une nouvelle "stratégie nationale de l'Espace" (avec un grand "E"), destinée à examiner les moyens d'assurer aux Américains la "prééminence" spatiale à l'aube du

**1993 : L'AVION ORBITAL AMÉRICAIN ?** Le président Reagan a annoncé le 11 juin dernier que cet Aerospace Plane de la NASA serait opérationnel dans sept ans.

troisième millénaire. Tous les projets existants furent sortis des cartons (parfois jaunis par les ans) et passés au crible par plusieurs comités successifs, civils et militaires. En juillet 1985, l'affaire était dans le sac. Le projet d'"avion aérospatial" (*Aerospace Plane*) recevait l'appui officiel du Pentagone et de la Maison Blanche. La décision de financement fut prise à l'automne : 450 millions de dollars jusqu'à fin 1988, fournis à 80 % par le budget de la Défense.

Survenue sur ces entrefaites, la catastrophe de *Challenger* donna une soudaine crédibilité à ce programme accueilli jusqu'alors avec un certain scepticisme. Il est désormais clair pour tout le monde (sauf peut-être pour la NASA) que la navette ne répond plus aux besoins. Sa fiabilité restera douteuse, et ses défauts sont énumérés sans complaisance : coût exorbitant, plus de dix fois supérieur aux prévisions ; lourdeur des préparatifs de vol (plus d'un mois, lancement à partir d'une base spécialisée) ; sensibilité aux conditions atmosphériques ; faible manœuvrabilité ; grande vulnérabilité militaire. On le sait maintenant : la "navette" ne sera jamais une navette. En regard, l'avion aérospatial est un être de rêve : décision quasi instantanée de faire décoller un ou plusieurs appareils à partir d'aéroports ordinaires, large éventail de missions civiles et militaires, manœuvrabilité voisine de celle du Concorde.

On conçoit l'engouement des politiques et des militaires américains. Ce ne sont pas seulement le prestige et la prééminence technique des Etats-Unis qui sont en jeu. Un tel projet s'insère idéalement dans le programme IDS (Initiative de défense stratégique) dit de "guerre des étoiles". Les avions spatiaux sont la navette dont la guerre des étoiles a besoin. Celle-ci prévoit la mise en orbite de stations orbitales capables d'accueillir des équipements lourds, par exemple des centrales nucléaires qui alimenteront des accélérateurs à particules. Grâce à l'avion orbital, on pourra les installer en un temps record et en assurer la maintenance.

Ajoutons que, indépendamment de l'IDS, la perspective de disposer d'avions cinq fois plus rapides que les appareils soviétiques ne laisse pas de chatouiller agréablement les têtes pensantes du Pentagone.

Du coup, la vieille Europe se mit à son tour de la partie. Mme Thatcher succomba sans trop se faire prier au chant des sirènes de British Aerospace et de Rolls Royce, qui plaident depuis 1984 la cause de Hotol, un avion sans pilote capable, d'après ses promoteurs, de placer des satellites et d'emmener des passagers de Londres à Sydney (Australie) en 67 minutes, pas une de plus. L'Agence spatiale européenne (ESA), manifestement dépassée par les événements, a lancé un appel d'offres pour tenter de se faire une idée de ce qui est réellement à la portée des constructeurs européens. Au Japon, Mitsubishi, qui a réalisé le moteur cryogénique de la fusée H1, prochaine concurrente d'Ariane, se penche sur les nouveaux concepts de moteur nécessaires à la réalisation de l'avion hypersonique et le fait savoir.

Reportons-vous vingt ans en arrière. Ni le programme navette ni celui d'Ariane n'étaient alors engagés. En mars 1965, le gouvernement américain passait des marchés avec divers constructeurs en

vue d'étudier la réalisation de ce qu'on appelait déjà l'*Aerospace Plane*, un avion hypersonique aux objectifs étrangement comparables à ceux décrits aujourd'hui... « Nous mettrons New Delhi à une heure de vol de New York », déclarait alors le général américain Bernard Schriever, chef de l'Air Force System Command. *Science & Vie* publia un bel article illustré par une série de dessins d'avions qui ressemblent fort à ceux qui vous sont présentés dans ce numéro. Les problèmes d'aérodynamique et de propulsion qui y étaient évoqués n'ont guère changé depuis.

Trois ans plus tard, en 1969, ce vaste programme était tombé aux oubliettes, au profit de projets plus réalistes.

Alors, faut-il penser que nous sommes à nouveau confrontés à un phénomène analogue ? Faut-il s'attendre à voir le ballon se dégonfler à brève échéance ? Ou bien la technologie a-t-elle suffisamment évolué pour que les rêves d'hier soient la réalité de demain ?

Pour comprendre l'énormité du défi posé par l'avion hypersonique orbital, le mieux est peut-être de faire table rase de ce que nous savons ou croyons savoir et, au moins pour commencer, de nous poser ces deux questions simples :

- Pourquoi les avions actuels ne volent-ils pas plus vite et plus haut ?
- Pourquoi les fusées actuelles ne peuvent-elles pas être transformées en avions ?

Les avions les plus rapides du monde n'ont pas changé depuis 15 ans. Dans le domaine commercial, c'est le Concorde, qui vola pour la première fois à Mach 2 en 1970. Dans le domaine militaire, c'est l'avion-espion américain Blackbird SR-71, fabriqué par Lockheed, dont le premier vol à Mach 3 remonte à la fin des années 1960. Le Concorde plafonne à Mach 2,15, le Blackbird à Mach 3,3. Or on commence à parler de vitesses "hypersoniques" à partir de Mach 5...

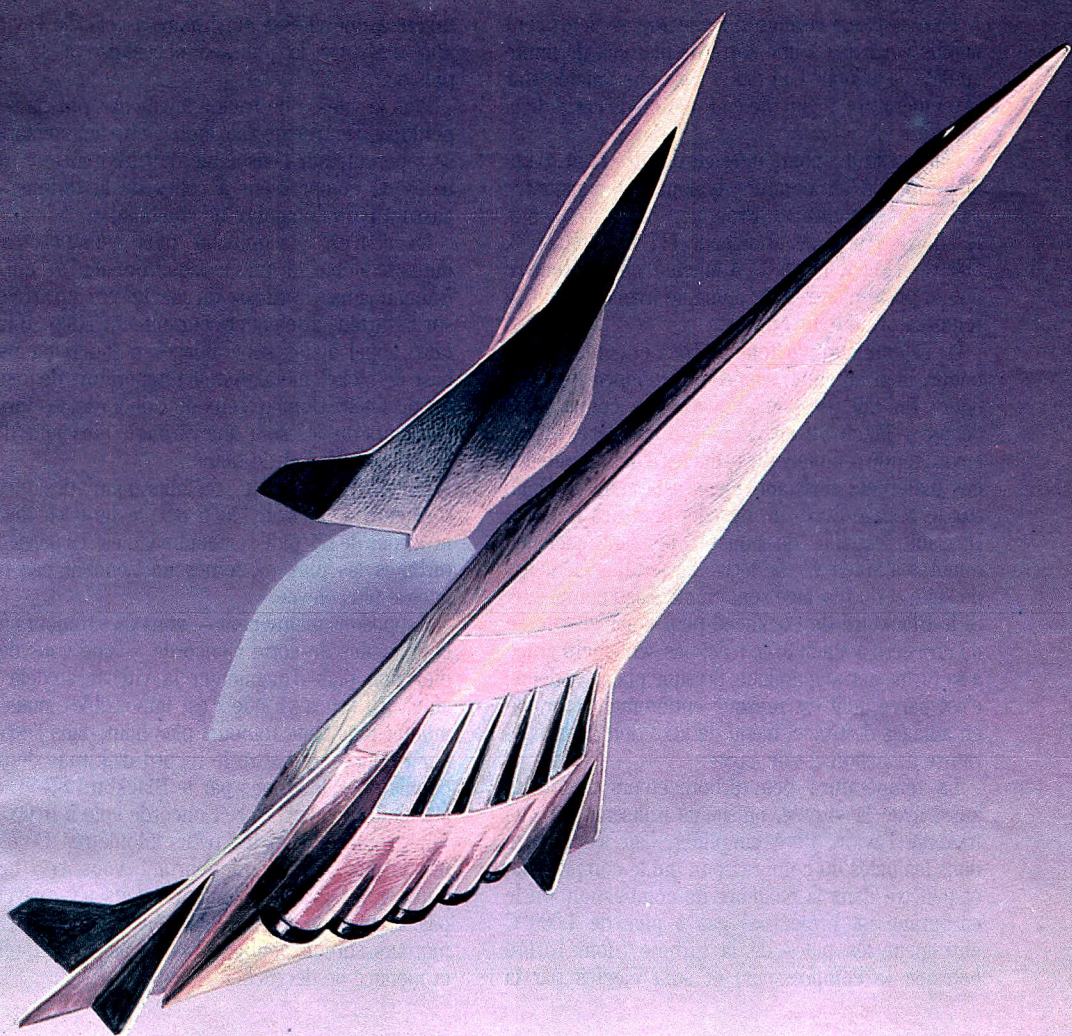
Rappelons que le nombre de Mach (Mach 1 désigne la vitesse du son dans la région de l'atmosphère où se déplace l'avion. Le son est une série d'ondes de pression qui se propagent dans l'atmosphère. La vitesse de propagation de ces ondes dépend de la température de l'air. Ainsi, la vitesse du son est d'environ 1 234 km/h à 20° C, mais elle n'est plus que de 1 062 km/h au pôle Nord en hiver ou dans une zone de la stratosphère où la température est de - 60°.

Imaginons que vous soyez aux commandes du Concorde et que vous décidiez, histoire de rire un peu, de pousser à fond les quatre turboréacteurs à postcombustion et d'aller plus vite, par exemple à Mach 2,5. Vous constateriez bientôt deux phénomènes désagréables. D'abord les jauges de carburant se mettraient à baisser de manière inquiétante. Car à partir d'un certain seuil, compte tenu



**1913 :**  
L'ingénieur français René Lorin invente le principe du statoréacteur, prévu aujourd'hui pour l'avion orbital.





**L'ACCÉLÉRATEUR HYPERSONIQUE.** Solution de rechange, pour le cas où l'avion orbital aurait de la peine à voir le jour. Mû par un combiné turbo-stato-fusée, l'accélérateur porte sur son dos une navette à moteurs-fusée.

des caractéristiques de l'avion, tout gain en vitesse exige un supplément d'énergie disproportionné. Ce qu'on appelle la traînée de l'avion, c'est-à-dire la résistance qu'il oppose à son déplacement dans l'air, s'accroît fortement. L'avion a beau être bien dessiné, il devient un boulet, et la force nécessaire pour accélérer le boulet dépasse la capacité des moteurs.

Mais surtout, vos senseurs de température viraient au rouge. A l'altitude où vous volez, soit environ 16 000 m, la température extérieure est

proche de  $-60^{\circ}$ . A la vitesse de Mach 2,15, les bords d'attaque de l'appareil (le nez, le bord avant des ailes, etc.) sont déjà à  $130^{\circ}\text{C}$ . A Mach 2,5, ils approcheraient bientôt les  $200^{\circ}$ . Or l'alliage d'aluminium avec lequel ils sont fabriqués est conçu pour tenir  $150^{\circ}$ , pas davantage. Au-delà, l'alliage commence à faiblir...

Le Blackbird américain ne peut voler que quelques minutes à Mach 3,3 et doit rapidement ralentir à Mach 3, vitesse à laquelle ses bords d'attaque supportent des températures proches de  $400^{\circ}$ .



Tout se passe comme si les avions se heurtaient depuis vingt ans à une sorte de plafond, de limite au-delà de laquelle leur ticket n'est plus valable. Car la température augmente en fonction du carré de la vitesse.

Dans la stratosphère inférieure, entre 11 et 20 km d'altitude, la température typique est constante : 217 K, soit, en chiffres arrondis,  $-56^{\circ}\text{C}$ . A Mach 2, les bords d'attaque atteignent  $117^{\circ}\text{C}$  ; à Mach 3,  $390^{\circ}\text{C}$  ; à Mach 4,  $638^{\circ}\text{C}$ . A Mach 5, qui n'est guère que la porte d'entrée du domaine hypersonique, la température atteint  $1\,028^{\circ}\text{C}$ .

Or l'aluminium pur fond à  $660^{\circ}\text{C}$ ... et commence à faiblir, bien entendu, avant cette température critique. En fait, dès qu'un avion est conçu pour dépasser Mach 2,2 en vitesse de croisière, il faut envisager de remplacer les alliages d'aluminium par des matériaux résistant mieux à la chaleur. Déjà, sur le Mirage 2000, un des derniers nés de chez Dassault, capable de pousser pendant quelques minutes à Mach 2,5, la dérive et certains éléments de l'aile et du fuselage sont en matériau composite. Si le Blackbird de Lockheed peut voler en vitesse de croisière à Mach 3, ce n'est pas seulement grâce à sa forme aérodynamique, presque plate, en delta ; c'est parce qu'il est presque entièrement fabriqué en alliages de titane, métal de luxe dont la température de fusion est de  $1\,650^{\circ}\text{C}$ .

La température des turboréacteurs augmente aussi avec la vitesse, puisqu'ils utilisent l'air que traverse l'avion. Pour simplifier, l'air s'engouffre dans les pales du compresseur, qui le compriment, et pénètre dans la chambre de combustion, où le carburant est brûlé. Les gaz à plus de  $1\,000^{\circ}\text{C}$  entraînent les pales de la turbine (dont l'arbre entraîne le compresseur) et sont éjectés par la

tuyère à une vitesse supérieure à celle de l'avion, afin d'assurer la poussée nécessaire à sa propulsion.

Plus la vitesse de l'avion augmente, plus la température d'entrée de l'air croît. Cette augmentation se répercute sur l'ensemble du turboréacteur, des pales du compresseur à celles de la turbine, en passant par la chambre de combustion.

Là il n'est évidemment plus question d'aluminium. Même sur un classique Boeing 747, qui ne franchit jamais la vitesse du son, les gaz qui arrivent sur la turbine atteignent couramment  $1\,300^{\circ}\text{C}$ . Il faut faire appel à des superalliages monocristallins à base de nickel, métal dont la température de fusion est de  $1\,450^{\circ}\text{C}$ . Comme ceux du Concorde, les turboréacteurs du 747 sont une véritable mosaïque d'alliages de nickel et de titane.

On évalue la limite "métallurgique" des turboréacteurs à environ Mach 3,5. Malgré les divers procédés de refroidissement imaginés, les pales des turbines les plus modernes ne tiennent pas une vitesse plus élevée.

Supposons maintenant — vous êtes toujours aux commandes de votre Concorde — que vous décidiez non plus d'augmenter la vitesse au-delà de Mach 2,3 (on a vu que c'est impossible), mais de monter plus haut, toujours plus haut, dans l'espoir par exemple de battre le record d'altitude détenu depuis près de 20 ans par le Blackbird SR-71, qui atteignit 26 000 m. Votre Concorde vole à 16 000 m. Vous voulez gagner dix petits kilomètres. Ce n'est pas la mer à boire. Et pourtant, vous avez beau pousser les gaz au maximum, vous n'y arriverez pas. Le taux de montée commence à diminuer, les moteurs surconsommant, l'avion perd en stabilité et menace de décrocher.



**1949 : LE LEDUC 010 À STATORÉACTEUR VOLAIT DÉJÀ.** L'avion de l'ingénieur français (encore un) René Leduc (ci-contre) est ainsi l'ancêtre de tous les projets d'avion hypersonique. Il est ici juché sur le dos d'un gros porteur, peu avant d'être lâché.





Que se passet-il ? Simplement ceci : la densité de l'air diminue. Entre 16 et 26 km, la masse volumique de l'air passe de 0,166 à 0,035 kg/m<sup>3</sup>. Donc les compresseurs compressent moins, la poussée des moteurs a tendance à diminuer, alors même que l'avion, moins bien sustenté par l'air, aurait besoin d'une poussée accrue.

Voilà donc la réponse à notre première question : si les avions ne volent pas plus vite, c'est parce qu'ils sont menacés par l'accroissement de température. S'ils ne volent pas plus haut, c'est parce que leurs moteurs ne sont pas assez puissants pour compenser la diminution de la densité atmosphérique.

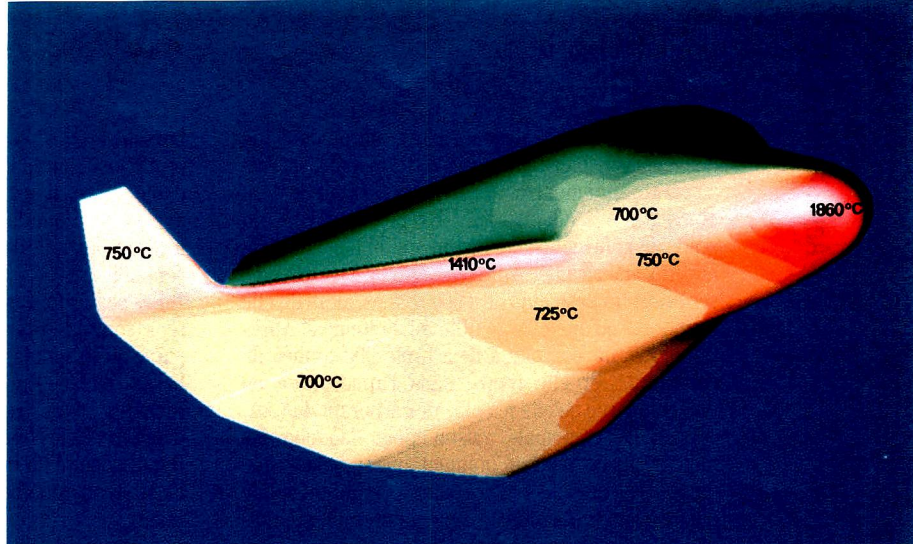
Et pourtant, il existe un engin qui semble résoudre ces problèmes comme par enchantement : c'est la fusée. Les fusées, elles, se propulsent allègrement dans le domaine hypersonique. Et elles quittent l'atmosphère. Alors, pourquoi ne pas appliquer aux avions, tant civils que militaires, les techniques développées pour les fusées ?

Déjà les V 2 utilisées par les Allemands pendant la Seconde Guerre mondiale dépassaient Mach 5. Les missiles intercontinentaux dépassent Mach 23. Quand la navette se sépare de ses boosters, 2 minutes et 12 secondes après le décollage, elle est déjà à Mach 4,5. Quand elle se sépare de son réservoir à hydrogène et oxygène liquides, six minutes plus tard, elle navigue à près de 29 000 km/h, soit Mach 26...

Mais ces performances ne sont possibles que parce que les utilisateurs des fusées acceptent des contraintes exceptionnelles, qu'aucun utilisateur d'avion n'accepterait. Entre autres : décollage vertical, consommation gigantesque de carburant, coûts de fabrication exorbitants, longue préparation avant chaque vol, risque d'accident cent fois plus élevé...

Pourquoi ces contraintes ? Si l'on met de côté les fusées militaires, le principal objectif est de sortir de l'atmosphère pour effectuer des opérations en orbite. Or l'attraction de la Terre est énorme. Pour placer un objet en orbite, il faut lui donner une vitesse capable de compenser cette attraction. Vitesse gigantesque, de l'ordre de 28 000 km/h : c'est la vitesse dite de "satellisation".

Il n'est évidemment pas question de satelliser un objet dans la basse atmosphère de la Terre : même



LE "MUR THERMIQUE", obstacle n° 1 aux concepts d'avion hypersonique. Ici la face inférieure du projet de navette européenne Hermès, lors de sa rentrée dans l'atmosphère à Mach 29. Sur cette simulation sur ordinateur, le nez atteint 1 860 °C, soit presque la température de fusion du titane.

si on imprimait à cet objet une vitesse très supérieure à la vitesse de satellisation (à supposer que cela soit possible), le frottement de l'air le ralentirait inexorablement.

Pour satelliser un corps, il faut le placer à une altitude où la masse volumique de l'air est très faible, c'est-à-dire au minimum à plus de 100 km, et de préférence à 200 ou 300 km. L'engin doit donc être doté d'un système propulsif qui lui permette d'arriver à cette altitude avec une vitesse voisine de 28 000 km/h. On est loin des 3 500 km/h du Blackbird SR-71, l'avion le plus rapide du monde ! On est loin, aussi, du record d'altitude battu par ce même SR-71, à moins de 26 km du niveau de la mer.

Jusqu'à présent, seul un moteur-fusée a permis de réaliser ce tour de force. Pourquoi ? Parce que c'est le seul moteur fonctionnant indépendamment du milieu extérieur. Contrairement au turbo-réacteur, qui utilise l'air traversé par l'avion, le moteur-fusée compte exclusivement sur le carburant et le comburant emportés. Il n'est pas gêné par la surchauffe provoquée par la traversée supersonique, puis hypersonique de la basse atmosphère. Il n'est pas davantage gêné par la diminution progressive de la densité de l'air dans la haute atmosphère. Il continue même à fonctionner quand il n'y a plus d'air du tout.

Le revers de la médaille, c'est que le rapport entre la poussée obtenue et le carburant consommé est médiocre, pour ne pas dire minable — du moins à proximité de la Terre. Pour obtenir la poussée très élevée capable d'arracher la fusée de l'atmosphère, il faut embarquer une quantité phénoménale de carburant. Personne n'achèterait une voiture consommant mille litres aux 100 km. C'est à peu près la situation de la fusée par rapport à l'avion. On dit que l'"impulsion spécifique" de la fusée est très faible.

C'est pourquoi la majeure partie du poids d'une fusée, missile balistique ou navette spatiale, est due au carburant emporté. Celui-ci représentait 70 % du poids des V 2 allemandes ; il représente 90 % du poids de la fusée Ariane ou encore du lanceur de la navette américaine. Au décollage, la navette avec ses boosters pèse plus de 2 000 tonnes, alors qu'elle n'emporte qu'une charge utile de 30 tonnes ! Après 2 minutes de vol, elle a déjà brûlé 900 tonnes de carburant... et elle rentre dans l'atmosphère en planeur, parce qu'elle n'a plus de carburant du tout.

C'est la principale raison pour laquelle les moteurs-fusée ne fonctionnent que pendant une durée très courte. Aucun booster à carburant solide n'a jusqu'ici brûlé plus de cinq minutes. C'est pourquoi les fusées spatiales classiques sont à trois étages : quand le premier étage est consommé, le second est mis à feu, puis le troisième. Les moteurs cryogéniques à hydrogène et oxygène liquides de la navette ont battu le record de durée de combustion des fusées : huit minutes ! C'est évidemment très peu au regard des durées de vol exigées pour un avion, même hypersonique. Le fameux "avion-fusée" américain X 15, largué par un avion porteur, atteignit en 1962 Mach 6 et une altitude de 96 km, mais sa durée de fonctionnement ne dépassait pas 68 secondes à pleine puissance.

On comprend aussi que les fusées aient intérêt à décoller verticalement, principe également peu compatible avec l'idée que l'on se fait d'un avion. L'énorme poussée nécessaire au décollage vertical fait "perdre" du carburant par rapport à un décollage horizontal. Mais si la fusée décollait horizontalement, elle aurait à lutter plus longtemps contre la résistance de l'air dans la basse atmosphère, perdrait en accélération, et consommerait au total plus de carburant.

Une autre raison à ce décollage vertical plutôt qu'horizontal est qu'en demeurant plus longtemps dans l'atmosphère, les vitesses hypersoniques éprouveraient davantage la résistance thermique des matériaux externes de l'engin. Enfin, les matériaux de la chambre de combustion et de la tuyère des moteurs-fusée souffriraient d'une exposition prolongée aux températures typiques des gaz de combustion qui, selon les moteurs, approchent ou dépassent les 3 000° :

Le décollage vertical permet aussi d'envoyer dans l'espace de véritables cigares, ce qui limite au minimum les surfaces exposées à la résistance de l'air. Ces cigares sont incapables de redescendre sur la Terre sans se désintégrer. Même s'il leur restait du carburant, ils tomberaient comme des boulets de canon, au mieux comme des missiles balistiques.

C'est pourquoi, du moins jusqu'à la navette américaine, les fusées étaient considérées comme des objets jetables. Ce sera encore le cas pour Ariane V.

Lorsque les Soviétiques, puis les Américains s'avisèrent d'installer un homme dans la partie supérieure d'une fusée, il n'était pas question de récupérer autre chose que la capsule habitée, suffisamment légère pour que de puissants parachutes amortissent son arrivée.

Les seules fusées-cigares qu'on ait jamais récupérées sont les boosters de la navette, mais c'est parce qu'ils sont largués à une altitude relativement basse : 44 km. Encore faut-il déployer quatre parachutes, dont trois énormes de 35 mètres de diamètre. Et les boosters frappent la mer à 94 km/h. Il faut ensuite un mois pour les remettre en état, et l'histoire a montré que tout n'allait pas pour le mieux...

Si la navette elle-même parvient à redescendre, c'est justement qu'elle a plus ou moins la forme d'un avion : des ailes en delta, une dérive, des élevons... cette configuration lui permet de rentrer sur Terre en vol plané. Mais à quelles conditions !

Les premiers effets de la résistance de l'air commencent à se faire sentir sur la navette vers 130 km d'altitude, alors que sa vitesse est de Mach 26. Elle met 20 min pour descendre à 21 km. L'échauffement est gigantesque : le nez atteint près de 1 450°, soit pratiquement la température de fusion du nickel. Les bords inférieurs des ailes atteignent près de 1 400°, les bords extérieurs de la dérive près de 1 200°.

Pour concevoir une telle structure, il fallut développer des matériaux expérimentaux, comme les fameuses 34 000 tuiles de céramique, en l'occurrence des fibres de silice noyées dans une matrice de silice (température de fusion : 1 700°) également. Encore ces tuiles ne résistent-elles qu'imparfaitement : il faut en remplacer un grand nombre après chaque mission. Ce genre de matériau est encore aujourd'hui beaucoup trop cher et fragile pour pouvoir être utilisé sur des avions qui seraient fabriqués en série.

On le voit bien désormais : c'est un véritable gouffre qui nous sépare de l'avion orbital, de cet avion capable de décoller horizontalement, de se mouvoir dans l'atmosphère aussi harmonieusement qu'un avion normal, et en même temps d'atteindre des vitesses hypersoniques, non seulement Mach 5, mais Mach 8, Mach 15, Mach 25, d'aller faire des petits tours en orbite et de revenir tranquillement se poser sur un aéroport ordinaire, pour repartir presque aussitôt après. Comment un tel avion est-il seulement envisageable ?

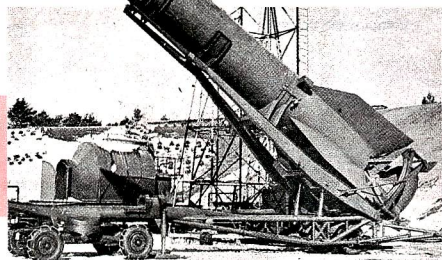
La première idée qui peut venir à l'esprit est de concevoir un avion qui soit pourvu à la fois d'un turboréacteur et d'un moteur-fusée. Le turboréacteur fonctionnerait jusque vers Mach 3, et serait ensuite relayé par le moteur-fusée.

Mieux : on pourrait imaginer d'intégrer les deux principes dans un seul moteur. Les Allemands ont

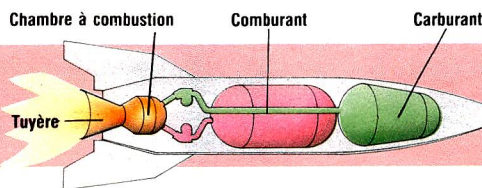


# Sur les pas du moteur total pour l'avion orbital

**FUSÉE, STATORÉACTEUR, TURBORÉACTEUR** : c'est à partir de ces trois concepts de base des moteurs à réaction que se tisse l'histoire encore balbutiante de l'avion hypersonique orbital. Ci-dessous et dans les pages suivantes, les flèches rouge, verte et violette (respectivement pour moteur-fusée, statoréacteur et turboréacteur) permettent de suivre l'évolution des moteurs issus de ces trois concepts et de leurs "croisements". Les dates indiquées sont celles de la mise en service ou, pour les appareils et engins demeurés au stade expérimental, du premier vol à la vitesse indiquée.



**1944** V 2 allemande  
Vitesse : Mach 5  
Moteur fusée

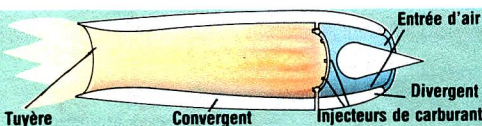


Le moteur-fusée n'a pas besoin de l'air ambiant : il emporte son propre comburant (oxygène liquide, par exemple) pour brûler son carburant (alcool, sur la V 2). Mais il consomme plusieurs fois son poids.

**1949** Leduc 010  
Vitesse : Mach 1  
Statoréacteur



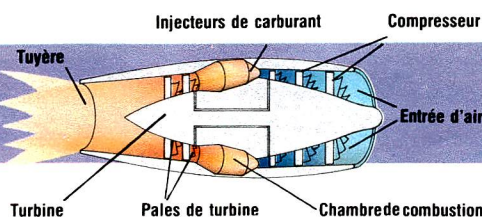
Le statoréacteur n'a ni compresseur ni turbine ; l'air est comprimé naturellement par la vitesse de l'avion. Inconvénient : non exploitable en-dessous de Mach 1 (l'avion ne peut pas décoller tout seul).



**1944**  
Messerschmitt 262  
Vitesse : 850 km/h  
Turboréacteurs



Le turboréacteur est utilisé par tous les avions à réaction actuels. Un compresseur à plusieurs étages de pales force l'air dans les chambres de combustion. Les gaz qui en sortent propulsent l'avion tout en entraînant une turbine, qui entraîne à son tour le compresseur, bouclant ainsi le cycle. Inconvénient : les pièces mobiles lui interdisent de dépasser certaines vitesses.



cherché à le faire pendant la Seconde Guerre mondiale, et des études en ce sens furent reprises aux Etats-Unis et en Grande-Bretagne au cours des années 1960.

Mais on voit tout de suite l'obstacle majeur qui s'oppose à ce projet. Si l'on suppose résolus les problèmes d'aérodynamique et de matériaux (c'est vite dit...), il reste la question essentielle du carburant pour le moteur-fusée. Il ne peut être question de fusée à poudre, engin primitif dont la combus-

tion ne peut être ni modulée ni arrêtée pour être reprise ensuite.

Comme les turboréacteurs au kérosène ne mèneront pas l'avion au-delà de Mach 3 ou Mach 3,5, il faut emporter d'énormes quantités d'oxygène et d'hydrogène liquides pour le moteur-fusée cryogénique, seul capable d'assurer la suite des opérations. Le réservoir de la navette pèse plus de 750 tonnes. L'avion supersonique le plus lourd, le Concorde, pèse 185 tonnes au décollage, soit le

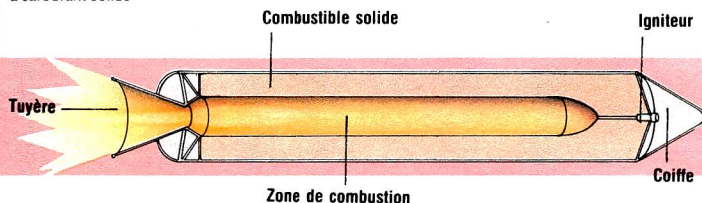


# Sur les pas du moteur total pour



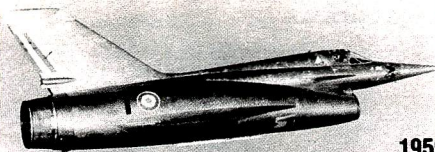
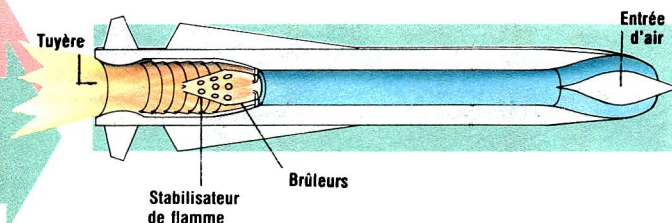
**1962**  
Missile intercontinental  
Minuteman  
Vitesse : Mach 22  
Moteur fusée  
à carburant solide

C'est ce missile qui sera adapté pour fabriquer les boosters de la navette. Noter que la vitesse orbitale (Mach 25) fut atteinte pour la première fois en 1957 par les Soviétiques (Sputnik) avec un missile à carburant liquide.



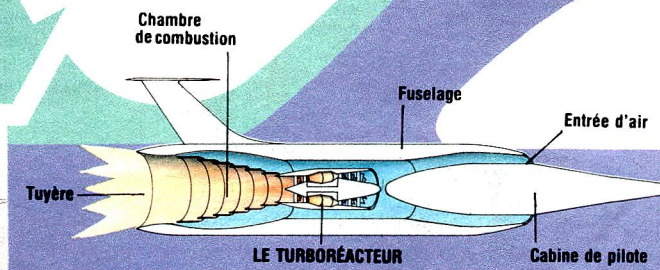
**1964**  
Missile expérimental  
Stalattex (France)  
Vitesse : Mach 5  
Statoréacteur

Le missile est lancé par un moteur fusée, qui se détache en vol après avoir atteint une vitesse suffisante pour mettre en route le statoréacteur.



**1959**  
Griffon (France)  
Vitesse : Mach 2  
Avion turbo-stato

Le turboréacteur pour le décollage et la prise de vitesse est relayé par le statoréacteur au-dessus de Mach 1.



double de la navette sans son réservoir. Quels turboréacteurs permettraient-ils à l'avion spatial d'emporter plusieurs fois son poids de carburant ? C'est absurde.

Face à ce problème apparemment insoluble, les ingénieurs qui se penchent (depuis trente ans et plus...) sur les projets d'avion hypersonique réfléchissent au moyen d'intercaler entre le turboréacteur et le moteur-fusée un moteur "du troisième type", capable de prendre le relais du turboréacteur

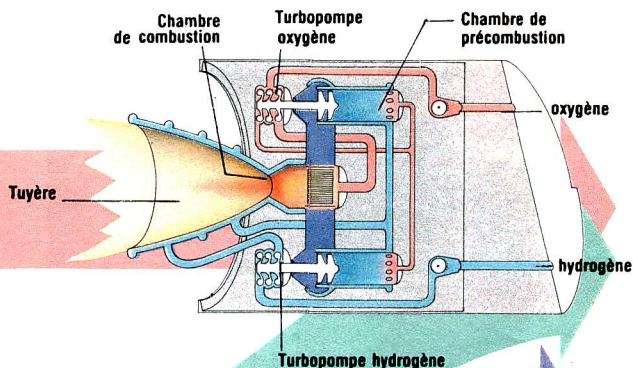
après Mach 2 ou Mach 3, et de ne laisser au moteur-fusée que la tâche ultime, celle de quitter la haute atmosphère pour aller en orbite. Si l'on parvenait à fabriquer un tel moteur, l'avion pourrait se contenter d'emporter un réservoir réduit pour le moteur-fusée. Or ce moteur existe, c'est le statoréacteur (*ramjet*, en anglais). Tous les concepts d'avion hypersonique actuellement à l'étude font d'une manière ou d'une autre appel au statoréacteur.





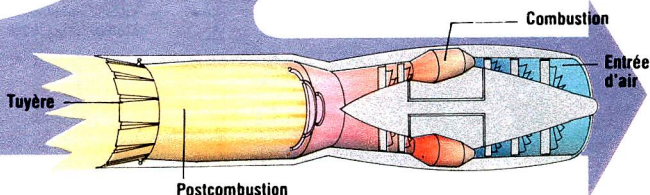
**1981**  
Navette spatiale  
avec ses boosters  
Vitesse : Mach 25  
Moteur-fusée  
cryogénique

Les boosters brûlent leur carburant solide pendant les deux minutes qu'il faut pour amener la navette à 45 km d'altitude environ. Ils sont relayés par les moteurs-fusée cryogéniques (hydrogène et oxygène liquides).



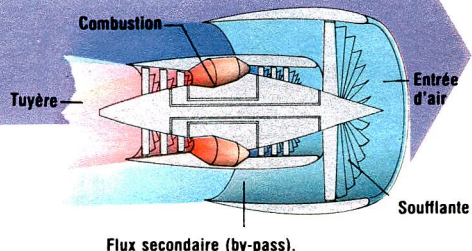
**1976**  
Concorde  
Vitesse : Mach 2,2  
Turboréacteur  
à post-combustion

Une partie de l'air comprimé à l'entrée des turboréacteurs n'est pas admis dans les chambres de combustion, mais va enflammer du carburant injecté à la sortie de ces chambres. La partie arrière des turboréacteurs fonctionne alors comme un statoréacteur.



**1970**  
Boeing 747  
Vitesse : 950 km/h  
Turboréacteurs  
double flux

Une partie de l'air comprimé à l'entrée des turboréacteurs sort à l'arrière sans avoir participé à la combustion. Cette détente fournit un supplément de poussée pour une même consommation de carburant. Ce moteur, assure aujourd'hui encore, les meilleures performances des avions de transport.

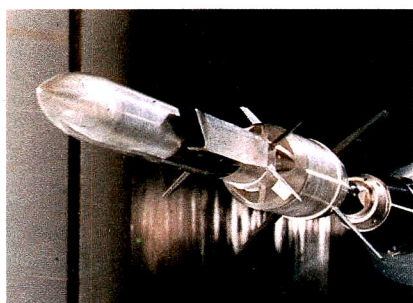


Chatouillons un instant notre orgueil national. Le statoréacteur fut inventé par un Français, René Lorin, à la veille de la Première Guerre mondiale ! Ce qu'il appela la "tuyère thermopropulsive", baptisée "tuyère Lorin" par les Allemands, est un réacteur d'une simplicité désarmante, puisqu'il ne comprend ni compresseur ni turbine. Imaginez un gros turboréacteur de Boeing 747 et videz-le de tout ce qu'il contient : la soufflante, les compresseurs, l'arbre de transmission, la turbine, les mécanismes

de refroidissement. Gardez seulement l'enveloppe et quelques brûleurs : vous avez un statoréacteur.

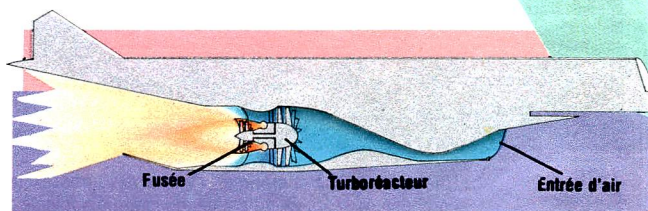
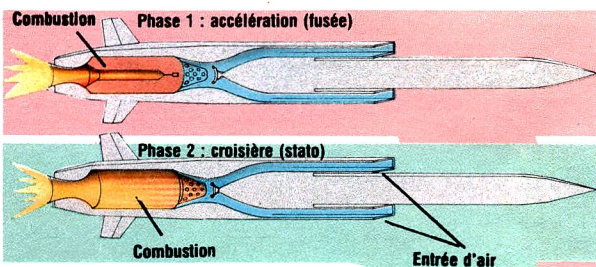
Comment ça marche ? Élémentaire : à partir d'une certaine vitesse, l'air qui s'engouffre dans la section divergente du réacteur se comprime, ralentit et se réchauffe. L'air comprimé arrive dans la partie centrale, où le carburant est injecté et brûlé. Les gaz sous pression qui sortent de cette chambre de combustion sont accélérés dans la section convergente du moteur et fournissent la poussée





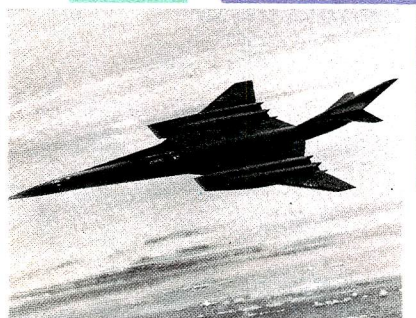
**1986**  
Missile air-sol ASMP  
Vitesse : Mach 3  
Stato-fusée

Le moteur fusée (1<sup>re</sup> phase de vol) et le statoréacteur (2<sup>e</sup> phase) partagent la même chambre de combustion.

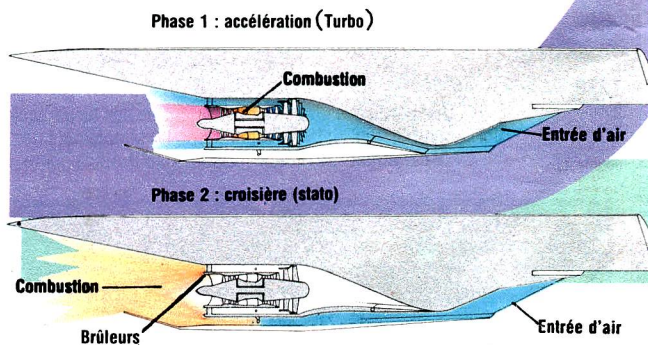


**2020 (?)**  
Vitesse : Mach 25  
Moteur turbo-fusée

Le turboréacteur sert au décollage horizontal et assure le vol jusqu'à vers Mach 3. Le moteur fusée intégré prend le relais. Sans application actuelle.



**2000**  
Projet américain d'avion militaire de pénétration  
Vitesse : Mach 5  
Turbo-stato



Le turboréacteur sert au décollage et à atteindre Mach 2 (1<sup>re</sup> phase de vol), puis est relayé par le statoréacteur (2<sup>e</sup> phase).

nécessaire. Le principal inconvénient du statoréacteur est que la compression de l'air ainsi obtenue n'est exploitable qu'à partir du moment où l'avion vole à une vitesse supersonique. L'air entre à vitesse supersonique dans le réacteur et le ralentissement induit par la compression permet de le brûler à vitesse subsonique. Il faut donc trouver un autre moyen de propulsion pour le décollage et les basses vitesses.

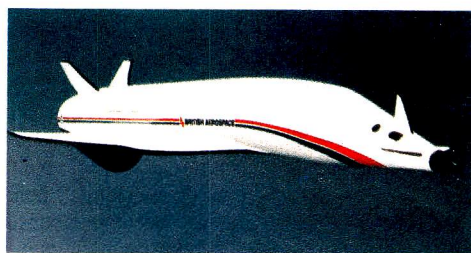
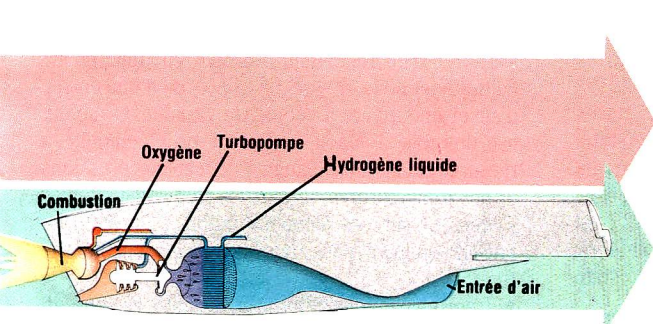
C'est encore un Français, René Leduc, qui expéri-

menta le premier avion à statoréacteur. Embarqué sur le dos d'un autre avion, le Leduc 010 fut lâché en vol le 21 avril 1949.

Trente ans plus tard, la navette devait être testée de la même manière...

L'une des idées géniales que Leduc avait défendues, dès les années 1930, était d'intégrer le moteur à l'avion lui-même. Il la mit en application. Au lieu que l'appareil soit équipé d'un ou deux statoréacteurs extérieurs, c'est la structure elle-

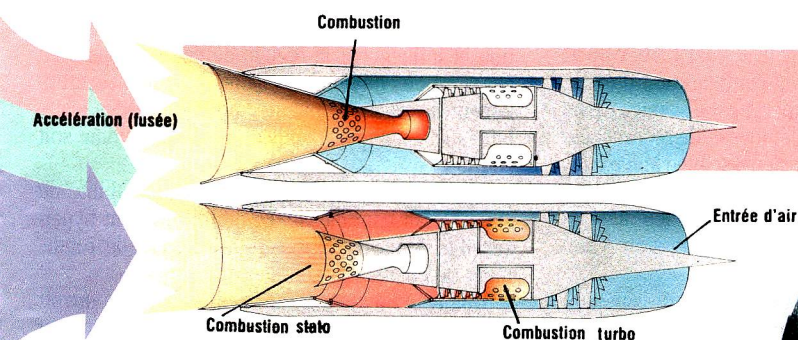




## 2020

Projet Hotel  
Vitesse : Mach 25  
Moteur cryo-aéro-  
fusée (?)

Moteur fusée cryogénique au décollage ; statoréacteur entre Mach 2 et 6 ; de nouveau moteur fusée au-delà de Mach 6. L'appareil économise l'oxygène liquide en utilisant celui de l'air, refroidi par de l'hydrogène liquide.



## 2020

Projet de Aerojet,  
Vitesse : Mach 25  
Turbo-stato-fusée

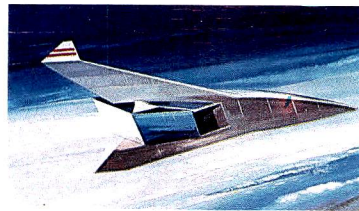
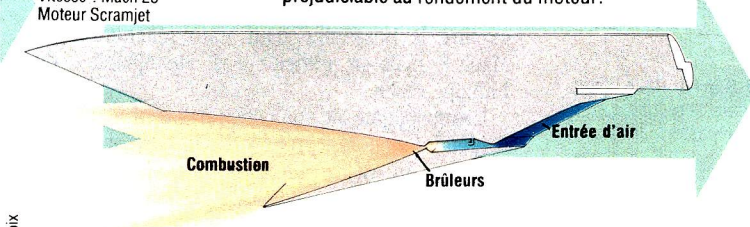
Ce moteur total intègre les trois principes de base mentionnés en page 00, démarrage et accélération jusqu'à Mach 2 en turboréacteur, relais pas le stato jusqu'à Mach 5, et mise en orbite (jusqu'à Mach 25) grâce à la fusée.



## 2020

Missile de croisière hypersonique  
(dessin américain) : avion orbital  
hypersonique  
(dessin Rolls Royce)  
Vitesse : Mach 25  
Moteur Scramjet

Le scramjet est un statoréacteur dont la configuration particulière permet à l'air incident d'être brûlé à vitesse supersonique : Mach 2, par exemple au lieu de Mach 0,3 pour un stato ordinaire. Ceci évite un surchauffement de l'air, préjudiciable au rendement du moteur.



même du Leduc 010 qui servit de statoréacteur, le pilote étant logé dans une capsule indépendante à l'avant. La plupart des projets d'avion hypersonique actuels exploitent cette conception.

Leduc eut aussi l'idée de combiner le stato et le turbo, celui-ci servant au décollage et à la prise de vitesse. Le Leduc 022, qui vola dans les années 1950, était aussi un "avion-moteur", les turboréacteur étant placé au centre de l'appareil, dans la veine du statoréacteur, dont la tuyère se confondait avec

l'arrière du fuselage. Le Leduc 022 ne dépassa pas le mur du son, mais le concept fut repris par Nord-Aviation, dont le célèbre Griffon atteignit Mach 2 en 1959. Mach 2 : on entrainait déjà dans le domaine des avions militaires actuels et seule l'insuffisante résistance des matériaux empêchait que l'on aille plus loin.

Dès 1935, Leduc avait pourtant affirmé que les statoréacteurs permettraient aux avions de voler à Mach 5 et à 30 km d'altitude. Ce sont exactement la

vitesse et l'altitude de croisière qu'envisagent aujourd'hui les constructeurs américains pour l'avion de "transport" hypersonique.

Après l'aventure du Griffon, la solution turbostato fut abandonnée. Les recherches sur le statoréacteur se concentrèrent sur son application aux missiles. L'idée était de la combiner non plus avec un turboréacteur, mais avec un moteur-fusée : c'est le "statofusée". La fusée, à carburant solide ou liquide, assure l'accélération du missile, et le stato prend le relais.

Plusieurs missiles de cette conception, à courte et moyenne portée, furent développés et mis en service, tant en URSS qu'aux Etats-Unis et en Europe. Mais aucun missile opérationnel à statoréacteur ne dépasse Mach 3,5, soit à peu près la vitesse limite de l'avion le plus rapide du monde. Le dernier en date, l'ASMP de l'Aérospatiale, qui équipe des Mirage IV depuis le 1<sup>er</sup> mai 1986, vole à Mach 2 ou à Mach 3 selon la configuration du vol. En 1964, un missile expérimental conçu par l'ONERA (Office national d'études et de recherches aéronautiques), le Stataltex, dépasse bien Mach 5 (à 30 km d'altitude), mais il ne fut pas mis en service. Vingt-deux ans plus tard, d'après la société américaine Marquardt, qui s'y connaît, aucun statoréacteur n'a volé plus vite que le Stataltex. Depuis 1972, l'ONERA préfère concentrer son effort sur l'amélioration des statoréacteurs supersoniques. Ce sont ses ingénieurs qui ont, pour l'essentiel, conçu et développé le missile ASMP que l'Aérospatiale vient de mettre en service. Quant à l'application des statoréacteurs aux avions hypersoniques, elle se heurte à un franc scepticisme.

Roger Marguet et Philippe Cazin, les deux principaux responsables des recherches sur les statos à l'ONERA, s'en expliquent :

- L'entrée et la sortie du stato doivent être à géométrie variable. C'est en réglant le débit

d'entrée d'air et le diamètre de la tuyère qu'on peut s'assurer d'un rendement correct, en fonction de l'altitude et de la vitesse. Le Concorde a une entrée d'air et une tuyère à géométrie variable. Or ce qui est possible à Mach 2 devient problématique à mesure que la vitesse augmente, car des pressions et des températures de plus en plus considérables s'exercent sur ces éléments mobiles. Le stato de l'ASMP, qui ne dépasse pas Mach 3, est à géométrie fixe.

- L'aérodynamique interne d'un stato est une affaire complexe. Le diffuseur (la partie divergente où l'air s'engouffre) doit être dessiné de manière à éviter que le ralentissement de l'air ne s'accompagne d'une trop grande perte d'énergie. En tout état de cause, des distorsions aérodynamiques se produisent vers la fin du diffuseur. Elles modifient l'écoulement à l'entrée de la chambre de combustion et influencent le régime de cette dernière. La chambre de combustion elle-même doit être subtilement dessinée, de manière à minimiser les instabilités et, bien sûr, à empêcher que la flamme soit soufflée.

- Plus la vitesse augmente, plus la rentabilité du stato se fait capricieuse. Le moteur devient hypersensible à une variation de prise d'air, de rendement de combustion ou d'éjection.

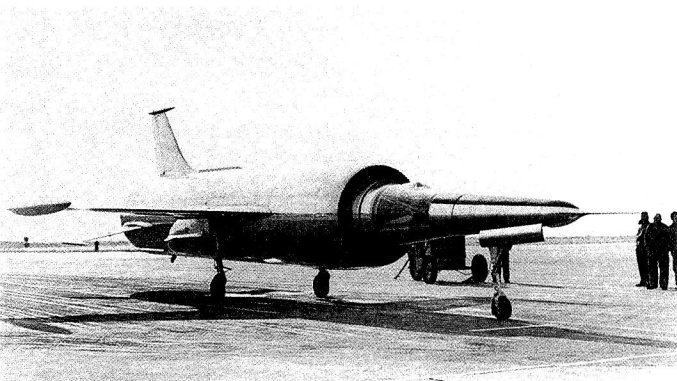
- Compte tenu de ces difficultés, il faut pouvoir tester les statos en vraie grandeur et pendant leur durée réelle de fonctionnement. Or, les entrées d'air d'un stato devant fonctionner à Mach 5 ou Mach 6 représentent plusieurs dizaines de m<sup>2</sup>. Il n'existe pas actuellement dans le monde de soufflerie capable de tester ce genre de monstres.

Quant à réaliser des avions capables de dépasser Mach 6, il s'agit d'une perspective "tellement éloignée" qu'elle ne mérite pas, aux yeux des ingénieurs de l'ONERA, d'être discutée en détail. « D'un point de vue strictement théorique, on ne peut pas exclure la possibilité d'un stato fonctionnant à Mach 8, mais en pratique, c'est abominable », dit Philippe Cazin.

L'Aérospatiale, de son côté, fait savoir à qui veut l'entendre que les projets d'avion hypersonique relèvent du délire technologique. Elle affirme n'entretenir aucune équipe de recherche dans ce domaine. Elle dit se contenter de travailler, en amont, sur le projet de navette spatiale européenne Hermès (lancée par Ariane 5) et, en aval, sur un super-Concorde, pas plus rapide que l'autre, mais capable de transporter deux fois plus de passagers.

A la SEP (Société européenne de propulsion), qui fabrique à la fois le moteur cryogénique destiné à Ariane 5 et les matériaux composites pour Hermès, on se montre plus circonspect. Marcel Pouliquen, chef de programme à la division Propulsion à liquides et Espace, voyage un peu partout et compile la littérature spécialisée sur la question. Il

**1957 : PREMIER VOL D'UN TURBO-STATO.** René Leduc poursuit son rêve : le Leduc 022 décolle seul, grâce à son turboréacteur intégré. Il n'a pas dépassé Mach 1.





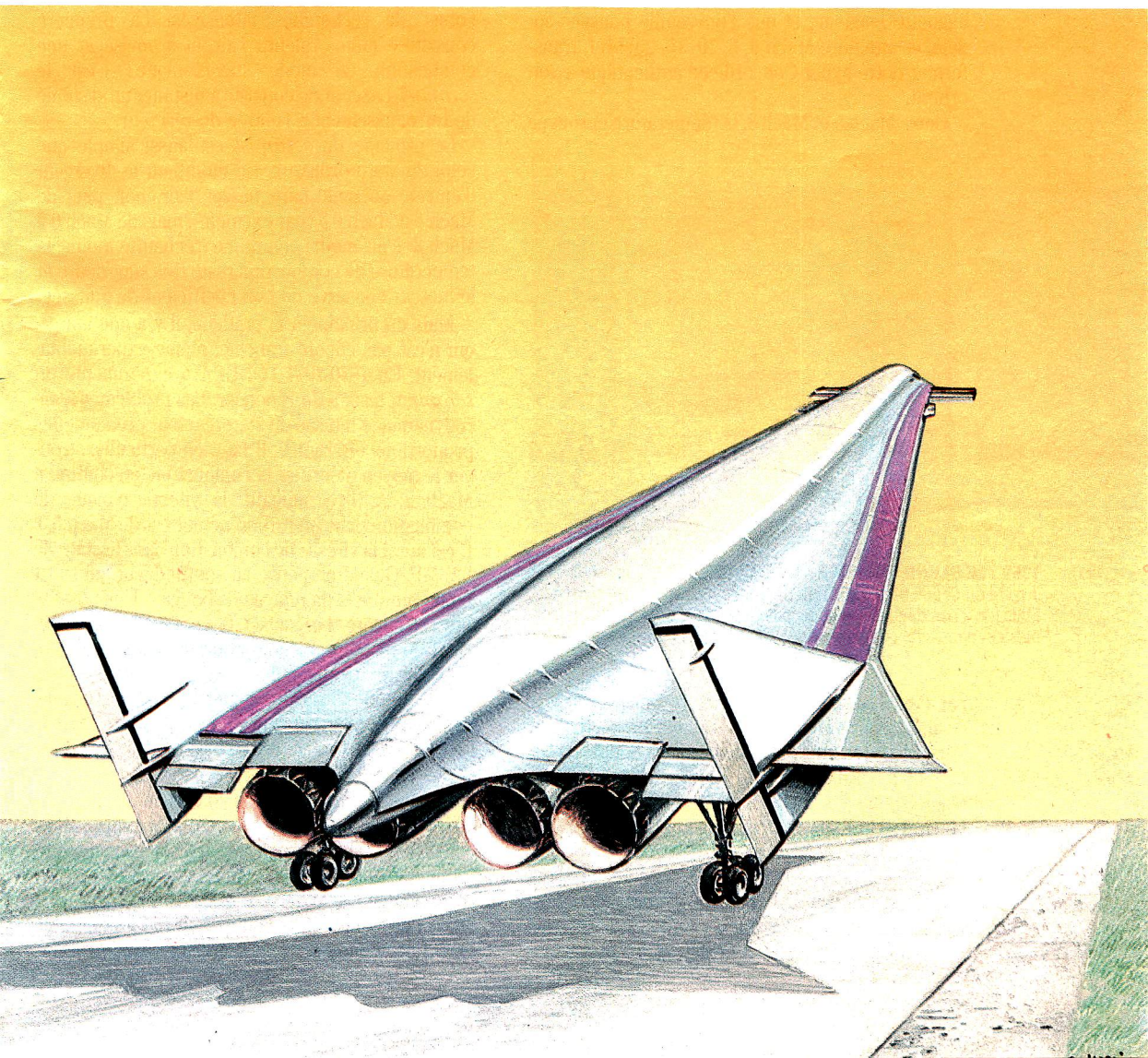
trouve cela excitant, mais ne peut que constater l'effervescence qui agite ses collègues américains, britanniques et japonais. Il admet honnêtement qu'« on ne sait rien ». Impossible de déterminer si les uns ou les autres ont réalisé une véritable percée, et si le secret dont chacun s'entoure dissimule un trésor ou une outre vide. Comme les ingénieurs de l'ONERA, il estime que le problème numéro un est celui des installations d'essais au sol. « Pour simuler Mach 5 à 30 km d'altitude à l'échelle véritable, il faut des débits d'air énormes à une température très élevée. De telles souffleries n'existent nulle part, pas même aux Etats-Unis. »

Guy Bessonnat, conseiller pour les matériaux à la direction technique de la SEP, doute qu'on soit en présence d'un bluff généralisé, mais hausse les

sourcils devant les ambitions affichées. Pour les bords d'attaque et le fuselage d'un avion, les meilleurs alliages métalliques, même ceux à base de titane, ne tiennent pas beaucoup plus de 400 °C en continu. Les superalliages à base de nickel monocristallin utilisés pour les aubes de turbine résistent à 1 100°, mais la technologie est inadaptée aux grandes surfaces nécessaires au fuselage et aux ailes d'un avion.

En pratique, à partir de 500° en continu, il faut envisager des matériaux composites. Mais lesquels ? Les fibres à matrice résine ne permettent guère de dépasser 150°. Les fibres à matrice métallique, qui ne sont d'ailleurs pas encore appliquées à l'aviation, ne tiennent pas au-delà de 500°. Les céramiques frittées tiennent 1 400 à 1 500°, mais

**PARIS-TAHITI EN 2 HEURES ?** C'est le pari affiché par McDonnell-Douglas, avec son Orient-Express, projet repris à son compte par le président Reagan. Mais ce n'est qu'un dessin...



elles sont fragiles. Les meilleurs carbone-carbone (fibres de carbone à matrice carbone), utilisés par exemple dans les tuyères des missiles balistiques ou encore pour certaines parties de la navette américaine, tiennent 2 000°, mais seulement pour une courte durée, car ils s'oxydent rapidement.

Pour un avion volant à Mach 5 en régime de croisière, il faudrait envisager des composites céramique-céramique, par exemple des fibres de carbure de silicium ou d'alumine noyées dans une matrice de même nature. Ce type de matériau est actuellement développé à la SEP et aux USA pour être utilisé sur la navette Hermès et des missiles de croisière. Mais leur coût reste prohibitif et il n'est actuellement pas envisageable de les adapter à des avions hypersoniques fabriqués en série.

Supposons malgré tout que les problèmes apparemment considérables rencontrés pour la réalisation d'un "modeste" long-courrier volant à Mach 5 et 30 km d'altitude soient résolus d'un coup de baguette magique, et que l'on veuille pousser au-delà, et atteindre Mach 6, 8, 10, 15, 25, bref, transformer notre hyper-Concorde en authentique avion orbital.

Entre Mach 5 et Mach 8, la température éprouvée

rencontrés par les bords d'attaque et le fuselage sont à rapprocher de ceux qu'a expérimentés la navette américaine. Avec cette différence, toutefois, que l'avion ne bénéficie pas de la même accélération de départ et, surtout s'il n'a pas encore mis en route ses moteurs-fusée, ne peut franchir aussi vite les couches encore denses de la moyenne atmosphère.

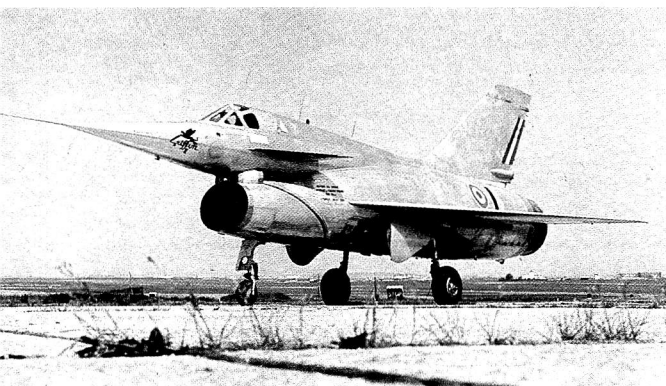
Le vrai problème, à ce stade, est bien celui du moteur. Nous avons vu qu'à partir d'une certaine vitesse, la température due à la simple compression de l'air dans le statoréacteur menace de rejoindre la température de combustion. A Mach 6, par exemple, l'air comprimé peut arriver dans la chambre de combustion à une température voisine de 2 000°. Le statoréacteur n'a plus aucun rendement.

Il faut donc trouver un moyen de refroidir l'air comprimé. Il existe deux possibilités, connues depuis longtemps, mais qui semblent faire à nouveau l'objet de recherches intensives. La première consiste à moins ralentir l'air, et à envisager une combustion en mode supersonique : c'est le *scramjet*. La seconde consiste à installer un système de refroidissement à l'entrée du réacteur.

Le principe du *scramjet* est aussi simple que celui du stato ordinaire. En modifiant le divergent d'entrée, on peut faire passer l'air, non plus de Mach 6 à Mach 0,3 (par exemple), mais de Mach 6 à Mach 2. L'air moins comprimé s'échauffe moins, la température de combustion reste très supérieure et le moteur conserve un bon coefficient de poussée.

Mais du principe à la pratique, il y a une marge, qui n'est pas encore franchie, même expérimentalement. En 1970-1971 l'ONERA a expérimenté un *scramjet*, mais a dû renoncer. Les problèmes d'aérodynamique interne du statoréacteur prennent des proportions effarantes. Il faut, en particulier, trouver le moyen de brûler le combustible en continu à Mach 2. A titre indicatif, la vitesse typique de combustion dans un turboréacteur est de Mach 0,3. C'est aussi la vitesse de combustion dans le stato de l'ASMP. Quand on pense au souffle léger qui suffit pour éteindre la flamme d'une bougie... Une possibilité est encore d'organiser la combustion à l'extérieur du réacteur, en se servant du fuselage arrière de l'avion... Quoi qu'il en soit, « on ne sait pas faire », assure Marcel Pouliquen, de la SEP. Cela ne signifie pas qu'on ne saura jamais le faire. Mais il faut envisager des moyens de recherche énormes, et des années d'études.

L'autre technique de refroidissement permet, elle, d'assurer une combustion subsonique. Elle consiste à placer un circuit d'hydrogène liquide (donc à - 260°) à l'entrée du réacteur. Notre avion a forcément un réservoir à hydrogène, puisqu'il devra faire fonctionner son moteur-fusée pour aller en orbite. Pourquoi ne pas utiliser cet hydrogène



**1959 : LE DERNIER AVION À STATORÉACTEUR.** Etroitement inspiré du Leduc 022, le Griffon de Nord-Aviation a atteint Mach 2. Mais il n'a pas dépassé le stade expérimental. Aucun constructeur ne s'est depuis hasardé à fabriquer un avion à statoréacteur.

par l'avion continue de croître presque aussi vite qu'auparavant. D'après des calculs présentés par Mitsubishi, on aurait typiquement des températures de 1 200° à Mach 5 et 26 km d'altitude, 1 800° à Mach 6 et 28 km, 2 500° à Mach 7 et 30 km, 3 000° à Mach 8 et 32 km. Contrairement aux apparences, ces températures ne sont pas nécessairement prohibitives, car l'avion n'y serait exposé que pendant un temps relativement bref : il n'est plus au régime de croisière, il accélère aussi vite que le lui permet son moteur pour aller en orbite, et les problèmes

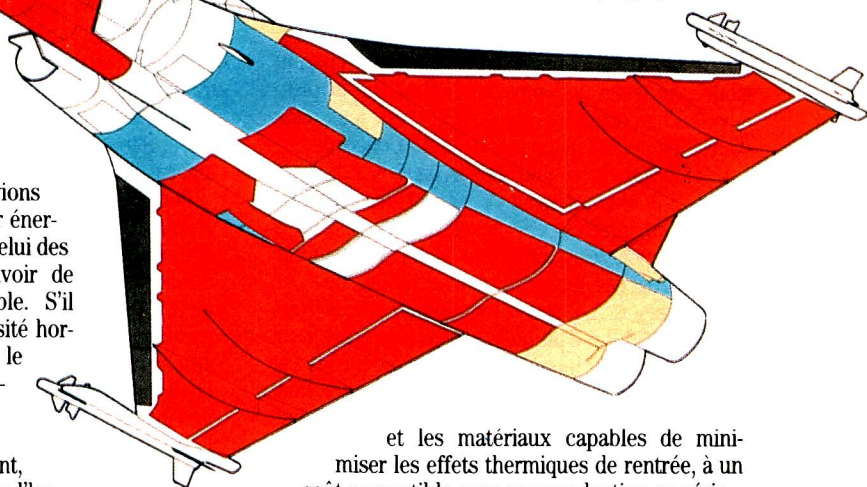


pour refroidir le statoréacteur ? Pourquoi, du même coup, ne pas se servir aussi de l'hydrogène comme combustible du statoréacteur ? L'hydrogène, bonne à tout faire des avions hypersoniques ? Son pouvoir énergétique est très supérieur à celui des hydrocarbures, et son pouvoir de refroidissement incomparable. S'il n'était pas affligé d'une densité horriblement basse qui oblige à le stocker dans d'énormes réservoirs, ce serait vraiment le combustible idéal.

Imaginons, par conséquent, un statoréacteur qui brûle de l'hydrogène dans de l'air préalablement refroidi avec ce même hydrogène. Un tel schéma est théoriquement envisageable. Mais, à supposer que l'on ait résolu le problème du stockage et celui de la combustion, il faut aussi trouver le moyen de s'assurer que le circuit d'hydrogène placé dans l'air de rentrée résiste aux énormes pressions et températures qui s'exercent sur lui. La moindre fuite, et c'est l'explosion (l'hydrogène s'enflamme naturellement à 600°).

A partir de Mach 8, à 30 ou 40 km d'altitude, il n'est plus question d'utiliser un statoréacteur : il n'y a plus assez d'air, et les problèmes de combustion deviennent insurmontables, même sur le papier. Il faut donc passer au moteur-fusée. La fusée, on sait faire. Et, fort heureusement, les problèmes de température décroissent (relativement) avec l'altitude. Il se passe toute une série de phénomènes chimiques compliqués et mal connus, qui ont pour effet que l'air absorbe une partie du choc thermique à la place de l'avion : des molécules se dissocient, des atomes perdent des électrons, etc. De ce point de vue, s'il n'y avait pas la question du stockage du carburant, l'avion hypersonique ne devrait pas, à ce stade de son parcours, rencontrer des problèmes très différents de ceux de la navette. Mais il en serait tout autrement pour la rentrée dans l'atmosphère. N'oublions pas que l'avion hypersonique est destiné à pouvoir repartir en mission 24 heures après être rentré d'une mission précédente. Pas question de remplacer les tuiles qui se seraient envolées, ou les panneaux qui se seraient abrasés ou auraient fondu. Il faut que les bords d'attaque et le fuselage soient aussi frais à l'arrivée qu'au départ, comme sur le Concorde. Il reste aux ingénieurs à concevoir l'aérodynamique

**1990 (?) : UN AVION DE COMBAT À MATÉRIAUX COMPOSITES.**  
Il s'agit du projet Rafale, de Dassault, comportant des éléments en carbone-carbone (en rouge sur la photo), alumine-lithium (en bleu), kevlar (en jaune) et titane (en gris).



et les matériaux capables de minimiser les effets thermiques de rentrée, à un coût compatible avec une production en série...

Les grands constructeurs américains affirment en chœur disposer de la technologie nécessaire pour venir à bout de cette course d'obstacles. Mais le seul projet d'avion orbital sur lequel on dispose de renseignements plus précis que des déclarations d'intention est, paradoxalement, le projet britannique Hotol. Compte tenu de l'intérêt que les Américains et les Japonais lui portent, on est tenté de penser qu'il s'agit, en réalité, du projet le plus avancé. Hotol n'a pas révélé le "secret" de son moteur, mais il résout de manière élégante (sur le papier) les deux problèmes essentiels du stockage de l'hydrogène et de la rentrée.

Hotol a *grosso modo* la taille et le poids du Concorde. Ce n'est pas un hasard : Rolls Royce, qui affirme pouvoir en fabriquer le moteur, et British Aerospace, qui en a dessiné la forme, étaient, avec la SNECMA et l'Aérospatiale, les concepteurs du Concorde. Par son allure, Hotol est un dérivé de l'avion supersonique. C'est un Concorde dont l'aérodynamique a été adaptée aux vitesses hypersoniques.

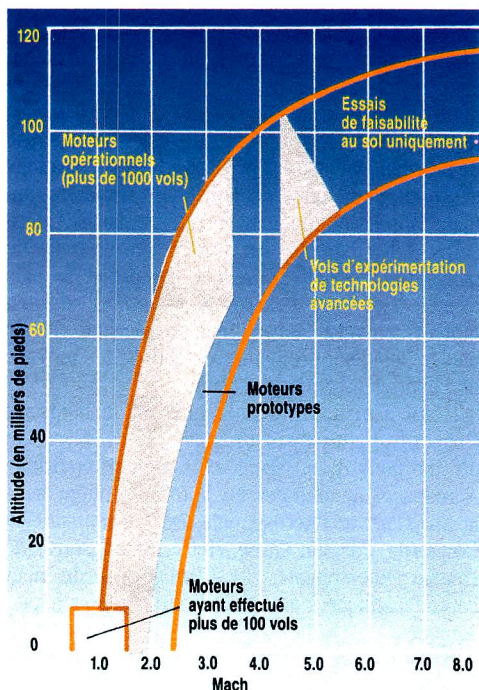
Hotol n'a pas de turboréacteur. Tout l'avant du fuselage, soit près des deux tiers de l'avion, n'est qu'un grand réservoir à hydrogène. L'arrière du fuselage, un petit quart de l'avion, est un réservoir à oxygène. Entre les deux, le petit quart restant contient la charge utile : 7 tonnes en orbite basse, ou quelques rangées de sièges pour VIP pressés. Le centre de gravité de l'avion est très en arrière. C'est aussi à l'arrière, sous l'avion et faisant corps avec lui, qu'est installé le système de captage d'air : il a toutes les apparences d'un grand statoréacteur. Quatre moteurs-fusée apparaissent dans le prolongement du fuselage.

Les moteurs-fusée à hydrogène et oxygène ne



fournissent pas une poussée suffisante pour un décollage vertical. Peu importe, puisqu'il s'agit d'un avion ! Le décollage est donc horizontal. Pour éviter une charge de vol inutile, Hotol n'a pas de train de décollage. Il est posé sur un chariot à roulettes. Quand les moteurs-fusée sont allumés, le chariot, guidé par laser, accompagne l'avion sur la piste jusqu'au décollage, à Mach 0,5. C'est une piste courte, pas plus longue que celle du Concorde.

L'avion franchit le mur du son en moins de deux minutes. A Mach 2, peut-être avant, les moteurs-fusée sont arrêtés et l'accélération n'est plus fournie que par le statoréacteur. Celui-ci consomme de l'hydrogène, mais infiniment moins que les moteurs-fusée. Le stato fonctionne jusque vers Mach 6 et 30 km d'altitude, sans doute grâce à un système de refroidissement à l'hydrogène. Il est possible, mais peu probable (selon Marcel Pouliquen, de la SEP), que l'air soit, même pendant une



**LIMITES ACTUELLES DES STATORÉACTEURS.** Aucun stato opérationnel à plus de Mach 3,5.

durée limitée, en tout ou en partie liquéfié. Dans ce cas, grâce à un procédé inconnu, l'oxygène serait séparé de l'azote et pourrait apporter une réserve supplémentaire au moment où le statoréacteur est interrompu et à nouveau remplacé par les moteurs-fusée, vers 30 ou 35 km d'altitude, 10 minutes après le décollage.

L'avion se propulse ensuite, en un temps non

précisé, jusqu'à l'altitude de 90 km, où il atteint la vitesse orbitale. Les moteurs sont arrêtés, et il poursuit sa trajectoire, comme Ariane ou la navette, jusqu'à l'orbite basse qu'il s'est fixée comme objectif : 300 km.

Une fois en orbite, il peut larguer un satellite de 7 tonnes, ou envoyer, grâce à un moteur-fusée embarqué, un satellite plus petit en orbite géostationnaire. S'il y a du monde à bord, l'avion peut être amarré à une station spatiale.

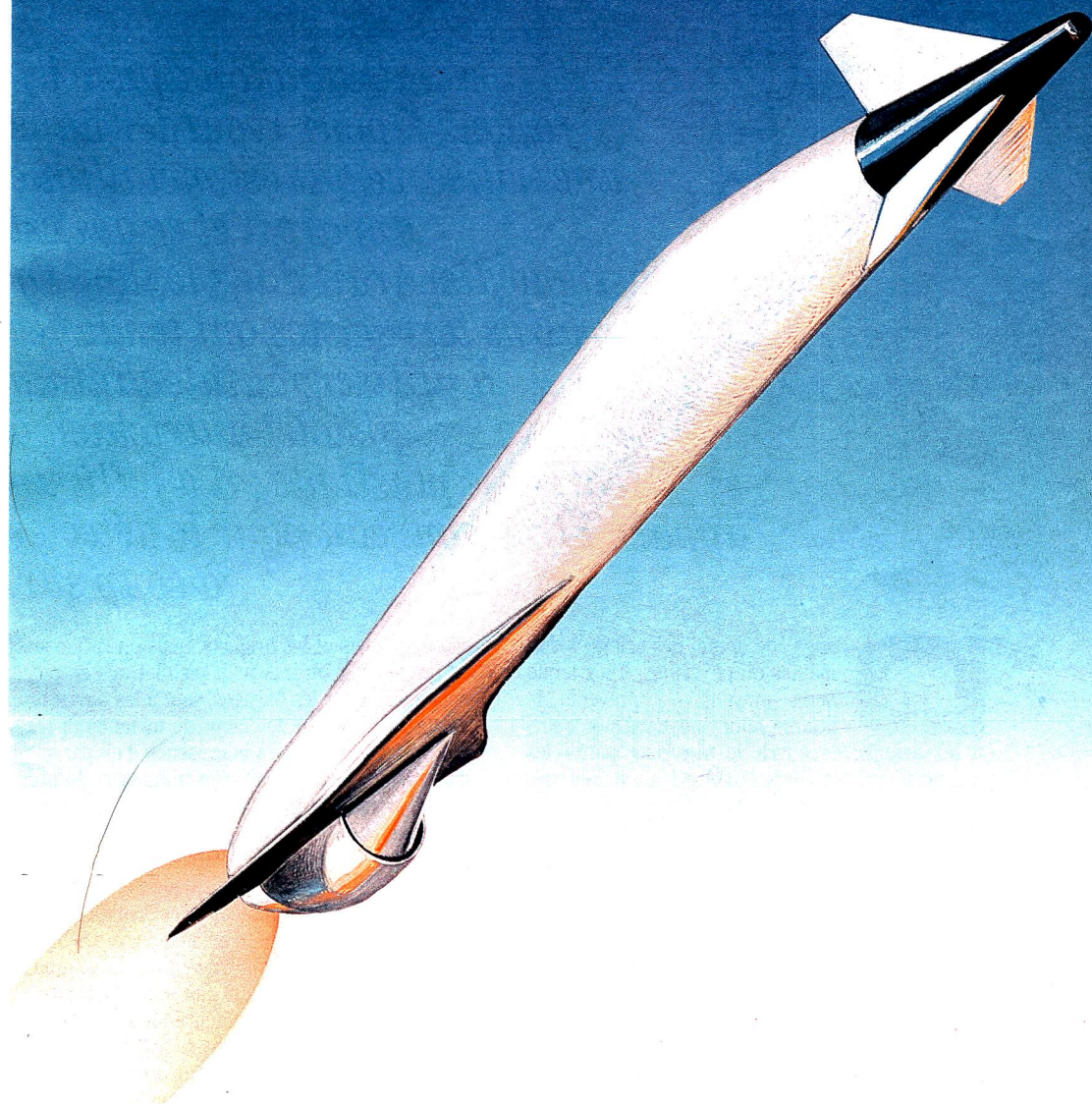
Pour la rentrée, l'avion fonce d'abord en piqué et éprouve l'inévitable choc thermique dans la haute atmosphère : à Mach 25, vers 85 km d'altitude, les bords d'attaque atteignent 1 400°. Mais, contrairement à la navette, Hotol ralentit très tôt et très haut, parce qu'il lui reste de l'hydrogène dans son réservoir avant. Cette calamité qu'est la basse densité de l'hydrogène est brillamment mise à profit : l'avant de l'avion, hyperléger, se comporte un peu comme la proue d'un bateau pneumatique. « Comparé à la navette, c'est une balle de ping-pong », dit Marcel Pouliquen. Si bien que les températures maximales des bords d'attaque tombent en dessous de 1 000°. « Personne n'arrive à démontrer que c'est impossible », s'amuse Marcel Pouliquen. Cette légèreté exceptionnelle donne aussi à Hotol une grande latitude pour choisir son lieu d'atterrissage : il peut traverser la haute atmosphère au-dessus de l'équateur et se rendre à Londres. L'atterrissage se fait normalement, comme pour Concorde, sur une piste identique.

L'avion est conçu pour fonctionner entièrement automatiquement, donc sans pilote. Mais un poste de pilotage est prévu pour une étape ultérieure, si Hotol a fait ses preuves. En théorie, il peut aussi servir à transporter des VIP en une heure de Paris à Tokyo. Mais, souligne Philippe Cazin, de l'ONERA, « je n'aimerais pas être assis entre un réservoir d'hydrogène et un réservoir d'oxygène ». Hotol pourrait aussi être aménagé pour des missions militaires.

Rolls Royce et British Aerospace vont-ils dévoiler leurs secrets ? Ils défendent très sérieusement ce projet contre le projet français de mini-navette Hermès, dont ils affirment avec une pointe de mépris qu'elle relève d'une technologie dépassée. Mme Thatcher demande un financement européen, et menace de faire affaire avec les Américains ou les Japonais si l'Europe préfère Hermès. Faut-il s'attendre à voir, en l'an 2 000, une flotille de Hotol sagement rangée sur l'aéroport de Roissy !

Américains ou Britanniques, la plupart des grands constructeurs assurent que l'aventure est pour demain, à condition seulement que les gouvernements veuillent bien faire activement fonctionner ce que le père Ubu appelait « la pompe à phynance » Mais n'oublions pas que ces grands noms de l'aéronautique, qu'ils s'appellent Rockwell ou Rolls





**LA DERNIÈRE MAQUETTE DU PROJET HOTOL.** Le statoréacteur fait corps avec l'avion, à l'arrière. Londres-Sydney en une heure. « Impossible de démontrer que c'est impossible », disent les experts !

Dessins A. Meyer - C. Lacroix

Royce, sont les piliers de ce "complexe militaro-industriel" contre lequel le président Eisenhower, qui en connaissait un bout, avait mis en garde ses compatriotes avant de quitter ses fonctions. Ce sont les plus puissants groupes de pression du monde occidental. Ce sont eux qui maîtrisent les données et tirent les ficelles de la course aux armements et de la "conquête" de l'espace. Rien n'interdit de

penser que l'avion hypersonique orbital leur sert surtout de levier pour obtenir les fonds dont ils estiment avoir besoin pour des projets plus terre à terre. Ce qui n'exclut pas, bien entendu, que l'avion de rêve finisse, un beau jour, par sortir des bureaux d'études et prendre son envol. Nous ne serons peut-être plus là pour le voir.

**Olivier Postel-Vinay**

# LE TERRORISTE PERCÉ À JOUR

*Quand on ajuste les rayons X pour regarder dans une valise, ce qui est métallique apparaît et ce qui est plastique disparaît dans le flou. Or certains terroristes ont tendance à utiliser maintenant un pistolet autrichien à carcasse plastique ; il a fallu un appareil très nouveau pour le détecter à coup sûr.*

**D**ans l'état actuel des sciences, humaines ou physiques, il n'y a que deux moyens de prévenir la bombe anonyme dans les trains ou les avions : découvrir le terroriste parmi les passagers, ou découvrir l'explosif au milieu des bagages. La première solution relève du travail policier, la seconde du matériel de détection. D'un côté voir dans les têtes, de l'autre sonder les valises ; l'idéal serait de rendre transparentes les pensées aussi facilement qu'on traverse un sac à main avec les rayons X.

En attendant la radiographie mentale, qui reste à venir, les responsables des transports en sont réduits à affiner les dispositifs désormais classiques, rayons X pour les bagages et détecteurs de métaux pour les passagers. Le but est de trouver les armes, qui sont métalliques, les détonateurs, qui le sont souvent aussi, mais les explosifs, qui ne le sont pas, échappent à ce procédé. Encore doit-on ajouter que le seuil de détection doit être placé assez haut, faute de quoi c'est la fouille complète pour tout le monde, car il y a toujours dans les poches un jeu de clefs, un briquet ou des pièces de monnaies qui feront sonner le détecteur de métaux. Notons que celui-ci n'est pas en cause : en poussant la sensibilité, ce qui n'est pas plus dur que de monter le son sur un transistor, on peut détecter très facilement un bout de papier de chocolat au fond d'une poche.

En relevant le seuil, on laisse passer les trous-

seaux de clefs et les briquets, mais on risque aussi de laisser filer un très petit pistolet mis en pièces détachées. Pour les bagages, sauf à les ouvrir tous, il faut renoncer au détecteur de métaux qui réagirait automatiquement à la présence d'un parapluie, d'un rasoir électrique ou d'un transistor. On utilise plutôt la radiographie aux rayons X qui met en ombres chinoises tout ce qui est métallique, mais ne peut dans son procédé habituel déceler ni les explosifs, ni les matières plastiques.

Ajoutons que le problème s'est compliqué avec l'arrivée sur le marché d'un pistolet autrichien, le Glock 17 — Glock pour l'inventeur et 17 pour le nombre de cartouches 9 mm dans le chargeur. Cette arme, apparue il y a déjà 5 ans et adoptée par l'armée autrichienne, a la particularité d'avoir une carcasse en plastique composite à base de polypropylène, tout comme le chargeur et la détente.

Le Glock 17, connu des amateurs depuis longtemps mais devenu célèbre du jour où, paraît-il, le colonel Kadhafi en aurait commandé quelques douzaines pour sa tribu de tueurs à gages, a la réputation d'être indétectable, ce qui est excessif. Certes, la carcasse est en plastique, donc transparente aux procédés habituels basés sur les rayons X, mais d'une part elle comporte quelques éléments métalliques (lamelles d'acier dans les rainures de glissement, ressorts, berceau de retenue du canon) et d'autre part la culasse et le canon sont toujours en acier.

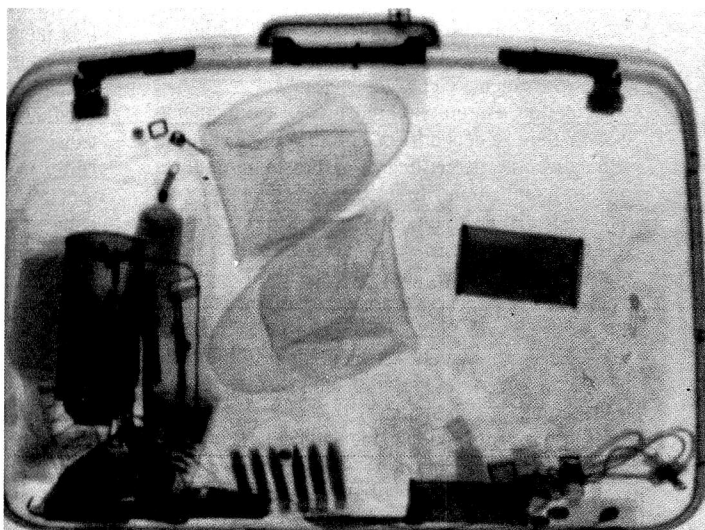
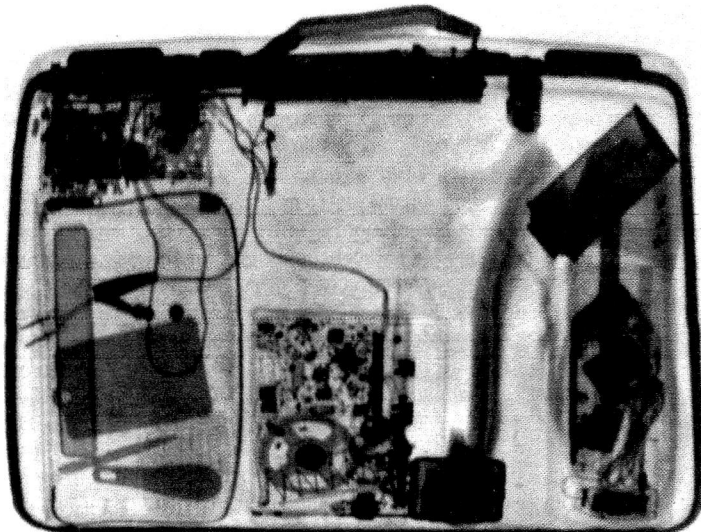


Toute l'astuce consiste à démonter le pistolet et à mettre canon et culasse d'un côté, carcasse, poignée de l'autre. A la radiographie, canon et culasse ne se distinguent pas, sauf pour un œil très entraîné, d'un quelconque barreau de fer ou de cuivre, et la carcasse, elle, disparaît complètement. Car ce qui permet de repérer un pistolet, même démonté, c'est justement la forme caractéristique de la poignée.

Le Glock 17 constituait donc un gros problème dans la détection des armes, mais, par chance, la technique a progressé là aussi : American Science & Engineering, une société américaine basée à Cambridge dans le Massachusetts, vient de mettre au point un appareil qui révèle très bien l'image des objets en plastique, donc la carcasse du Glock 17, mais aussi tous les composés organiques comme les explosifs, les drogues ou les aliments. On peut même repérer le diamant, qui n'est que du carbone, mais là il s'agit de contrebande.

A la base de ce nouveau détecteur, qui coûte 70 000 dollars, soit pratiquement un demi-million de francs, on trouve toujours les rayons X, mais utilisés de deux manières différentes ; les possibilités sont alors considérablement relevées, au point d'avoir impressionné non seulement les services de sécurité des aéroports, mais aussi ceux des bases militaires américaines. Les chercheurs de l'American Science & Engineering — AS & E — n'étaient pas *a priori* concernés par les problèmes de sécurité, leur domaine étant plutôt celui des appareils d'analyse à l'usage des laboratoires.

C'est le président de la firme, Martin Anis, qui eut l'idée d'appliquer à la surveillance des bagages une technique assez récente, celle de l'analyse aux rayons X sur deux niveaux d'énergie. Dans ce procédé, les données recueillies après retour inversé de deux faisceaux de rayons X de fréquence et d'intensité différentes sont traités par un ordinateur de manière à reconstituer une image mettant en évidence un ou plusieurs éléments donnés. Il faut entendre ici par élément un corps simple de numéro atomique bien défini, par exemple



## OÙ EST DONC PASSÉ LE GROS PISTOLET 9 mm ?...

La radiographie normale semble révéler ce que renferment ces deux valises : parapluie, trousse de toilette, radio portative pour l'une, lotions en aérosol, six barrettes d'un collier en cuivre et une paire de chaussons pour l'autre : objets bien innocents. Pourtant un pistolet automatique 9 mm à carcasse en plastique est bien là aussi dans les deux cas, mais sans les munitions (voir page suivante). Seul un œil très averti pourrait déceler à chaque fois le ressort en zig-zag du chargeur.

l'oxygène, le carbone, le fer, l'azote ou le tungstène. La société AS & E ayant déjà des appareils de ce type eut l'idée de les appliquer à la détection des objets ne renfermant que des éléments de faible masse atomique, comme le carbone, l'hydrogène, l'oxygène ou l'azote. Or ces éléments sont les constituants de base des plastiques et des explosifs, d'où la possibilité d'en avoir l'image sur l'écran de visualisation.

Pour bien comprendre cette technique, il nous faut entrer un peu dans la théorie des interactions entre matière et rayonnement. Pour commencer,

rappelons que les rayons X, les rayons visibles (rouges, orangés, jaunes, verts, bleus, violets), les rayons gamma et les ondes radio sont tous de même nature : seule change la fréquence, c'est-à-dire la rapidité de la vibration. Ces rayonnements électromagnétiques sont constitués de deux champs oscillants, un électrique et un magnétique qui s'engendrent mutuellement.

A un champ électrique variable correspond en effet un courant de déplacement dont les lignes s'entourent d'un champ magnétique dont les variations créent un champ électromoteur. Celui-ci donne à son tour un champ magnétique, lequel donne un champ électrique, et ainsi de suite. Les variations périodiques de ce champ électromagnétique lui confèrent une nature ondulatoire, mais certains phénomènes ne s'expliquent qu'en associant un corpuscule, le photon, à cette onde. La lumière, les rayons X ou les ondes radio sont donc des rayonnements électromagnétiques.

De ce fait, l'interaction entre ces rayonnements et la matière va dépendre des propriétés électriques et magnétiques de cette matière. C'est pourquoi les métaux, conducteurs de l'électricité, sont opaques à la lumière visible comme aux ondes radio, alors que les matériaux transparents comme le verre, le quartz ou le plexiglas sont en général des isolants. Ceci n'est pas une règle absolue : sous très faible épaisseur, les métaux laissent filtrer la lumière (c'est ainsi que l'argent est bleu par transparence, ou le cuivre vert) et certains solides peuvent être transparents et conducteurs.

En fait, la propagation d'une onde dans la matière dépend en premier lieu de la permittivité électrique et de la perméabilité magnétique du milieu traversé, et en second lieu de sa conductivité et de la fréquence du rayonnement. Le processus est décrit par les équations de Maxwell, mais celles-ci mènent à des équations aux dérivées partielles du second ordre qui sont passablement ardues à suivre. Elles montrent que la pénétration des rayons lumineux est très faible dans les métaux et que la majeure partie en est réfléchi. Par contre, la pénétration augmente à mesure que la fréquence devient plus élevée, c'est-à-dire qu'on passe du spectre visible aux ultraviolets, puis aux rayons X.

Inversement, la pénétration devient quasi nulle quand la fréquence diminue, donc qu'on glisse vers l'infrarouge, puis les ondes radio : aux très basses fréquences (dès les ondes courtes) celles-ci sont réfléchies par un simple grillage métallique style clôture de maison. De toute façon, la propagation d'une onde électromagnétique dans un milieu matériel fait intervenir un indice de réfraction complexe  $N = n - ik$ ,  $n$  étant l'indice de réfraction au sens habituel,  $k$  l'indice d'absorption et  $i$  le symbole mathématique défini par  $i^2 = -1$ . Bien entendu,  $n$  et  $k$  dépendent d'une part de la fréquence du rayon-

nement, d'autre part de la permittivité et de perméabilité du milieu.

Pour les courtes longueurs d'onde, la fréquence est très élevée et c'est elle qui devient prépondérante, ce qui explique que les rayons X traversent d'autant mieux une épaisseur donnée de métal qu'ils sont plus loin vers les hautes fréquences (rayons X durs). Dans le même temps, ils traversent encore beaucoup plus facilement les isolants, même ceux qui sont les plus opaques à la lumière ordinaire. Ainsi, en radiographie médicale, on utilise des rayons X de basse fréquence qui ont bien du mal à traverser une pièce de 20 centimes. Par contre, pour les rayons X de haute fréquence utilisés en métallurgie, le corps est aussi transparent qu'une vitre.

En choisissant bien la fréquence, on arrive ainsi très facilement à voir tout ce qui est métallique à travers une valise. Mais on voit très mal par transparence ce qui ne l'est pas, l'ombre d'un objet en plastique étant noyée dans celle des parois de la valise. Il fallut faire appel à un autre processus, l'effet Compton, pour avoir une image définie en fonction des éléments chimiques constituant l'objet. Cet effet reposant sur la structure atomique des éléments, nous allons brièvement revoir cette structure.

Tous les corps simples sont faits d'atomes identiques, chacun d'eux étant constitué d'un noyau de particules lourdes, protons (+) et neutrons, autour duquel tournent des électrons (-). A l'état normal l'atome est neutre, et il y a donc même nombre d'électrons que de protons. Ce nombre de protons, qui caractérise l'atome, est le numéro atomique de l'élément. Le corps le plus simple est l'hydrogène, le noyau étant réduit à un seul proton. Puis viennent l'hélium, deux protons, le lithium n° 3, béryllium n° 4 et ainsi de suite.

Le nombre d'électrons suit la même progression, mais ils sont disposés en couches successives à partir du noyau, chaque couche représentant un niveau d'énergie. Plus le noyau de l'atome est complexe, avec un grand nombre de protons et de neutrons, et plus il faut d'énergie pour faire passer les électrons d'une couche à une autre. Avec les éléments légers, ceux dont le numéro atomique va de 1 à 10, et qui comprennent en particulier l'hydrogène (n° 1), le carbone (n° 6), l'azote (n° 7) et l'oxygène (n° 8), l'énergie de transition d'une couche électronique à une autre est relativement modeste.

Revenons maintenant aux rayonnements électromagnétiques pour considérer un phénomène connu sous le nom de diffusion : quand une onde rencontre une particule, une partie de l'énergie absorbée fait osciller cette particule qui rayonne alors comme une antenne dipolaire. Ces ondes secondaires, pour les distinguer de l'onde incidente,

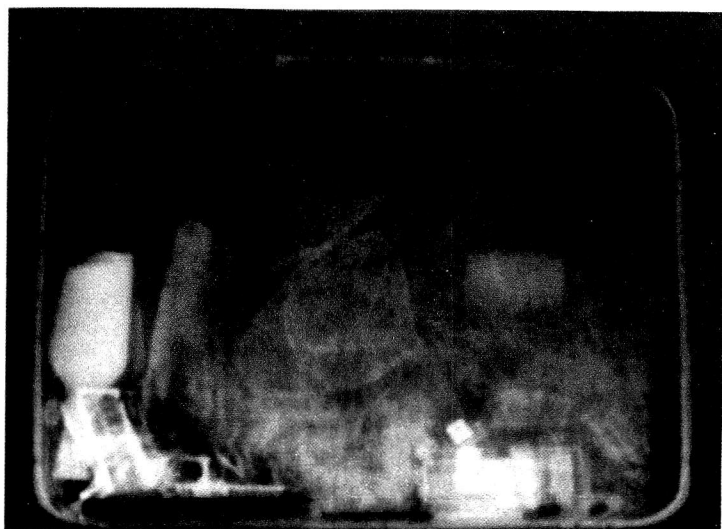
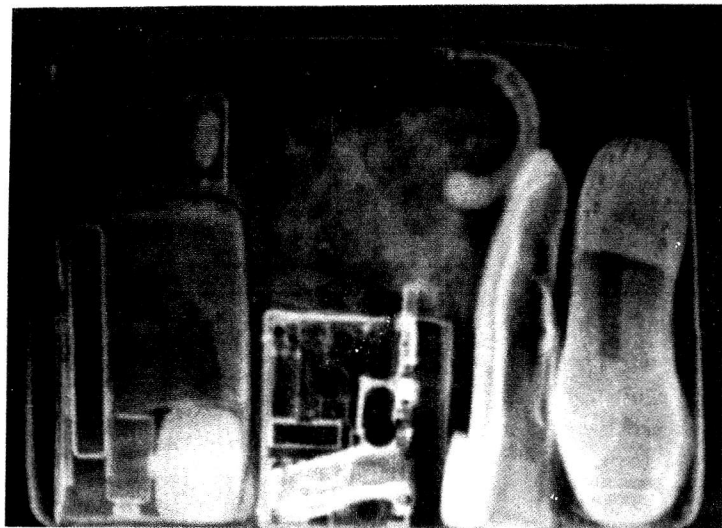


constituent le rayonnement diffusé. C'est ainsi que le bleu du ciel est dû à la diffusion de la lumière solaire par les molécules de l'atmosphère.

La diffusion moléculaire s'exerce dans tout le domaine des radiations électromagnétiques, depuis les ondes radio jusqu'aux rayons X et gamma. Toutefois, dans cette dernière gamme des très courtes longueurs d'onde, les dimensions moléculaires et les intervalles entre atomes deviennent importants, car ils sont du même ordre de grandeur ( $10^{-9}$  m) que les rayons X. Il en découle que la diffusion moléculaire se complique de phénomènes secondaires, en l'occurrence l'effet Compton pour les rayons X qui nous intéressent.

C'est ici qu'il faut rappeler que la lumière, dont nous n'avons considéré que la partie ondulatoire continue, comporte aussi, au point de vue énergétique, une partie corpusculaire discontinue. C'est Einstein qui, en 1905, émit l'hypothèse des grains de lumière, ou photons, pour expliquer certains effets photoélectriques. L'énergie rayonnante apparaît comme un phénomène discontinu, les photons associés à une fréquence  $f$  ayant une énergie  $h.f$ ,  $h$  étant la constante de Planck. Il en découle que plus la fréquence est élevée (vers les rayons X et gamma) et plus les photons associés ont d'énergie.

L'effet Compton, soit la diffusion des rayons X donnant deux radiations de longueur d'onde différentes, s'explique de façon modérément simple par la théorie corpusculaire de la lumière en regardant le faisceau de rayons X comme formé d'un essaim de photons filant en ligne droite. On peut alors admettre qu'il y a choc élastique entre certains photons et les électrons de l'atome, et on applique aux deux corpuscules les lois du choc parfaitement élastique en mécanique classique : conservation de l'énergie et de la quantité de mouvement, mais le photon continue à se propager à la vitesse  $c$  (la vitesse de la lumière reste constante dans le vide). Dans cette hypothèse, les pertes d'énergie et de quantité de mouvement ne peuvent se traduire que par une diminution de la fréquence d'une partie du rayonne-

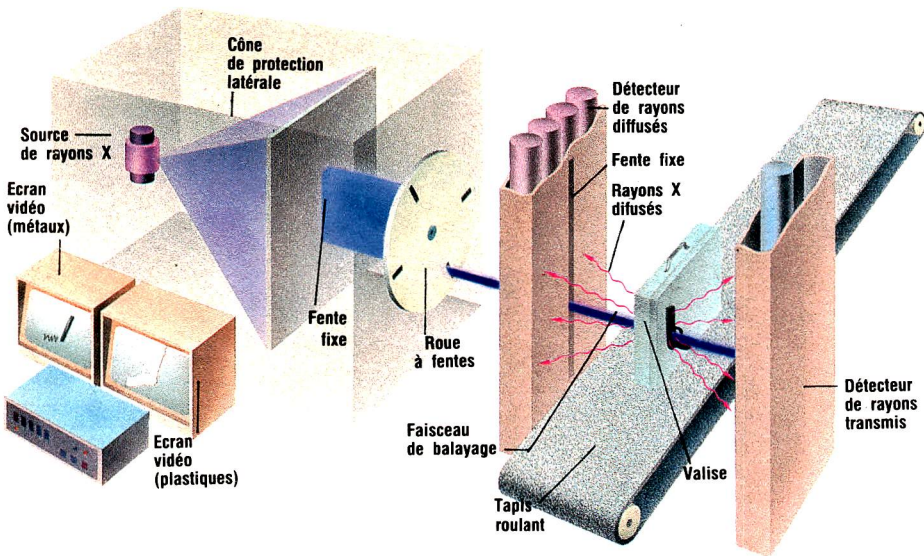


## ... LÀ OÙ LE RÉVÈLE LE DÉTECTEUR À EFFET COMPTON

L'image des rayons X diffusés par le contenu des valises montre immédiatement le profil caractéristique d'un gros pistolet, en l'occurrence la carcasse en plastique d'un Glock 17. Canon et culasse, en acier, sont alignés avec le manche en fer du parapluie dans le premier cas, ou noyés dans un fouillis d'objets métalliques dans le second. Ils ne sont repérables ni en radio classique, ni en diffusion par effet Compton. Notons que tout ce qui est en plastique est très bien mis en évidence (paire de souliers, boîte à savon, bouteille à lotion, etc.) alors que les métaux n'apparaissent pratiquement pas.

ment diffusé par rapport au rayonnement incident.

Cette interprétation suppose que les électrons sont libres, ce qui en général n'est pas le cas puisqu'ils sont liés aux noyaux des atomes et qu'il faut leur apporter une certaine énergie pour les décrocher de l'atome. Or les électrons les plus fortement liés des éléments légers, de l'hydrogène à l'oxygène, demandent des énergies d'extraction qui ne dépassent pas 100 eV pour être arrachés à l'atome. Les rayons X moyens ont déjà une énergie h.f. de l'ordre de 100 000 eV devant laquelle



## RADIOSCOPIE A DOUBLE SORTIE

Le modèle Z de l'American Science & Engineering se distingue de la radiographie traditionnelle en ce qu'il procède par balayage et détecte aussi bien les rayons X transmis que ceux diffusés sur une fréquence plus basse par effet Compton. On recueille ainsi deux images, l'une mettant en évidence les éléments lourds (métaux), l'autre les éléments légers (plastiques et explosifs).

l'énergie d'extraction des électrons est négligeable. Il n'en est plus de même avec les éléments lourds, par exemple le fer, pour lesquels l'énergie d'extraction est largement supérieure.

Il en résulte que seuls les éléments légers donnent, par effet Compton, une seconde radiation de diffusion aux rayons X dont la longueur d'onde est plus grande que celle du rayonnement émis. Il ne reste donc plus qu'à concevoir un dispositif qui va détecter sélectivement cette seconde radiation pour déceler du même coup la présence des éléments légers hydrogène, carbone, azote, oxygène, constituants essentiels de toute la chimie organique, donc des plastiques et des explosifs.

La difficulté provient de ce que le rayonnement diffusé est émis dans toutes les directions, comme le brouillard éclairé la nuit par des phares, et qu'il ne permet pas de former directement une image.

C'est là que les chercheurs de l'American Science & Engineering eurent l'idée ingénieuse d'utiliser la technique du balayage ponctuel associée à une calculatrice avec formation de l'image sur un écran TV. Sur cet écran, un point se déplace en suivant exactement la position du faisceau qui balaye la zone d'analyse rectangulaire; autrement dit, le point démarre en haut et à gauche sur l'écran en même temps que le pinceau très fin touche la zone à étudier en haut et à gauche. Puis les deux parcourent toute une première ligne, descendent d'un cran, balayent la seconde ligne, descendent et ainsi de suite comme sur un écran de télévision.

Le point sur l'écran et le point touché par le faisceau dans le rectangle de contrôle sont donc complètement synchronisés en position. Quant à l'intensité du point sur l'écran, elle est fonction de la radiation de Compton diffusée par l'objet étudié à l'endroit que touche le faisceau X: plus cette radiation est intense, plus le point sur l'écran est lumineux. C'était la seule manière de localiser cette radiation assez floue puisqu'on sait, quand elle est

présente, qu'elle provient de la région minuscule que le très mince faisceau touche à cet instant. Ainsi, on reconstitue selon une mosaïque de points, identique à celle de l'écran TV habituel, l'image de tout objet diffusant sur une longueur d'onde décalée, donc renfermant des éléments légers.

Dans le même temps le modèle Z, comme l'ont appelé les créateurs pour rappeler que Z désigne le numéro atomique d'un élément, fournit une radiographie conventionnelle donnant des ombres plus ou moins denses selon les matériaux traversés; sur cet écran, tout ce qui est métallique apparaît parfaitement. La personne chargée de filtrer les bagages observe donc simultanément les deux images, et si elle voit quelque chose qui apparaît blanc sur l'écran Z (celui de la diffusion secondaire par effet Compton) elle sait qu'il s'agit d'un objet à base d'éléments légers, donc relevant de la chimie organique — celle-ci est vaste et comprend aussi bien une charge d'explosif qu'une semelle de botte.

C'est donc à l'opérateur de repérer la forme, de voir si elle correspond à quelque chose de connu, si elle figure aussi sur l'image radio standard, et de comparer les deux. En cas de doute il suffit d'ouvrir la valise. Par exemple, la radiographie normale montre un semis de fils, de bobinages et de connexions qui peut être l'ombre d'un banal transistor. Mais si l'image Z indique au même endroit une large tache blanche aux contours peu réguliers, on peut se demander s'il s'agit vraiment du boîtier en plastique d'un transistor qui devrait avoir des ouvertures et des découpes parfaitement nettes. Donc, ce peut être aussi bien un pain rectangulaire d'explosif collé sur un allumeur électrique radio-commandé.

C'est donc l'opérateur qui doit être bien entraîné et capable de repérer, par comparaison des deux images, ce qui est normal et ce qui ne l'est pas; une possible évolution consisterait à adjoindre à l'appareil un système de reconnaissance d'image par



ordinateur pour écarter déjà tout ce qui est classique comme formes et comme dessin. On pourrait aussi fondre les deux images sur un même écran bicolore en assignant une couleur aux éléments légers et une autre aux éléments lourds. Dans un avenir plus lointain, la technique d'analyse pourrait faire la différence entre certains types de composés chimiques : c'est ainsi que les explosifs contiennent tous de l'azote, lequel est rarement présent dans les matières plastiques des peignes ou des boîtes à savon.

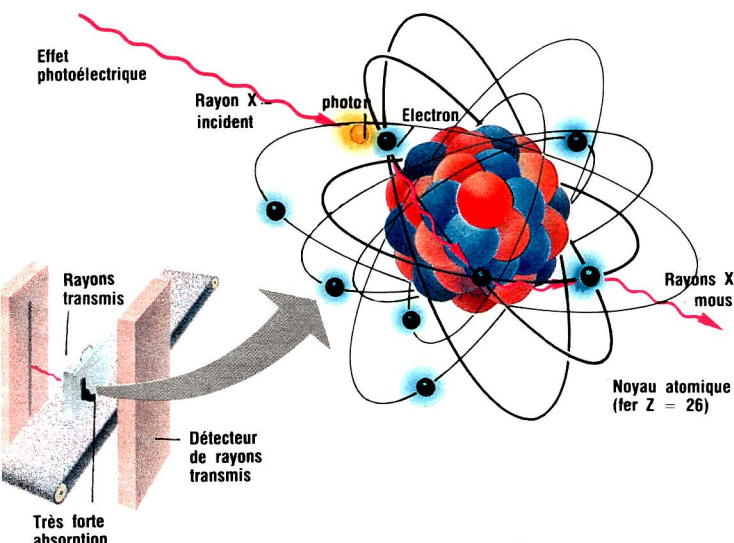
Pour l'instant, le gros problème était surtout de repérer le pistolet autrichien avec sa carcasse en plastique — notons toutefois qu'un observateur compétent verrait tout de suite sur la radiographie standard le dessin caractéristique en zig-zag du ressort de chargeur. Toutefois, le président des armuriers américains a déclaré récemment qu'un pistolet made in USA 100 % plastique verrait bientôt le jour. On peut être sceptique, car la faible densité

des plastiques obligerait, pour un pistolet automatique, à utiliser le déverrouillage de la culasse par emprunt de gaz, formule commode pour les fusils mais pas pour les armes de poing. Un pistolet à barillet en plastique est certes réalisable, mais son faible poids rendrait le recul insupportable avec des munitions puissantes.

Par chance le modèle Z mettrait tout de même en évidence la silhouette caractéristique d'un pistolet 100 % plastique. De même il permet de détecter les explosifs, toute masse importante à base d'éléments légers devenant *a priori* suspecte.

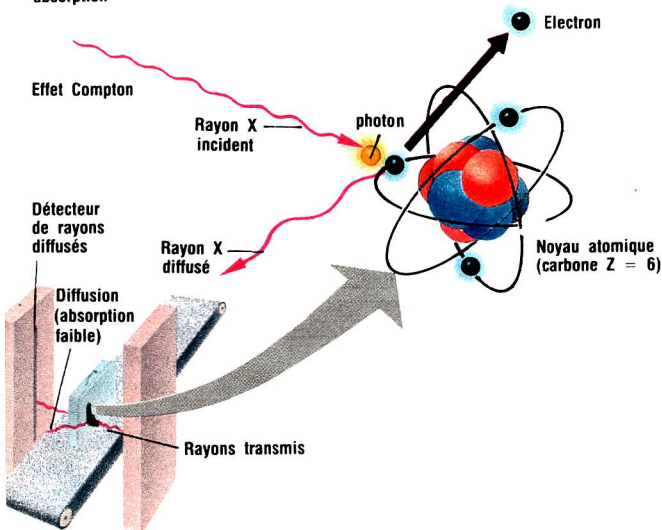
Le détecteur à effet Compton ne peut prétendre stopper totalement le terrorisme. De plus, l'efficacité de la nouvelle machine dépend beaucoup du talent et de l'entraînement des opérateurs. Mais elle permet aux spécialistes de la sécurité de marquer un point important contre les pirates de l'air et autres poseurs de bombes.

**Renaud de La Taille**



## METALLS : DES NOYAUX LOURDS OPAQUES

Quand les rayons X atteignent les atomes métalliques, l'énergie qu'ils transportent est suffisante pour changer les électrons d'orbite (effet photoélectrique) mais ceux-ci redescendent à leur niveau primitif en réémettant un rayon X de fréquence plus faible (rayon X mou). La plus grosse partie du rayonnement est absorbée, et d'autant plus fortement que l'épaisseur de métal est plus grande.



## PLASTIQUES : TRANSPARENTS MAIS DIFFUSANTS

Avec les noyaux légers (hydrogène, carbone, azote, oxygène) qui sont les constituants des plastiques et des explosifs, l'énergie des photons associés aux ondes est suffisante pour éjecter les électrons de leurs orbites. Tout se passe comme si une partie des photons rebondissaient sur les électrons selon les lois du choc élastique, mais les photons renvoyés en arrière (rayons diffusés) ont perdu une partie de leur énergie, donc reviennent sur une fréquence plus basse (effet Compton).

# LES POISSONS MALADES DE NOS REJETS



*Colère des pêcheurs, alarme des scientifiques, le nombre de poissons malades ne cesse d'augmenter dans les prises. Coupables évidents, les industriels qui déversent dans la mer des produits toxiques. Mais rien ne changera, les industriels ne seront pas inquiétés et ne modifieront en rien leurs habitudes. Les poissons seront malades, c'est tout.*

**P**our la première fois, l'Institut français de recherches pour l'exploitation de la mer (Ifremer) a mené une enquête épidémiologique sur la santé des poissons avec le concours de 23 laboratoires. L'opération, qui a duré de janvier 1978 à décembre 1983, a porté sur plus de 3 000 individus de 39 espèces différentes. 6 de ces espèces ont plus particulièrement retenu l'attention, car elles représentaient les trois quarts de la population malade. Ce sont l'aloise, le flet, la limande, la morue, la plie et le tacaud.

Les poissons malades présentent des plaies ulcéreuses (*voir photo ci-dessus*). Le phénomène prédomine en baie de Seine et sur le littoral du Nord et du Pas-de-Calais, notamment autour de Calais, Dunkerque, Gravelines, Sangatte et de la baie de Somme. On le retrouve à un moindre degré dans certaines zones de Méditerranée, aux abords de Port-de-Bouc, à la sortie du canal de Caronte et au large du delta du Rhône. Si les espèces de Méditerranée semblent moins touchées, c'est en partie parce que le plateau continental y est plus étroit que sur les autres côtes. Le littoral atlantique n'est pas totalement épargné. Dans la région d'Arcachon, les marins-pêcheurs ont signalé qu'ils relevaient parfois des soles et des tacauds très amaigris et des merlus qui présentaient des "nodules", sortes de boules de chair suppurantes, localisées sur les flancs arrière de la tête. Par ailleurs, les tacauds présentent fréquemment une exophtalmie de la cornée, allant d'une simple bulle à la séparation simple. Les côtes bretonnes ne

semblent guère avoir souffert, sauf dans la région touchée par l'accident de l'Amoco Cadiz en 1978 ; les effets de cette pollution se seraient, depuis, estompés progressivement.

Bien entendu, ce mal ne connaît pas les frontières et nos voisins italiens, anglais, belges ou allemands l'observent aussi, tout comme, de l'autre côté de l'Atlantique, les Américains. Parmi les lésions externes, trois types surtout apparaissent :

- Les ulcérations tégumentaires : ce sont les plus fréquentes. Ainsi, sur un lot de 1 233 spécimens, 820 en souffraient. L'ulcère, qui varie de quelques millimètres à quelques centimètres, est rouge et saignant, parfois recouvert de débris purulents.
- La maladie lymphocystis : cette affection virale qui se caractérise par l'apparition de sortes de petits kystes de 1 à 2 mm de diamètre, souvent réunis en masses de quelques centimètres, fut identifiée sur 186 des 1 233 spécimens.
- La maladie érosive des nageoires : appelée également "pourriture des nageoires", cette affection touchait 132 des 1 233 spécimens. Elle prédomine surtout chez les poissons plats.

Il arrive aussi que les poissons des zones observées souffrent de lésions des branchies ; leurs filaments branchiaux ont alors une consistance flasque et sont recouverts d'un enduit muqueux abondant. Cet état les rend particulièrement sensibles aux parasites. Hormis les poissons témoins, tous les spécimens analysés étaient des poissons malades. Toutefois, des examens plus poussés ont révélé des anomalies même chez les poissons témoins.



Mais ce n'est pas parce qu'on observe des ulcérations chez les trois quarts des poissons que les trois quarts de tous les poissons sont malades. Pour évaluer les individus atteints dans les stocks naturels, il faut ramener ce chiffre à celui des prises de pêche dont les spécimens étaient issus. L'étude a été réalisée sur des spécimens prélevés sur des captures d'un poids total de 138 tonnes; il suffit de peser les individus malades pour avoir une idée de leur proportion. Mais ces chiffres sont inférieurs à la réalité, et ceci pour deux raisons principales. D'abord, parce que les espèces les plus atteintes disparaissent, victimes de leur mal. Et ensuite parce que les lésions ne sont pas toutes visibles à l'œil nu.

On peut d'ores et déjà citer les pourcentages en poids des individus malades; ils atteignent et... dépassent : 10,6 % en baie de Seine pour le flet. Et dans le secteur Nord-Somme : 6,9 % pour le flet; 4,8 % pour la morue; 4,5 % pour l'aloise; 2 % pour la plie; 1,7 % pour la limande.

Plus grave, c'est tout le métabolisme des poissons qui semble atteint. Foies à l'aspect granuleux, calculs dans les reins, présence de nodules dans divers organes, organites cellulaires qui dégèrent

attestent de troubles physiologiques profonds. Jamais en France, où l'on avait pris un certain retard dans la pathologie des poissons, les chercheurs ne sont allés aussi loin. Leurs travaux ont même permis de découvrir des faits inconnus. Ainsi, c'est la première fois que l'on a pu déceler des anomalies dans les glandes situées sur le rein, que l'on appelle corpuscules de Stannius; leur rôle principal consiste à régler les échanges de calcium au niveau des branchies. Chez les limandes affectées de lithiases par exemple, l'aspect des corpuscules de Stannius est extrêmement modifié. On observe un déroulement complet des cordons cellulaires s'accompagnant d'une hyperhémie avec une dilatation anormale des vaisseaux et espaces sanguins. Des îlots de cellules entièrement désorganisées avec des amas de noyaux peuvent être observés. Poursuivant leurs analyses, les scientifiques ont recherché dans les viscères et les muscles, des substances organiques et surtout minérales qui pourraient expliquer certaines affections. Justement, l'accumulation de métaux et métalloïdes est très fréquente dans la plupart des organes malades. Les teneurs de certains éléments comme

## OÙ SONT LES RESPONSABLES ?

Cette carte a été réalisée d'après des documents cartographiques établis pendant la première phase du programme d'Iremer. La liste ci-dessous n'est pas exhaustive mais elle rend compte des plus gros rejets soupçonnés.

1. Industries métallurgiques, cimenteries, raffineries de pétrole, sidérurgie
2. Papeteries, produits chimiques, oxyde de titane, textiles
3. Aciéries, brasseries, pêcheries
4. Métallurgie, agro-alimentaire, rejets urbains
5. Rejets urbains
6. Raffineries, pétrochimie, engrais, métallurgie, caoutchouc, chimie
7. Immersion de phosphogypses
8. Rejets urbains et petites industries
9. Papeteries
10. Effluents urbains
11. Rejets urbains
12. Raffineries de pétrole et pétrochimie
13. Rejets urbains et industriels
14. Rejets urbains et industries métallurgiques
15. Centres nucléaires





le fer et le chrome y sont parfois dix fois plus élevées que chez des animaux sains.

Les éléments chimiques accumulés dans les organismes examinés peuvent être classés en trois grandes catégories :

- Ceux qui constituent normalement la matière vivante et sont nécessaires à la vie : le magnésium, le phosphore, le soufre, le potassium, le calcium, le fluor, le silicium, le vanadium, le chrome, le manganèse, le fer, le cobalt, le cuivre, le zinc et le molybdène. Mais dont des taux excessifs traduisent un dérèglement. Ainsi, l'accumulation du calcium dans des organes qui ne le stockent pas est la preuve d'une perturbation du cycle de ce métal. De même, l'excès de fer est lié à de nombreuses lésions et désordres. Quant au chrome, qui habituellement stimule certains systèmes enzymatiques, active la synthèse des acides gras et du cholestérol, règle l'utilisation du glucose et l'action de l'insuline, on le retrouve à des taux plus élevés que la normale dans tous les tissus nécrosés. Il est habituellement indécélable dans les tissus sains. Sa bio-accumulation serait la conséquence de la désorganisation cellulaire qui modifierait les caractères chimiques et la structure de ces tissus.

- Ceux que l'on trouve normalement dans les organismes vivants, mais dont on ignore s'ils sont nécessaires : le bore, l'aluminium, le nickel, le rubidium, le césium et le plomb. Dans les tissus d'organismes marins, on trouve également des éléments plus spécifiques comme le titane, le germanium, le strontium, le baryum, l'argent et le cadmium ; les concentra-

tions de la plupart de ces éléments varient suivant l'origine géographique des spécimens observés, ce qui laisserait supposer qu'il y a des eaux plus riches en éléments de ce type.

- Ceux que l'on n'a aucune raison de retrouver dans les organismes marins, comme le ruthénium (radioactif !), l'indium, le thallium, le thulium et l'uranium.

Toutes ces constatations semblent converger vers la même explication : il y aurait dans les zones où l'on pêche des poissons nécrosés, des apports massifs de ces métaux et métalloïdes. Or, dans la baie de Seine et le littoral Nord-Somme, des usines rejettent dans la mer des effluents qui sont constitués de la plupart des éléments incriminés. Boues jaunes pour les usines AZF de Grand Couronne et Cofaz du Havre, qui se débarrassent dans la baie de Seine des phosphogypses, déchets de la fabrication

de l'acide phosphorique (AZF devrait toutefois arrêter ses rejets en 1988). Boues rouges pour les usines Thann et Mulhouse, au Havre, et Tioxide, à Calais, qui recrachent des déchets de la fabrication de dioxyde de titane.

En 1980, le taux de fer dans les sédiments de la région de Gravelines atteignait le chiffre extravagant de 10 000 ppm (parties par million). La teneur en cuivre est quatre fois plus élevée qu'ailleurs ! Dix fois plus élevée pour le chrome ! Cent fois plus pour le plomb et... trois cents fois pour le titane ! Pas étonnant que les poissons qui évoluent parmi ce cocktail soient quelque peu souffrants.

Les poissons plats notamment semblent les plus atteints, peut-être parce qu'ils séjournent plus longtemps près des sédiments où se concentrent préférentiellement toutes les particules.

Bien que les preuves accumulées par les différentes analyses semblent désigner clairement les coupables, les industriels s'enferment dans leurs dénégations. Comment leur opposer une preuve irréfutable ? Sur le plan purement scientifique, il apparaît encore presque impossible d'établir une relation formelle entre un élément identifié et un effet pathologique donné, lorsque l'action se déroule dans le milieu naturel où les variables sont innombrables.

En revanche en laboratoire, où les conditions sont contrôlées, il est plus facile d'établir une relation. C'est ce qu'on cherché à faire les chercheurs. Des truites de mer notamment ont été réparties dans des bassins dont certains étaient assaisonnés de boues jaunes ou de boues rouges ce qui a permis de reproduire certains des effets obtenus dans le milieu naturel.

Ainsi le fer et le chrome se retrouvaient à des taux 10 fois plus élevés dans certaines organes des poissons élevés dans les bassins aux boues rouges, que chez les poissons témoins. Selon la concentration de ces boues, la mortalité était plus ou moins élevée :

- totale au bout de 24 heures pour une concentration de 4 pour 1 000 ;
- pour plus de la moitié des poissons, au bout de 7 jours, pour une concentration de 2 pour 1 000 ;
- pour 16 % des poissons, au bout d'un mois, pour une concentration de 1 pour 5 000.

Mais la généralisation d'effets provoqués en laboratoire est hasardeuse ; ceux-ci ne peuvent être transposés au milieu naturel. Seule une évaluation plus poussée des rejets dans le milieu naturel et de leurs teneurs dans les poissons, les eaux et les sédiments aurait permis de formuler plus clairement les accusations. C'était la troisième phase du programme Ifremer souhaitée et décidée par tous à l'issue de cette deuxième phase. Elle n'aura finalement pas lieu. Sans commentaires.

Jacqueline Denis Lempereur



Les mammifères marins aussi sont atteints. Ici, un dauphin échoué à Saint-Trojan (île d'Oléron).



# ECHOS DE L'INDUSTRIE

USINAGE

## Fraiseuse à usiner les formes complexes

La "Memoform" (Sté Rouchaud, 36 av. Saint Eloi, BP 565, 87012 Limoges cedex, tél. 55 34 17 34), fraiseuse à copier, met en œuvre une technique originale. Il s'agit du palpé digital d'un modèle (exploration du modèle à intervalles réguliers, par un palpeur à contact) avec mémorisation électronique et restitution en temps différé, au lieu du palpé analogique (le palpeur électronique est animé d'un mouvement continu) et de l'usinage en temps réel des fraiseuses à copier traditionnelles.

Intérêts : le palpé digital évite les erreurs dues à la déflexion et à la traînée de frottement du palpeur ; quant à l'usinage en temps différé, il supprime toute erreur de prise de cote due aux vibrations de la broche et l'"overshoot" (flexion du palpeur lors du changement de direction ou d'inclinaison).

Fraiseuse verticale à commande numérique pouvant être utilisée pour les divers travaux de fraisage, la Memoform tire ses capacités de son système spécifique qui permet, par palpé, la mise en mémoire de la géométrie complexe d'une pièce sous forme d'informations numériques traitées à partir d'un calculateur.

Ce système donne à la machine des possibilités complémentaires étendues. Notamment l'usinage sur une machine monobroche d'une pièce symétrique du modèle, alors que les dispositifs de copiage traditionnels hydrauliques ou électroniques demandent l'utilisation d'une machine équipée de deux

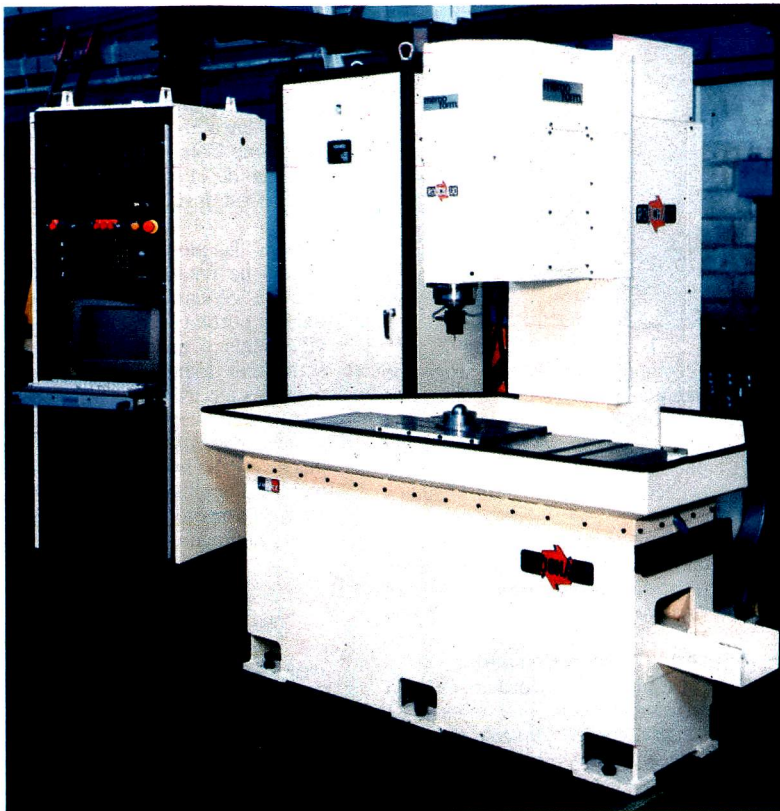
chariots porte-broche. Et l'utilisation de la machine comme banc de palpé avec restitution du programme (ruban perforé ou disquette) sur une machine-outil à commande numérique traditionnelle.

Intégrée à un parc de machines-

outils à commande numérique, la Memoform en élargit ainsi le champ d'utilisation.

Le système fonctionne sur calculateur Logabax, compatible IBM. Il est donc possible d'utiliser tous les logiciels portables sur ordinateurs IBM PC.

Construite en une version unique, la Memoform s'adresse à tous ceux qui ont à fabriquer des formes complexes sur des petites pièces (500 × 300 mm), de façon précise et automatique, et souhaitent aussi pouvoir l'utiliser comme une fraiseuse à commande numérique classique.



## PUBLIPOSTAGE

## BUREAU

## Imprimante + rotative + façonneuse : il ne reste qu'à poster

300 mètres à la minute, c'est la vitesse de croisière d'une rotative. Cette cadence convient si l'on veut imprimer des exemplaires qui sont tous identiques. Mais si l'on est spécialiste du publipostage, il faut personnaliser les documents. Les choses se compliquent alors.

La première idée qui vient à l'esprit consiste à imprimer sur rotative le texte standard puis à "repiquer" les mentions variables lors d'un nouveau passage dans une imprimante pilotée par un ordinateur. Dans la plupart des cas, il faut en outre prévoir un troisième traitement, dans une troisième machine, afin de façonner l'objet postal, c'est-à-dire d'y inclure des dépliants ou des enveloppes-réponse, puis de clore. Évidemment, tout serait plus simple — et le rendement sérieusement amélioré — si l'on pouvait faire

deux tiers. Il n'en reste pas moins que les calages, les stockages intermédiaires et les diverses manutentions étant supprimées, le système est bien plus performant et bien plus souple que ceux qui existaient jusqu'ici.

Ainsi "greffées", les huit têtes à jet d'encre assurent l'impression (éventuellement en couleurs) des mentions variables sur un total de 48 lignes que l'on peut répartir sur les deux faces du document imprimé par la rotative intégrée. Ces mentions, adresse, personnalisation des messages, numérotation modulaire, repiquages divers, extraits du fichier informatique de la société expéditrice, sont enregistrées sur bande magnétique. Il ne reste plus qu'à les communiquer à l'ordinateur qui pilote la chaîne.

Quant à la façonneuse, elle perce, dépose les enduits adhésifs, introduit si besoin est les documents annexes et termine par le scellement.

Il ne reste qu'à mettre à la boîte les "collines" d'objets postaux, que la chaîne Compurite débite à la cadence de 11 000 à l'heure. Cette chaîne est installée à Cosne-sur-Loire.

Dans la plupart des cas, les clients ne voient aucun inconvénient à ce que leurs correspondances portent le cachet de cette ville. Mais il arrive que d'autres souhaitent expédier leurs publipostages à partir de la ville où se trouve leur siège social. Les imprimés leur sont alors livrés sur place et ils les expédient eux-mêmes. Pour tout renseignement : Moore Paragon, 22 rue de Sèvres, 92102 Boulogne.

accomplir la totalité du processus par une seule et même machine. Alimentée par des bobines de papier à l'une de ses extrémités, elle débiterait à l'autre des enveloppes scellées qu'il ne resterait plus qu'à poster.

Pour parvenir à ce résultat, Moore Paragon a trouvé le moyen de greffer une imprimante sur une rotative et d'associer le tout à une façonneuse. Le résultat est la chaîne intégrée Compurite.

En plus des performances de la solution retenue, huit têtes à jet d'encre (*notre photo*) que l'on peut répartir à volonté au recto et au verso du document, la vitesse de la rotative a été réduite des

## Mini- rétro-projecteur portable

Le rétroprojecteur, qui est cet appareil largement utilisé par les conférenciers pour projeter sur un écran des documents opaques ou transparents, n'a guère évolué technologiquement ces dix der-



nières années. Ainsi est-il resté jusqu'à ce jour relativement lourd et encombrant.

Une situation que la société 3M vient de changer en commercialisant le premier rétroprojecteur portable pour format 20 x 20 cm (ou plus petit) pesant moins de 4 kg.

Le bras et le plateau de l'appareil peuvent être séparés pour le rangement dans une petite mallette afin qu'il soit facilement transportable en voyage.

Ce rétroprojecteur 3M devient alors un appareil personnel qu'un ingénieur commercial, un représentant ou un enseignant peuvent emporter dans leurs déplacements professionnels.

L'appareil est équipé d'un système de refroidissement avec deux voies de ventilation, l'une vers la lampe, l'autre vers le document projeté.

Prix : 7 800 F H.T. Pour tous renseignements : 3M, boulevard de l'Oise, 95006 Cergy-Pontoise Cedex, tél. (1) 30 31 61 61.

**Atlas des pôles technologiques régionaux** édité par la Documentation française (29-31 quai Voltaire, 75340 Paris cedex 07, tél. (1) 42 61 50 10). Objectif : faciliter les transferts de technologie. Financements publics disponibles, contrats de plan Etat-régions, conseillers technologiques, etc. y sont répertoriés. Prix : 130 F + 9 F franco de port.



## Les champignons identifiés par micro-ordinateur

La reconnaissance des champignons n'est pas chose aisée pour un non-spécialiste. Partant de cette constatation, trois chercheurs du Laboratoire botanique et forestier de l'université Paul Sabatier de Toulouse, Guy Dirrieu, professeur en botanique, Louis Chavant, professeur en pharmacie, assistés de Maryse de Saint-Martin, ont conçu et réalisé un logiciel d'identification utilisable par un néophyte sur tout micro-ordinateur d'au moins 256 Ko de mémoire vive (IBM PC et compatibles).

Certes, il existe quelques excellents ouvrages sur la question, mais la consultation de ces encyclopédies est assez longue et fastidieuse pour ceux qui n'ont pas de connaissance en mycologie. Car, même avec les clefs de détermination présentes sur ces livres, l'identification repose sur une série de déductions obtenues à partir de questions successives.

L'ensemble de ces questions dessine une arborescence aux ramifications complexes. Outre ce labyrinthe, l'amateur peut également arriver sur une question à laquelle il ne peut répondre parce que le caractère n'est pas visible sur l'échantillon cueilli (couleur des spores sur un champignon jeune, par exemple).

Le logiciel réalisé à Toulouse en collaboration avec des informaticiens fait appel aux techniques déjà employées pour la création et la gestion de bases de connaissances, le système XPER. Dans le cas présent, XPER Champignons décrit 275 espèces.

Pour faciliter la recherche, l'utilisateur du programme conserve la maîtrise du choix et de l'ordre des questions auxquelles il va répondre. Ainsi, il peut commencer par décrire les caractères les plus évidents, et le plus souvent une série de 5 ou 6 caractères permet d'aboutir à la détermination ou du moins l'approcher.

Quant à l'image, facteur très important et qui reste aujourd'hui l'apanage du livre, elle ne devrait

pas tarder à rejoindre ce programme informatique. En effet, les créateurs d'XPER Champignons cherchent une source de financement pour pouvoir réaliser un vidéodisque connectable sur microordinateur. Si, dans un pays comme la Hongrie, il existe sur les principaux marchés publics des mycologues qui, moyennant finances, déterminent de façon très

officielle, en notant leurs conclusions sur un registre, la cueillette des particuliers, peu de pharmacies en France sont à même de répondre avec précision aux souhaits d'amateurs néophytes en la matière.

Ce logiciel et son futur vidéodisque constituent donc une solution intéressante, rapide et certainement rentable pour ceux qui le mettent sur le marché. Avis aux mycologues et autres amateurs de promenades dans les bois et les champs.

Pour tous renseignements : Laboratoire de botanique et forestier, université Paul Sabatier, 39 allée Jules-Guesde, 31062 Toulouse Cedex, tél. 61 53 02 35.

## MATÉRIAUX

### Un nouvel alliage aluminium-lithium

Numéro un de l'aluminium en Europe, Pechiney investit 300 millions de francs pour créer à Issoire (Puy-de-Dôme) une unité de production industrielle d'un nouvel alliage aluminium-lithium. Destiné aux industries aéronautiques et spatiales, ce matériau permet d'alléger de façon substantielle le poids des avions : l'adjonction de 3 % de lithium dans les alliages d'aluminium permet de gagner environ 10 % sur le poids des avions et d'améliorer de 15 % leurs caractéristiques mécaniques, notamment sur le plan de l'élasticité.

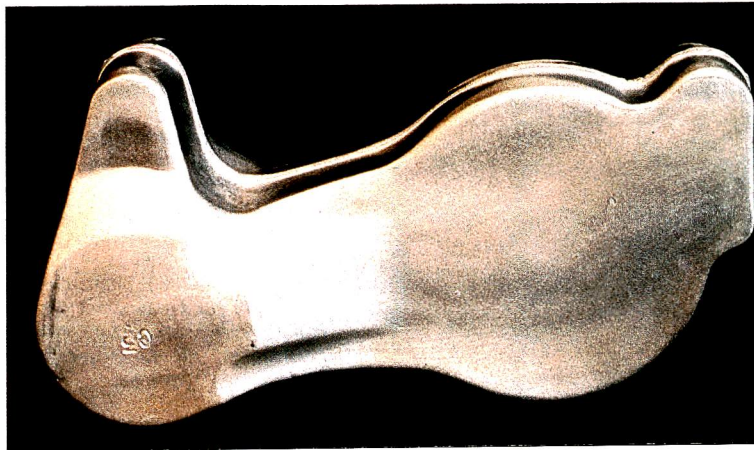
Notre photo représente ainsi une pièce matriquée en aluminium-lithium pour train d'atterrissage.

La conjonction de ces deux qualités engendre une baisse sensible de la consommation de carburant.

La nouvelle fonderie s'ajoutera aux deux usines de laminage et de forgeage de l'aluminium pour l'aéronautique déjà implantées à Issoire.

Elle produira 4 000 tonnes/an d'aluminium-lithium, sous forme de plaquettes et de billettes, qui seront ensuite laminées, forgées et matriquées sur place.

Elle devrait entrer en fonctionnement fin 87, son objectif étant d'alimenter avec ce matériau nouveau les industries aéronautiques et spatiales non seulement françaises, mais aussi mondiales.



## BUREAUTIQUE

## Le tableau noir magique

*Le "copy-board", ou tableau reproducteur, se présente comme un tableau et s'utilise comme tel, mais, un système de reproduction lui ayant été ajouté, il est capable de reproduire sur papier tout ce qui est écrit sur lui. Autrement dit, il se photocopie lui-même.*

"Briefing", conférence, réunion : finies les prises de notes et copies de schémas, courbes et tableaux. Il suffit d'appuyer sur la touche "copie" pour qu'immédiatement un imprimé format A4 soit disponible. Chaque participant dispose ainsi, sans prendre la moindre note, de la trace écrite des données inscrites par le conférencier et l'information circule sans omission ni distorsion.

Nouvel outil au service du travail en commun et de la communication au sein de l'entreprise, le copy-board accroît l'efficacité des réunions par une amélioration de la qualité du travail, permet de se passer de secrétaire et assure la

confidentialité de l'information en limitant sa diffusion aux seules personnes intéressées. Il peut en effet s'effacer, aussitôt les copies faites — jusqu'à 99 exemplaires, la première copie sortant en moins de 20 secondes, les autres en 10 secondes. On peut enfin s'en servir comme écran pour la projection de films ou de photos : il suffit de faire apparaître un panneau vierge.

Le copy-board de Fujitsu (diffusé par le Groupe Setton, 10 rue des Minimes, 92270 Bois-Colombes, 34 990 F), le premier et le plus performant à être apparu sur le marché (*notre photo*) est équipé de 5 panneaux blancs inusables et effaçables, dont 4 pour la reproduction. On l'utilise en écrivant avec des "markers" de couleurs, ensuite il fonctionne comme photocopieuse. La première feuille du tableau remplie, elle se déplace en continu horizontalement. On peut ainsi continuer à écrire sur une nouvelle feuille blanche, pendant que la première page est entièrement copiée en noir et blanc (ou n'importe quelle partie de la page pour une copie sélective). Sur une même feuille 21 x 29,7 cm, on peut choisir de reproduire l'un ou l'autre des 4 panneaux, mais aussi 2 au choix ou les 4.

Le fonctionnement ? Le panneau écrit s'enroule sur un rouleau récepteur, à gauche. Au cours de cette phase d'enroulement, les informations sont recueillies par un système de lecture optique (objectif et élément photosensible d'analyse) qui les transmet par circuit hybride scanner à un module électronique de traitement et de

mise en mémoire. Ces données sont ensuite analysées par un module imprimante pour la copie.

Ce copy-board présente des dimensions utiles de 88 cm de hauteur x 124 cm de longueur, un encombrement de 1,48 m de largeur, 2 m de hauteur et 70 cm de profondeur. Il pèse 70 kg, mais il est monté sur roulettes...

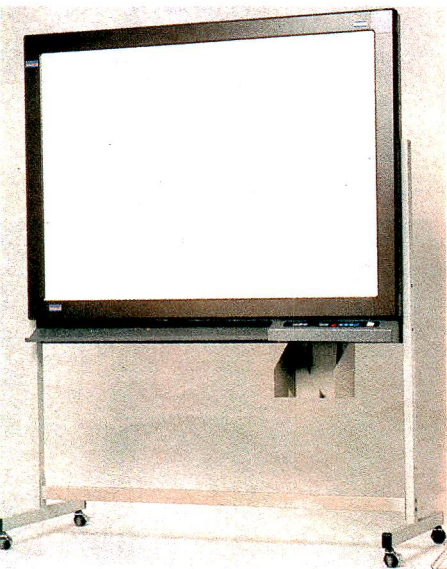
En quelques mois, de nombreuses firmes ont sorti leur propre copy-board et l'utilisateur a désormais, selon les performances qu'il désire, l'embarras du choix : Canon, Panasonic, Gestetner, Infotec, Ricoh, Sanyo, Sharp, etc.

Parmi toutes ces marques, l'une, Uchida, (également représentée en France par le groupe Setton) propose une machine originale : un tableau reproducteur acceptant punaises ou réglottes magnétiques. Le scanner se déplace sur le tableau et les copies effectuées reproduisent les éléments en relief. Ce qui permet des ajouts visuels aux notes manuscrites (39 500 F).

Il faut enfin signaler en la matière une autre innovation, mise au point au Japon mais pas encore homologuée en France, le "Sketchboard" du Japonais NTT. Il s'agit cette fois d'un paper-board à distance, destiné à animer et à rendre plus productives les discussions à plusieurs par téléphone et les téléconférences. Cet appareil de 100 x 77 cm (poids 50 kilos) permet à l'intervenant d'inscrire à l'aide d'un feutre noir, rouge ou bleu, croquis, chiffres, dessins, etc. sur ce tableau sensible à la pression : ils sont simultanément affichés à des kilomètres de distance sur un téléviseur ordinaire.

### USA : UN ÉDITEUR S'INTÉRESSE AUX INNOVATIONS FRANÇAISES

■ L'éditeur de "Machine Design" souhaite publier des articles sur les innovations techniques d'origine française. Un bon moyen pour nos entreprises de se faire mieux connaître, de sensibiliser les industriels américains et de renforcer aux USA l'image de la France comme pays industriel, "Machine Design" est publié à 191 000 exemplaires et distribué sur tout le territoire des Etats-Unis. Contacter M. Jacobson, Machine Design, Penton Plaza, Cleveland, Ohio 44114.





## Un instrument de poche pour contrôler les vibrations

350 g, 197 × 84 × 40 mm, se présentant comme une simple calculatrice, l'appareil de mesure de vibrations "VT1" trouve facilement sa place dans une poche.

Son réglage est automatique et, suivant le choix du paramètre par touche, il donne la valeur RMS (racine carrée de la valeur moyenne) de l'accélération et de la vitesse et la valeur "peak-peak" (de crête à crête) du déplacement. Ses trois touches sensibles et l'interrupteur de mise sous tension sont les seules manœuvres que l'utilisateur ait à effectuer. Les signaux analogiques, accélération, vitesse, déplacement sont affichés en permanence sur l'écran de l'appareil.

Destiné au départ au contrôle périodique des machines tournantes, il est aussi utilisé pour d'autres problèmes (paliers, boîtes de vitesses...), de même qu'il permet toute mesure rapide pour la première investigation d'un problème de vibrations. Le boîtier se branche par le devant sur la machine à contrôler, en vissant un câble au bout duquel se trouve un capteur accéléromètre.

Le VTI est équipé de batteries rechargeables (chargeur fourni), d'une autonomie de 8 heures d'utilisation en continu, avec un indicateur d'usure de batteries. Il coûte 4 555 F. Pour tout renseignement, D. J. Birchall Ltd., 23 place Galland, 55100 Verdun.

### Bricolage : le premier des loisirs.

Selon une étude SOFRES, 45 % des Français de sexe masculin placent le bricolage en tête des loisirs, avant la télévision (44 %) et la lecture (43 %). Au cours des neuf dernières années, ils ont dépensé trois fois plus d'argent pour satisfaire leur passion, le salon du bricolage se tiendra au CNIT-Paris La Défense du 31 octobre au 11 novembre.



## L'Atlantique traversé par un avion à l'éthanol

Le Texan Max Schauck, professeur de mathématiques, traversera l'Atlantique, en passant par les Açores, normalement durant la première semaine de juillet. L'originalité ? Son avion, un bi-moteur léger, le *Mr Guss III* sera mû exclusivement par de l'alcool de grain.

Si ce sera le plus important, ce n'est pas le premier exploit de Max Schauck, qui, entre autres performances, a déjà effectué un circuit de 5 000 km aux USA et traversé les Etats-Unis de côte à côte avec un avion fonctionnant à l'éthanol, dont on sait qu'il peut être fabriqué au départ de diverses productions agricoles.

Au point que le pilote, comme Lindbergh en son temps, a reçu le Harmon Trophy considéré dans les milieux d'aviation comme le "Prix Nobel aéronautique".

Max Schauck ayant déjà prouvé que l'alcool pouvait être utilisé à la fois techniquement et économiquement en propulsion aéronautique, son ambition est aujourd'hui de montrer que les vols commerciaux pourraient également l'employer.

Le pilote est sponsorisé à la fois

par des organismes publics et des sociétés privées : parmi ces bailleurs de fonds, il faut citer l'Institut national de la santé, le Texas Air Control Board, la General Motors, Exxon, Du Pont de Nemours, Monsanto, etc.

### Banque de données Prosécurité pour les PMI et les commerces

créée par 14 sociétés et organismes parmi les plus importants spécialisés dans la protection et l'hygiène de l'homme au travail. Elle regroupe pratiquement tous les produits de sécurité sur lesquels elle informe gracieusement l'utilisateur. Si les problèmes posés sont compliqués et font intervenir des produits ou méthodes complémentaires, voire différentes, une analyse est effectuée afin de proposer les solutions les mieux adaptées. Une initiative intéressante pour ce type d'entreprises mal informées qui n'avaient pas d'outil de décision permettant de résoudre en un minimum de temps et en toute connaissance de cause des problèmes importants avec lesquels elles sont rarement familières (Prosécurité, 8 rue de la Michodière, 75002 Paris, tél. (1) 47 42 41 00).

# LES PIRATES DU TÉLÉPHONE

*La fraude,  
tout autant qu'un  
fonctionnement défectueux, est parfois  
à l'origine d'une hausse excessive  
des notes de téléphone. Que peut-on faire pour les  
vérifier et les contester ?*

**U**ne règle intangible en matière commerciale veut que le client qui achète un produit a droit de vérifier la quantité et le prix reportés sur la facture. D'une façon générale, il en est de même lorsque le fournisseur est un service public. Chacun peut vérifier, en surveillant le compteur installé chez lui, l'exactitude des facturations d'électricité ou de gaz.

Ce droit ne s'applique pas au téléphone. Dans ce cas, l'abonné ne peut rien contrôler à cause de l'absence de compteur et du caractère très global de la facture qui ne porte ni le détail des communications, ni leurs durées. En ce qui concerne l'absence de compteur, la DGT (Direction générale des télécommunications) explique que les compteurs de taxes qui pourraient être placés chez l'abonné, restent facilement déconnectables. En effet s'il est relativement délicat de "bricoler" un compteur à gaz sans risquer de faire sauter sa maison ou un compteur électrique sans risquer l'électrocution, le disjoncteur étant placé en aval, il n'en va pas de même pour le téléphone.

Les faibles tensions électriques du réseau PTT autorisent des interventions rapides et sans danger. La mise en place d'un compteur à domicile, par l'abonné lui-même, est possible mais la location d'un tel appareil est d'un coût élevé et ses indications ne feront pas foi en cas de litige. Ces compteurs de taxes sont donc essentiellement destinés aux lieux publics (cafés, restaurants, etc.) pour la vérification immédiate du prix d'un appel à faire payer au client.

Le montant parfois très lourd des factures de téléphone, souvent inexplicable pour l'abonné, conduit à des litiges de plus en plus nombreux avec l'administration. La DGT, consciente du problème, a mis en place divers procédés de contrôle mais, nous allons le voir, ils sont malheureusement encore loin d'être parfaits. En fait leur manque d'efficacité est en grande partie lié à un choix technique erroné, vieux de 15 ans.

Pour s'en convaincre nous ferons une rapide comparaison entre le réseau téléphonique français actuel et le réseau américain. Pour des motifs d'économie, les centraux français se contentent d'établir la communication puis d'enregistrer son coût, mais ils ne mémorisent ni l'origine de l'appel, ni son heure, ni sa durée. Aux Etats-Unis, le numéro des deux correspondants est mémorisé. Il sera donc possible, par exemple, si M. Smith conteste la facturation d'une communication avec M. Hitchins, de vérifier si ce dernier a bien été appelé par M. Smith. Cette opération *a posteriori* est actuellement impossible en France.

Ainsi, lorsque le litige porte sur un accroissement ponctuel du montant des communications, il sera pratiquement impossible d'en déceler la cause. Après tractation avec l'agence commerciale dont il dépend, l'abonné pourra, sur la facture contestée, limiter son paiement à la somme correspondant au montant de la moyenne des trois factures précédentes en attendant le résultat de contrôles approfondis. Cette pratique n'est pas automatique et ne sera accordée qu'exceptionnellement si l'écart entre la somme demandée et les factures antérieures est considérable. Quant aux moyens de contrôle, ils sont aujourd'hui fonction du type de central dont dépend l'abonné.

Premier moyen de contrôle : la facturation détaillée. Elle est possible avec les centraux électroniques. Une augmentation subite d'une note de téléphone n'est pas obligatoirement due à un mauvais fonctionnement de la ligne ou à un piratage, c'est-à-dire à l'utilisation de votre téléphone par des personnes indélicates. Il arrive plus simplement qu'une série d'appels en province ou l'utilisation prolongée d'un service Minitel soient passés inaperçus, voire oubliés. La facturation détaillée vous permettra d'effectuer les pointages utiles. Si vous avez un doute sur la nature de votre central, vous obtiendrez toutes précisions en appelant le 14 — numéro d'appel gratuit.



**La facturation détaillée** est assurée moyennant la souscription d'un abonnement d'une durée minimale de trois périodes de facturation de deux mois chacune, soit six mois (attention, ce point n'est pas précisé sur le dépliant publicitaire que l'agence PTT dont vous dépendez ne manquera pas de vous faire parvenir) ! Cet abonnement donne lieu au paiement d'une redevance mensuelle de 10 F à condition que le nombre total des appels passés, durant les deux mois concernés par le relevé, reste inférieur à 100. Chaque groupe supplémentaire de 100 communications donnant lieu à une nouvelle taxe de 10 F. Bien entendu tout groupe entamé sera entièrement dû. Le coût global minimum d'une demande de facturation détaillée sera donc de 60 F. Le jeu en vaut-il la chandelle ? Avant de répondre, observons tout de même qu'il est assez surprenant de devoir payer les PTT pour obtenir une facture alors que, pour tout autre corps de métier, la fourniture d'un tel document au client est obligatoire avant tout paiement.

En ce qui concerne cette facture, elle est accompagnée d'un document annexe qui donne le détail. Il est indéniable que celui-ci est clair, simple à comprendre et précis pour les communications passées hors d'une même circonscription de taxation, à savoir les appels longue distance de province à province, ceux passés par le 16 ou le 19. Les appels sont classés par ordre chronologique, pour chacun une série de renseignements est fournie : le jour, le mois et l'heure du début de la communication à la minute près ; ceci afin de pouvoir vérifier le type de tarification en vigueur. Le numéro du correspondant demandé est indiqué, à l'exception des quatre derniers chiffres, ceci conformément à l'avis de la Commission nationale informatique et libertés. Une relative confidentialité est donc préservée, bien que certains litiges ou même des divorces soient imputables à de telles informations. En effet, une indication de zone de destination suit immédiatement le numéro du correspondant et, qui plus est, sur simple demande du possesseur de la ligne le numéro complet est fourni.

En ce qui concerne l'indication de destination elle peut se présenter sous deux formes. Si l'interlocuteur réside dans le même département que l'abonné, le chef-lieu de sa circonscription de taxation est indiqué. En cas contraire c'est son département qui est mentionné en clair. Viennent ensuite les indications portant sur la durée de l'appel en heures, minutes et secondes, puis enfin son coût.

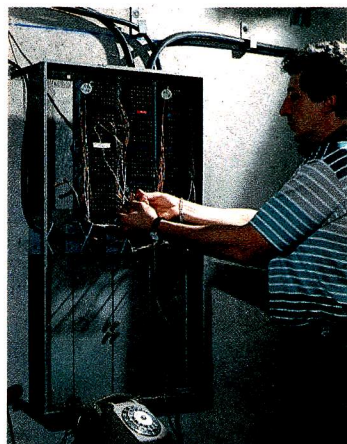
Les appels à l'intérieur d'une même circonscription téléphonique, donc les communications de durée illimitée et ne comportant qu'une seule taxe de base, ne sont pas, quant à eux, répertoriés afin d'éviter une saturation trop rapide des systèmes informatiques, mais leur montant global est communiqué, au bas de la facture, sous l'appellation

"communications non détaillées". C'est peut-être regrettable, car dans bien des cas l'essentiel du montant de la facture est imputable à ce type d'appel.

Plusieurs questions se posent concernant cette facturation détaillée. Tout d'abord, pourquoi n'est-elle pas systématique ? La DGT répond qu'il est inutile de faire supporter les frais d'un tel service aux abonnés qui ne le souhaitent pas et qui n'ont jamais contesté de facture. Cela n'est pas très convaincant et il est probable que la réponse est ailleurs. En effet les quelques centres informatiques capables de gérer la facturation détaillée ont déjà bien du mal à le faire. C'est pour cela, nous l'avons vu, que les communications d'une même circonscription ne sont pas détaillées. On peut noter aussi le coût relativement élevé de la redevance, dont l'effet dissuasif est indiscutable. Etendre la facturation détaillée à l'ensemble du territoire de manière systématique, demanderait une restructuration profonde du réseau actuel et des investissements que les PTT jugent trop lourds.

D'autre part, quelle est l'utilité d'une telle pièce pour un abonné contestant les sommes dues ? Si les taxes sont comptées c'est que les appels ont eu lieu, répondent les PTT. Quant à l'abonné, il ne lui reste qu'à considérer que sa ligne est "piratée" ou que son compteur est pris de tachycardie. Dans ce dernier cas, il peut demander un contrôle approfondi de sa ligne mais il lui faudra beaucoup de persévérance pour éviter que l'enquête se termine par la classique conclusion : « Après contrôle de votre installation nous n'avons relevé aucune anomalie de fonctionnement tant en ce qui concerne la ligne que le compteur. »

Il faut donc considérer, à notre avis, la facturation détaillée comme un document destiné à confirmer, ou à dissiper des soupçons plutôt que comme une preuve de taxation abusive. Elle permet aussi à certains abonnés qui utilisent professionnellement leur téléphone, pour le compte de plusieurs sociétés, d'affecter à chacune les communications qui lui reviennent. La facturation détaillée reste cependant relativement peu demandée. En 1985, sur les 7 000 000 d'abonnés susceptibles de l'adopter seuls 150 000 en ont fait la demande. Et la facturation détaillée ne semble pas avoir fait baisser le nombre des contestations de facture.



N'importe qui peut "bricoler" son téléphone et, en remplaçant sa fiche par deux pinces crocodile, faire un branchement "pirate" sur un répartiteur.

D'ici fin 1986, 60 % du réseau devrait pouvoir bénéficier de ce service.

**Le contrôle approfondi de la ligne.** Il faut en faire la demande. Dès qu'elle est enregistrée, les PTT examinent les comptes rendus de maintenance du central incriminé, sur la période concernant la facture contestée. Il est en effet possible que certaines interventions techniques perturbent le bon fonctionnement d'un compteur. S'il apparaît qu'effectivement il y a eu une intervention technique importante et que le montant de la facture accuse en même temps une hausse anormale, son montant sera réduit, au bénéfice du doute. Il en sera de même si un vice de fonctionnement du compteur ou de la ligne est constaté. Cette procédure restera bien sûr sans effet si le montant excessif de la facture a d'autres causes, comme le piratage de la ligne. Reste alors la possibilité d'une demande de mise sur bande.

**La demande de mise sur bande.** Il s'agit ici de bandes dites MATA et cette opération ne doit pas être confondue avec la mise sur table d'écoute (1). En effet si dans le cas d'une mise sur table d'écoute toutes les conversations sont enregistrées, la bande MATA n'est, par contre, qu'un ruban de papier où seront inscrits tous les numéros appelés ainsi que toutes les indications de tarifications s'y rapportant. Les PTT s'interdisent, en effet, toute écoute d'une ligne.

Comment donc déterminer avec certitude qu'une ligne est piratée sans identifier la voix de l'abonné ou de l'un de ses proches ? Les PTT commencent par une enquête auprès de la famille afin de vérifier si les appels contestés concernent bien des personnes inconnues. Puis, muni du ou des divers prénoms des proches, des agents effectuent une série de "faux appels". Si, par exemple, le propriétaire de la ligne se prénomme Georges, l'agent composera le numéro de l'inconnu et annoncera par exemple : « Allo, ici Georges, comment vas-tu ? » Si l'interlocuteur répond sur le même ton, c'est qu'il est un familier de l'abonné. Si, par contre, les prénoms n'évoquent rien au correspondant l'hypothèse du piratage sera retenue et un dégrèvement de facture sera accordé.

Il faut bien dire que ces cas litigieux et, surtout, les dégrèvements restent exceptionnels. En 1985, le nombre total des réclamations enregistrées ne représentait que trois pour mille de l'ensemble des facturations. De plus, sur ces quelques cas seuls 12 % ont abouti sur un dégrèvement des sommes contestées. Dans certains cas, il s'agissait de piratage pur et

simple de la ligne, dans d'autres, d'un mauvais fonctionnement du central ou du compteur. Depuis, certains remèdes ont été recherchés pour éliminer ce genre de problème. Cependant rien de vraiment efficace n'a encore été découvert.

Parmi les grands responsables de l'alourdissement des factures, figure le Minitel. Mais, à son sujet, il faut faire la part des choses. Tout d'abord, le Minitel est souvent accusé à tort. Lors de sa mise en place, certaines erreurs de manipulation étaient possibles et donc génératrices de taxes contestables. Mais des modifications sont intervenues. Rappelons tout d'abord que les numéros commençant par 36 13, 36 14 ou 36 15 peuvent être composés même lorsqu'on ne possède pas de Minitel. De ce fait la communication commence par s'établir avec un réseau Minitel. Dans les premiers temps du Minitel, cela commandait aussitôt un décompte de taxes. Il était donc tout à fait possible, ne possédant pas de Minitel, de découvrir sur une facture détaillée, des sommes concernant le réseau Minitel. Les PTT ont remédié à cela en décalant l'instant du début de taxation. Le compteur ne commence donc à enregistrer des taxes que lorsque la page d'accueil du réseau Télétel apparaît sur l'écran. Or celle-ci n'est envoyée par le centre serveur que si un Minitel est effectivement connecté. Cette mesure devrait donc éliminer tout risque d'erreur.

D'autre part, on dit souvent que le service du Minitel est excessivement cher. C'est un point de vue contestable car un Minitel, comme nous allons le voir à travers divers exemples, peut être capable du meilleur comme du pire. Dans certains cas, il peut même se révéler économique et n'oublions pas que le Minitel 1, modèle gris, bas de gamme, est livré gratuitement par les agences commerciales de PTT.

• Pour les renseignements téléphoniques, le Minitel est économique. Si l'on opère sans cet appareil, lorsque le service des renseignements — le 12 — est demandé par téléphone et la liaison établie, cinq taxes de base, soit 3,85 F, sont facturés, et ceci que le renseignement souhaité soit fourni ou non. De plus, pour un appel, les agents des renseignements refusent de délivrer plus de trois renseignements (même parfois deux si l'heure du déjeuner est proche). Par contre, par le 11, service Minitel, les trois premières minutes de consultation sont gratuites. Cette durée permet normalement de trouver le renseignement souhaité. Si, toutefois, celle-ci est insuffisante et que la communication est maintenue, une taxe de base (0,77 F) sera facturée toutes les deux minutes. Pour le prix d'un appel au 12, il est donc possible de consulter l'annuaire électronique pendant 12 minutes (durée largement suffisante pour obtenir plus de trois renseignements). Enfin, contrairement à une opinion ré-

(1) Les tables d'écoute ne peuvent en principe être mises en place que sur commission rogatoire du parquet. Leur nombre devrait donc être extrêmement réduit, et bien souvent les agents des télécommunications ne sont même pas au courant de leur présence.



pandue, le nombre de renseignements demandés n'intervient pas dans le calcul du coût de la communication. Pour une personne ayant souvent recours au service des renseignements, il sera donc intéressant d'utiliser un Minitel.

- Les communications sur le réseau Télétel 1 restent également bon marché puisqu'une seule taxe de base sera facturée quelle que soit la durée de la communication. Cependant la majeure partie des centres serveurs raccordés à ce réseau (36 13 91 55) ne sont accessibles que sur abonnement. Le coût d'utilisation de tels services restera donc essentiellement lié au prix de l'abonnement et au crédit de durée de communication offert pour une somme donnée.

- Télétel 2 — 36 14 91 66 — n'est guère plus cher que le service du 11 : une taxe de base toutes les deux minutes. Cependant la facturation commence dès la connexion avec le centre serveur et, étant donnée la nature des informations transmises, il est fréquent de rester longtemps en communication.

- Télétel 3 — 36 15 91 77 — est, lui, un véritable gouffre. C'est peut-être à ce réseau Télétel 3 que le Minitel doit sa réputation de gadget de luxe. Son mode de tarification pudiquement baptisé tarif "kiosque", fixe le coût de communication à 61,60 F de l'heure. Ce coût élevé n'est pas uniquement le fait des PTT. En effet, sur les sommes perçues une partie est reversée au centre serveur. C'est malheureusement sur ce réseau que se présentent la majeure partie des centres serveurs concernant les loisirs, les voyages ou les informations. Dans ce cas encore, une fois connecté, le temps s'écoulera très rapidement : un réseau dangereux pour votre budget téléphone !

**E**nfin quel que soit le réseau utilisé, il est indispensable d'éteindre le Minitel, ou au moins d'appuyer sur connexion fin, dès que les informations souhaitées sont obtenues. En effet, sur le Minitel 1 notamment, si le clavier reste inutilisé plus d'une ou deux minutes, l'écran s'éteint automatiquement afin de protéger le tube image. Cependant l'appareil n'en reste pas moins connecté et les taxes continuent donc de s'ajouter.

**Le piratage.** Revenons sur cette question pour préciser, cette fois, quels sont les points sensibles d'une installation, les procédés couramment employés et les remèdes possibles.

Tout comme EDF, pour desservir un immeuble ou une zone particulière, les PTT placent des borniers de distribution chargés de la liaison entre un câble comportant de nombreuses lignes et la ligne de chaque abonné. Ces "répartiteurs", dans le jargon officiel, font le bonheur des éventuels pirates. Généralement, leur fermeture n'est pas plombée et il est facile de les ouvrir en utilisant un tournevis ou une poignée de porte. De plus, ces

borniers sont placés dans des locaux isolés (troisième sous-sol des garages, par exemple) ou dans une rue calme. Qui plus est, les contrôles effectués sur les répartiteurs restent rarissimes pour ne pas dire inexistantes. Il n'est donc pas rare de les trouver tout simplement ouverts à la suite d'une visite indelicatée ou plus simplement d'un contrôle de routine.

En ce qui nous concerne, résidant en banlieue, nous avons constaté que notre répartiteur placé dans la rue, est ouvert aux quatre vents depuis près de deux ans. Or, rien n'est plus simple que de se brancher "en pirate" sur un répartiteur et, sous réserve de respecter quelques règles de prudence, le piratage restera indécélable. Un exemple, purement imaginaire, va vous permettre d'en juger.

L'idée même de l'utilisation "gratuite" du réseau téléphonique est venue accidentellement à notre apprenti pirate imaginaire, alors qu'il modifiait l'emplacement de son combiné. Pour cela il ouvrit la fiche de son appareil afin d'en prolonger le fil. Première surprise : sur les multiples contacts que comporte la fiche, seuls deux sont utilisés. Pas de problème donc pour réaliser un prolongateur ; du fil électrique ordinaire pour rallonge suffit parfaitement. C'est à ce moment que vint l'idée du piratage, sur une simple constatation : si le fil arrivant à la prise murale de l'appartement ne comporte que deux conducteurs, il doit être facile de les retrouver au niveau du répartiteur de l'immeuble placé au troisième sous-sol des garages. Une rapide visite dans ces sous-sols montra qu'une simple poignée de porte introduite dans l'orifice de commande de la porte permet d'ouvrir l'armoire du répartiteur. Cela fait, les lignes téléphoniques desservant l'immeuble apparaissent groupées sur des borniers à vis, rappelant les dominos d'électricien. De plus le numéro de chaque appartement (mais pas le numéro de téléphone complet de l'abonné) apparaît sous forme de coordonnées groupées par zones. Notre pirate localise donc facilement sa ligne, son appartement se trouvant escalier A au septième étage et portant comme abréviation : type H (lettre liée au type d'appartement). Il lui suffit donc de localiser la zone A, puis la barrette de connection des appartements H et enfin de trouver la ligne téléphonique numéro 7. Sur les barrettes, les contacts de chaque ligne composés d'un fil rouge et d'un fil blanc, sont directement accessibles à l'aide de pinces crocodile sans avoir à toucher aux vis de serrage des fils.

Ces faits constatés, le pirate se rend chez son quincailler pour acheter deux petites pinces crocodile, rentre chez lui et les monte sur le fil de son combiné à la place de la fiche standard. Il redescend alors au sous-sol, muni de son installation. Tout est prêt pour le premier essai : il choisit une ligne au hasard dans le répartiteur, pose ses pinces

# LA TÉLÉVISION HAUTE DÉFINITION POUR 1995

*Dans nos précédents articles, nous avons vu comment l'arrivée du système D2-MAC-Paquet et de la télévision numérique conduiront progressivement au remplacement des vieux standards SECAM et PAL. Aujourd'hui, on est sûr que cette évolution conduira aussi à une télévision à haute définition, avec une image comparable à celle du cinéma 35mm. Ainsi en ont décidé, en mai dernier, les nations du monde réunies à Dubrovnik.*

**V**ictoire européenne à la XVI<sup>e</sup> assemblée plénière du CCIR (Comité consultatif international des radiotélécommunications) dont les travaux se sont achevés le 23 mai dernier à Dubrovnik : c'est le scénario français de création d'une télévision à haute définition (TVHD), soutenu par l'Allemagne, le Royaume-Uni et les Pays-Bas, qui a été adopté. Le système japonais conçu par NHK, le puissant organisme de la télévision nationale nipponne, n'a pas été retenu comme standard international, malgré le soutien actif des Américains.

Une victoire peut-être inespérée, car, il y a moins d'un an, bien des observateurs estimaient que le standard de NHK serait adopté. En effet, les Européens ne sont venus que très tard à l'idée même d'une TVHD alors que les Japonais, après 15 années de recherches et d'essais, proposaient, clés en main, un système complet comportant tout le matériel en voie de commercialisation : téléviseurs, caméras de prise de vue, magnétoscopes, téléprojecteurs, télécinémas, etc.

A ce stade de l'offensive japonaise, les Européens ont réalisé que seules les entreprises nipponnes pourraient produire ce matériel et éliminer ainsi l'industrie électronique grand public sur le vieux continent, comme ils l'ont fait de celle des Etats-Unis. Quant aux Américains, alliés des Japonais dans cette affaire, l'adoption du standard de NHK



leur permettrait d'occuper le marché européen des programmes. Le danger est apparu d'autant plus considérable que le système japonais est totalement incompatible avec le parc mondial des téléviseurs et avec les standards de télévision existants et futurs (nous y reviendrons plus loin). C'est dans ces conditions que les Français (notamment TDF et Thomson), avec Philips, ont rapidement élaboré et proposé un système de TVHD évolutif et compatible avec tous les autres systèmes. Allemands, Anglais et Hollandais se sont ralliés à ce projet.

A Dubrovnik, il faut le souligner, les Européens



n'ont cependant pas demandé l'adoption de ce système, encore expérimental, mais le report de la décision définitive sur un standard unique de TVHD à la prochaine assemblée plénière, en 1990, pour permettre l'exploration de toutes les voies de recherche et éventuellement harmoniser les systèmes japonais et européen afin de créer un système compatible avec les téléviseurs en service dans le monde. C'est cette proposition qui a prévalu, votée par l'Australie, la plupart des pays d'Europe, d'Afrique, d'Asie, y compris la Chine et tous les pays de l'Est. Ainsi la voie est-elle ouverte pour la création d'un standard universel de télévision dont l'entrée en service est prévue pour 1995.

Revenons un peu en arrière afin d'analyser brièvement les causes de l'échec japonais. D'un point de vue technologique, les choses sont simples pour les Européens : créé dans les années 1970, le système japonais est aujourd'hui dépassé, à l'inconvénient d'être incompatible avec tous les standards existants ou arrivant (le D2-MAC-Paquet et la télévision numérique notamment) et, au surplus, pénalise tous les pays dont les réseaux de distribution du courant électrique fonctionnent à la fréquence de 50 Hz, soit 75 % de la population du monde (le Japon et les Etats-Unis ayant, eux, du courant 60 Hz). Reprenons ces divers points. La TVHD japo-

seconde puisque la fréquence est de 30 images/seconde), mais en deux fois : tout d'abord les lignes impaires (soit une demi-image), puis les lignes paires (l'autre demi-image). En définitive, le balayage est doublé : 60 demi-images par seconde.

Le procédé permet d'éliminer le papillotement d'image, mais il a l'inconvénient d'interdire toute séparation des signaux constituant une image et, par conséquent, il ne peut pas empêcher que des interférences se produisent résiduellement entre ces signaux. Nous avons vu dans nos précédents articles qu'avec les systèmes MAC (tel que le D2-MAC-Paquet) la séparation des signaux est totale, leur codage se faisant dans le temps, au fur et à mesure du balayage (balayage dit progressif). Avec les systèmes MAC, il n'y a donc plus d'interférences et l'image s'en trouve améliorée.

Second défaut de la TVHD japonaise : elle est incompatible avec le parc des téléviseurs, avec les normes numériques de télévision adoptées par le CCIR depuis 1982 et avec les nouveaux standards de la famille MAC (D2-MAC-Paquet européen, C-MAC-Paquet anglais et B-MAC australien). L'adopter obligerait finalement à faire table rase du passé et du présent, ou bien à créer une TVHD parallèle aux systèmes de télévision en service. Dans ce cas un transcodeur pourrait être utilisé



**Plácido Domingo dans "Turandot"**, un show télévisé américain utilisé pour une simulation de TVHD en circuit fermé, avec écran large au rapport 16 : 9. Sur la photo de gauche, le cadrage qu'on aurait obtenu sur un téléviseur ordinaire 625 lignes.

naise, tout d'abord, est dépassée. Lorsqu'il fut conçu par les ingénieurs de NHK, avec le concours de fabricants comme Sony et Matsushita, le système fut dérivé des techniques existantes, essentiellement du NTSC américain et japonais (525 lignes, 30 images par seconde, fréquence de 60 Hz). Il ne pouvait qu'en conserver certains inconvénients. Ainsi la TVHD fut-elle conçue pour une production d'image analogique, en 1 125 lignes (525 lignes  $\times$  15/7) et avec un balayage entrelacé. Ce qui signifie que les 1 125 lignes de l'écran ne sont pas balayées les unes après les autres (et ce 30 fois par

pour passer d'un système à l'autre. Mais, nous le verrons plus loin, cet appareil comporte bien des inconvénients.

Le système japonais, enfin, est conçu pour les réseaux électriques à 60 Hz (Japon et Etats-Unis), ce qui pénalise les Européens qui, nous l'avons vu, utilisent un courant 50 Hz. Le problème n'est pas nouveau. Dans les débuts de la télévision, la fréquence du courant alternatif servait de base de temps pour caler en permanence le balayage de l'écran. De ce fait, la fréquence avait conditionné le nombre de lignes à balayer sur l'écran.

Ainsi, Américains et Japonais qui sont alimentés avec un courant à 60 Hz avaient-ils été conduits à une définition de 525 lignes. En Europe la fréquence du courant de 50 Hz a permis une définition de 625 lignes pour le PAL et le SECAM. Le passage du 50 au 60 Hz est possible par transcodage. Mais le transcodeur est coûteux et l'opération produit des parasites et altère plus ou moins le signal vidéo.

Cette double fréquence oblige par ailleurs toute normalisation internationale à prévoir deux normes, l'une pour 50 Hz, l'autre pour 60 Hz.

Certes, aujourd'hui, le progrès technique permet de s'affranchir de la fréquence du courant comme base de temps. Mais la nécessité de maintenir la compatibilité avec les systèmes existants et le parc des téléviseurs en service (leur durée est d'au moins 10 ans) oblige à mettre sur le marché des téléviseurs compatibles avec la fréquence du courant distribué dans chaque pays.

C'est ainsi que la norme internationale de télévision numérique 4-2-2 (voir *Science et Vie* n° 825 de juin 1986) a été élaborée en tenant compte des fréquences de 50 et 60 Hz. Cette question a joué un rôle essentiel dans le vote de Dubrovnik, le système japonais étant conçu uniquement pour 60 Hz et 1 125 lignes. Il est ainsi incompatible avec les systèmes PAL, SECAM, D2-MAC-Paquet et la norme de télévision numérique. C'est un système nouveau dont les programmes ne peuvent pas être reçus sur les téléviseurs actuels et sur les futurs téléviseurs de la famille MAC.

Ainsi, dans les pays dont le courant est de 50 Hz, la TVHD japonaise ne pourrait être reçue qu'après le transcodage pour des téléviseurs 50 Hz. Les techniciens européens considèrent que la qualité de la haute définition est alors entièrement perdue et que, pour l'instant, rien n'a été trouvé pour éviter cette perte. De plus, les transcodeurs sont onéreux et leur prix devrait être supporté par les téléspectateurs des seuls pays ayant un réseau de distribution électrique 50 Hz.

A Dubrovnik, les Européens ont proposé de mettre à l'étude un projet qui éviterait l'ensemble de ces inconvénients. Le système NHK pourrait d'ailleurs être modernisé et les Japonais ne sont pas hostiles à des aménagements. Certaines études serviront directement à l'élaboration de la nouvelle norme internationale.

C'est le cas, par exemple, du système MUSE (*Multiple Sub-nyquist Sampling Encoding*) conçu par NHK pour la transmission de la TVHD. Le système japonais de TVHD occupe une bande de 30 MHz qu'il n'est pas possible de transmettre par voie hertzienne ou par satellite. Le système MUSE permet de réduire la bande passante à un canal de 8 MHz.

Les informations (points d'image au nombre de 2 millions en TVHD) sont transmises en 4 fois, par

salves de 500 000, étalées dans le temps par conséquent. Mais dans une image, la plupart des éléments (sol, bâtiments, décor d'intérieur, etc.) ne changent pas dans un temps très bref. Seul les éléments en mouvement changent. De ce fait la transmission successive qui revient à ne transmettre qu'une fois sur 4 la totalité des éléments ne produit aucune perte sauf dans le mouvement. Mais cela est sans importance, car l'œil n'est pas capable de percevoir des détails dans un mouvement (il en est déjà ainsi en cinéma où les éléments du mouvement sont flous sur les 24 images fixes qui constituent une seconde de projection).

Le système MUSE exige une mémoire de grande capacité dans le téléviseur afin d'y stocker les 4 salves de signaux avant reconstitution de l'image sur l'écran. Les études concernant cette mémorisation ne sont pas achevées, mais pourraient l'être d'ici 1990. Pour les Européens, la mise en place de la TVHD ne pourra d'ailleurs pas se faire d'un seul coup. Elle sera nécessairement progressive, se faisant dans le prolongement des nouvelles télévisions (systèmes MAC et numérisation) et avec le progrès technologique. Il faudra en particulier créer des téléviseurs acceptables. Le récepteur actuellement proposé par les Japonais pèse 150 kg et coûte de 20 à 80 000 F (les prix avancés sont très différents selon les interlocuteurs et aussi en fonction du format d'écran). Un grand écran sera nécessaire pour mettre en valeur l'image à haute définition : il ne tiendra peu de place que s'il est plat et mural et il n'exploitera la qualité de la TVHD qu'en comportant environ 2 millions de cellules.

Bien d'autres problèmes technologiques que nous passons sous silence ne sont pas résolus. Mais ces deux exemples montrent déjà que, de toute façon, il est vain d'espérer la TVHD avant 1995. Le scénario proposé et adopté à Dubrovnik se présente comme suit :

- Début 1987. Avec les satellites de diffusion directe, mise en place des normes du type MAC pour la distribution de nouveaux programmes. L'interface avec les procédés actuels de production se fait avec un codeur MAC. La réception sur les téléviseurs actuels se fait avec un décodeur MAC (voir *Science et Vie* n° 824 de mai 1986). La compatibilité entre anciens et nouveaux matériels est assurée avec une qualité optimale.
- 1988-1989. Introduction du numérique au stade de la production (voir *Science et Vie* n° 825 de juin 1986). Les nouveaux équipements alimentent indifféremment le réseau terrestre et le réseau satellites et remplacent progressivement les équipements antérieurs. La production des images et du son s'en trouve améliorée.
- 1989-1990. Introduction d'une mémoire d'image dans les téléviseurs 4 : 3 (le format actuel) permettant de doubler la cadence trame : 50 im/s au lieu de



25 dans les pays ayant un réseau 50 Hz ; 60 im/s au lieu de 30 dans les pays à réseau de 60 Hz (le projet propose également l'étude d'un système unique à 100 Hz).

Ce doublement permettra, tant pour les émissions 625 lignes que 525 lignes, de supprimer le papillotement d'image et le scintillement de ligne. Ces récepteurs, grâce à leur mémoire d'image, seront capables ultérieurement de recevoir automatiquement les images diffusées au format 16 : 9 prévu par les normes MAC. Durant cette période, la télévision par projection ou par rétroprojection commencera à se développer pour des applications professionnelles et grand public.

Pour masquer la structure du balayage (toujours très visible sur grand écran) le nombre de lignes sera doublé, mais la fréquence trame pourra rester à 50 ou à 60 Hz afin de maintenir une bonne luminosité. Le nombre de lignes atteindra alors 1250 en Europe et 1 150 au Japon et aux Etats-Unis. Il faut bien voir que le procédé rend les lignes invisibles, ou moins visibles, sans augmenter le nombre de détails de l'image puisque la prise de vue se fait toujours à 625 ou 525 lignes. Enfin, vers 1990, introduction de l'image large au rapport 16 : 9 (en production seulement).

- Horizon 1995. Introduction des téléviseurs à écran large au rapport 16 : 9 qui recevront la TVHD. Sur ces récepteurs, une mémoire d'image et des traitements numériques permettent de doubler à la fois le nombre de lignes et la fréquence trame. Ces améliorations concernent tout d'abord les vidéo-projecteurs et quelques tubes cathodiques de plus de 80 cm de diagonale, produits en petites séries dès les années 1989-90 et déboucheront sur les productions en grandes séries vers 1995. En même temps débiteront les productions de TVHD pour certaines émissions. Pour qu'elles puissent être reçues par tous les téléviseurs du parc mondial, elles seront converties aux normes du type MAC en 625 et en 525 lignes. Le traitement numérique lors de cette conversion à 625 ou 525 lignes permettra l'utilisation maximale de ces résolutions, ce qui n'est pas le cas actuellement avec les standards NTSC, PAL et SECAM. On parlera alors de télévision de haute qualité lorsque les programmes seront reçus sur les anciens téléviseurs.

- Après 1995. L'ouverture de nouvelles bandes de fréquences ou l'apparition de nouvelles techniques

de transmission obligeront à l'élaboration d'une nouvelle norme de TVHD. A cette étape, les téléviseurs livrés vers 1995 recevront la nouvelle norme avec un simple adaptateur. Les téléviseurs produits antérieurement (à partir de 1989) recevront aussi les programmes, mais en basse définition. Les nouveaux récepteurs comporteront des modèles du type mural, surtout pour les grands formats.

Les Européens semblent aujourd'hui conscients de l'enjeu de la TVHD. Toutes les grandes firmes sont entrées dans la bataille. La République fédérale d'Allemagne a prévu une enveloppe de 60

## LES PROJETS DE TVHD

PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES	SYSTÈME JAPONAIS DE NHK	PROJET EUROPÉEN PRINCIPAL	PROJET EUROPÉEN DONT L'ÉTUDE EST ÉGALEMENT PROPOSÉE
Fréquence de trames	60 Hz	50 et 60 Hz	100 Hz
Nombre total de lignes	1 125	1 200 en 50 Hz 1 001 en 60 Hz	1 050
Nombre de lignes actives	?	1 150 en 50 Hz 970 en 60 Hz	970
Structure du balayage	2 : 1 entrelacé	1 : 1 progressive	2 : 1 entrelacé
Format d'image	5 : 4	16 : 9	16 : 9
Nombre d'échantillons par ligne active numérique pour la luminance	Analogique	1 920 (avec une variante à 1 440)	1 440 (avec une variante à 1 920)
Fréquence d'échantillonnage pour la luminance	—	144 MHz	94,5 MHz
Fréquence d'échantillonnage pour la chrominance	—	72 MHz	42,25 MHz
Son	Numérique	Numérique	Numérique
Transmission	Système MUSE	A étudier, mais facilitée par le balayage progressif tant en mode analogique que numérique.	—

millions de DM d'ici à 1988 pour la TVHD. Celle-ci a été inscrite dans le programme Euréka début mai. Dans le cadre de ce programme, Thomson, Philips, Thorn-Emi, Bosch, Grundig, Electrolux et Zanussi ont déposé un projet commun qui sera étudié ce 30 juin par la Conférence ministérielle.

Il s'agit, parallèlement à l'étude des normes, de produire les prototypes du matériel nécessaire et de rattraper le retard pris sur les Japonais dans ce domaine. Par ailleurs, les contacts se poursuivent avec NHK pour arriver à un accord sur une norme commune. Bref, le choc de la première confrontation semble avoir eu des effets bénéfiques pour la TVHD. Reste à voir si les Européens parviendront à relever le défi japonais ou si ceux-ci finiront tout de même par imposer leur système. **Roger Bellone**

*Prochain et dernier article :  
Quel téléviseur acheter aujourd'hui ?*

# DES FILMS QUI CORRIGENT LES ERREURS D'EXPOSITION

*Aujourd'hui, ce sont les  
négatifs en couleurs  
(les films conçus pour  
les tirages des épreuves sur papier) qui  
bénéficient des grands progrès en photo. Ils gagnent sur  
tous les tableaux : sensibilité, finesse du grain,  
pureté des couleurs, contraste et,  
surtout, tolérance aux erreurs d'exposition.*

**P**our la troisième fois depuis 1983 les fabricants de surfaces sensibles ont annoncé le lancement de films négatifs en couleurs aux performances encore élargies. C'est au total cinq films qui sont ainsi mis à la disposition des amateurs dans le format 24 × 36 par Kodak, Agfa et Fuji. Chez Kodak, ils sont disponibles depuis le mois dernier sous la désignation Gold. Ce sont les Kodacolor Gold 100 et 400 ayant respectivement une sensibilité de 100 et 400 ISO. Agfa n'a proposé qu'un film, l'Agfacolor XR 100 i de 100 ISO, également disponible. Les émulsions Fuji, par contre, ne seront commercialisées qu'en septembre. Ce sont les Fujicolor Super HR 100 et 400, respectivement de 100 et 400 ISO.

Le lancement d'un film nouveau suppose que le fabricant a réalisé des progrès qui vont permettre des photos plus fines aux couleurs plus pures ; ce qui est obtenu par des modifications de la structure des couches, des halogénures d'argent, des colorants, ainsi que des conditions de fabrication des films et de leur traitement après la prise de vues. Mais, aujourd'hui, les fabricants ne dévoilent plus grand chose de leurs recherches qui vont toutes dans le même sens, que ce soit aux Etats-Unis, au Japon ou en Allemagne. Et, pour un observateur extérieur, le contenu réel du progrès est de plus en plus difficile à définir parce que, probablement pour des motifs publicitaires, chaque fabricant tient à se distinguer en faisant état d'innovations qui seraient liées à une technologie spécifique alors qu'on a souvent l'impression qu'elles sont identiques d'un fabricant à l'autre.

On l'a bien vu en 1982 lorsque Kodak annonça l'arrivée des Kodacolor VR, utilisant la technologie des grains T (de tabulaire), ces grains d'halogénure

d'argent ayant la forme de microscopiques dalles. Offrant une meilleure cible aux photons, à cause de leur relativement grande surface, ces micro-dalles sont en même temps moins épaisses que les grains classiques, permettant ainsi de couler des émulsions plus fines.

Aussitôt après Kodak, le Japonais Fuji annonçait un progrès similaire, avec ses films Fujicolor HR. Mais cette fois les grains ont été annoncés comme ayant la forme de berlingots microscopiques et sont dits à double structure : un noyau central entouré d'une enveloppe qui retient mieux les photons que les grains classiques.

En même temps que Fuji, Agfa annonçait le lancement de films Agfacolor XR dont les cristaux avaient une forme tabulaire double (une sorte de micro-sandwich constitué de deux tranches accolées). Un autre Japonais, Sakura (aujourd'hui Konica), commercialisait les négatifs Sakuracolor SR (devenu aujourd'hui Konica color SR) dont les grains sensibles faisaient appel à la technologie "exclusive" des cristaux cubiques (Cubic Crystal).

Pour le profane, il ne semble pas y avoir de grosses différences de principe entre ces technologies survenant au même moment. Par contre, d'un point de vue pratique, les résultats montraient qu'il y avait de réels progrès (voir nos essais dans *Science et vie* n° 789 de juin 1983). Il faut d'ailleurs ajouter qu'ils ne procédaient pas seulement de la structure des grains d'argent, mais aussi de l'emploi de nouveaux coupleurs (les substances formant les colorants par réaction chimique lors du développement), de l'affinement et de la multiplication des couches d'émulsions, des produits de traitement et de nouveaux papiers couleurs (car, pour un négatif couleur, la photo s'apprécie sur le tirage des



épreuves).

Avec l'éventail des pellicules 1986 de Kodak, Agfa et Fuji nous retrouvons la même tendance, chaque firme cherchant, une fois de plus, à faire valoir des progrès spécifiques qui, en fait, aboutissent aux mêmes conséquences : amélioration en couleurs, finesse, latitude de pose et sensibilité.

En ce qui concerne les films Kodacolor Gold, Kodak fait état à la fois d'améliorations et d'une conception nouvelle, ces émulsions étant équilibrées pour donner des couleurs plus saturées, plus contrastées que celles des Kodacolor VR. En particulier, la firme annonce que le contraste des couleurs est de 40 % plus élevé qu'avec les films précédents, alors que le contraste des gris neutres est inchangé. Ce résultat est obtenu par combinaison de l'action de trois sortes de coupleurs colorés lors du traitement chimique :

**1. Des couleurs formant masques.** Ils produisent cette coloration jaune-orangé caractéristique

couche à l'autre. Cela a pour effet d'améliorer la définition de l'image et la pureté des couleurs.

**3. DIAR (Developer Inhibitor Anchimeric Releasing),** qu'on peut traduire par libérateur anchimérique d'inhibiteur de développement. Ces coupleurs se comportent de la même façon que les DIR, mais ils possèdent en plus un déclencheur chimique. Cela permet une diffusion plus approfondie dans d'autres couches avant de produire effet. En particulier, l'absence de colorants parasites qui en résulte améliore la saturation des couleurs sans modification du contraste (avec les anciens films on faisait monter le contraste pour accroître la saturation, ce qui rendait le tirage des épreuves difficile). Cette qualité est obtenue avec le Kodacolor Gold 400 en dépit de sa haute sensibilité. Cette émulsion fait en outre appel aux grains T, ce qui permet d'obtenir une grande finesse d'image.

Avec l'Agfacolor XR 100 i, la société Agfa-Gevaert met en avant l'élargissement de la latitude de pose



Les procédés d'imprimerie effacent les différences trop subtiles entre les diverses épreuves photo que nous avons testés pour vous. Aussi, nous n'avons reproduit que les deux tirages ci-dessus : un des meilleurs (à gauche, Gold 100 en surexposition), et un tirage d'après un négatif conventionnel. La différence est si nette qu'elle subsiste, malgré les pertes dues à l'impression.

des négatifs couleurs. Traditionnellement ils permettent de corriger les défauts des colorants, par filtrage, de façon que les épreuves sur papier donnent des couleurs parfaites. Mais en outre, et grâce à un subtil rééquilibrage de leurs niveaux, ils servent maintenant à donner plus d'éclat aux couleurs elles-mêmes.

**2. DIR (Developer Inhibitor Releasing),** qu'on peut traduire par libérateur d'inhibiteur de développement. Ce sont des coupleurs qui inhibent le développement argentique et par voie de conséquence la formation de colorants autour de chaque grain d'argent. Il y a donc diminution des diffusions de colorants parasites autour des grains et d'une

de l'émulsion. Celle-ci lui donne une tolérance aux erreurs d'exposition de trois indices de lumination en surexposition et de deux en sous-exposition. De plus, le film accepte de légers écarts de traitement en laboratoire. A cela s'ajoute un argument commercial qui explique l'inscription 24 + 3 portée sur l'emballage : la longueur de film permet d'obtenir 27 vues pour le prix de 24 vues.

Fuji avance plusieurs améliorations pour ses films Fujicolor Super HR 100 et super HR 400 dont l'emballage, comme celui des Gold de Kodak, comportera désormais une bande dorée. D'une part, le coupleur "L-Coupler" des anciens films devient "Super L-Coupler" et améliore le rendu des cou-

leurs et leur conservation. D'autre part, le grain d'halogénure d'argent à double structure de Fuji devient "Super grain à double structure", améliorant la finesse des couleurs en hautes et basses lumières, surtout au flash.

Comme le L-Coupler, le Super L-Coupler comporte des molécules de latex (ce que désigne la lettre L) qui s'opposent à la diffusion de colorants parasites. Le colorant se développe dans un volume moindre, ce qui autorise des couches plus fines. Il est, déclare Fuji, insensible à des gaz parasites comme les vapeurs de formol et, en leur présence, ne produit pas de colorants parasites. De ce fait, si de tels gaz existent dans l'atmosphère, indique toujours Fuji, les photos vieillissent sans changement de coloration.

Le "Super grain à double structure", comme l'ancien à "double structure", concentre la sensibilité à la lumière sur l'enveloppe extérieure du grain. Mais le fabricant précise que le nouveau grain réagit sélectivement selon le type de lumière, autrement dit selon sa longueur d'onde (les explications de Fuji sont, sur ce point, particulièrement confuses et imprécises). Ainsi, lors de photos au flash, le résultat se trouverait amélioré dans les hautes et dans les basses lumières. De plus, les nouveaux grains réduisent le risque de voile parasite provoqué par un mauvais stockage du film vierge (par exemple sur des rayonnages non climatisés chez un détaillant).

Les photographes amateurs seront peut-être moins sensibles à ces arguments technologiques qui restent très confus sur les brochures publicitaires qu'aux résultats pratiques qu'ils constateront lors d'essais. Ajoutons que ces constatations ne pourront d'ailleurs guère porter que sur la finesse d'image et la tolérance de pose. Le comportement au vieillissement, par contre, ne saurait être vérifié hors des tests scientifiques, car, pour un film amateur, le négatif couleur est traité dans des bains de marque non connue, puis tiré sur papier. Et c'est finalement l'épreuve sur papier qu'il jugera, même dans dix ou vingt ans.

*Science & Vie* vous propose ici un premier banc d'essai des nouveaux films en couleurs, du moins de ceux qu'il a pu se procurer au moment des tests en mars-avril. Ces essais n'ont qu'une valeur pratique permettant surtout une comparaison avec les anciens films (toujours disponibles pour l'instant, sauf peut-être chez Agfa).

Nous avons donc comparé tout d'abord le Kodacolor Gold 100 avec le Kodacolor VR 100 et l'Agfacolor XR 100 i avec l'Agfacolor XR 100. Ultérieurement nous avons repris cet essai pour le Fujicolor Super HR 400 comparé au Fujicolor HR 400, le nouveau film Fuji ayant été annoncé bien après ceux d'Agfa et de Kodak.

Le film Kodacolor Gold 400 disponible tardive-

ment a été essayé isolément. Enfin, nous n'avons pas testé le film Fujicolor Super HR 100 dont il n'a pas été possible d'obtenir une seule cartouche. Nos essais ont été faits d'une part avec une charte de couleurs et de gris, d'autre part en photographiant une coupe de fruits et légumes, l'appareil étant fixé sur pied. Chaque sujet a été testé à sept diaphragmes pour vérifier la tolérance aux erreurs d'exposition (c'est-à-dire à la sensibilité nominale, puis en faisant varier l'exposition de + 1 à + 3 indices de lumination et de - 1 à - 3 indices de lumination).

Il faut tout d'abord observer que ces émulsions tolèrent mieux la surexposition que la sous-exposition. Souvent même le résultat au tirage est meilleur avec un négatif surexposé. La précision des contours, en particulier, est franchement plus grande en surexposition de 2 indices de lumination. Cela conduit à préciser que les mesures doivent se faire sur les ombres moyennes et non sur les lumières. En fait, c'est ce qui se passe avec les appareils automatiques réalisant la mesure de lumière dans tout le champ de prise de vues. Ce n'est donc qu'avec les appareils reflex équipés d'une mesure sélective ou spot, qu'il faudra veiller à faire cette mesure sur des ombres moyennes. Et si l'on préfère tout de même la faire sur les parties claires du sujet, il faudra alors afficher sur la cellule une sensibilité diminuée de moitié.

**Agfacolor XR 100 i.** Pour ce film, nous l'avons vu, Agfa-Gevaert annonce 3 vues de plus, soit 27 au lieu de 24. Nous avons donc mesuré la longueur de la pellicule. Elle est de 8 cm plus longue qu'avec l'ancien film Agfacolor XR. Cela correspond théoriquement à 2 vues supplémentaires. En fait, en utilisant un peu plus d'amorce, les 27 vues peuvent être obtenues. A la condition, toutefois, que l'appareil ne soit pas doté du chargement et du reboînage automatiques.

Par rapport à l'ancien Agfacolor XR 100, le type XR 100i est effectivement meilleur : tolérance de pose de + 3 - 2 indices de lumination (au lieu de + 2 - 1), couleurs plus fines, définition accrue, meilleurs contrastes. La sous-exposition est mal tolérée et dès - 2 indices de lumination par rapport à la valeur correcte, les couleurs ne sont plus saturées même si elles restent acceptables.

**Kodacolor Gold.** Même progrès par rapport à la Kodacolor VR que chez Agfa. Le gain qualitatif est plus net encore. Avec la Gold 100 la tolérance de pose est pratiquement de 3 indices de lumination. Les tirages sont effectivement très nets et présentent une excellente saturation des couleurs et la différenciation entre nuances voisines fait qu'aucune couleur n'est sacrifiée.

Ici encore plus qu'en Agfa XR i, une surexposition même de 3 indices de lumination donne des images très brillantes avec en particulier un très



## RÉSULTATS DE NOS ESSAIS

SUPPORT	POINTS EXAMINÉS	KODACOLOR VR 100	KODACOLOR GOLD 100	AGFACOLOR XR 100	AGFACOLOR XR 100i	FUJICOLOR HR 400	FUJICOLOR SUPER HR 400
NÉGATIF	Latitude de pose (en indices de lumination)	+ 2 - 1	+ 3 - 3	+ 2 - 1	+ 3 - 2	+ 2 - 2	+ 3 -
	Finesse des détails	Bon	Excellent	Moyen	Bon	Moyen	Excellent
	Finesse des contours	Bon	Excellent	Moyen	Très bon	Moyen	Excellent
	Voile perceptible	Aucun	Aucun	Résiduel	Aucun	Résiduel	Aucun
ÉPREUVES TIRÉES D'APRÈS LE NÉGATIF	Pureté des couleurs	Très bon	Excellent	Moyen	Très bon	Très bon	Très bon (excellent pour 400 ISO)
	Détails dans les ombres	Très bon	Excellent	Moyen	Bon	Bon	Très bon
	Finesse des détails	Très bon	Excellent	Assez bon	Bon	Moyen	Très bon (excellent pour 400 ISO)
	Finesse des contours	Bon	Très bon à sensibilité nominale. Excellent en surexposition	Médiocre	Très bon à sensibilité nominale. Excellent en surexposition	Bon	Très bon à sensibilité nominale. Excellent en surexposition
	Voile et manque de contraste sur tirage normal	Aucun	Aucun	Résiduel	Aucun	Résiduel	Aucun
	Degré de sous-exposition (indices de lumination) entraînant un tirage terne	- 2	- 3	- 1	- 2	- 1	- 2

beau rendu des rouges. Une sous-exposition de 3 indices de lumination donne encore des résultats acceptables, un peu meilleurs que ceux de la XR i dans le rendu des nuances de vert. Selon les couleurs et le contraste du sujet, le tirage paraîtra plus ou moins terne et supportera mal un format supérieur au 9 × 13.

En ce qui concerne le film Kodacolor Gold 400, nous n'avons pu disposer que d'une seule bobine de 24 vues. Il n'a donc pas été possible de réaliser notre programme d'essais. Nous avons toutefois pris diverses photos en lumière pauvre. Cela a suffi pour nous convaincre de la qualité de ce film aux couleurs fines et à la granulation comparable à celle des films de 100 ISO. Une caractéristique aussi du Fujicolor Super HR 400.

**Fujicolor Super HR 400.** Normalement ce film devrait être moins fin qu'un film de 100 ISO. Il en est bien ainsi, mais la différence est faible et, n'apparaît qu'en examinant de près les détails. Pour le reste, ce film de 400 ISO supporte largement la comparaison avec le 100 ISO ancien.

Le Fujicolor Super HR 400 se caractérise aussi par une grande latitude de pose de + 3 - 2 indices de lumination. En surexposition de deux diaphragmes, les images sont aussi bonnes et possèdent même une précision des contours supérieure à celles des images réalisées à la sensibilité nominale.

Le Super HR possède encore un autre avantage, qui, d'après Fuji, lui est spécifique : harmoniser les

valeurs entre premier plan et arrière-plan lors de l'utilisation d'un flash.

Cette nouvelle émulsion est donc censée réduire dans de notables proportions ces inégalités d'éclairement. Sur le film de notre cartouche, nous avons pris deux photos de sujets espacés en profondeur de 50 cm en 50 cm. Les résultats semblent donner raison à Fuji, mais il ne sera possible de se faire une opinion que lorsque des films seront disponibles pour faire des tests plus poussés.

De toute façon, on peut considérer comme admissible une différence de lumination entre les plans du sujet comprise entre + 3 et - 2 indices de lumination, puisque le film accepte ces écarts. Il est donc normal que cette latitude de pose accrue améliore le rendu des valeurs dans la profondeur de champ d'un sujet éclairé avec un flash disposé sur l'appareil.

Nous avons groupé nos observations dans un tableau auquel nous renvoyons maintenant le lecteur. Ce qui ressort le plus clairement de ces essais, c'est que les fabricants offrent des films négatifs qui améliorent réellement et de façon importante les épreuves en couleurs sur papier. Ces épreuves pourront être tirées par les laboratoires sur du papier de n'importe quelle marque (à noter au passage que Kodak annonce aussi le lancement d'un nouveau papier amélioré et adapté à ses films). Cela rend difficile toute appréciation qui conduirait à préconiser une marque de film. **Alex Kovaleff**



# UNE HISTOIRE SANS QUEUE NI TÊTE

Pour les

*Français, les crevettes sont des crustacés marins, un point, c'est tout. Or, non seulement ce préjugé leur coûte cher, mais il peut être dommageable à leur santé. Une curieuse affaire d'eau douce... et de coups en douce.*

**A** la question : « Avez-vous déjà mangé des crevettes d'eau douce ? » bon nombre de Français, croyant à une blague, répondraient par un éclat de rire. Et pourtant l'espèce existe. Mais l'une des principales caractéristiques semble être la clandestinité : aidée par une réglementation des plus floues, elle parvient à faire oublier son milieu d'origine.

La crevette d'eau douce vit à l'état naturel dans les fleuves, les rivières ou les lacs de la zone intertropicale. Elle est aussi élevée en bassins. Sa taille impressionnante lui a valu le nom de "crevette géante" (*giant freshwater shrimp* ou *giant river prawn* en anglais), mais, en raison de l'extrême confusion qui règne à travers le monde dans la désignation des crustacés, on la retrouve également sous les appellations de "bouquet géant", "caramon", "scampi" ou "langostino". Son nom scientifique est *Macrobrachium* (1) et lui vient d'une première paire de pattes très développées et terminées par de fortes pinces. Enfin, en France, sa dénomination la plus courante est "chevrette" (qui n'est pas, comme on pourrait le croire, une déformation du mot "crevette", mais plutôt un retour aux sources : en effet les deux longues antennes que portent ces crustacés leur ont valu autrefois le nom de "chevrettes", nom

qui, peu à peu écorché, s'est transformé en "crevettes" (2).

Appartenant à la famille des Palaemonidae, le *Macrobrachium* comprend de multiples espèces : *Macrobrachium*, *acanthurus*, *M. americanum*, *M. carcinus*, *M. lamerrei*, *M. malcomsonii*, *M. nipponense*, *M. chione*, *M. rosenbergii*, etc., chacune étant propre à une région du monde, des Etats-Unis au Japon et de l'Australie à l'Amérique du Sud. Tout *Macrobrachium* est d'eau douce ou, à la rigueur, saumâtre. Certaines espèces vivent même alternativement en eau douce et en eau saumâtre : en effet, pour des raisons encore mystérieuses, les femelles descendent pondre dans les estuaires, et les larves passent leurs premiers mois en milieu légèrement

salé ; puis, lorsque celles-ci ont atteint le stade zoé, elles remontent le fleuve pour retrouver des eaux parfaitement douces.

Depuis longtemps, le *Macrobrachium* est pêché de façon artisanale par les populations locales. L'espèce qui présente le plus d'intérêt commercial est le *Macrobrachium rosenbergii*, originaire du Sud-Est asiatique, qui, adulte, peut atteindre 30 centimètres et peser jusqu'à 200 grammes. Des tentatives d'élevage en bassin ont démarré en 1959 et sont aujourd'hui de pratique courante au Pakistan, au Bangla Desh, en Inde, en Indonésie, en Thai-



Boîtes de chevrettes. "Shrimp" signifie simplement crevette, en anglais ; le paquebot, sur une boîte, l'appellation "Okeanos", sur l'autre, entretiennent l'ambiguïté.





Cuites et étêtées, toutes les crevettes se ressemblent ou presque. A gauche, on est sûr qu'il s'agit d'une "vraie" crevette ; à droite on ne saurait dire s'il s'agit d'une chevrette (eau douce) ou d'un bouquet qui appartiennent à la même famille.

lande, en Malaisie et aux Philippines.

D'autres pays, comme le Japon, le Mexique, les Etats-Unis et l'Angleterre, se sont également lancés dans l'élevage du *Macrobrachium rosenbergii* à partir de souches introduites. La France, elle, grâce au CNEXO (Centre national pour l'exploitation des océans, aujourd'hui rebaptisé IFREMER), s'est engagée en 1973 dans cette voie : quatre centres d'élevage existent aujourd'hui en Guadeloupe, à la Martinique, en Guyane et en Polynésie, mais leur production n'alimente encore que les marchés locaux.

La chevrette (retenons ce terme pour l'ensemble des crevettes d'eau douce) est présente sur les marchés européens depuis une quinzaine d'années, mais son introduction s'y est faite de manière fort discrète. Issues pour une large part des élevages intensifs installés dans des pays où les coûts de production sont relativement faibles, les chevrettes sont généralement de 30 à 50 % moins chères que leurs "cousines" marines.

De plus, les accords commerciaux passés par la Communauté européenne avec les pays en voie de développement permettent aux pays du tiers monde producteurs de chevrettes de bénéficier d'une réduction notable des droits de douane frappant toute marchandise non originaire de ladite Communauté. Ainsi, pour bon nombre de pays du Sud-Est asiatique (Thaïlande, Vietnam, Malaisie), ces droits sont ramenés de 18 à 4,5 %, et les pays particulièrement démunis, tel le Bangla Desh, en sont même totalement exonérés.

Il va sans dire que ces mesures de faveur, en abaissant encore les prix des chevrettes, ont orienté de façon définitive le choix des importateurs européens. Il n'est donc pas étonnant que le

Bangla Desh soit aujourd'hui notre principal fournisseur, suivi par l'Inde, l'Indonésie, la Birmanie, puis le Vietnam, la Malaisie et la Thaïlande.

Les importateurs s'intéressent également beaucoup à l'âge des chevrettes et à leur conditionnement. En effet, si les traits caractéristiques de la chevrette adulte sont bien marqués (taille, longues pinces, couleur bleuâtre <sup>(1)</sup>), il n'en va pas de même lorsque l'animal est encore jeune : il se confond alors très facilement avec les crevettes de mer. La distinction est même pratiquement impossible à faire lorsque les pattes et la tête ont été enlevées, et à plus forte raison lorsque le crustacé est entièrement décortiqué. Voilà pourquoi la chevrette est beaucoup plus fréquemment vendue en queue et de petite taille qu'entière et adulte.

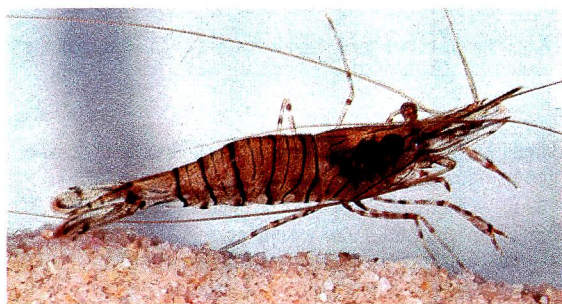
D'un point de vue gastronomique, la différence de saveur est très nette entre la chevrette et la crevette de mer, et, même s'il est difficile de porter un jugement catégorique dans un domaine où entre une bonne part de subjectivité, il est indéniable que la première est plus fade que la seconde. Le parfum marin, qui, à l'origine, a fait la réputation de la crevette, est naturellement absent chez la chevrette. De plus, cette dernière est d'une consistance beaucoup moins ferme. Mais, comme pour tous les aliments, les préparations relevées nivellent les écarts de saveur, et la comparaison devient alors

(1) Certains, traduisant de manière aussi approximative que "moderne" ce terme latin, l'ont surnommée, non sans humour, "Big Mac" !

(2) "Chevrette" désigne encore, dans certaines régions de France, la crevette rose ou bouquet (Bretagne) ainsi que les petites crevettes d'eau douce de la famille des *Atyidae* Atya ou Caridine).

(3) Toutefois, à la cuisson, la chevrette perd sa couleur bleuâtre pour devenir rose.





En haut, des chevrettes jeune et adulte, en bas, un bouquet. A maturité, la chevette est beaucoup plus grosse que le bouquet, mais les jeunes des deux espèces sont facilement pris l'un pour l'autre.

affaire de spécialistes.

En résumé, un prix avantageux, un aspect et une saveur, qui, dans certaines conditions, peuvent soutenir la comparaison avec les crevettes de mer, ont fait le succès des chevrettes sur les marchés européens. Un succès qui repose toutefois sur un malentendu complaisamment entretenu par la discrétion des importateurs et le mutisme des distributeurs.

C'est par la Belgique que les chevrettes sont entrées en Europe. Aujourd'hui, la majeure partie des grosses crevettes consommées dans ce pays sont des crevettes d'eau douce. De Belgique, elles sont passées en Allemagne, en Hollande, en Suisse et en France. Dans notre pays, la part du marché détenue par les chevrettes est loin d'être aussi marginale que certains voudraient le faire croire. Des sociétés comme Frais Gel, Mondigel, Diascora, ou Vietnam diffusion, spécialisées dans les produits du Sud-Est asiatique, importent des chevrettes depuis de nombreuses années (12 à 15 ans) et les commercialisent, soit par des magasins de détail, soit directement auprès des restaurateurs.

C'est dans la communauté asiatique, et plus particulièrement dans la restauration, que la che-

vette compte le plus d'adeptes. Se prêtant parfaitement aux préparations épicées propres à la cuisine chinoise ou vietnamienne, elle est couramment utilisée par de nombreux restaurants extrême-orientaux. Et même par d'autres ! « Tous les restaurants du quartier m'achètent de la crevette d'eau douce », nous a confié un détaillant du XIII<sup>e</sup> arrondissement.

Pourtant, malgré une enquête approfondie, nous n'avons trouvé mention de la chevette sur aucune carte ni aucun menu. Un restaurateur asiatique, pourtant nommément désigné par son fournisseur, nous dira même n'avoir jamais entendu parler de la crevette d'eau douce.

Il est vrai que les restaurateurs ne sont pas tenus à divulguer les ingrédients qui entrent dans la composition de leurs plats, et que, de plus, il n'existe aucune réglementation obligeant à distinguer les crevettes d'eau douce des crevettes de mer. Il n'empêche que cette tromperie par omission pénalise les restaurateurs qui demeurent fidèles aux crevettes de mer, et les payent à leur juste prix. Gageons que si, à l'inverse, la mention "crevettes d'eau douce" avait un caractère valorisant, elle ne manquerait pas de figurer sur toutes les cartes.

Cela dit, si la restauration asiatique est aujourd'hui le principal débouché de la chevette en France, elle n'en a pas l'exclusivité : ainsi l'un des "géants" du surgelé a récemment pris contact avec des importateurs de crevettes d'eau douce afin d'introduire ces dernières dans des plats cuisinés jusqu'ici confectionnés avec des crustacés marins. Il appartiendra au consommateur de faire la différence, comme il doit la faire au restaurant ou bien lorsqu'il achète des crevettes au détail.

Car les chevrettes sont vendues au détail chez les commerçants spécialisés dans les produits surgelés ou les produits asiatiques. On peut les reconnaître sans trop de difficultés lorsqu'elles sont proposées entières et adultes, mais il faut une très grande perspicacité et une parfaite connaissance de



l'animal pour les distinguer quand elles sont offertes en queue et plus jeunes (toujours sous forme congelée et en boîte d'environ 2 kilos, valant entre 100 et 150 francs).

En tout cas, que l'on ne compte pas trouver d'éclaircissements sur les emballages ! C'est à travers un véritable labyrinthe de termes obscurs et de formulations approximatives que l'acheteur doit se débrouiller. Exceptionnellement, il pourra découvrir — en petits caractères et en anglais — la mention *freshwater shrimp* ou *freshwater prawn* !; encore faudra-t-il qu'il sache que cela signifie "crevettes d'eau douce". Mais, la plupart du temps, aucune indication aussi précise ne figure sur la boîte.

L'information sur la taille des animaux, obligatoire celle-là, n'est pas non plus d'une clarté aveuglante : tout d'abord il faut comprendre que l'unité de référence est la livre anglaise (453 g), et ensuite que les chiffres 11/15 ou 61/70 indiquent le nombre de crevettes par 453 grammes, et donc leur taille ! Seule l'origine des crustacés est clairement spécifiée : *product of Indonesia*, *product of Bangladesh*, etc.

Quant aux illustrations et aux appellations commerciales qui figurent sur les emballages, elles sont le plus souvent destinées à engendrer la confusion ou à entretenir l'illusion. On trouve ainsi couramment des images de mer, de vagues, de chalutiers, qui toutes renvoient au milieu marin et non à l'eau douce. Les noms de marque sont également choisis à dessein : une firme de Bangkok, par exemple, propose ses chevrettes dans des boîtes sur lesquelles s'étale en caractères généreux le label "OKEANOS" (océan, en grec), qui n'évoque pas précisément une rivière, un lac ou un bassin d'élevage.

Il existe pourtant un décret, en date du 7 décembre 1984, qui stipule dans son article 3 : « L'étiquetage et les modalités selon lesquelles il est réalisé ne doivent pas

## COMMENT DISTINGUER LES CREVETTES

Deux groupes se partagent l'essentiel des familles et des espèces consommées dans le monde : les Caridés et les Penaeidés.

Dans le groupe des Caridés figurent à la fois des crevettes de mer et des crevettes d'eau douce, tandis que les Penaeidés sont uniquement de mer.

Deux éléments permettent de départager ces deux groupes (voir dessins) :

1. Le second segment de la carapace de la queue est totalement recouvrant chez les Caridés (le second segment recouvre à la fois le premier et le troisième), alors que tous les segments sont disposés en "tuiles" chez les Penaeidés.

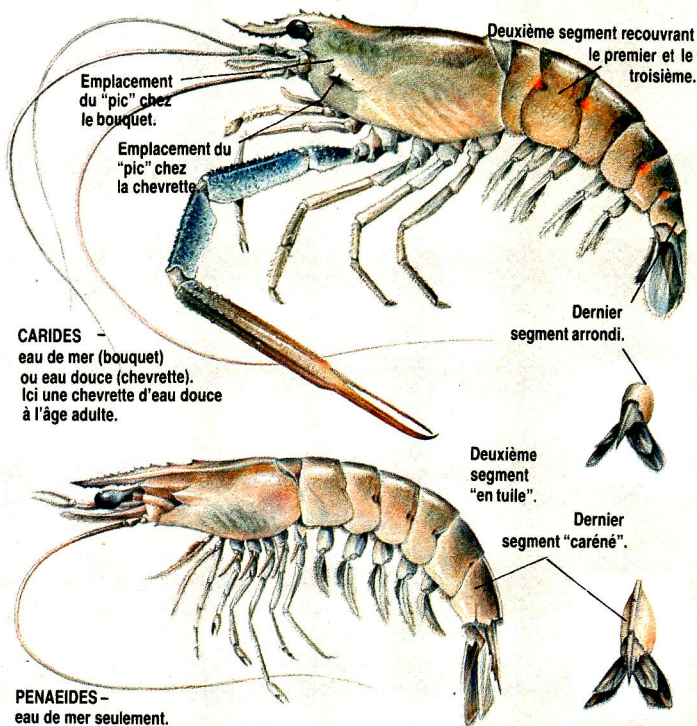
2. Le dernier segment de la queue est arrondi (en coupe) chez les Caridés ; il est pointu ou "caréné" chez les Penaeidés.

On trouve, notamment, dans le groupe des Caridés : les crevettes roses nordiques (*Pandalus borealis*), les petites crevettes grises (*Crangon crangon*) et toute la famille des Palaemonidae qui comprend à la fois des crevettes de mer, les fameux bouquets (*Palaemon serratus*), et des crevettes d'eau douce, les chevrettes (*Macrobrachium*).

Dans le groupe des Penaeidés, les

deux espèces les mieux connues en France sont : les caramottes (*Penaeus kerathurus*) et les gambas. Encore faut-il se méfier de l'appellation de "gambas" qui, en France, est libre et appliquée à toutes les crevettes de grande taille, y compris les crevettes d'eau douce. Stricto sensu, "gamba" est le nom espagnol des *Parapaeneus longirostris*, une crevette rose de 18,6 cm au plus, pêchée au large des côtes espagnoles, françaises et italiennes, et dans le golfe de Guinée.

Chevrettes et gambas n'appartiennent donc pas au même groupe et peuvent être aisément distinguées par l'observation des deux éléments indiqués ci-dessus. Mais comment différencier, au sein de la famille des Palaemonidae, les crevettes d'eau douce des crevettes de mer, autrement dit les bouquets des chevrettes de petite taille ? En dehors de la différence de saveur, il n'existe à vrai dire qu'une seule dissemblance morphologique : la petite épine qui se trouve à l'avant du rostre, est relativement développée et légèrement en retrait chez les chevrettes ; elle est plus fine et au bord du rostre chez les bouquets. Mais ce moyen d'identification demeure précaire, car les chevrettes de petite taille sont presque toujours importées en queue.



être de nature à créer une confusion dans l'esprit de l'acheteur ou du consommateur, notamment sur les caractéristiques de la denrée alimentaire, et plus particulièrement sur la nature, l'identité, la qualité (...)» Ce texte, on se demande bien pourquoi, semble ne pas devoir s'appliquer aux chevrettes. Y aurait-il en l'occurrence deux poids et deux mesures, ou bien ignorerait-on en haut lieu qu'il existe des crevettes d'eau douce ?

Aussi étonnant que cela puisse paraître, la seconde hypothèse est sans doute la bonne. En effet, non seulement, ainsi que nous le disions plus haut, aucune réglementation n'oblige à distinguer les crevettes d'eau douce des crevettes de mer, mais les douanes elles-mêmes ignorent superbement les chevrettes. Pour cette administration, les 2 000 à 2 500 espèces répertoriées de crevettes se classent en cinq catégories :

- les crevettes de la famille des Pandalidae (petites roses) ;
- les crevettes grises du genre "Crangon", fraîches, réfrigérées ou simplement cuites à l'eau ;
- les crevettes grises du genre "Crangon, autres" ;
- les bouquets ;
- les autres crevettes.

La chevette n'a donc pas d'existence douanière : elle fait partie de ces "autres crevettes" qui, dans les statistiques officielles, représentent presque la moitié des importations de crevettes entières (11 000 tonnes sur 27 000). Voilà pourquoi il est impossible de connaître exactement la consommation de crevettes d'eau douce en France. On est réduit aux estimations : ainsi, d'après certains spécialistes, les importations de chevrettes en région parisienne tourneraient autour de 20 t par mois.

Mais il y a plus grave. Cette non-existence légale des crevettes d'eau douce, outre qu'elle favorise toutes sortes de tricheries, comme l'alignement de leur prix sur celui de leurs "cousines" marines, ou l'utilisation de chevrettes pour des campagnes promotionnelles, peut de surcroît rendre aléatoires les contrôles vétérinaires, puisque ceux-ci sont effectués sur des animaux considérés à tort comme venant de la mer.

Le contrôle vétérinaire des denrées alimentaires importées en France est pratiqué au moment du dédouanement des marchandises. Il consiste à vérifier si celles-ci n'ont subi aucun dommage, si elles correspondent bien au certificat d'origine qui les accompagne et, le cas échéant, si elles ne font pas l'objet d'une interdiction ou d'une restriction.

Or, sur la quasi-totalité des documents présentés par les importateurs, au paragraphe concernant l'identification des denrées figure le nom scientifique de la famille : "Palaemonidae" et non celui de l'espèce : "*Macrobrachium*". Ce tour de passe-passe, qui n'a jamais retenu l'attention de l'administration, empêche le vétérinaire de savoir à quel

genre de crevettes il a affaire, car la famille des Palaemonidae comprend à la fois des crevettes d'eau douce et des crevettes de mer (voir **encadré** sur l'identification des crevettes). Faute d'information, il applique systématiquement les tests et les contrôles prévus pour les espèces marines.

Pour le Dr Petit, chef du laboratoire vétérinaire de Rungis, l'assimilation du *Macrobrachium* aux espèces d'eau de mer pose le problème de l'efficacité des contrôles pratiqués. En effet, parmi les analyses effectuées, certaines sont fonction du milieu d'origine des animaux. Ainsi, en ce qui concerne le vibron, les recherches portent sur *Vibrio parahaemolyticus* pour les espèces marines, et sur *Vibrio cholerae* pour les espèces tropicales des eaux douces, saumâtres ou côtières (en Suisse, le vibron du choléra est systématiquement recherché chez toutes les crevettes importées). Pour les espèces d'eau douce, les recherches peuvent s'étendre aux germes des maladies endémiques propres aux pays d'origine. Enfin, pour les produits manipulés (crevettes décortiquées ou cuites), des contrôles supplémentaires sont prévus en vue de dépister les contaminations d'origine humaine directe (les staphylocoques, par exemple <sup>(4)</sup>).

Il va sans dire que, même si, en France, aucun accident n'est encore à mettre au compte de la chevette, la plus grande vigilance s'impose : tout risque doit être éliminé par des contrôles appropriés. Une épidémie de choléra s'est déclarée en 1961 aux Philippines, due à des crevettes d'eau douce consommées crues (mode d'absorption qui, fort heureusement, ne correspond pas aux habitudes alimentaires des pays européens). Souhaitons que pareille mésaventure ne se reproduise pas en France par la faute d'une classification imprécise et d'une réglementation mal adaptée.

Aussi bien serait-il urgent que l'on mette fin au silence équivoque qui entoure les crevettes d'eau douce, et que l'on reconnaisse franchement leur spécificité. Si elles ont l'aspect des crevettes de mer, elles n'en ont pas le goût. Les assimiler les unes aux autres sous prétexte qu'elles appartiennent à la même famille animale, c'est un peu comme si l'on faisait aucune différence entre le lièvre et le lapin de choux pour la raison qu'ils font partie tous les deux de la famille des rongeurs lagomorphes. Certains produits alimentaires doivent satisfaire à toutes sortes d'exigences réglementaires, parfois surabondantes : c'est le cas des

(4) D'une manière générale, les risques de troubles ou d'accidents occasionnés par les crustacés sont proportionnels au nombre des manipulations qu'ils ont subies (décorticage, emballage, etc.). C'est pourquoi, même si le produit est cuit, il est recommandé de le plonger quelques minutes dans l'eau bouillante, afin d'éliminer tous les germes et micro-organismes indésirables. Car la congélation ne tue pas ces derniers ; elle ne fait que ralentir leur multiplication.



poulets, par exemple, assujettis à une kyrielle de normes d'élevage, d'abattage et de conditionnement. Pour les crustacés en général, nous sommes loin de l'excès, et l'on pourrait commencer par exiger que les documents qui les accompagnent soient au moins correctement libellés, mentionnant le nom de l'espèce, et non plus seulement celui de la famille. Après tout, ce qui est valable pour les viandes et les poissons doit pouvoir aussi s'appliquer aux crustacés !

Le consommateur, lui, n'a rien à gagner au flou dans lequel baignent les chevrettes, car, tant qu'elles ne seront pas distinguées des autres crevettes, il ne pourra pas bénéficier de leur principal atout : leur bas prix. Aujourd'hui, le non-initié — c'est-à-dire la majorité des Français — est non seulement trompé sur la qualité de la marchandise qui lui est vendue, mais il doit de surcroît l'acquitter au prix fort, la plupart des commerçants profitant de la ressemblance pour appliquer aux crevettes d'eau douce les tarifs des crevettes marines. Certains songeraient même, à utiliser un colorant végétal pour masquer la seule différence visible : le teint bleuâtre des sujets adultes, entiers et crus.

Il est donc temps que la chevette sorte de sa clandestinité, même si celle-ci n'est pas pour déplaire à tout le monde. C'est à l'administration de prendre des dispositions pour qu'éclate enfin la vérité et que cessent les abus. A la Direction de la qualité (au ministère de l'Agriculture), il semble que l'on soit conscient de ces problèmes et que l'on s'appête à intervenir : une note d'information concernant la *Macrobrachium* serait diffusée dans les prochains mois. Cela, en attendant la mise en place d'une nouvelle réglementation, et l'adoption de la seule mesure susceptible de permettre aux consommateurs de choisir : l'obligation d'afficher à l'étal comme sur les emballages la mention "crevettes d'eau douce".

**Jean-Christophe Duclos**

## L'ÉLEVAGE DES CHEVRETTES

La Guyane compte actuellement une centaine d'hectares de bassins dans lesquels sont élevées des chevrettes. Répartis en petites unités artisanales d'environ 5 hectares, ces élevages sont régulièrement suivis par les techniciens de Guyane Aquaculture, qui aident leurs propriétaires à franchir le cap difficile des premières années d'exploitation.

En effet le programme guyanais en est à ses débuts. Si les conditions techniques de l'élevage sont aujourd'hui parfaitement maîtrisées, il reste beaucoup à faire sur le plan de la rentabilité. Le rendement attendu par hectare et par an se situe autour de 2,5 à 3 tonnes ; or, il n'est actuellement que d'environ une tonne. Cela suffit pour alimenter le petit marché de Cayenne et des alentours, mais les prix sont encore trop élevés pour que la crevette guyanaise ait des chances de s'imposer sur les marchés extérieurs. Ils vont actuellement de 50 à 60 francs le kilo en sortie de bassin, alors qu'ils ne devraient pas dépasser 45 francs (ce qui, pour le produit rendu en métropole, les porterait à 60 ou 70 francs le kilo).

Afin de résoudre ce problème de compétitivité, une société guyanaise de traitement de pêche, la PIDEG, envisage d'utiliser les restes de poissons et les têtes de crevettes pêchées en mer pour nourrir les chevrettes. Elle s'appête à créer quelque mille hectares de bassins, pour l'exploitation dequels elle apportera ses structures de congélation, de stockage et de transport.

L'élevage du *Macrobrachium rosenbergii* est relativement simple. Il se fait en deux étapes, correspondant aux deux phases du cycle biologique de l'animal. En effet, à l'état naturel, le *M. rosenbergii* passe la première période de sa vie, de la ponte au stade zoé (environ 45-60 jours), en milieu très légèrement salé, dans les estuaires. Ensuite, il remonte les fleuves pour achever sa croissance et mener sa vie adulte en eau douce.

En élevage, les choses se passent de la manière suivante. Des couples de géniteurs sont placés en bassins extérieurs, puis, au bout d'un certain temps, les femelles, porteuses chacune d'environ 20 000 œufs fécondés, sont recueillies et dépossédées de leur précieuse charge. Celle-ci est acheminée vers l'écloserie.

L'écloserie est un bâtiment fermé où ont été reconstituées les conditions nécessaires à l'éclosion des œufs et à la croissance des larves. Les œufs "pré-



Sur les bassins, les "seines", filets pour pêcher les chevrettes.

levés" sont déposés dans des bacs d'eau saumâtre où un courant artificiel est maintenu en permanence. La température, la lumière, la salinité, l'oxygénation de l'eau sont soigneusement contrôlées, car c'est la conjonction de ces différents paramètres qui permet d'obtenir un développement optimal.

Au bout de 45 à 60 jours, les post-larves sont transférées en bassins extérieurs pour la phase de grossissement. Ces bassins, généralement rectangulaires, ont une surface d'environ un hectare ; creusés dans des sites argileux, ils ne font l'objet d'aucune préparation spéciale, sinon un compactage du fond destiné à en assurer l'étanchéité. L'eau d'une rivière proche y est acheminée par pompage, et un système de vannes permet le maintien d'un juste niveau. La température de l'eau est quotidiennement contrôlée : elle doit autant que possible demeurer autour de 30 degrés, car la croissance des animaux est alors maximale ; au-dessous de 20 degrés, elle est nulle.

Les chevrettes sont nourries avec un aliment composé — à base de poulet — dont le taux de conversion se situe entre 2 et 3 (2 ou 3 kilos de granulés pour un kilo de crevettes).

Il faut environ 18 mois pour obtenir un animal adulte pesant une centaine de grammes. Mais les besoins de la commercialisation et les impératifs de rentabilité (ainsi que les habitudes des consommateurs) poussent les aquaculteurs à pêcher leurs chevrettes au sixième ou septième mois, lorsqu'elles pèsent entre 25 et 30 grammes. Ils peuvent ainsi accélérer, et donc multiplier, les cycles de production.



## Lumières sur la Lune et Mars

JOURNAL DE L'ASTRONOME

*Juillet, nom magique, comme août, qui évoque les vacances et l'été. C'est la période où, normalement dans notre hémisphère boréal, les conditions météorologiques sont les plus favorables à l'observation astronomique. La faible nébulosité, la douceur des nuits rendent plus faciles les contacts avec le ciel nocturne.*

**N**ous retiendrons comme sujet de nos observations deux astres opposés dans le ciel des Anciens : la blonde Séléné, pacifique astre des nuits, et Mars, planète rouge et dieu de la guerre.

Pour l'observation de la Lune, nos yeux ou une paire de jumelles suffiront.

Mars, en position extrêmement favorable, nécessitera une petite lunette ou un télescope.

**Au clair de la Lune.** Célébré par les poètes depuis les temps les plus reculés, muse des peintres, photographes ou cinéastes, complice des amoureux, le clair de Lune est un phénomène naturel aussi bien connu que le vent ou la pluie. Chacun a pu constater que tous les clairs de Lune ne se ressemblent pas. Certains éclairent plus que d'autres, sans que l'atmosphère terrestre soit pour autant en cause. Qu'en est-il exactement ?

Le clair de Lune est le phénomène par lequel notre satellite naturel réfléchit vers notre globe

une partie du rayonnement solaire qu'il reçoit. Examinons cela de plus près en expliquant tout d'abord le mécanisme des phases lunaires. Le phénomène est simple, mais sa compréhension spatiale pas toujours aisée.

La **figure 1** permettra de suivre l'explication. Considérons la Terre en un point de son orbite autour du Soleil. La Lune tourne autour de la Terre. Elle met 27,32 jours pour effectuer cette révolution. En chaque point de son orbite la Lune nous présente un aspect différent. En voici la raison :

Au point n°3 sur le dessin, la Lune est à l'opposé du Soleil (situé à droite). Vue depuis la Terre, elle est donc entièrement illuminée et nous présente un disque circulaire parfait, c'est la pleine Lune.

A l'opposé (position 1) la face éclairée par le Soleil et dirigée vers celui-ci, la face dirigée vers la Terre est dans l'obscurité, elle est donc inobservable, c'est la nouvelle Lune.

Dans les positions intermédiaires (2 et 4) nous voyons une moitié de face illuminée et une moitié de face sombre, ce sont les quartiers.

La nouvelle Lune étant prise pour origine de la "lunaison", la position 2 est appelée "premier quartier", la position 4 "dernier quartier".

Dans les positions intermédiaires, toutes les phases sont possibles, ainsi que le montre le dessin.

La Lune est un astre mort, sans lumière propre. Si nous pouvons l'observer, c'est parce qu'elle réfléchit une partie de la lumière reçue du Soleil. C'est cette lumière qui constitue le clair de Lune.

En réalité, le pouvoir réfléchissant de la Lune est très médiocre. Le sol, constitué de roches sombres, est recouvert de poussière et ce n'est que 7 % en moyenne de la lumière reçue qui est réfléchi vers l'espace ; les astronomes disent alors que l'albedo de la Lune est de 0,07.

L'intensité du clair de Lune sera fonction de la phase lunaire. Il aura une intensité maximale à la pleine Lune. Mais au premier ou dernier quartier, l'intensité lumineuse ne sera que le douzième de la pleine Lune et non pas la moitié comme on pourrait s'y attendre.

Cela est dû à la structure poussiéreuse et rugueuse du sol lunaire qui accroît les ombres portées par les grains de sable lorsqu'on le regarde sous une faible incidence, ce qui est alors le cas.

De toute façon, même à sa valeur maximale et par un ciel bien transparent, le clair de Lune n'est pas en fait très lumineux. Toutes mesures faites, il correspond à l'éclat d'une simple bougie placée à 2 m de l'observateur. Il est d'ailleurs facile de constater qu'écrire ou lire au clair de Lune n'est pas chose évidente.

**Au clair de la Terre.** Si la Lune est un astre sombre et peu réfléchissant, il en va différemment de la Terre. Notre "planète bleue", ainsi nommée par les premiers astronautes, est recouverte en majeure partie par les océans et très souvent par d'énormes masses nuageuses. Le tout constitue un bien meilleur miroir que la Lune.

Notre planète renvoie ainsi dans l'espace près de 40 % de l'énergie



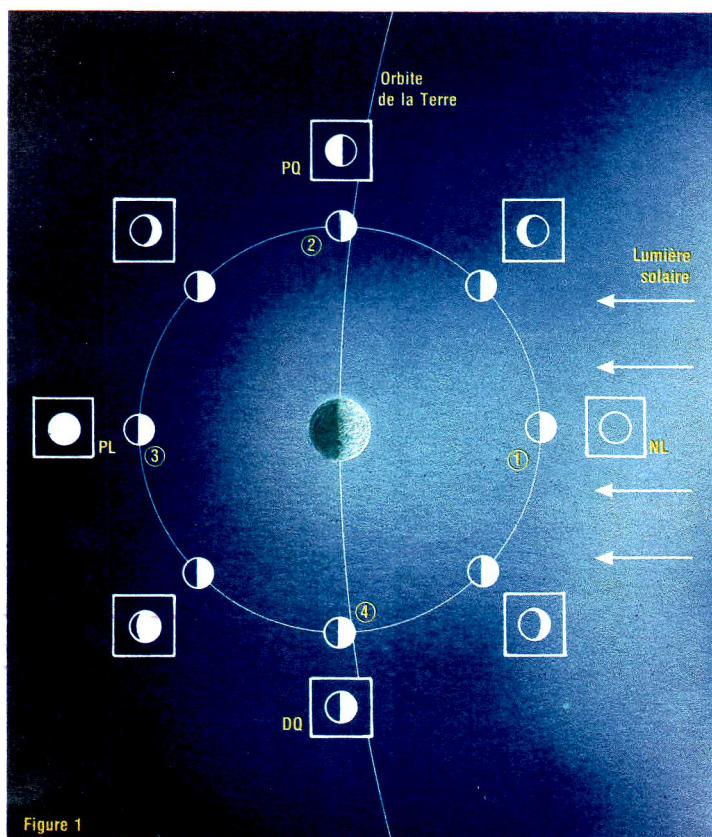


Figure 1

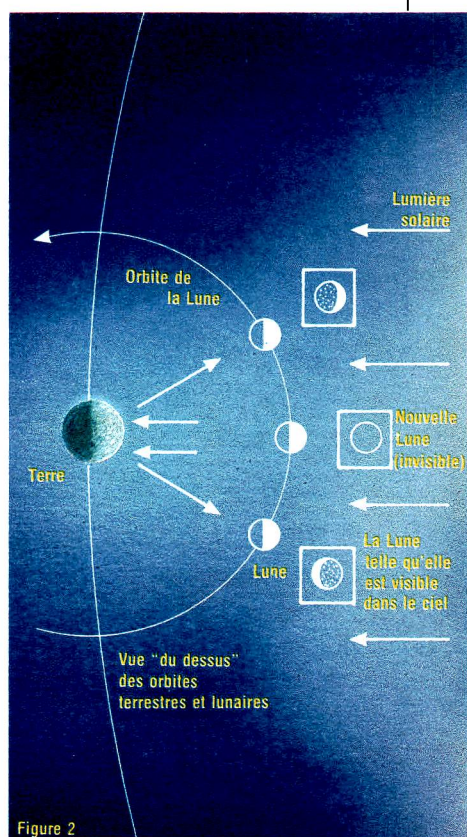


Figure 2

lumineuse reçue du Soleil.

Suivant la position de la Lune par rapport à la Terre, elle peut à son tour être éclairée par la Terre (figure 2). Il se produit alors dans les zones obscures de la Lune "un clair de Terre".

C'est ce clair de Terre que nous vous proposons d'observer ce mois-ci. Comme on le constate sur la figure, il est observable avant et après la nouvelle Lune. Son intensité maximale se situant environ 4 jours avant ou après.

La Lune est alors observable sous la forme d'un mince croissant lumineux, mais avec une bonne vue ou en s'aidant d'une paire de jumelles, on peut distinguer la partie obscure.

C'est ce que l'on appelle en astronomie "la lumière cendrée de la Lune". Au fond, nous observons le reflet d'un reflet.

Voici pour les mois d'été les périodes favorables.

Les figures 3 et 4 montrent le phénomène pour juillet :

MOIS	JOURS	POSITION DE LA LUNE DANS LE CIEL
JUILLET	du 2 au 5 du 9 au 12	Le matin, vers l'est Le soir, à l'ouest
AOUT	du 1 au 3 du 7 au 10	Le matin, vers l'est Le soir, vers l'ouest
SEPTEMBRE	du 30 août au 2 septembre du 6 au 9	Le matin, vers l'est Le soir, vers l'ouest

Bien entendu, les observations du matin s'effectuent avant le lever du Soleil, celles du soir après.

A vous de trouver les périodes suivantes.

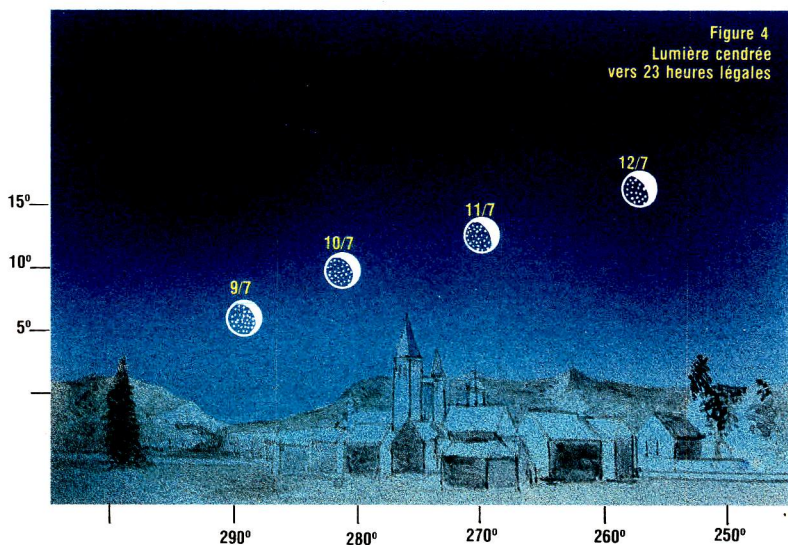
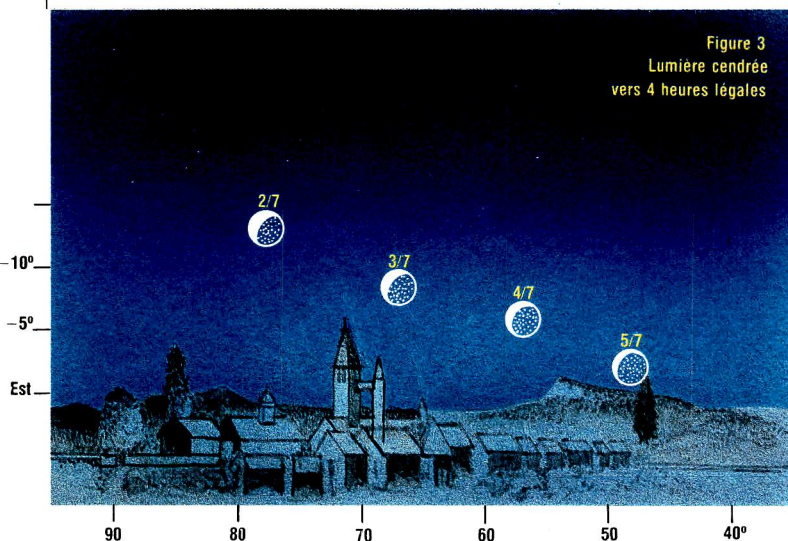
**Mars et juillet.** Il ne s'agit pas d'une boutade météorologique, du moins espérons-le ! Mais il faut signaler à tous ceux nombreux qui possèdent un petit instrument d'astronomie qu'en juillet 86 la planète rouge se présentera dans des conditions optimales. Une occasion à ne pas rater, car elle ne se représente que tous les deux ans et pas toujours de façon aussi sa-

tisfaisante que cette année.

En voici les raisons : une fois de plus il faut considérer les orbites des planètes autour du Soleil. La Terre effectue une révolution autour du Soleil en un an. Mars, dont l'orbite est plus éloignée du Soleil que la nôtre, effectue son tour deux fois plus lentement. La durée de révolution dure en effet 686,98 de nos jours. Du fait de ces périodes de révolution, la Terre et Mars ne se retrouvent à leur plus courte distance que tous les 2 ans 50 j.

Comme on le devine, c'est lors





de ces rapprochements appelés "opposition" que les conditions sont les meilleures pour observer la planète.

En effet, à ce moment-là, la distance qui nous en sépare étant minimale, son diamètre apparent sera maximal. Mars est alors plus facile à observer et les chances de percevoir des détails à sa surface accrues — voir **Figure 5**.

Mars n'est pas une planète géante, avec 6 794 km de diamètre seulement, elle se présente à nous sous forme d'un disque qui ne mesure en moyenne que quelques secondes d'arc. Pour fixer les idées, une seconde d'arc est l'angle

dans lequel on voit, à l'œil nu, une pièce de un franc à 5 km...

Une lunette d'amateur d'un diamètre de 60 mm peut distinguer (on dit séparer) deux secondes d'arc.

On comprendra alors facilement l'intérêt de l'opposition martienne de juillet, puisque la planète présentera un diamètre apparent de 23 secondes d'arc. Il y aura intérêt à poursuivre les observations les mois suivants pour assister à la formation de la calotte polaire visible sous la forme d'un petit point blanc au pôle Nord de la planète.

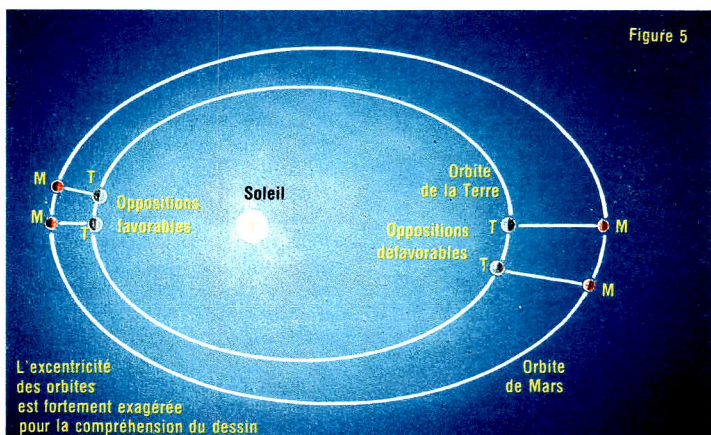
Ce sera l'automne dans l'hémisphère boréal martien, l'hiver commençant le 25 octobre 1986.

La prochaine opposition martienne aura lieu le 22 septembre 1988, elle sera également favorable. Mais, attention, les orbites des deux planètes ne sont pas circulaires. En raison de cette excentricité, toutes les oppositions ne sont pas équivalentes, certaines sont plus éloignées que d'autres, la distance minimale peut être de 55,76 millions de kilomètres correspondant à un diamètre apparent de 25 secondes d'arc.

À l'opposé, lors de l'opposition la moins favorable, la distance est de 101,4 millions de kilomètres, le diamètre apparent de 13 secondes d'arc. Lors de l'opposition 86, la distance entre les deux planètes sera de 60,3 millions de kilomètres.

Après les oppositions de 86 et 88, il faudra attendre août 2003 avant de retrouver d'aussi bonnes conditions.

Profitez donc de juillet pour regarder la planète rouge ! **Yves Delaye**





# Les pierres polies

PHYSIQUE AMUSANTE

**C**haque fois qu'on pose la main sur une rampe, qu'elle soit en bois, en pierre ou en acier, on lui enlève quelques molécules, ce qui ne se voit vraiment pas à l'œil nu. Mais quand beaucoup de mains se sont posées beaucoup de fois, toutes les molécules qui dépassaient ont été emportées et le dessus de la rampe est devenu bien lisse, brillant et pour tout dire parfaitement poli. Il suffit pour s'en assurer d'observer n'importe quel escalier dans un lieu public fréquenté.

Mais il faut toujours la main de l'homme, éventuellement serrée sur un chiffon à lustrer, pour avoir des surfaces brillantes car dans la nature le rugueux est la règle et le poli l'exception. N'offrent des reflets impeccables que les liquides au repos, en l'occurrence les étangs, les mares ou les flaques après la pluie, et certains solides cristallisés. Tout le reste est irrégulier, que ce soit la terre, les pierres, l'écorce des arbres ou le sable des plages. En petites dimensions, pourtant, la matière vivante offre bien quelques surfaces lisses, comme la cornée de l'œil ou le ventre coloré des hannetons. Le monde minéral fournit aussi des cristaux genre quartz dont les faces sont relativement lisses et planes à condition qu'ils aient été protégés de l'érosion ; encore sont-ils loin du surfacage impeccable d'un simple miroir de poche. Très tôt dans l'histoire de l'humanité est apparu le goût pour les surfaces très lisses parce qu'elles réfléchissent la lumière et scintillent au Soleil. Mais il était bien difficile de les obtenir et, à l'âge de la pierre poli, il fallait des journées d'effort pour faire d'un silex raboteux un tranchant de hache tout lisse. Et les pendentifis dont s'ornaient les dames de l'époque réclamaient autant de travail. C'est que le polissage est une science qui satisfait non seulement l'esthétique dans la bijouterie, mais aussi la mécanique et encore plus l'optique.

Il n'est pas question dans cette rubrique de partir d'un tessou de

bouteille pour en faire une lentille d'objectif photographique, mais plus simplement de voir la transformation qu'une opération de polissage très simple peut apporter aux solides amorphes constituant la majeure partie des roches qui nous entourent et qui se présentent souvent sous l'aspect de vulgaires cailloux. Or, les surfaces ternes et mates de ces cailloux peuvent se révéler fort belles si on

coup plus difficile à résoudre et à laquelle les chercheurs n'ont pu apporter une réponse satisfaisante qu'il y a seulement une trentaine d'années.

Pour commencer, on considère qu'il y a polissage réussi à partir du moment où la lumière se réfléchit, si bien qu'il y a reflet des objets environnants. Pour en donner une interprétation correcte, il faut donc attendre d'avoir une théorie précise et cohérente des ondes lumineuses. On sait aujourd'hui qu'il y a réflexion au sens optique à partir du moment où les aspérités de la surface sont petites devant la longueur d'onde du rayonnement considéré. Pour le spectre visible,



Le tonneau à polir et des pierres aux différents stade de polissage ; à droite un produit fini formant un collier.

veut bien se donner la peine de les polir. Toute la bijouterie décorative relève du même travail et part souvent de gemmes très répandues mais dont l'apparence première n'est guère encourageante — à signaler que le diamant lui-même, à l'état brut, n'a rien qui accroche l'œil.

Du point de vue scientifique, le polissage est loin d'être aussi simple qu'il n'y paraît ; a priori, en frottant longtemps et doucement une surface rugueuse, on finit par la rendre lisse et plus ou moins réfléchissante. Savoir ce qui se passe réellement au niveau microscopique est une question beau-

ces longueurs vont de 0,4 à 0,8 micromètre, et un objet sera nettement poli au sens optique quand ses moindres irrégularités de surface seront encore inférieure à ces valeurs. Ajoutons que même en mécanique fine on réclame souvent des finitions du même ordre.

Pour y parvenir, on ne démarre pas avec un chiffon doux, mais avec une lime, une râpe, ou une potée d'émeri à gros grain pour dégager les rugosités les plus grosses. On descend ensuite à un grain plus fin, ou une lime plus douce pour améliorer le premier travail et, de proche en proche, on parvient à une surface complète-



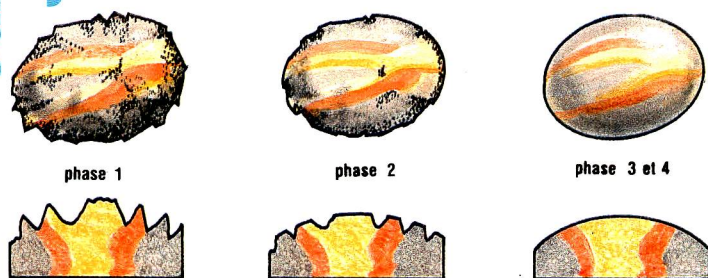


Figure 1. Les phases du polissage

ment unie et réfléchissante. Comme la lime, ou la meule, enlève visiblement de la matière que l'on retrouve au fur et à mesure sous forme de limaille, les premiers chercheurs en avaient conclu que le polissage repose uniquement sur un travail d'abrasion de plus en plus fin.

Puis, après la Première Guerre mondiale, l'Anglais Beilby découvrit que sur un métal poli soumis à l'acide, on voyait réapparaître les rayures dues à l'abrasif. Et il en déduisit que le polissage entraîne un fluage des aspérités les plus petites, une sorte de fluidité moléculaire qui, en quelque sorte, fait couler les sommets dans les vallées. De ce fait un film très mince — 5 millièmes de micromètre — ayant les mêmes propriétés réfléchissantes qu'un liquide couvrirait la surface extérieure de tout objet poli.

Cette couche de Beilby ne fit pas l'unanimité parmi les techniciens dont beaucoup pensaient toujours que le secret du polissage résidait dans un processus d'abrasion c'est-à-dire avec enlèvement de matière et non simple déplacement des bosses vers les creux. Pourtant, les travaux de Finch, en 1937, prouvèrent qu'il y avait bien une couche superficielle comme le pensait Beilby, mais que celle-ci se divisait en trois classes : amorphe, localement amorphe mais partiellement recristallisée ailleurs, et totalement recristallisée.

Pour expliquer le fluage de la matière, il fallait admettre que le frottement agissant sur de très petites aspérités les portait localement au voisinage du point de fusion, d'où l'écoulement des pointes vers les creux. Les travaux de Bowden et Hughes semblèrent confirmer cette hypothèse pour les

corps peu réfractaires puisqu'ils montrèrent que ce qui faisait l'efficacité d'un abrasif n'était pas tant sa dureté par rapport à l'élément traité, que son point de fusion. Plus tard, il fut toutefois prouvé que cette corrélation n'était plus exacte quand il s'agissait de polir des corps à très haut point de fusion. Il fallut alors admettre que les capacités d'une poudre à polir dépendaient de la dureté relative des matériaux en contact à la température dégagée par le frottement. Mais ceci implique que le mécanisme du polissage est bien un enlèvement de matière, donc une abrasion et non un écoulement.

En fait, comme allaient le montrer les expériences de Rabinowicz au MIT, le processus réel se situe entre les deux. Utilisant un détecteur de profil à amplification électronique, analogue dans son principe au comparateur mais beaucoup plus fin (capacité de mesure atteignant le centième de micromètre) il découvrit que le polissage laisse une surface qui n'est, ni lisse comme un liquide, ni striée de rayures microscopiques, mais complètement plate avec de très faibles ondulations. Par ailleurs la pesée de l'objet avant et après polissage montrait qu'il y avait bien eu enlèvement de matière. En pra-

tique, cet enlèvement ne se fait pas par grattage (théorie de l'abrasion) ni par écoulement (théorie de la fusion locale) mais par enlèvement de matière moléculaire par moléculaire.

La théorie complète de ce déplacement moléculaire fait appel aux chaleurs latentes de vaporisation, lesquelles dépendent des forces de cohésion entre molécules dans un corps donné. Nous n'irons donc pas plus loin dans l'interprétation du phénomène, le point important à retenir étant que le polissage est fondamentalement différent du meulage. Celui-ci, ou rectification, produit pourtant des surfaces extrêmement planes mais pas réellement lisses. Le poli ne s'obtient que par enlèvement moléculaire, soit par voie mécanique, soit par voie électrochimique.

C'est la première manière qui sera utilisée dans notre manipulation. Une fois n'est pas coutume, nous ne construirons pas le matériel dont nous allons nous servir. Non pas que la chose soit impossible, mais pour y parvenir il serait nécessaire d'avoir un atelier de petite mécanique qui n'est certainement pas à la disposition de la majorité de nos lecteurs. Il nous a paru plus réaliste d'utiliser un tonneau à polir du commerce, ou tumbler, conçu pour un emploi intensif. En effet, si polir des pierres n'offre aucune difficulté particulière, cela demande des jours et même des semaines d'usage continu.

Pour qu'un dispositif mécanique puisse fonctionner sans ennui pendant ce délai, et même bien plus longtemps, il doit être très solidement conçu en respectant des règles technologiques précises et utiliser des matériaux genre axes

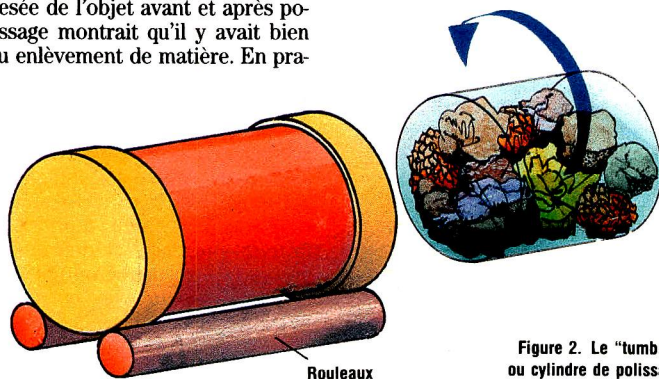


Figure 2. Le "tumbler" ou cylindre de polissage



et paliers en acier tourné dont l'usinage n'est pas à la portée de l'amateur. D'autre part, le tonneau de polissage proprement dit doit être facilement démontable et parfaitement étanche. Là encore, sa confection par l'amateur est difficilement envisageable.

Or, nous avons pour règle dans la présente rubrique, de ne proposer que des manipulations sûres, longuement testées et réalisables par tous. C'est pourquoi P. Courbier, auteur de la manipulation, a exceptionnellement retenu la solution de l'achat du matériel prêt à fonctionner. Cela dit, le polissage des pierres ou d'autres matériaux divers est une activité fort intéressante qui constitue une initiation au monde passionnant des gemmes et des minéraux. Il nous faut citer ici M. Pascal Entremont, gemmologue, dont les conseils éclairés ont considérablement facilité la préparation des expériences, ainsi que la revue *Mondes et Minéraux* qui met à la disposition de nos lecteurs un ensemble de pierres fines et ornementales prêtes à être polies. Le matériel à réunir pour le polissage est donc le suivant :

- Un tonneau à polir, ou tumbler, disponible chez Adam Montparnasse, 11 bd Edgar-Quinet, 75014 Paris, au prix de 595 F en magasin ; à cela il faut ajouter les quatre produits à polir qui coûtent 110 F, soit un total de 705 F. Par correspondance, il faut compter 90 F pour frais d'envoi, et la commande devra donc être accompagnée d'un chèque de 795 F.

- Les pierres fines et ornementales sont à prendre aux bureaux de *Mondes et Minéraux*, 17 rue Guersant, 75017 Paris, au prix de 135 F. Cette revue en assure également l'envoi en France pour la somme de 170 F.

Dans la limite des approvisionnements, la charge des pierres est composée de quartz blanc et rose, aventurine, jaspe, améthyste et chrysocolle. Ces minéraux ont été sélectionnés en fonction de leur aspect une fois polis et de leur dureté qui permet de les travailler simultanément.

Le polissage n'offre aucune difficulté particulière mais il faut respecter quelques règles faute de quoi on risque de perdre beaucoup de temps. Les phases du polissage

sont représentées, fortement grossies, **figure 1**. Dans un premier temps, le morceau est arrondi par l'attaque mécanique de l'abrasif à gros grains. Peu à peu, lors du passage à l'abrasif à grain fin, les aspérités restantes sont réduites, mais la surface terne — elle est dépolie ou plus exactement impolie. Le polissage proprement dit est assuré par les deux poudres ultrafines qui lissent la surface en enlevant les molécules une par une comme nous l'avons dit. Comme il y a beaucoup de molécules dans une seule aspérité minuscule, on conçoit facilement que ce soit la phase la plus longue.

Le bon sens, gros ou fin, exige en premier lieu que l'on ne polisse ensemble que des matériaux ayant

raient rectifier une forme en tapant dessus avec un marteau, il faut mettre des lunettes pour se protéger des éclats minuscules. En fait, il est préférable de faire disparaître les aspérités en pointe avec une tenaille.

On lavera soigneusement la charge de pierres à grande eau dans une passoire, puis il ne restera plus qu'à la mettre dans le tonneau. Celui-ci est en trois parties : un corps cylindrique et deux couvercles en polypropylène. Deux conditions doivent être remplies avant de le disposer sur les deux rouleaux qui l'entraîneront et le feront tourner sur son axe :

- il doit toujours être propre. Cela signifie qu'à chaque changement d'abrasif, on doit le laver très mi-



Rondelle  
d'étain



Boucle  
en laiton



Cyanocrylate



Figure 3.  
Exemple de  
fabrication d'un anneau

la même dureté ; faute de cette précaution, les plus durs rayeront les plus tendres. Pour cela, il faut au moins les déterminer, ce qui n'est pas simple — pour mieux s'y retrouver, on peut lire avec profit *Le guide des pierres précieuses, pierres fines et ornementales* de W. Schumann, Ed. Delachaux et Niestlé. En attendant de s'initier ainsi à la minéralogie, on choisira de préférence :

- soit du silex, ou une autre roche à base de silice, trouvés au bord du chemin ou sur une plage de galets ; ceux qui présentent des veines apparentes donneront d'excellents résultats.

- Soit du verre, et de préférence un mélange de tessons de plusieurs couleurs : verre à bouteille vert sombre, verre utilisé en pharmacie bleu ou brun foncé.

- Soit l'échantillonnage proposé par notre confrère *Mondes et Minéraux*.

Quels qu'ils soient, on s'arrangera pour que les morceaux de matériaux soient à peu près du même volume et qu'ils remplissent aux trois quarts le tonneau de polissage. On exclura les morceaux comportant des parties concaves dont le polissage serait problématique. Dans le cas où l'on souhaite-

nutieusement afin d'en éliminer toute trace.

- Les deux couvercles doivent être plaqués contre les rebords du cylindre. A cela deux raisons : c'est d'abord le moyen de le rendre étanche, et c'est ensuite la seule façon d'obtenir qu'il tourne rond car ce sont les deux couvercles qui reposent sur les deux rouleaux. S'ils ne sont pas parallèles, l'ensemble se déporte et frotte plus ou moins.

Le polissage est une longue opération : le tonneau va tourner jour et nuit pendant 15 à 18 jours. Notons également que le tonneau est plus ou moins bruyant ; il est donc souhaitable de l'installer dans une pièce inoccupée. Il ne faut pas pour autant le recouvrir avec un récipient pour étouffer le bruit : le moteur chaufferait. On peut, bien sûr, arrêter l'opération la nuit, mais il faudra alors en tenir compte et augmenter d'autant les temps de fonctionnement pendant le jour. Le mode opératoire, tel qu'il est décrit dans la notice, peut être résumé en cinq phases :

- 1<sup>re</sup> phase, durée 5 à 8 jours de 24 heures comme indiqué **figure 2**,



on remplit le tonneau aux trois quarts avec des pierres destinées au polissage et réduites en morceaux de 2 à 5 cm dans leur plus grande dimension. On ajoute deux cuillers à café d'abrasifs à gros grain, puis de l'eau jusqu'à immersion complète des pierres. Notons que cet abrasif est du carbure de silicium, connu sous le nom commercial de carborundum, et qui est intermédiaire en dureté (9 %) entre le corindon (8) et le diamant (10). Ajoutons que le corindon n'est que de l'oxyde d'aluminium normalement transparent, mais auquel des traces d'autres métaux peuvent donner une teinte rouge (rubis) ou bleue (saphir). Après s'être assuré qu'il ne reste pas trace d'abrasif sur la tranche supérieure du cylindre, on referme avec le couvercle, préalablement trempé dans l'eau chaude pour faciliter l'opération ; chasser l'air résiduel en appuyant au centre du couvercle afin d'obtenir une parfaite étanchéité. On met alors le tonneau sur les rouleaux et on branche le moteur. Chaque jour, on inspecte les résultats et, si besoin est, on rince et on remet de l'abrasif. Lorsque les pierres sont bien dégrossies, ce qui demande selon leur nature de 5 à 8 jours, on les place dans un égouttoir de cuisine et on les rince abondamment ainsi que les deux couvercles et le cylindre. Il est très important qu'il ne reste aucune trace de l'abrasif à gros grains. On élimine éventuellement les pierres fendues ou les morceaux trop petits.

- 2<sup>e</sup> phase, durée 5 à 6 jours.

On reprend la même procédure mais cette fois avec de l'abrasif à grain fin. La quantité reste la même — 2 cuillers à café ; pour le reste, inspection quotidienne et propreté absolue. A la fin de cette phase, il est possible de tester une pierre en la frottant vivement sur un linge mouillé saupoudré de potée d'étain dite polish.

- 3<sup>e</sup> phase, durée 2 jours.

Avant de reprendre les opérations précédemment décrites, mais cette fois avec une pâte à polir dite pré-polish, il faut à nouveau s'assurer qu'un abondant rinçage a vraiment éliminé toute trace d'abrasif. En outre, il faut dès à présent manipuler les pierres avec précautions et, notamment, ne pas les vider en vrac de la passoire

dans le tonneau mais les disposer une à une. Si les pierres semblent se choquer bruyamment, ajouter un peu de colle de pâte (colle Rémy) qui amortira les chocs.

- 4<sup>e</sup> phase, durée de 2 à 3 jours.

Il s'agit du polissage final, et la procédure est la même que pour la 3<sup>e</sup> phase en y apportant autant de soin, et même plus. La pâte à polir est la plus fine (polish).

- 5<sup>e</sup> phase, durée 4 à 6 heures.

C'est le lavage final ; pierres et tonneau étant parfaitement propres, on ajoutera une petite quantité de lessive et on fera tourner pendant 4 à 6 heures. Puis on rincera et séchera les pierres sans oublier d'en faire autant pour le tonneau qui sera prêt à recevoir une nouvelle charge.

Toutes ces recommandations sont extraites de la notice qui accompagne le tonneau. Elle en comporte d'autres qu'il nous a paru superflu de reproduire ici, mais il faudra les lire avec attention. Si les opérations ont été conduites correctement, ce qui ne demande que des soins et une grande propreté, les résultats ne décevront personne. Les vulgaires cailloux ou les pierres fines aux cassures ternes et mates prendront un éclat et un aspect magnifiques. Certains pourront vouloir les monter en sautoir ou en faire des colliers.

Bien que la bijouterie soit très éloignée de notre sujet, nous proposons une solution simple pour ajouter un anneau aux pierres polies. Il suffit de découper une rondelle dans une feuille d'étain de faible épaisseur comme on en trouve sur toutes les bouteilles de bordeaux de la qualité minimale. On découpera une petite bande de laiton dans une languette de pile plate 4,5 V et on formera une boucle, comme indiqué **figure 3**, qui sera passée dans l'ouverture de la rondelle. Il ne restera plus, après l'avoir coupée et formée, qu'à la coller avec de la Cyanolite sur la pierre polie. Une chaîne dorée complètera l'ouvrage. Le perçage des pierres, en revanche, est beaucoup plus délicat. Une meche diamantée est nécessaire, mais à condition d'avoir une perceuse à vitesse lente et d'y mettre la patience nécessaire, c'est quand même faisable : rien n'interdit de passer de la physique à la joaillerie.

**Renaud de La Taille**

## Les fonctions, par approximation

LE "MICRO" DE L'INGÉNIEUR

**P**afnoutiï Lvovitch Tchebychev était un mathématicien russe qui professait à Saint-Petersbourg au siècle dernier et qui avait deux passions : l'étude de la transmission du mouvement dans les engins à vapeur, fort à la mode à l'époque, et l'approximation des fonctions.

Nous pouvons sans scrupules passer rapidement sur le premier sujet, qui n'a pas fait progresser d'un iota la technique des locomotives, et dont l'histoire des sciences ne garde le souvenir que sous forme de curiosité sans application pratique d'aucune sorte. Par contre, l'approximation des fonctions est un domaine où Tchebychev innova, notamment par la mise en œuvre d'outils mathématiques fort commodes à manipuler, les polynômes.

Il en va des fonctions, en effet, un peu comme il en va des marées : il peut être utile de les simuler à moindres frais. L'analyse numérique — qui englobe les techniques pratiques de calcul, au moyen de calculateurs notamment — n'a pas réussi à mettre au point une théorie complète de l'approximation des fonctions et se contente de posséder un catalogue, d'ailleurs bien fourni, de méthodes parmi lesquelles le "bon" mathématicien, physicien ou ingénieur saura trouver celle qui lui conviendra le mieux.

Qu'est-ce qu'une fonction ? C'est une correspondance entre deux ou plusieurs variables. Ainsi, à un nombre de parts donné et dans le cas d'une situation familiale bien précisée, l'impôt sur le revenu est une fonction du revenu imposable et peut à ce moment être représentée par une courbe (**fig. 1**). Les lycéens du deuxième cycle auront reconnu sans peine une fonction affine par morceaux, hélas croissante et, pire encore, convexe, ce qui signifie que la concavité est



ournée vers le haut. Cette fonction a beau enlever le sommeil à nombre de concitoyens, elle est vraiment simple à calculer : quelques comparaisons, une multiplication et une division, quelques additions... Que dire alors d'une fonction comme celle-ci :

$$f(t) = \frac{100}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x-m}{\sigma}\right)^2\right] dx ?$$

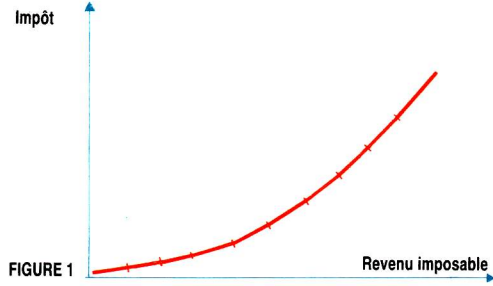


FIGURE 1

Elle nécessite l'intégration entre  $-\infty$  et  $t$  d'une deuxième fonction dont on ne connaît pas la primitive de façon explicite, c'est-à-dire que le calcul de cette intégrale ne peut être réalisé que de façon approchée, par la méthode de Simpson par exemple. Si le calcul doit être recommencé pour 100 valeurs différentes de la variable  $t$ , le travail sera d'autant plus long à

exécuter. Pour les intendants militaires, la fonction  $f(t)$  est certainement utile : elle donne le pourcentage d'appelés ayant une taille inférieure à  $t$ , dans une classe dont la taille suit une loi normale de répartition, avec une moyenne  $m$  et un écart-type  $\sigma$  (fig. 2). Il existe d'ailleurs beaucoup de cas où  $f$  n'est connue que sous forme d'une courbe expérimentale, en physique

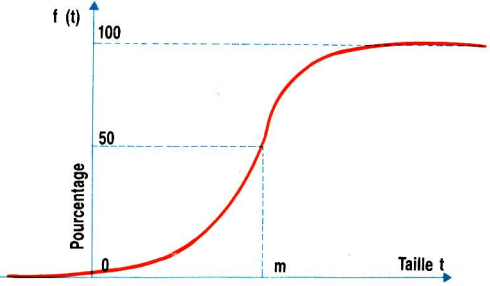
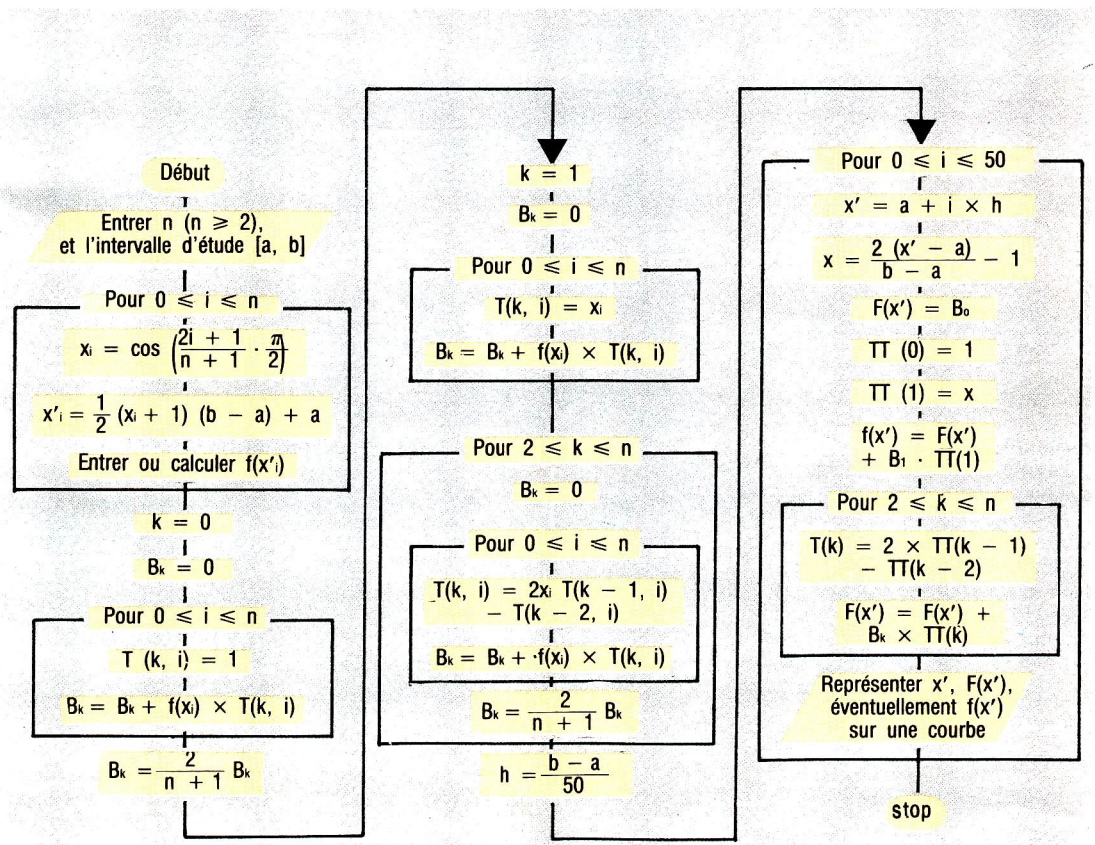


FIGURE 2





ou en chimie. Et il est alors bien utile de pouvoir la paramétrer de façon approchée.

L'idée de plusieurs grands mathématiciens tels que Lagrange, Newton, Legendre, Hermite ou Tchebychev fut, à partir de quelques points seulement, d'essayer de recomposer une fonction donnée, sur un intervalle fermé tout au moins, et ce avec une erreur majorable, car il ne sert strictement à rien de dire que  $x$  est proche de  $y$  si on ne précise pas l'écart maximum entre les deux (fig. 3). Il existe pour ce faire une foule de procédés, parmi lesquels nous avons retenu celui de Tchebychev à titre d'information simplement, car nous ne pouvons honnêtement pas vous faire croire qu'avec le programme de ce mois vous calculerez vos impôts en 1987.

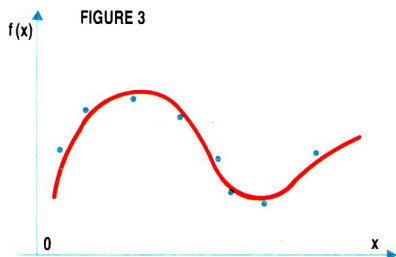


FIGURE 3  
Le problème de l'approximation d'une fonction, connue uniquement à l'aide de quelques points, consiste à expliciter une courbe passant très près de ces points de façon à approcher la fonction d'origine.

## Formulation

La méthode de Tchebychev traite avec des polynômes uniquement définis sur l'intervalle  $[-1,1]$  alors que la fonction à étudier est généralement définie sur un intervalle quelconque  $[a,b]$ . A toute variable  $x'$  de ce dernier correspondra une variable  $x$  comprise entre  $-1$  et  $1$ , par la transformation affine  $x' \rightarrow x = 2 \frac{x' - a}{b - a} - 1$ .

L'idée de Tchebychev était d'approcher le calcul de  $f(x)$  par la formule  $\sum_{k=0}^n b_k T_k(x)$ ,  $T_k(x)$  étant un polynôme de Tchebychev de degré  $k$  en  $x$ , ainsi défini :

$$\begin{aligned} T_0(x) &= 1 \\ T_1(x) &= x \\ T_2(x) &= 2x^2 - 1 \end{aligned}$$

```

10 REM      PROGRAMME APPROCHANT LES FONCTIONS NUMERIQUES A UNE VARIABLE
           SUR UN INTERVALLE FERME AU MOYEN DES POLYNOMES DE TCHEBYCHEV
20 : TEXT : HOME : VTAB 5: PRINT "*** PROGRAMME D'APPROXIMATION DES FONC
           TIONS PAR LA METHODE DE TCHEBYCHEV ***"
30 PRINT : PRINT : PRINT "ENTREZ LE NOMBRE D'ECHANTILLONS DE LA FONCTIO
           N A ETUDIER (PLUS CE NOMBRE SERA GRAND, MEILLEURE SERA L'APPROXIMATI
           ON)"
40 PRINT : INPUT "CE NOMBRE DOIT ETRE COMPRIS ENTRE 3 ET 50 :";N1
50 N = N1 - 1:P1 = 3.141592654:HD = 50
60 DIM B(N),T(N,N),FO(N),FA(HD + 1),FD(HD + 1),X(HD),TT(N),XX(HD + 1)
70 PRINT : INPUT "DONNEZ L'EXTREMITÉ INFERIEURE DE L'INTERVALLE D'ETUDE
           : ";A
80 PRINT : INPUT "DONNEZ L'EXTREMITÉ SUPERIEURE : ";B
90 PRINT : PRINT : PRINT "LA FONCTION D'ORIGINE F(X) EST-ELLE :"; PRINT

100 PRINT "1. CALCULEE DANS LE PROGRAMME A LA LIGNE 3000"
110 PRINT : PRINT "2. INTRODUITE MANUELLEMENT POINT PAR POINT"
120 PRINT : INPUT "? ";R: PRINT : IF R = 1 THEN PRINT "CALCUL DES COEF
           FICIENTS DE TCHEBYCHEV": PRINT
130 FOR I = 0 TO N
140 X(I) = COS ((2 * I + 1) / N1 * P1 / 2)
150 X = .5 * (X(I) + 1) * (B - A) + A
160 ON R GOTO 170,200
170 GOSUB 3000
180 FO(I) = F
190 GOTO 210
200 PRINT : PRINT "QUELLE EST LA VALEUR DE LA FONCTION AU POINT X=" ;X;
           : INPUT " ? ";F:FO(I) = F
210 NEXT I
220 K = 0
230 B(K) = 0
240 FOR I = 0 TO N
250 T(K,I) = 1
260 B(K) = B(K) + FO(I) * T(K,I)
270 NEXT I
280 B(K) = 1 / N1 * B(K)
290 K = 1
300 B(K) = 0
310 FOR I = 0 TO N
320 T(K,I) = X(I)
330 B(K) = B(K) + FO(I) * T(K,I)
340 NEXT I
345 B(K) = B(K) * 2 / N1
350 FOR K = 2 TO N
360 B(K) = 0
370 FOR I = 0 TO N
380 T(K,I) = 2 * X(I) * T(K - 1,I) - T(K - 2,I)
390 B(K) = B(K) + FO(I) * T(K,I)
400 NEXT I
410 B(K) = 2 / N1 * B(K)
420 NEXT K
430 HOME : PRINT : PRINT "LE CALCUL DES COEFFICIENTS EST TERMINE"
440 PRINT : PRINT "VOULEZ-VOUS : "
450 PRINT : PRINT " 1. LA VALEUR DE LA FONCTION D'APPROXIMATION EN UN
           POINT PARTICULIER ?"
460 PRINT : PRINT " 2. LE TRACE DE LA COURBE DE LA FONCTION APPROCHEE
           ?"
470 PRINT : PRINT " 3. LES TRACES DES DEUX FONCTIONS ?"
480 PRINT : PRINT " ";: INPUT R1
490 ON R1 GOTO 500,700,700
500 PRINT : PRINT : INPUT " DONNEZ LA VALEUR DE LA VARIABLE : ";X
510 IF X < = B AND A < = X THEN GOTO 540
520 PRINT : PRINT " CETTE VALEUR EST EN DEHORS DE L'INTERVALLE D'ETUDE
           (<";A"; , ";B";). RECOMMENCEZ !"
530 GOTO 500
540 GOSUB 2000
550 PRINT : PRINT "POUR LA VALEUR ";X;" DE LA VARIABLE, "
560 PRINT " FONCTION APPROCHEE=" ;FP
570 IF R = 2 THEN GOTO 440
580 GOSUB 3000: PRINT " FONCTION D'ORIGINE=" ;F
590 PRINT : PRINT "L'ECART VAUT ";ABS (F - FP)

```

$$\begin{aligned} T_3(x) &= 4x^3 - 3x \\ T_k(x) &= 2x.T_{k-1}(x) - T_{k-2}(x) \end{aligned}$$

Ces polynômes ont en effet des propriétés particulières qui les rendent propices à notre travail. Ainsi, de tous les polynômes de degré  $k$ ,  $T_k(x)$  est le polynôme qui, sur

$[-1,1]$ , s'écarte le moins de 0. Autre propriété particulière, en posant  $\theta = \arccos(x)$ ,  $\cos k\theta = T_k(x)$ .

Les coefficients  $b_k$ , eux, sont ainsi construits :

$$b_k = \frac{2}{n+1} \sum_{i=0}^n f(x'_i) T_k(x_i), \text{ les } x_i$$



```

600 GOTO 440
700 REM
710 REM TRACE DES FONCTIONS
720 REM
730 MI = IE30:MA = - IE30
740 H = (B - A) / HD
750 FOR I = 0 TO HD
760 X = A + H * I:XX(I) = X
770 GOSUB 2000
780 FA(I) = FP
790 IF MA < FP THEN MA = FP
800 IF FP < MI THEN MI = FP
810 IF RI < 3 OR R = 2 THEN GOTO 840
820 GOSUB 3000
830 FD(I) = F:XX(I) = X
840 IF MA < F THEN MA = F
850 IF F < MI THEN MI = F
860 NEXT I
870 IF RI < 3 OR R = 1 THEN MM = HD: GOTO 950
880 FOR K = 0 TO N
900 FD(K) = F(K):F = F(K):X(K) = .5 * (X(K) + 1) * (B - A) + A
910 IF MA < F THEN MA = F
920 IF MI > F THEN MI = F
930 NEXT K
940 MM = N
950 EX = 279 / (B - A)
960 EY = 159 / (MA - MI)
970 HGR : HCOLOR= 3: VTAB 22: HTAB 4: PRINT "TRACE DE LA FONCTION APPRO
CHEE"
980 WX = EX * (XX(0) - A):WY = 159 - (FA(0) - MI) * EY
990 FOR K = 1 TO HD
1000 SX = EX * (XX(K) - A):SY = 159 - (FA(K) - MI) * EY
1010 HPLLOT WX,WY TO SX,SY
1020 WX = SX:WY = SY
1030 NEXT K
1040 IF RI = 2 THEN GOTO 1120
1050 VTAB 23: HTAB 4: PRINT "TRACE DE LA FONCTION D'ORIGINE  ": HCOLOR=
1
1060 WX = EX * (X(0) - A):WY = 159 - (FD(0) - MI) * EY
1070 FOR K = 1 TO MM
1080 SX = EX * (X(K) - A):SY = 159 - (FD(K) - MI) * EY
1090 HPLLOT WX,WY TO SX,SY
1100 WX = SX:WY = SY
1110 NEXT K
1120 HCOLOR= 3: HPLLOT 0,159 TO 279,159
1130 HPLLOT 0,159 TO 0,155: HPLLOT 279,159 TO 279,155
1140 IF A * B > 0 THEN GOTO 1160
1150 WX = - A * EX: HPLLOT WX,159 TO WX,0: PRINT : PRINT : PRINT
1160 VTAB 23: HTAB 1: PRINT "MAXIMUM:"MA:" MINIMUM:"MI
1170 VTAB 21: HTAB 1: PRINT A: VTAB 21: HTAB 30: PRINT B
1180 END
2000 REM
2010 REM CALCUL DE LA FONCTION APPROCHEE
2020 REM
2030 X1 = 2 * (X - A) / (B - A) - 1
2040 FP = B(0)
2050 TT(0) = 1
2060 TT(1) = X1
2070 FP = FP + B(1) * TT(1)
2080 FOR K = 2 TO N
2090 TT(K) = 2 * X1 * TT(K - 1) - TT(K - 2)
2100 FP = FP + B(K) * TT(K)
2110 NEXT K
2120 RETURN
3000 REM
3010 REM DEFINITION DE LA FONCTION D'ORIGINE F(X)
3020 REM ENTREE: X SORTIE: F
3030 REM
3040 F = X + 2 * COS (X)
3050 RETURN

```

étant régulièrement situés entre -1 et 1, par la loi de répartition  $x_i = \cos\left(\frac{2i+1}{n+1} \cdot \frac{\pi}{2}\right)$ . Quant aux  $f(x'_i)$ , avec  $x'_i = \frac{1}{2}(1+x_i)(b-a)+a$ , c'est à l'utilisateur de les donner, soit directement (par mesure sur

une courbe expérimentale par exemple, soit, si  $f$  est explicitée, par programme. Le nombre  $n+1$  d'échantillons  $f(x'_i)$  sera un facteur important dans la précision avec laquelle on approchera  $f(x')$ , car l'erreur maximale produite ne sera pas supérieure, en valeur absolue, à

$\sup_{-1 \leq x \leq 1} \left( \frac{|f^{(n+1)}(x')|}{2^n (n+1)!} \right)$ , ou  $f^{(n+1)}(x')$  représente la dérivée à l'ordre  $n+1$ , si elle existe, de  $f(x')$ , et où  $p!$  désigne factorielle  $p$ , soit  $1 \times 2 \times 3 \times \dots \times p$ .

Il convient de remarquer que contrairement aux méthodes dites d'interpolation, la fonction  $\sum_{k=0}^n b_k T_k(x)$  ne coïncide généralement pas, au point  $x_i$ , avec la fonction  $f$ . On se contente simplement de minimiser l'écart  $|f(x') - \sum_{k=0}^n b_k T_k(x_i)|$ .

### Description et utilisation du programme pour Apple IIc

Le programme demandera, en plus de l'intervalle  $[a,b]$  d'étude et du nombre d'échantillons, si l'utilisateur introduira les données  $f(x'_i)$  manuellement, ou si elles seront calculées dans le programme. Dans ce dernier cas, la fonction calculant  $f(x')$  à partir de  $x'$  devra être introduite à partir de la ligne 3000. Dans le listing joint, nous avons pris l'exemple de la fonction  $x + 2 \cos x$ . Toujours dans ce dernier cas, le micro tracera la courbe de la fonction approchée et, à la demande, celle de la fonction d'origine (en trait pointillé), ceci afin de pouvoir constater la différence d'allure entre les deux courbes. Nous avons pris un nombre de subdivisions égal à 50 pour cette double représentation. Si la fonction d'origine n'est pas explicitée par programme, seule la courbe de la fonction de Tchebychev sera tracée. Par ailleurs, si l'on ne désire pas de tracé de courbe, le programme donnera à la demande la valeur de la fonction en un point quelconque.

En pratique, le tableau  $B(\ )$  contiendra les valeurs  $b_k$ ,  $T(\ , \ )$  contiendra les valeurs  $T_k(x_i)$ , les vecteurs  $FO(\ )$  et  $FA(\ )$  emmagasineront respectivement les données sur la fonction d'origine et celles sur la fonction approchée. Le vecteur  $TT(\ )$  servira à contenir les valeurs des polynômes de Tchebychev pour la variable  $x$ .

### Exemple

Toujours dans le cadre de l'approximation de la fonction  $x + 2 \cos x$ , nous avons choisi l'intervalle  $[-6,6]$  et un nombre  $n+1$  d'échantillons égal à 8. On constatera la similitude frappante des deux courbes, au point de pouvoir pratiquement les confondre.

Daniel Ferro

# Alimentez votre baladeur depuis la batterie d'une voiture

ÉLECTRONIQUE AMUSANTE

**S**i vous avez l'habitude d'écouter votre baladeur en voiture, le petit montage que nous vous proposons de réaliser ce mois-ci vous permettra d'économiser des piles. En effet il s'agit d'un adaptateur permettant d'alimenter directement votre lecteur de cassettes depuis le 12 volts présent sur le véhicule.

Cette tension pourra être prélevée soit sur la fiche allume-cigares, soit sur tout autre point du circuit électrique. Il sera cependant conseillé de choisir une portion de circuit dépendant du contact. Ainsi le montage se trouvera automatiquement mis hors tension dès que le véhicule sera arrêté.

Notre adaptateur aura une double fonction. En premier lieu il transformera le 12 volts provenant de la batterie en 4,5 volts, tension normale de fonctionnement pour un baladeur. D'autre part il se chargera d'éliminer les parasites provenant soit de l'alternateur, soit de l'allumage.

Passons donc à l'étude de ce montage. Directement sur l'arrivée

du 12 volts nous placerons deux résistances en parallèle. Celles-ci permettront de "soulager" le transistor d'une partie de la puissance à dissiper et feront office de protection en cas de fausse manœuvre, ou de court-circuit. Immédiatement après ces résistances, deux condensateurs élimineront la majeure partie des parasites. Le premier, de faible valeur, concerne ceux issus de l'allumage et le second ceux de l'alternateur. La ten-

## 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

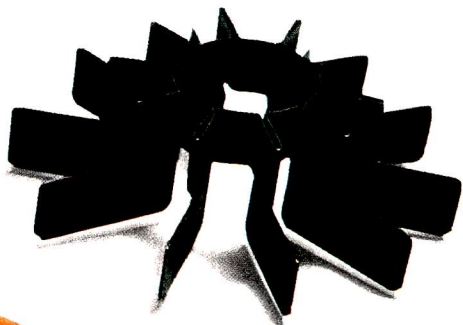
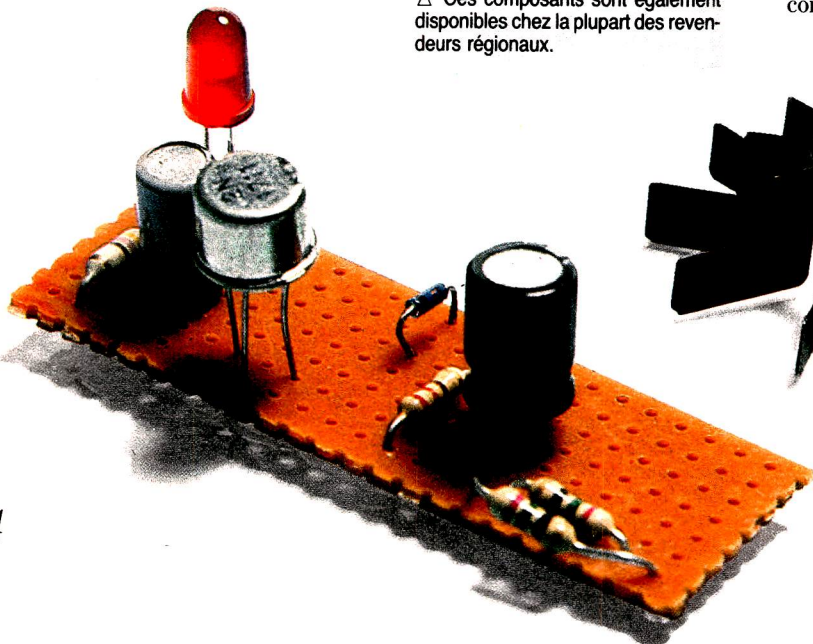
△ Ces composants sont également disponibles chez la plupart des revendeurs régionaux.

sion de référence, que nous utiliserons pour stabiliser l'alimentation du baladeur à 4,5 volts, sera obtenue grâce à une diode zenner.

Cette tension de référence viendra directement piloter la base du transistor de stabilisation. Un dernier condensateur permettra d'obtenir une tension parfaitement continue en sortie du montage. Une petite diode électronique lumineuse sera utilisée en tant que témoin de fonctionnement. Notons que ce montage pourra rester alimenté même si le baladeur ne lui est pas raccordé. Il sera donc possible de le monter à poste fixe, éventuellement dans un petit boîtier, sur le véhicule. Enfin si vous désirez utiliser cet adaptateur sur une moto, généralement équipée en 6 volts, nous vous indiquerons plus loin quelles sont les modifications à effectuer.

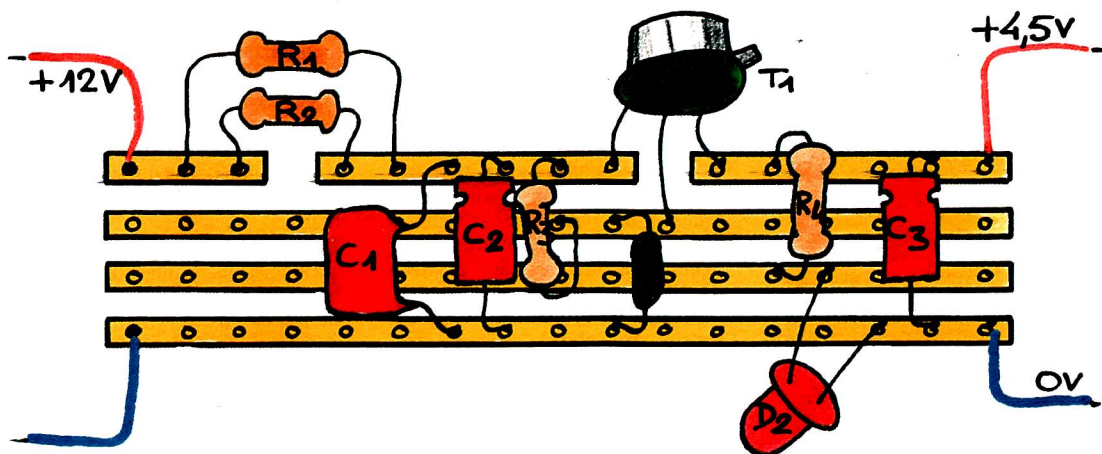
Le câblage de cet adaptateur ne doit pas poser de problème particulier. Il sera réalisé, comme toujours, sur une plaquette de câblage munie de bandes conductrices perforées. Il faudra cependant prendre soin de bien couper les bandes aux endroits indiqués et de respecter la polarisation des condensateurs, des diodes, ainsi que le brochage du transistor.

Notons, à propos de ce dernier, qu'en cas d'usage intensif du montage il sera conseillé de le munir d'un radiateur à ailettes-clip enfichable sur le boîtier métallique du transistor, disponible chez de nombreux revendeurs de composants électroniques. Enfin,

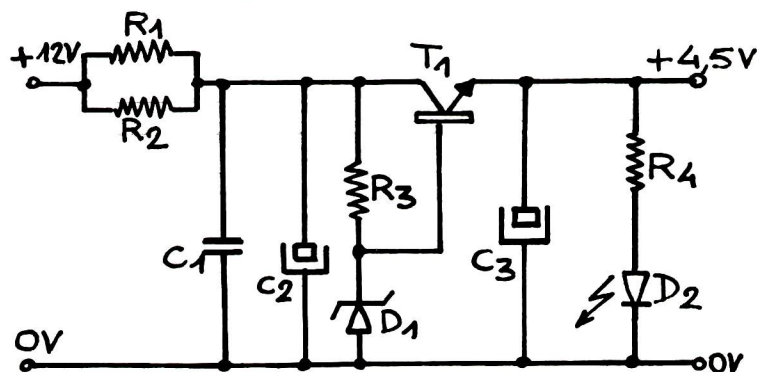




## IMPLANTATION DES COMPOSANTS



## SCHEMA ÉLECTRIQUE



## NOMENCLATURE

$R_1 = 75$  ohms (violet, vert, brun, or)  
 $R_2 = 75$  ohms (violet, vert, brun, or)  
 $R_3 = 220$  ohms (rouge, rouge, brun, or) en 12 volts  
 $R_3 = 75$  ohms (violet, vert, brun, or) en 6 volts  
 $R_4 = 470$  ohms (jaune, violet, brun, or)  
 $C_1 = 100$  nanofarads  
 $C_2 = 100$  microfarads

$C_3 = 100$  microfarads  
 $T_1 = 2N 1711$  ou équivalent  
 $D_1 =$  diode zener 5,1 volts 500 milli-watts  
 $D_2 =$  diode électroluminescente  
 Eventuellement :  
 — une fiche pour allume-cigares  
 — une fiche "external DC" pour baladeur  
 — un boîtier plastique.

certain baladeurs sont équipés d'une fiche d'alimentation externe souvent marquée "external DC". Si c'est le cas de votre appareil, il vous faudra également vous procurer la fiche correspondant au modèle employé par le constructeur.

Dans la majeure partie des cas il s'agit d'une fiche Jack. Le + 4,5 volts sera raccordé à la partie centrale de la fiche et le 0 volt sur sa périphérie.

Si votre baladeur ne dispose pas d'une telle prise, il vous faudra repérer, à l'intérieur du compartiment à piles, quels sont les contacts utilisés pour le + et le 0 volt et y adapter les deux fils à raccorder au montage. Bien que bricolée, cette solution sera tout aussi efficace que l'utilisation d'une fiche d'alimentation externe.

La mise en place de cet adaptateur reste également extrêmement rapide. Après avoir choisi sur la

voiture le point où sera prélevée la tension issue de la batterie, fiche allume-cigares ou autre, le raccordement du montage sera effectué en prenant soin de respecter sa polarité. Une fois le contact mis, la diode électroluminescente doit s'allumer. Dès lors il sera possible de connecter le baladeur. Il sera bon de vérifier, après mise en route du moteur, qu'aucun parasite ne vient perturber le fonctionnement de l'appareil. L'adaptateur pourra alors être monté à demeure sur la voiture soit dans un boîtier, en plastique de préférence, soit dissimulé derrière le tableau de bord en veillant bien à ce qu'aucun contact ne risque de s'établir entre l'un des éléments du montage et une pièce métallique.

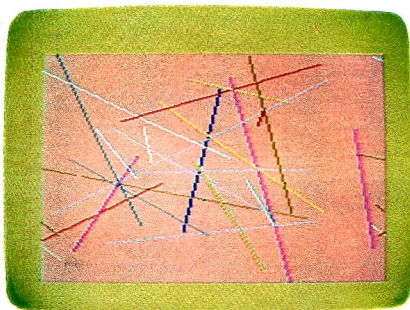
Pour une utilisation en 6 volts de notre alimentation seule la valeur de  $R_3$  devra être modifiée. Au lieu des 220 ohms, utilisés pour un fonctionnement sous 12 volts, cette résistance devra être remplacée par une résistance de 75 ohms.

Hormis ce point, les autres composants resteront inchangés. Pour terminer, précisons que ce montage est prévu pour alimenter un baladeur, donc un appareil à faible consommation, il ne sera donc pas possible de l'utiliser pour l'alimentation d'un poste radio ou d'autres appareils dont la consommation est élevée.



## Amstrad's Folies

INFORMATIQUE AMUSANTE



**E**n cette période de vacances où le temps se prête plus aux soirées dansantes et autres festivités qu'aux réflexions au coin du feu, nous vous proposerons un petit programme d'animations lumineuses. Bien que la vitesse d'enchaînement de chacune de ses séquences soit figée, nous l'avons calculée de manière à ce qu'elle coïncide au mieux avec le tempo de la majeure partie des musiques rythmées actuelles. Nul besoin, donc, de connecter, d'une façon ou d'une autre, l'ordinateur à une chaîne hi-fi pour pouvoir l'utiliser.

Enfin, si vous avez réalisé l'adaptateur Péritel pour Amstrad que nous avons décrit dans l'une des précédentes rubriques "Electronique amusante", il vous sera d'une grande utilité. En effet le moniteur couleur d'origine étant de dimensions relativement modestes, les effets lumineux générés par le programme seront beaucoup plus satisfaisants sur un écran de grandes dimensions; donc sur celui d'un téléviseur utilisé en mode Péritel. Ces quelques précisions apportées, passons donc à l'écriture du programme.

Afin de disposer de l'ensemble des couleurs proposées par la machine nous utiliserons le mode 0. La ligne 10 se chargera donc de sa mise en place ainsi que de l'effacement de l'écran. Notre programme dispose de 5 animations différentes, il vous sera néanmoins possible, d'en créer d'autres. Pour que l'animation soit aussi variée que possible l'ordre en sera tiré

tout à fait au hasard.

Pour cela, chaque animation est placée dans une sous-routine différente et la variable SUB, déterminée de manière aléatoire par la ligne 50, aiguillera, grâce à l'instruction ON SUB GOSUB de la ligne 60, le programme vers la sous-routine choisie. Notons que nous avons volontairement favorisé le tirage de certaines séquences; c'est pour cette raison que leur numéro se trouve répété

plusieurs fois sur cette ligne.

Après l'exécution de chaque sous-routine le programme reviendra donc en ligne 70 et sera rebouclé (GOTO 50) pour passer à la séquence suivante.

Le reste du programme n'étant constitué que d'une succession de sous-routines n'ayant aucun lien entre elles, étudions-les donc une à une.

### Droites aléatoires

Cette sous-routine occupe les lignes 110 à 210. Elle a pour effet de tracer sur l'écran une série de droites d'orientation, de longueur et de couleur variables avec déplacement horizontal de l'ensemble de l'écran. Indépendamment de cela, la couleur du pourtour de

```

510 FOR T=1 TO 10: NEXT T
520 NEXT SC
530 OUT 256,0
540 RETURN
550 REM *****
560 REM * COURBES PLEINES *
570 REM *****
580 INK 0,0:BORDER 0
590 FOR P=2 TO 8 STEP 2
600 FOR I=20 TO 620 STEP 2+P
610 PLOT I,(200+(100*COS (I/(P*10))))
620 DRAW I,(200+(180*COS (I/(P*20)))) ,P
630 BORDER RND*27
640 NEXT I
650 NEXT P
660 CLS
670 RETURN
680 REM *****
690 REM * TRONC DE CONE. *
700 REM *****
710 CLS:BORDER 0:INK 0,0
720 FOR C=2 TO 4
730 CLS
740 FOR I=0 TO 360 STEP 10
750 PLOT 350+ 250*(SIN (2*PI*(I/365))),200+200*(COS (2*
PI*(I/365))),1
760 DRAW 100+(60*C)+ 100*(SIN (2*PI*(I/365))),200+150*(
COS (2*PI*(I/365))),RND*13
770 NEXT I
780 NEXT C
790 CLS
800 RETURN
810 REM *****
820 REM * FAISCEAUX *
830 REM *****
840 CLS:BORDER 0: INK 0,0
850 LET A=4+INT(RND*9):LET B=A+1:LET C=B+1:LET D=C+1
860 FOR I=1 TO 640 STEP 60
870 PLOT 100,200
880 DRAW I,100+(I/5),A
890 PLOT 540,300
900 DRAW 640-I,I/2,B
910 PLOT 320,400
920 DRAW I,250,C
930 PLOT 320,150
940 DRAW 640-I,100,D
950 NEXT I
960 IF A=4 THEN RETURN
970 GOTO 850

```



l'image sera sans cesse modifiée. Pour réaliser cette première animation, l'instruction RND (tirage d'un nombre aléatoire) sera utilisée de nombreuses fois. La variable "a" permettra de modifier le sens du déplacement horizontal de l'écran.

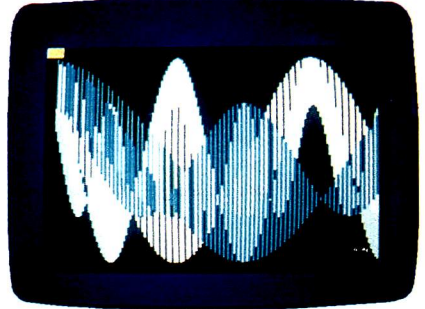
Ensuite la boucle formée autour de I déterminera le nombre total de droites tracées. La mise en place de celles-ci sera assurée par les lignes 130 et 140. 130 fixe le point de départ à l'aide de PLOT, et 140 le point d'arrivée, ainsi que la couleur, grâce à DRAW.

Ici encore, ces trois paramètres seront choisis de manière aléatoire. Une courte pose, de durée variable, est placée en ligne 150.

Elle évite une exécution trop rapide de l'animation, auquel cas la majeure partie de ses effets passeraient inaperçus. Vient ensuite la modification de la couleur du bord de l'écran, ligne 160, puis la commande du déplacement horizontal. Notons que celle-ci est un peu particulière; en effet, elle ne fait normalement pas partie du vocabulaire standard du basic de l'Amstrad. Nous demanderons directement au processeur vidéo inclus dans l'ordinateur de décaler sa "marge" soit à droite, soit à gauche.

Cette opération sera assurée par l'ordre OUT de la ligne 170. Afin de ne pas perturber le fonctionnement des autres animations nous

demanderons au processeur vidéo de revenir à une marge normale en utilisant de nouveau OUT à la ligne 200. La séquence ainsi achevée, le programme retournera dans la



```

10 MODE 0: CLEAR:CLS
20 REM *****
30 REM *          TIRAGE ALEATOIRE DES SEQUENCES.          *
40 REM *****
50 LET SUB= 1+INT(RND*9)
60 ON SUB GOSUB 110,250,580,710,110,840,110,250,110
70 GOTO 50
80 REM *****
90 REM *          DROITES ALEATOIRES          *
100 REM *****
110 CLS:LET a=INT(RND*20)
120 FOR I=0 TO 10+RND*50
130 PLOT RND*640,RND*400
140 DRAW RND*640,RND*400,RND*13
150 FOR t=0 TO 5+(RND*80):NEXT t
160 BORDER INT(RND*27): INK 0,INT(RND*27)
170 OUT 256,ABS(a-1)
180 NEXT I
190 CLS
200 OUT 256,0
210 RETURN
220 REM *****
230 REM *          DAMIER          *
240 REM *****
250 LET C=INT (RND*13)+1
260 BORDER 0: INK 0,0
270 FOR I=1 TO 601 STEP 30
280 PLOT 200+(I/3),300
290 DRAW I,1,C
300 NEXT I
310 LET C=INT (RND*13)+1
320 LET x=30
330 LET I=1
340 LET x=x-1.25
350 PLOT I/1.5,I
360 DRAW 600-(I/1.5),I,C
370 LET I=I+x
380 IF I<305 THEN GOTO 340
390 LET F=INT(RND*10)
400 IF F<>0 THEN GOTO 310
410 FOR SC=0 TO 32
420 OUT 256,SC
430 FOR T=1 TO 10: NEXT T
440 NEXT SC
450 FOR SC=63 TO 0 STEP -1
460 OUT 256,SC
470 FOR T=1 TO 10: NEXT T
480 NEXT SC
490 FOR SC=0 TO 31
500 OUT 256,SC

```

boucle de tirage des animations grâce au RETURN placé en 210.

### Le damier

Placée de 250 à 540, cette sous-routine trace un damier en perspectives sur l'écran. L'animation sera créée par le changement de couleur des lignes du damier. Ici, le fond de l'écran ainsi que les bords seront noirs; la ligne 260 se chargera de cette opération. De 270 à 300 le damier sera tracé en utilisant, comme précédemment, PLOT et DRAW dans une boucle. Le changement de couleur sera obtenu par les lignes 310 à 380. Chaque nouvelle couleur sera fixée par la variable C. Cette séquence se répétera tant que F, variable de répétition, n'aura pas pour valeur 0. Cette animation se terminera par un effet de "travelling" construit autour de trois instructions OUT et exécuté des lignes 410 à 520. La marge standard sera de nouveau demandée en 530, puis le programme reviendra dans la boucle de départ de tirage aléatoire des séquences.

### Les courbes pleines

Nous jouerons ici sur des combinaisons de cosinus pour représenter des formes. Le changement de couleur rapide des bords de l'écran donnera un peu de vie à cette animation comprise entre les lignes 580 et 670 du programme. Deux boucles, créées autour des variables P et I, seront employées pour sa réalisation. Nous trouverons ensuite le tracé réalisé, comme toujours, par PLOT et DRAW en ligne 610 et 620. Notons



que P sera utilisé pour fixer la couleur de la courbe en cours de représentation. Les modifications de couleur du bord de l'écran seront assurés par la ligne 630. Une fois les deux boucles effectuées, le programme passera à la détermination de l'animation suivante, après avoir effacé l'écran, en raison de l'ordre RETURN de la ligne 670.

### Le tronc de cône

Cette animation tentera de représenter un tronc de cône réalisé avec des tubes fluorescents multicolores et le présentera sous trois angles de vue différents. Ici les fonctions sinus et cosinus de l'ordinateur seront mises en œuvre. Le tracé, comparable dans son principe aux précédents, sera assuré par les lignes 750 et 760. Comme pour les figures déjà décrites, après avoir effectué les deux boucles tournant autour des variables C et I le programme passera à l'animation suivante après avoir effacé l'écran (ordres CLS, puis RETURN des lignes 790 et 800).

### Les faisceaux

Ici nous simulerons les faisceaux issus de projecteurs de couleur. L'animation sera créée par l'effet de changement de couleur, avec simulation de balayage, des divers projecteurs. Cette animation, encore réalisée sur un fond noir, est comprise entre les lignes 840 et 970 du programme.

Les points de départ des divers projecteurs seront ici déterminés de manière indépendante les uns des autres (ordres PLOT des lignes 870, 890, 910 et 930), seuls les faisceaux, tracés par DRAW, seront fonction de la boucle dépendant de I et de couleur variable ; A, B et C commandant le choix de la couleur. Cette séquence se terminera encore une fois par RETURN afin que le programme revienne vers le choix de la séquence suivante.

Voici donc nos diverses séquences décrites. La frappe de ce programme ne doit pas poser de problème particulier, toutes les instructions étant tapées en clair. Son exécution, après frappe, sera commandée en tapant RUN.

Henri-Pierre Penel

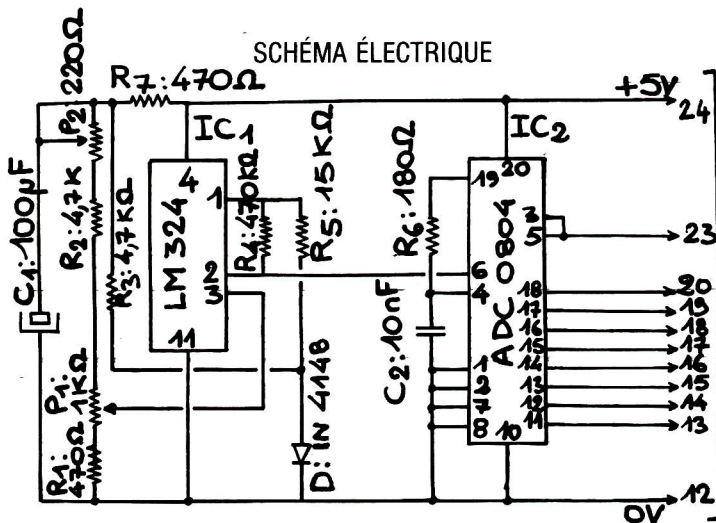
# Un thermomètre électronique

INFORMATIQUE PRATIQUE

Nous vous proposons un montage qui fera office d'introduction à la réalisation du mois prochain. Il s'agit d'un thermomètre électronique. Si vous êtes un lecteur assidu de notre rubrique "Electronique amusante", vous ne manquerez pas de remarquer que des sujets proches ont déjà été traités. Cependant les réalisations proposées permettaient soit de déclencher l'allumage d'une diode électroluminescente dès qu'un certain seuil de température était dépassé, soit de comparer deux températures. Mais en aucun cas une lecture directe n'était possible. A cela une raison simple : commander un afficheur reste relativement complexe et surtout d'un coût élevé si on veut réaliser cette opération à partir de circuits courants disponibles dans le commerce. Il n'en va pas de même dans

le cadre de cette rubrique. En effet l'écran de notre micro-ordinateur nous fournira l'afficheur rêvé pour ce type de montage.

Le programme associé à ce montage indiquera d'une part la température en chiffres et, d'autre part, représentera un thermomètre — tout à fait classique — dont la colonne montera, ou descendra, en fonction de la température. Ce programme n'est, bien sûr, proposé qu'à titre d'exemple et pourra être modifié au goût de chacun. Le mois prochain nous verrons une réalisation plus conséquente, mais l'ensemble des éléments de notre thermomètre sera réutilisé, de manière à pouvoir traiter simultanément le relevé de la température de plusieurs pièces et éventuellement de commander le démarrage du chauffage central. Mais nous n'en sommes pas encore là.



### NOMENCLATURE

R<sub>1</sub> = 470 ohms (jaune, violet, brun, or)  
R<sub>2</sub> = 4,7 kilohms (jaune, violet, rouge, or)  
R<sub>3</sub> = 4,7 kilohms (jaune, violet, rouge, or)  
R<sub>4</sub> = 470 kilohms (jaune, violet, jaune, or)  
R<sub>5</sub> = 15 kilohms (brun, vert, orange, or)  
R<sub>6</sub> = 180 ohms (brun, gris, brun, or)

R<sub>7</sub> = 470 ohms (jaune, violet, brun or)  
C<sub>1</sub> = 100 microfarads 12 volts  
C<sub>2</sub> = 10 nanofarads  
D = 1N 4148 ou équivalente  
IC<sub>1</sub> = LM 324 ou équivalent  
IC<sub>2</sub> = ADC 0804 ou équivalent  
• L'ensemble de ces composants est disponible chez : Magnetic France : 11, place de la Nation, 75011 Paris.

Brochage sur notre connecteur 24 paires



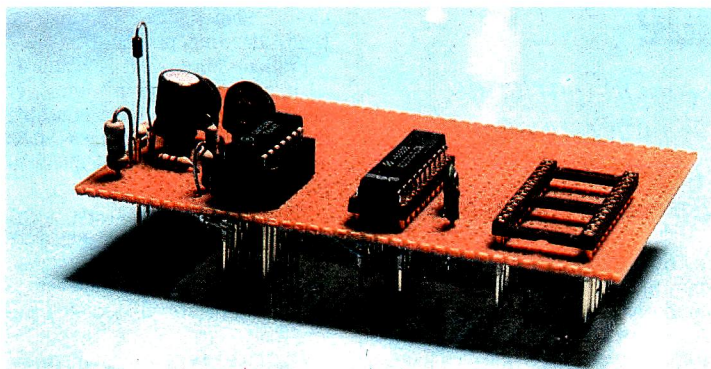
Voyons d'abord notre réalisation.

Nous utiliserons une diode en tant que capteur de température. Comme nous le savons déjà, la tension résiduelle aux bornes d'une diode, lorsqu'elle est conductrice, est directement fonction de la température. C'est cette particularité que nous utiliserons ici. Cependant ces variations restent faibles, il sera indispensable de les amplifier avant de pouvoir les traiter. Un circuit intégré LM 324

phase de ce traitement : le programme.

Ici encore, il a été écrit sur un ZX Spectrum, mais son adaptation à d'autres machines ne devrait pas poser de problème particulier. Les lignes 1 à 15 préparent l'écran et tracent le cadran du thermomètre. Afin de limiter les effets d'approximation de la conversion analogique-digitale, nous établirons une moyenne sur 100 mesures.

D'où la boucle située des lignes



sera utilisé à cet effet. Notons qu'en raison des disparités de construction sur les divers composants employés, deux potentiomètres ajustables seront utilisés pour l'étalonnage de l'appareil ainsi que, comme nous le verrons plus loin, un facteur de correction dans le programme. A la sortie de cet amplificateur, une tension continue variant entre 0 et 4,5 volts environ sera obtenue en fonction de la température.

L'exploration totale de cette tension correspond à une variation d'environ 65 degrés à partir du point choisi comme origine à l'aide des potentiomètres, mais nous expliquerons plus loin comment étalonner l'appareil. Le signal issu de l'amplificateur sera, ensuite, appliqué à l'entrée d'un convertisseur analogique-digital. Il s'agit d'un circuit intégré ADC 0804.

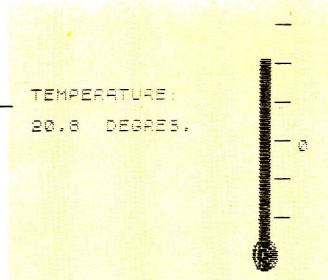
Enfin, les octets issus de la conversion seront introduits dans le micro-ordinateur par l'intermédiaire de l'interface que nous vous avons proposé de réaliser voici maintenant deux mois et demi et qui, nous l'espérons, vous donne entière satisfaction. Dernière

30 à 50 et incluant l'instruction IN 225. La variable B prendra pour valeur celle de la température mesurée. Le calcul de moyenne sera donc effectué, puis un facteur correctif, ici 0,35, lui sera appliqué.

Notons que 0,35 correspond à une valeur moyenne calculée en première approximation et donnant, quelle que soit la tolérance de construction sur les composants employés, un fonctionnement approximatif du thermomètre.

Pour obtenir une parfaite linéarité de l'appareil ce facteur correctif de 0,35 devra être modifié et déterminé de manière expérimentale. Nous reviendrons sur ce point lors des réglages. Enfin la sous-routine 1000 a pour but de faire monter, ou descendre, la colonne du thermomètre représenté.

Le câblage de ce montage ne doit pas poser de problème particulier. Comme toujours dans cette rubrique, il sera réalisé en "wrapping" (voir nos numéros précédents) sur une plaquette munie de supports pour circuits intégrés. Notons que, les circuits employés ici étant identiques à ceux de notre cardiographe, il sera parfaitement



possible de réutiliser ces derniers. Les interconnexions seront établies conformément au plan de câblage sur lequel le numéro de chaque borne de contact a été indiqué.

Mise en route et réglages : une fois le câblage entièrement terminé et le programme tapé, le montage sera mis sous tension en enfichant le câble muni d'un connecteur 24 points provenant de l'interface principale — celle-ci devant être connectée sur le micro-ordinateur avant sa mise en service.

RUN sera alors demandé. Le programme dessinera le thermomètre et indiquera une valeur pour la température, comprise entre -15 et +55. Il faudra alors agir sur P<sub>1</sub>, réglage grossier, de manière à amener la température indiquée à une valeur proche de la température réelle; puis P<sub>2</sub>, réglage fin, sera actionné jusqu'à obtenir un résultat satisfaisant. Dès lors le thermomètre doit fonctionner. Si des écarts sont constatés par rapport à la température réelle lors de fortes variations de celle-ci, le facteur de correction (0,35) de la ligne 60 du programme devra être modifié en conséquence.

Henri-Pierre Penel ▲

```

1 BORDER 0: PAPER 0: INK 2: C
LS
5 PAPER 5: FOR H=0 TO 21: PR
NT AT H,23;" ": NEXT H: PR
INT AT 13,23;"0": PAPER 0
10 FOR C=1 TO 8: CIRCLE 203,10
,C: PLOT 203,(20+C)+10: DRAW 10,
0: NEXT C: INK 5
15 LET B=0
20 LET A=0
30 FOR I=0 TO 100
40 LET A=A+IN 255
50 NEXT I
55 LET BP=B
60 LET B=INT (((A/100)*.35)-1
5)*10)/10
70 GO SUB 1000
100 PRINT AT 10,5;"TEMPERATURE:
";AT 12,5;"B:";"DEGRES."
110 GO TO 20
1000 INK 2: IF BP<=B THEN GO TO
1100
1001 OVER 1
1005 FOR T=INT (2*BP)+70 TO INT
(2*B)+70 STEP -1
1010 PLOT 200,T: DRAW 5,0
1020 NEXT T
1030 OVER 0
1100 FOR T=15 TO INT (2*B)+70
1110 PLOT 200,T: DRAW 5,0
1120 NEXT T
1130 INK 5
2000 RETURN

```



# LIVRES

## Misère de la météorologie politique

*Tous les politologues le savent, parler de "science" politique est se payer de mots. Grâce aux techniques de sondage, certains se rabattent sur la météo.*

Tel leader, tel mouvement traverse manifestement une phase dépressionnaire. Tel autre, par contre, se trouve brusquement propulsé dans la stratosphère, puis barré par la rencontre inopinée avec un front...

Comme les satellites qui nous renseignent sur la circulation des hautes et des basses pressions, les sondages nous disent qui a le vent en poupe, ou en proue.

De même que les météorologistes peuvent affiner à l'infini l'analyse des courants atmosphériques, et faire absorber les données par des ordinateurs de plus en plus voraces, les politologues peuvent affiner les techniques de sondage et exploiter l'outil informatique pour scruter plus profondément la dynamique des fluides de l'inconscient collectif.

C'est à ce genre d'exercice que se sont livrés Jean-Marie Cotteret et Gérard Mermet dans un livre destiné à nous présenter, dans le contexte de la "course aux présidentielles", « tout ce qu'il faut savoir sur les images qui nous gouvernent » (1). Ils utilisent un satellite d'observation spécialisé dans la lexicologie, c'est-à-dire l'étude de ces particules fines que sont les mots. Cette technique, nous disent-ils, « permet d'aller beaucoup plus loin que les traditionnels sondages ».

Qu'on se rassure : il s'agit encore de sondages. En l'occurrence, Info-

métrie a interrogé un "échantillon représentatif" de 1 000 personnes pour savoir ce qu'elles pensaient de tel ou tel homme politique. Mais à la différence des sondages habituels, dans lesquels le sondé est prié de répondre par oui ou par non ou de cocher la case correspondante, la question posée appelle une réponse libre : « Pouvez-vous me dire en quelques mots ce que vous pensez de M. Trucmuche ? » Les "quelques mots" sont précieusement enregistrés et l'ensemble des textes est ensuite traité par ordinateur.

L'enquête exploitée dans ce livre eut lieu à l'automne dernier. Elle a porté sur six leaders de la droite et six leaders de la gauche.

Les résultats peuvent être confrontés, comme le livre nous y invite d'ailleurs discrètement, au "baromètre" Figaro Magazine/Sofres, satellite traditionnel qui mesure « la proportion de Français souhaitant voir jouer à M. Duschmoll un rôle important au cours des mois ou des années à venir ». C'est édifiant.

Michel Rocard jouissait, d'après ce baromètre, d'une popularité de 10 points supérieure à celle de son principal rival. D'après l'enquête lexicologique, il est principalement : « Un homme intelligent et compétent qui a de bonnes idées ; un homme honnête et courageux ; un homme jeune et sympathique qui présente bien. »

Raymond Barre, numéro 2 au hit-parade barométrique, est, dans l'ordre : « Un monsieur très bien ; un homme qui inspire confiance ; un économiste reconnu. »

Laurent Fabius, numéro 3, est avant tout : « Un homme médiatique ; un homme intelligent et compétent ; un homme jeune, moderne et dynamique. »

Simone Veil, numéro 4, est d'abord : « Une femme capable ; une femme bien, estimable ; une femme qui présente bien. »

A partir du numéro 5, les opinions sont plus contrastées. Demandez-vous pourquoi.

François Mitterrand est d'abord : « Un président qui a trompé et déçu les Français ; le responsable d'une mauvaise politique », mais aussi « un président ni meilleur ni pire que les autres ».

Jacques Chirac, numéro 6, est d'abord : « Un homme que j'apprécie et qui a de bonnes idées », mais c'est aussi « un homme que je n'aime pas » et « un homme excessif ».

François Léotard, numéro 7, mais qui commence seulement à se faire connaître, bénéficie des appréciations les plus encourageantes : « Un homme dynamique, jeune et sportif ; un homme de droite qui a de bonnes idées ; un homme proche des gens, sympathique, séduisant. »

Jean-Pierre Chevènement, numéro 8, est d'abord : « Un bon ministre de l'Éducation nationale » puis simplement : « le ministre de l'Éducation nationale » (!), et pour conclure : « apparemment, un homme bien. »

Valéry Giscard d'Estaing, numéro 9, est : « Un homme du passé ; un homme intelligent ; un président qui a conduit une mauvaise politique. »

Lionel Jospin, numéro 10, est, dans l'ordre : « Un socialiste détesté ; un responsable qui défend son parti et ses idées ; un homme sympathique. »

Jean-Marie Le Pen, numéro 11, est, toujours dans l'ordre : « Un homme qui a de bonnes idées et qui dit des choses justes, vraies ; un homme extrémiste et excessif ; un affreux personnage. »

Enfin Georges Marchais, petit

(1) *La bataille des images*, Larousse 1986, 207 p, 69 F.



dernier, est d'abord et avant tout « un clown », puis « un homme excessif, peu crédible » et « un communiste, donc un ennemi. »

Qu'a-t-on appris ? A notre humble avis, pas grand-chose. Notre super-satellite nous redit, une fois de plus, le temps qu'il fait. Tout au plus peut-on s'étonner du nombre de gens bien, intelligents et sympathiques qui tiennent le haut du pavé dans notre aéropage politique. Il est vrai que 30 % des sondés avaient refusé de répondre et que 15 % de ceux qui ont accepté font par exemple de Michel Rocard « un arriviste, comme les autres politiciens. »

Heureusement, l'ordinateur fournit d'autres résultats. Ainsi, c'est Jean-Pierre Chevènement qui bénéficie, au total, du meilleur rapport entre le nombre d'adjectifs positifs et le nombre d'adjectifs négatifs. On se demande pourquoi. D'autant que c'est aussi la personnalité que les sondés disent connaître le moins.

On apprend aussi que c'est Laurent Fabius qui déclenchait, à l'époque, la plus forte logorrhée chez les Français (22 954 mots dont 2 054 différents). Cela nous fait une belle jambe. D'autant que les conditions précises de réalisation des sondages ne sont pas mentionnées (on ne sait pas, par exemple, si la même personne a été interrogée sur un seul homme politique, sur plusieurs ou sur tous).

La méthode lexicographique a d'autres vertus. Elle peut être utilisée pour étudier non plus cette fois le vocabulaire des Françaises-Français, mais celui des hommes politiques eux-mêmes. D'accord, il ne s'agit plus de météo. C'est un peu plus intéressant.

Ainsi on peut voir de cette manière que la personnalité la plus populaire, Michel Rocard, est aussi celle qui emploie le vocabulaire le plus complexe. Malheureusement, ce résultat paradoxal contredit pratiquement la thèse des auteurs de ce livre, pour qui la meilleure réception par un large public implique un langage simple, comprenant idéalement 80 % de « français quotidien ».

L'ordinateur nous apprend aussi que Michel Rocard est celui qui parle le plus vite. Mais ça, on le savait.

Olivier Postel-Vinay

Comment cet ouvrage de "médecine naturelle", compilation de divers livres du même genre, est-il devenu un best-seller dont la popularité est en passe d'éclipser celle d'un livre paru il y a quelques années sur les prophéties de Nostradamus ? Une étude parue dans le n° 160 des *Cahiers de l'AFIS* s'efforce de dégager les raisons de ce phénomène : exploitation du vedettariat, appel à la sympathie du lecteur par un ton autobiographique, répétition obsédante des mêmes termes parfois dépourvus de sens précis. On se bornerait à en sourire, si ce discours simpliste ne charriait un torrent d'absurdités : les plantes seraient, au contraire des protides d'origine animale, dépourvues de substances toxiques : à poids égal, le blé germé contiendrait deux fois plus de phosphore et de magnésium que le grain entier (par quel miracle ?) ; un bain de siège froid quotidien guérirait à peu près tous les maux et ferait repousser les cheveux ; etc. Des médecins de la Société de phytothérapie ont dénoncé le danger mortel de quelques-unes des décoctions recommandées par la prophétesse des tisanes. Le professeur J.P. Bader a intitulé un article consacré à Rika dans *Santé-Magazine* (et reproduit dans ce numéro des *Cahiers*) : "J'irai chanter sur vos tombes". Les cahiers *Science et pseudo-science* ne sont pas vendus en kiosque. Envoi franco du n° 160 contre la somme de 20 F à AFIS, 14 rue de l'Ecole-Polytechnique, 75005 Paris. Les nouveaux abonnés (100 F par an) reçoivent ce numéro en prime. CCP AFIS 21 000 00 P Paris. J.B.

## LES GRANDS EMPIRES

*Laffont, albums coul., 115 p, par correspondance : 31 rue Falguière, 75725 Paris cedex 15, 154 F + 14 F (frais de port).*

Trois nouveaux volumes, *Alexandre, empereur du monde*, *La puissance de Rome* et *Le Saint-Empire de Charlemagne*, viennent s'ajouter aux cinq qui les avaient précédés et dont nous avons signalé dans ces colonnes la parution. On louera autant la clarté du texte, qui n'ajoute sans doute pas d'éléments neufs à des périodes amplement étudiées de l'Histoire, mais qui a le mérite d'être intéressant. L'abondance et la qualité de l'illustration dominent

cette collection, qui constitue une introduction facile à l'Histoire et qui s'approche autant que faire se peut du documentaire de cinéma. On admirera, p.88 de *La puissance de Rome*, la concision du récit de l'effondrement de l'empire romain. Mais, évidemment, cela ne remplace guère la lecture du *Déclin et de la chute de l'empire romain* de Gibbons, deux gros volumes célèbres, qui viennent d'ailleurs être réédités dans la collection "Bouquins" du même éditeur. On admirera aussi, non sans un sourire, que l'album consacré à Alexandre ne contienne guère de portrait psychologique de ce héros hors pair. Mais raconter en 115 pages illustrées les campagnes du roi était déjà une gageure.

Gerald Messadié

## Gérard Fourze POUR UNE ÉTHIQUE DE L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES

*Chronique Sociale Vie Ouvrière, 139 p., 65 F*

Les Sciences sont-elles aujourd'hui enseignées de façon objective ? Non et elles ne l'ont jamais été, répond catégoriquement Gérard Fourze, docteur en physique théorique, licencié de philosophie et professeur à l'université de Namur. Tout cours de sciences, qu'il s'agisse de biologie, de chimie, de physique ou même de mathématiques, véhicule des représentations particulières de notre monde et transmet aux élèves une idéologie et des valeurs favorisant certains groupes sociaux. Et les enseignants n'en ont en général pas conscience. Un exemple : dans un manuel de mathématiques modernes, l'ensemble des garçons était représenté par un homme assis à son bureau, un pilote d'avion et un maçon, celui des filles par une femme poussant un landau, une infirmière et une dactylo. Dans les livres de chimie, poursuit l'auteur, on a tendance à favoriser l'industrie chimique et à négliger les conséquences écologiques de son développement : si l'on mentionne la lutte contre la pollution, on la crédite à l'"Etat et aux spécialistes" sans mentionner l'action des groupes écologiques, ou des associations. Or, explique Gérard Fourze, dans les classes de bio-

logie, de physique ou de mathématiques, les élèves ne s'attendent à souhaiter y développer des activités de recherche pour réussir, encore faut-il avoir des moyens financiers et savoir frapper à la bonne porte. Le livre vous y aide.

Enfin, cette France *high tech* a-t-elle un quelconque retentissement hors de nos frontières ? Bien sûr, répondent les auteurs qui passent en revue les grands succès de notre technologie comme Ariane, les satellites, le TGV, l'Airbus, etc.

La France *high tech* est un euphorisant tricolore pour les déprimés dont la confiance en notre industrie est défaillante. F.H.-M.

**André Lebeau**

## L'ESPACE EN HÉRITAGE

Odile Jacob, 441 p., 125 F

La technique spatiale est la première dans l'histoire des techniques, dont la maîtrise offre sur l'Univers la perspective d'une expansion illimitée de son territoire. S'affranchir de la pesanteur, exploiter les planètes voisines, soumettre des milliards d'étoiles, dominer la Galaxie entière, voilà la grande promesse, faite d'ailleurs un peu trop facilement.

Reste à savoir si le développement de la technique spatiale peut être concilié avec les besoins quasi immédiats de la civilisation technique. C'est ce type de problème à court et moyen termes qui préoccupe les décideurs et également André Lebeau. Il met, à la portée du profane l'ensemble des éléments sur lesquels se fondent les stratégies des grands programmes spatiaux (dont il fut l'un des plus brillants représentants). Directeur général du Centre d'études spatiales, chargé des programmes et de la politique industrielle à l'époque où fut conçu le projet Ariane, puis premier directeur des programmes de l'Agence spatiale européenne, l'auteur conjugue avec brio la dimension technique et la dimension économique, la perspective historique et l'évocation de l'avenir pour dégager l'unité de cette grande aventure qu'est la conquête de l'espace.

Au fil des chapitres, il marie le rêve et la raison, la passion et la politique, dans une synthèse qui semble défier la complexité du sujet. La première partie, "L'espace

investi", introduit une vision de l'espace et de l'Univers. La deuxième, "L'espace asservi", traite des applications. Alors doté d'une nouvelle vision de la terre, le lecteur fait halte dans les relais géostationnaires. Hélas, déjà l'espace est en guerre, bonne occasion de passer en revue les satellites militaires. Dans la dernière partie, "Horizons et perspectives", les industries de l'espace, les promesses de la microgravité, la carrière de l'ouvrier spatial, l'étendue du nouveau territoire, les forces en présence et leur logique, sont disséquées.

Livre pour grand public, donc, mais aussi pour les spécialistes. C'est le premier panorama de la maîtrise de l'espace, l'une des chances de la France et de l'Europe. Une chance qu'il s'agit de saisir au vol.

Anna Alter

## Sciencimago

## LA TERRE

(pour les 8-12 ans)

Epigones, 64 p., 69 F

Comment expliquer la Terre aux enfants ? Ce dernier volume d'une nouvelle collection tient honnêtement ce pari. Un texte court, des dessins clairs, des photos en couleurs disent l'essentiel de ce que la plupart des adultes ne savent pas — ou croient savoir — sur le mouvement de notre planète, sa structure, son origine et les principaux phénomènes de l'atmosphère, de l'hydrosphère et de la lithosphère. Même la tectonique des plaques y trouve sa place. Un défaut : les quelques expériences proposées s'adressent souvent à des bambins de 5 ans. Livre adapté (ou traduit ?) de l'anglais par Antoine Cury. Autres volumes disponibles : la communication, la perception, le mouvement.

■ Dans *L'engrenage des pesticides* (Science & Vie n° 825), p. 150, 2<sup>e</sup> colonne, ligne 24 et suivantes, plusieurs mots ont été omis, il fallait lire : « Cet amalgame est source de métaux décrits en détail dans cet ouvrage : ... promotion des ravageurs de second ordre au rang d'ennemis principaux et endémiques, sans compter les intoxications aux effets pas toujours immédiats... ». Nous prions nos lecteurs de nous excuser.

## Robert Clarke DE L'UNIVERS À NOUS, OU LES HASARDS DE LA VIE

Seuil, Point Virgule, 24 F

Ce petit livre ne paie pas de mine mais conte la grande histoire qui a débuté par un immense éclair de lumière il y a 15 milliards d'années.

En 154 pages, Robert Clarke brosse les grands tableaux de notre histoire : naissance de l'Univers, création de notre planète, apparition de la vie puis de l'homme, conquête du feu, émergence des civilisations, incertitudes, interrogations !

Car les scientifiques savent expliquer les premiers instants de l'Univers, mais ils ignorent toujours le pourquoi de sa naissance. Et depuis qu'ils scrutent les étoiles, ils sont toujours incapables de nous dire si nous sommes les seuls êtres vivants dans le cosmos.

Les premières molécules d'acides aminés, briques fondamentales de tout ce qui vit, sont apparues il y a environ 4 milliards d'années, mais comment, à partir de là, furent créés les premiers organismes vivants, les premières plantes, les premiers animaux, on l'ignore encore.

Pourquoi certaines espèces animales ont-elles disparu voici 65 millions d'années ? Pourquoi encore l'évolution de certains singes a-t-elle conduit vers l'homme ? De quand date la première manifestation de l'esprit religieux ? Quand et comment sont apparus les hommes de Néanderthal ? Pourquoi l'homme de Cro-Magnon dessinait-il si bien ?

Il y a environ 10 000 ans, l'homme nomade est devenu sédentaire. L'agriculture est apparue, puis le travail des métaux et celui du verre. Lentement l'Homme a parfait ses techniques pour aboutir à notre monde d'aujourd'hui.

Mais que nous réserve l'avenir ? Selon l'auteur, deux "inventions" risquent de profondément modifier la condition humaine : le génie génétique, qui nous donne la possibilité de transformer l'hérédité des êtres vivants, et l'apparition de machines réellement intelligentes qui, peut-être, nous surpasseront intellectuellement. Cela prouve qu'on peut dire vite et bien. ▲



# APPRENEZ A PARLER POLAROID.

QUAND LES MOTS NE SUFFISENT  
PAS A COMMUNIQUER, PARLEZ  
POLAROID.

AVEC POLAROID, VOUS DÉCRI-  
VEZ UN OBJET AVEC PRÉCISION,  
VOUS ENVOYEZ UNE INVITA-  
TION 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 PAR-  
LANT 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.



Polaroid est une marque déposée de Polaroid Corporation,  
Cambridge, Mass., U.S.A.  
Tous droits réservés Polaroid Corporation 1986.

 **Polaroid. La langue universelle.**

# ECHOS DE LA VIE PRATIQUE

VIDÉO

## Un magnétoscope numérique

Le Japonais Toshiba a réalisé le premier magnétoscope équipé de circuits de mémoire numériques (modèle A-66D). L'appareil est au standard VHS. Les circuits numériques permettent la numérisation du signal vidéo, son stockage en mémoire en vue d'un traitement et sa conversion en signal analogique VHS pour le passage sur le téléviseur. Le traitement permet

d'obtenir une image de meilleure qualité qu'avec un magnétoscope ordinaire surtout en éliminant les signaux parasites (bruits). L'amélioration est particulièrement perceptible avec un enregistrement lecture à vitesse réduite (l'appareil possède 2 vitesses : 33 et 11 mm/s, la première donnant 160 min d'enregistrement, la seconde 480 min). Prix non fixé pour l'instant.



PHOTO

## Un téléobjectif français pour images "piquées"

Dans les années 1940-50, les établissements Pierre Angénieux, firme française d'optique, produisaient des objectifs réputés pour la photo et le cinéma d'amateur. En 1956, Angénieux abandonna aux Japonais le marché d'amateur pour se consacrer à la fabrication de zooms pour le cinéma professionnel et la télévision. La société devint ainsi le premier constructeur mondial et conquit jusqu'à 95 % du marché. A partir de 1964, Angénieux devint un fournisseur permanent de la NASA, équipant en objectifs cinéma et télévision la plupart des missions spatiales.

En 1982, Angénieux estime pouvoir revenir sur le marché d'amateur en produisant des zooms photo compétitifs avec ceux des Japonais (en qualité et en prix) ; et aujourd'hui il propose un objectif à focale fixe APO S 2,3/180 mm. Cette optique repose sur une technologie brevetée, le DEM (differential element movement), dérivée des zooms : sur les 8 lentilles de l'objectif, deux groupes de deux se déplacent durant la mise au point pour ramener constamment l'image nette sur le plan du film. La correction chromatique atteint ainsi une précision de l'ordre de 1/10 000 de la distance focale. Le téléobjectif assure donc une netteté remarquable de 1,80 m à l'infini tout en ayant une luminosité élevée de 1 : 2,3. Cet objectif mesure environ 14 cm de long, 8 cm de diamètre et pèse moins de 1 kg. Il est prévu pour la plupart des reflex 24 x 36 du marché. Prix : moins de 9 000 F.

PHOTO

## Cours de photographie

*La société française de photographie propose un enseignement de technologie et des travaux pratiques préparant au CAP (certificat d'aptitude professionnelle) de photographie. Sa durée totale est de 160 heures. Les cours ont lieu le lundi de 19 à 21 heures à la Sorbonne. Les travaux pratiques comportent une centaine d'heures, par séances de 3 heures et demie en laboratoire et en studio (matin, après-midi ou soir, au choix de l'élève). Le matériel et les produits sont fournis. Prix du stage étalé sur une année scolaire, à partir de septembre : 7 500 F. La société propose également aux amateurs un stage d'initiation sur un trimestre : technique et esthétique photographiques. Huit participants par stage. (Renseignements : SFP, 9 rue Montalembert, 75007 Paris, tél. (1) 42 22 37 17).*







## TÉLÉVISION

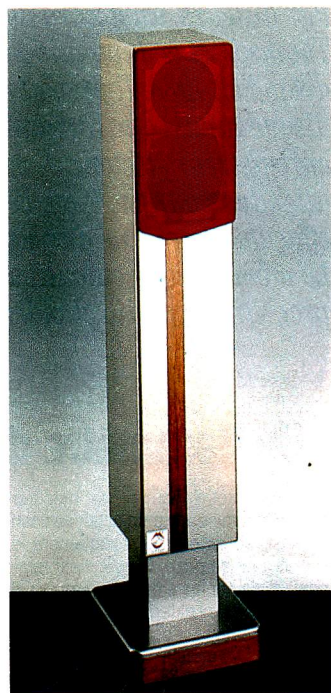
### La plus petite caméra vidéo couleur du monde

*Construite par Toshiba au Japon, elle ne pèse que 18 grammes. De la taille d'un tube de rouge à lèvres, elle mesure 45 mm de long et 16 mm de diamètre. On ne saurait imaginer une plus petite caméra de télévision en couleurs. Pour atteindre cette miniaturisation, la tête de la caméra a été séparée des circuits de contrôle (notamment des circuits de codage en NTSC). La tête est équipée de l'objectif et de l'analyseur d'image à DTC (dispositif à transfert de charge). Ce dernier est constitué de 200 000 cellules et d'une micro-mosaïque de filtres assurant la sélection des couleurs. Contrairement aux filtres habituellement utilisés (bleu, vert et rouge) ceux-ci sont cyan, jaune et vert. La définition de l'image avec ce système est supérieure à celle de l'image obtenue avec un magnétoscope de type VHS. Pour la prise de vue, cet appareil Toshiba peut servir de caméra invisible. Elle est aussi utilisable comme un stylo, par exemple pour lire un texte sur un livre. Mais ses applications sont surtout techniques, en laboratoires, en médecine ou dans l'industrie. Elle est très adaptée à la robotique ; ainsi pourra-t-elle servir d'œil pour les robots domestiques, ou de dispositif d'approche fine par incorporation à la main d'un robot. La caméra peut être branchée à un magnétoscope ou à un téléviseur NTSC.*

## HAUTE FIDÉLITÉ

### Des enceintes qui associent musicalité et esthétique

La société Morgane, nouveau constructeur français d'enceintes acoustiques, vient de présenter sa première gamme, les enceintes "Etude". D'une esthétique raffinée, elles sont en forme de colonne de 1,15 m à deux couleurs. La gamme ne compte pour l'instant que deux modèles, l'Etude III à deux haut-parleurs (grave de 13 cm à double bobine et tweeter à dôme de 2,2 cm) et l'Etude IV (sur notre photo) avec aussi deux haut-parleurs (grave de 17 cm à double bobine et tweeter à dôme de 2,2 cm). Les deux enceintes sont à trois voies car le haut-parleur grave/médium de type à double bobine, peut être assimilé à deux transducteurs distincts (il reçoit à partir du filtre et pour chacune de ses bobines, les fréquences basses et médium). A l'écoute, la restitution musicale nous a paru remarquable. Caractéristiques techniques : puissance admissible efficace 70 W et maximum 140 W ; bande passante 55-22 000 Hz  $\pm$  3 dB. Prix : Etude III, 5 300 F la paire ; Etude IV, 8 000 F la paire (Ribaut-Chartain, ZI 2, allée Louis Armand, 18000 Bourges, tél. 48 50 74 88).



## AUDIOVISUEL

## PHOTO

## Disque optique effaçable dans un an en France

*Les recherches sur le vidéodisque se poursuivent activement dans tous les grands laboratoires de recherche du monde (Science & Vie n° 814 de juillet 1985). En France, plusieurs centres étudient ce type d'enregistrement et les matières pour les mémoires optiques et magnétiques (notamment Thomson à Gennevilliers et Kodak-Pathé à Chalon-sur-Saône). D'importants progrès ont été réalisés et l'on considère que le disque optique effaçable sera une réalité commerciale dans les prochaines années, autant pour l'informatique que pour la vidéo (vidéodisque effaçable) et l'audio (disque compact audio-numérique effaçable). Kodak, précisément, sera peut-être le premier à le commercialiser en France par le canal de sa filiale Verbatim. Celle-ci a en effet annoncé qu'un disque thermo-magnétique effaçable de 9 cm de diamètre sera lancé début 1987. Destiné à la mémorisation des données, il peut stocker 100 mégabits d'informations, soit le contenu de 50 000 pages dactylographiées. Par ailleurs, un accord de coopération a été conclu entre Thomson et le Japonais Nakamichi pour lancer un tel disque en 1988. Il prévoit que Thomson développera le disque tandis que Nakamichi réalisera les enregistreurs-lecteurs. Les premiers prototypes sont attendus pour fin 1986. Le disque compact audio-effaçable aura une durée d'enregistrement de 5 heures. Le même disque en vidéo autorisera une heure de programme audio et vidéo par face.*

## PHOTO

## Un flashmètre de moins de 1 000 F

Le flashmètre permet de mesurer l'intensité lumineuse d'un éclair de flash et, ainsi, de déterminer exactement le diaphragme de prise de vue. Il est rarement utilisé par les amateurs parce qu'il est cher (souvent plus de 4 000 F). La société Courtenay a conçu le premier flashmètre coûtant un peu moins de 1 000 F, le Courtenay M44. Ses principales ca-

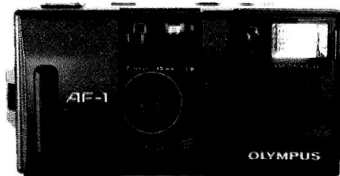
ractéristiques : diaphragmes de 1 à 128, avec une précision de 1/3 de diaphragme ; sensibilités de 12 à 1600 ISO ; mesure en lumière incidente (180°) ou réfléchie (50°) ; mesures de plusieurs flashes séparés ; diode jaune s'allumant lorsque les sensibilités de l'appareil sont dépassées (BIP, 127 avenue du Maine, 75014 Paris).

## Un 24 × 36 étanche à deux cellules

Les constructeurs d'appareils 24 × 36 compacts s'orientent vers des modèles étanches (Science & Vie n° 823 d'avril 1986). Après Fuji, Canon, Nikon, c'est au tour d'Olympus, avec l'AF-1, de lancer un 24 × 36 utilisable par tous les temps.

Conçu pour résister aux éclaboussures, l'Olympus AF-1 ne craint pas la pluie, les embruns, le sable et les poussières. Il faut seulement éviter de l'immerger ou de le laisser longtemps sous une pluie torrentielle.

Entièrement automatique (exposition, mise au point, flash), l'Olympus AF-1 possède plusieurs caractéristiques originales. Son objectif 2,8/35 mm, tout d'abord, est constitué de 4 lentilles dont une asphérique : cela accroît la netteté des images sur le bord du champ. D'autre part, l'appareil est



équipé de deux cellules pour la mesure de la lumière. L'une réalise cette mesure dans tout le champ de prise de vue ; l'autre, sélective, n'opère que dans la zone centrale. Lorsque le contraste de l'éclairage est excessif, une différence de mesures apparaît. Si, par exemple, la zone centrale est plus sombre que la moyenne, le microprocesseur de l'appareil considère qu'il y a contre-jour et commande le déclenchement du flash dont la lumière éclaire alors les ombres. L'alimentation est assurée par une pile au lithium de 6 V ayant une durée de vie de 4 à 5 ans à raison d'un film par mois. La capacité de cette pile permet la recharge du flash en 1,5 seconde. Les autres caractéristiques de l'Olympus AF-1 sont plus classiques : obturateur électronique programmé (1/30 s à 2,8 jusqu'à 1/750 s à 13,5 avec film de 100 ISO) ; viseur à champ clair ; chargement du film et rebobinage automatiques par moteur ; retardateur 12 s ; flash incorporé ; dimensions : 12 × 6 × 4,5 cm, poids : 225 g sans pile. Prix : moins de 1 700 F.



PHOTO

## Encore un 24 × 36 compact tout automatique

PC-35 AF-M-SE : c'est le nom du dernier appareil 24 × 36 compact proposé par Pentax (un nom bien compliqué, comme ont maintenant tendance à le faire les constructeurs japonais). Il est intégralement automatique, pour l'affichage de la sensibilité, le chargement et le rebobinage, l'exposition du film, la mise au point par faisceau infrarouge et la photo au flash. L'appareil utilise tous les films, de 25 à 1600 ISO (ce qui est exceptionnel pour un compact 24 × 36). Son objectif 2,8/35 mm comporte 5 lentilles et autorise la prise de vue depuis 0,70 m. Le programme d'exposition s'échelonne de 1/8 s à 2,8 jusqu'à 1/430 s à 16.

Le Pentax PC-35 AF-M-SE comporte encore un retardateur et un flash électronique de nombre-guide 11 pour 100 ISO. Il pèse 320 g. Prix : 1 590 F.



**Philips** utilise actuellement aux Etats-Unis le disque compact à lecture par laser comme mémoire de données pour l'enregistrement des 20 volumes de l'Encyclopédie de l'Académie des sciences américaines. Ce disque sera compatible avec les ordinateurs personnels IBM-PC.

**Il existait autrefois de volumineux catalogues** de matériel photographique édités par des maisons de vente. Seul est encore édité aujourd'hui le *Cinéphotoguide* qui présente les produits photo, cinéma et vidéo. La 31<sup>e</sup> édition vient d'arriver et compte 132 pages. Prix : 40 F. En kiosque et Cinéphotographie, 58 rue St Georges, 75009 Paris.

**Sony** lancera en avril 1987 son premier magnétoscope numérique de studio, conforme à la norme numérique internationale 4-2-2 (sur cette norme, voir *Science & Vie* n° 824 de mai 1986).



HAUTE FIDÉLITÉ

## Une mini-chaîne à télécommande infrarouge

Cinq éléments (amplificateur, tuner, platine magnétophone, deux enceintes) forment la chaîne haute fidélité Sony FH-150R. Elle mesure environ 57 × 35 × 23 cm et pèse 14,6 kg.

L'amplificateur TA-177R, de 40 W efficaces par canal, a une réponse en fréquences de 40 à 30 000 Hz à 0-3 dB et un rapport signal/bruit de 97 dB. Le tuner reçoit les gammes FM, PO et GO. La bande passante en FM est de 35-15 000 Hz à +0,5 - 1 dB. Le magnétophone à cassette est un 4 pistes stéréophonique. Sa courbe de réponse (avec bande métal) est de 30-16 000 Hz à 3 dB. Le pleurage et le

scintillement sont inférieurs à 0,2 % (norme DIN). Les enceintes, du type 3 voies asservies, ont une bande passante de 30-20 000 Hz. Une commande infrarouge permet de sélectionner la source sonore (disque compact, tuner, magnétophone), les stations radio, les gammes d'ondes, la mise en marche, l'arrêt, le volume... L'ensemble peut recevoir une platine microsillon ou, ce qui est préférable, un lecteur de disque compact CDP-7F de Sony. Par ses caractéristiques électro-acoustiques, la chaîne se classe parmi les matériels aux performances élevées. Prix moyen : 6 990 F.

SON

## Une enceinte acoustique qui se branche sur le 220 V

Une société française, Vifitel SA, vient de commercialiser la première enceinte acoustique, l'Hi-work, qui se branche directement dans n'importe quelle prise de courant 220 V.

Pour pouvoir écouter votre chaîne haute fidélité ou votre téléviseur avec cette enceinte, il faut aussi brancher un codeur spécial, d'une part dans la sortie "magnétophone" de cette chaîne ou de

ce téléviseur, d'autre part dans une prise de courant ordinaire ; alors le codeur module le signal audio pour permettre son transport dans toute l'installation électrique. Ainsi quelle que soit la pièce où l'on se trouve dans l'appartement, il est possible d'écouter un programme en branchant simplement l'enceinte sur une prise.

La bande passante de cette enceinte est de 40-12 000 Hz, sa puissance de 10 W et son fonctionnement est possible entre 0 et 50 °C. Le volume sonore se règle sur l'enceinte, celle-ci mesure 24 × 12 × 15 cm et pèse 1 580 g ; le codeur 4 × 10 × 15 cm et 180 g. Prix : 980 F (enceinte et codeur) et 780 F l'enceinte supplémentaire (SEAO, 17-19 rue de la Plaine, 75020 Paris. tél. (1) 43 48 08 08).



# Les objets du mois

*Objets astucieux et appareils ingénieux produits par l'industrie arrivent souvent sur le marché sans tambour ni trompette : le fabricant les commercialise sans présentation à la presse ni publicité, parce que les retombées du progrès scientifique et technologique dans le quotidien se multiplient très vite et, finalement, se banalisent. Les acheteurs les découvrent alors par hasard, en flânant de boutique en boutique. Chaque mois, nous allons ainsi fouiner aux "puces" de la technologie, autant pour vous informer que pour votre plaisir.*

## 1 POUR QUE LES AVEUGLES UTILISENT L'ORDINATEUR

Une carte, Valentine, comportant un circuit imprimé, étudié et financé par l'association Valentine Haüy, et dont la fabrication est assurée par la Société française d'électronique, recherche et mathématiques (FERMA). Elle est conçue pour s'insérer dans l'Apple II. Elle contient un programme qui la fait communiquer avec le microprocesseur de l'ordinateur (6502) et un synthétiseur vocal autonome piloté par un second microprocesseur (8085).

Valentine transforme ainsi l'ordinateur en machine parlante adaptée aux besoins des aveugles. Tout texte (lettres, mots, phrases ou nombres) dactylographié en français sur le clavier est épilé ou lu "à haute voix" par le haut-parleur de l'Apple II E. En mode éditeur vocal, elle lit l'écran ligne après ligne et indique la position du curseur en donnant ses coordonnées (en numéros de colonne et de ligne).

Comme Valentine est un système autonome, elle n'interfère en rien avec l'unité centrale sur laquelle elle est greffée et elle n'occupe aucune place en mémoire. De ce fait, les logiciels de l'Apple II E sont presque tous accessibles au non-voyant, à l'exception toutefois des programmes à

caractère graphique et de certains autres se présentant sous une configuration particulière.

Mais déjà, grâce à Valentine, les aveugles peuvent accéder aux logiciels de traitement de texte, de classement et de calcul et, bien entendu, aux langages de programmation. Valentine est vendue à prix coûtant, soit 4 900 F. (Association Valentin Haüy, 5 rue Duroc, 75007 Paris, tél. (1) 47 34 07 90 ou FERMA, 14 rue de l'abbé Carton, 75014 Paris, tél. (1) 45 43 14 79).

## 2 UN MOULINET DE PÊCHE À GACHETTE

Une gachette montée sur un moulinet (un Mitchell Full Control 554 ORD) qu'on actionne avec l'index de la main qui tient la canne pour guider le dévidage du fil, voilà une innovation qui sera appréciée des pêcheurs. En pressant sur la gachette, un frein bloque le fil. En la relâchant plus ou moins, on desserre progressivement ce frein pour que le fil se déroule. Une pression sèche sur cette même gachette permet de ferrer le poisson. Ainsi ce moulinet permet-il d'agir sans perte de temps (au dixième de seconde) de la main qui tient la canne, même en marchant le long d'une rive, même en tenant l'épuisette. Prix : 600 F (La canne à pêche SA, BP 615, 49006 Angers cedex).

## 3 DES CARTOUCHES DE GAZ INTERCHANGEABLES

Camping-gaz vient de lancer une mini-cartouche de gaz, la CV-360. Elle inaugure une nouvelle façon de conditionner le gaz en supprimant sa phase liquide. Ainsi, sans risque, cette cartouche peut pivoter de 360° (d'où son nom). Enfin, la valve de sécurité incorporée permet de retirer la CV-360 d'un appareil sans attendre qu'elle soit vide, ce qui n'était pas le cas auparavant. Ainsi avec une seule cartouche on peut alimenter successivement divers appareils. Prix : 16 F.

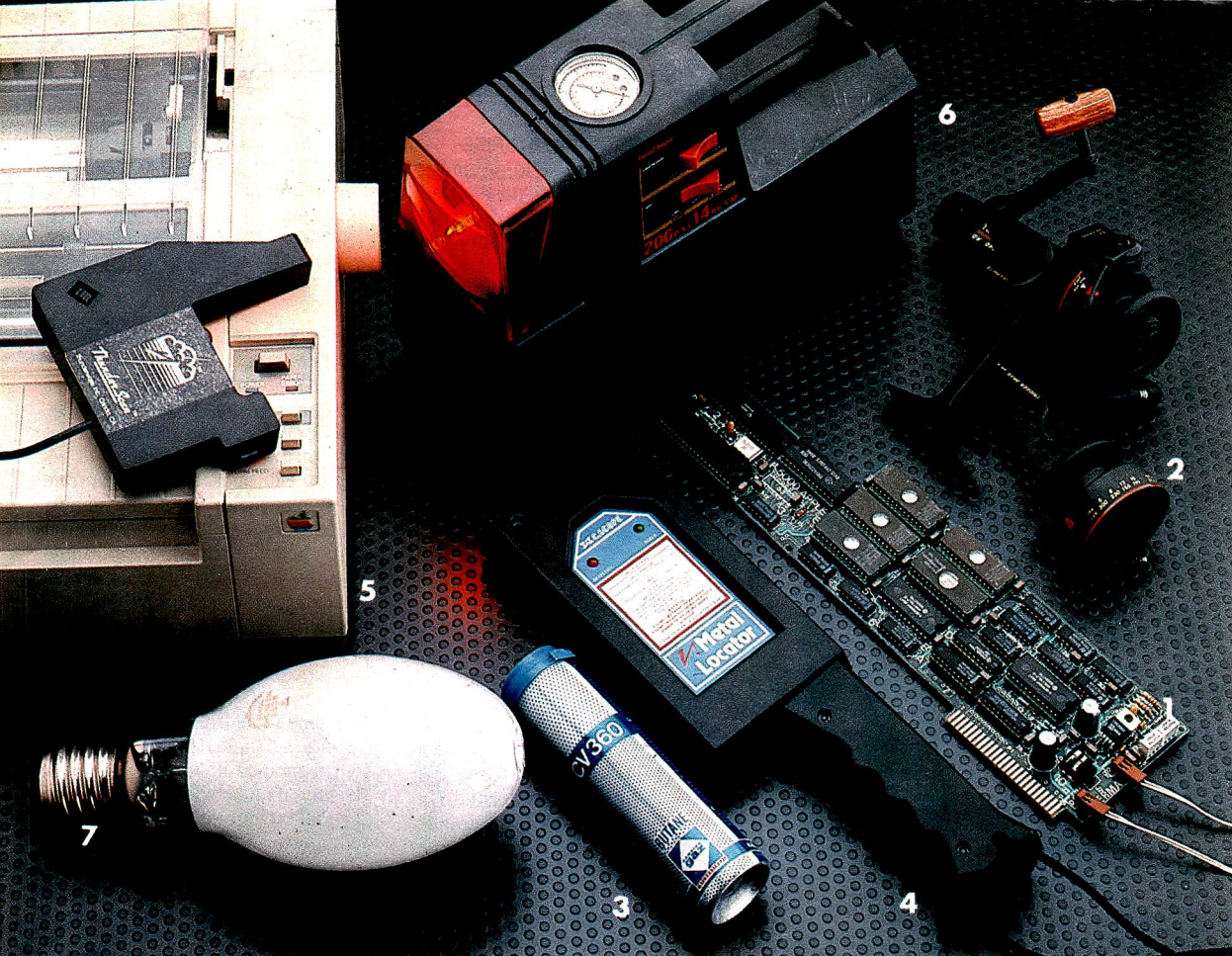
## 4 UN DÉTECTEUR DE MÉTAUX

Portatif, pesant 330 g, le C-Scope permet de localiser une tuyauterie dans un mur, une canalisation électrique scellée ou enterrée ou encore tout objet métallique perdu ou caché. Ce détecteur possède une tête sensible à plusieurs bobines, enrobée dans la résine époxy contenue dans le boîtier. Le réglage de sensibilité s'opère visuellement par comparaison de l'illumination de deux diodes électroluminescentes. Après quoi, toute masse métallique présentée dans le champ de la bobine provoque des signaux lumineux et sonores. Ces derniers pouvant être délivrés par un casque. Une pile de 9 V assure l'alimentation de ce détecteur. Prix : 1 040 F (SOCE, 19 rue de Lisbonne, 75008 Paris).

## 5 UNE NOUVELLE TÊTE DE SAISIE GRAPHIQUE

Pour numériser une image, il faut l'analyser point par point et affecter à chacun une valeur numérique proportionnelle à son éclairement. La meilleure façon d'y parvenir consiste à utiliser le balayage électronique d'une caméra vidéo. Le signal qu'elle délivre, convenablement mis en forme par une interface, peut alors être exploité par un micro-ordinateur qui le stocke et synthétise l'image sur son écran. Mais on peut aussi confier ce balayage à un système mécanique doté d'un capteur opto-électronique, ce qui





est beaucoup moins coûteux qu'un équipement vidéo. D'autant que tout propriétaire d'un Macintosh le possède déjà avec son imprimante. En effet, la tête de l'imprimante parcourt horizontalement la feuille de papier tandis que les rouleaux la font défiler dans le sens vertical. Il suffit donc de disposer sur cette tête un capteur photosensible. Chaque point d'une image se présentera sous le capteur et, selon son pouvoir réflecteur, se verra attribuer une valeur chiffrée. Afin de rendre le système indépendant de la lumière ambiante, c'est un faisceau infrarouge situé à proximité du capteur qui éclaire la zone en cours d'analyse. Munie de son boîtier capteur (disposé à la place du ruban encreur), elle se transforme en organe de saisie. Certes, cette mécanique est moins rapide qu'un faisceau d'électrons, mais le résultat est très satisfaisant.

Il y a plus d'un an que cette solution a été proposée sous le nom de Thunderscan aux possesseurs de Macintosh. Une nouvelle

version, acceptant l'imprimante Image Writer II et surtout Laser Writer, vient d'être proposée. Avec cette dernière, la définition est multipliée par seize : elle passe de 8 points par millimètre carré à 128 points. Prix : 4 685 F (Alpha Systèmes, 29 bd Gambetta, 48000 Grenoble ; Microvalley, 83 rue de Javel, 75015 Paris).

## 6 UN GONFLEUR AVEC LAMPE ET FEU DE DÉTRESSE

Good Hope propose un petit gonfleur électrique, le Light-flash 3 IN 1, doté d'une torche électrique pouvant éclairer la roue d'automobile à gonfler de nuit et d'un clignotant de détresse signalant sa présence au bord de la route. Un manomètre permet de mesurer la pression de gonflage des pneus. Le moteur électrique se branche sur l'allume-cigare du véhicule. Le Light-flash 3 IN 1 convient aussi pour gonfler un canot ou un matelas pneumatique.

Dimensions : 25 × 18 × 10 cm environ. Prix 340 F (SEDAO, 17-19 rue de la Plaine, 75020 Paris, tél. (1) 43 48 08 08).

## 7 DES LAMPES À VAPEUR DE SODIUM À USAGE DOMESTIQUE

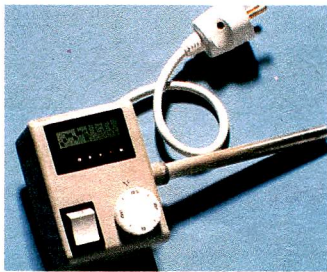
Jusqu'ici les lampes à vapeur de sodium servaient surtout pour l'éclairage des routes. Thorn Emi les a adaptées pour les applications domestiques avec ses tubes SON-DL montés dans les luminaires UP-Life. Ces tubes, en céramique translucide, contiennent de la vapeur de sodium sous haute pression. L'ionisation est amorcée par une impulsion à haute tension délivrée par un dispositif externe. La lumière blanche émise (2300 K) convient à l'éclairage d'un appartement ou de bureaux, d'autant plus que son excellent rendement (80 à 92 lumens/watt) autorise son emploi en éclairage indirect. En outre, le procédé est économique : 9 W/



m<sup>2</sup> alors que les installations traditionnelles en exigent 25 (15 watts/m<sup>2</sup> pour la fluorescence à haut rendement). (Thorn Emi éclairage, 61 rue Emile Zola, 69150 Decines).

### VOS RADIATEURS DE CHAUFFAGE CENTRAL SANS CHAUDIÈRE

C'est aujourd'hui possible grâce à un procédé créé par la société française BC-Energie, le BCX. Constitué de thermo-plongeurs introduits dans le bas à chaque radiateur et se branchant sur une prise de courant, ils assurent le chauffage électrique de l'eau qui y



circule. Une horloge à quartz et un thermostat d'ambiance permettent de programmer l'heure de mise en marche et d'arrêt. Ainsi que la température de la pièce à chauffer.

Le système BCX peut fonctionner seul, sans chaudière. En fait le coût de l'énergie incite à l'utiliser conjointement avec la chaudière à mazout conventionnelle. Ainsi, l'utilisateur peut-il choisir le système de chauffage le plus économique selon les saisons ou selon l'heure.

Deux modèles sont proposés : l'un comportant le thermostat d'ambiance ; l'autre, plus complet, avec un limiteur de température (Aquistat) qui interrompt le passage du courant en cas de surchauffe du radiateur, et une horloge à quartz programmable sur 24 heures ou 7 jours. En cas de panne d'électricité le système est muni d'une alimentation interne de plusieurs heures permettant de préserver la programmation. La tige chauffante est la même pour les deux modèles. Elle est réglable de 500 W à 2000 W par tranche de 250 W. (BC Energie, ZA, 68990 Heimsbrun, tél. 89 81 94 77).

### UN MULTIMÈTRE MINIATURISÉ

De la taille d'un stylo, le multimètre Microtest 01 dispose d'une autonomie complète de 100 heures. Il permet de mesurer les principales grandeurs électriques ou de réaliser un test de continuité. Son système d'autocalibrage le protège contre les erreurs de manipulation. De plus, un écran à cristaux liquides de 8 mm indique toutes les conditions de la mesure. Une fonction mémoire conserve l'affichage de la valeur mesurée. Prix : 625 F. (Uni-Technologies, 140 route de la Reine, 92100 Boulogne).

### UNE POIGNÉE ANATOMIQUE...

Les outils, les cannes à pêche, les raquettes... en un mot tous les objets que l'on doit tenir à la main ont un point faible, leur poignée. En général, elle est de section cylindrique ou ovale et ce sont les doigts de celui qui la tient qui doivent se plier à sa forme. Un produit plastique, N'J Anatomic, élimine ce défaut. Il s'agit d'une résine durcissable à froid, qui permet à votre main d'imprimer sa forme à la poignée. En mélangeant ses deux composants, on obtient une pâte dont on recouvre le manche de l'objet. Il ne reste plus qu'à le saisir pour y imprimer la forme de la main. Vingt-quatre heures après, la pâte est dure et on peut alors poncer, peindre, vernir... La charge de la résine étant en poudre de liège, le poids ajouté ne modifiera que très légèrement le centre de gravité de l'instrument. Prix : 160 F environ dans les magasins de sport. (Engiplast, 147 rue Jouffroy, 59100 Roubaix).

### UN ASPIRATEUR SANS FIL

Voici le premier aspirateur équipé d'une batterie rechargeable : le Mini-turbo. Le chargeur se fixe au mur et recharge automatiquement l'accumulateur lorsqu'on y accroche l'aspirateur pour le ranger. Mesurant 28 x 29 cm environ, pesant 3 kg, le Mini-turbo se porte en bandoulière. C'est un aspirateur complémentaire pour les petits nettoyages (automobile, derrière les radiateurs, cendrier renversé). Son autonomie est de 15 minutes. Il possède une gamme d'accessoires (suceur plat, brosse,

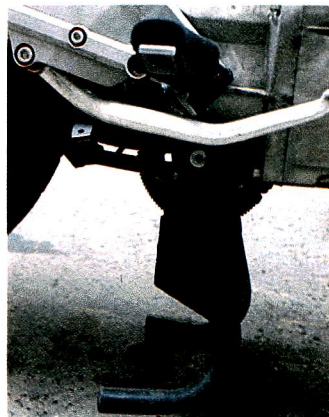
flexibles, adaptateur pour utilisation sur le secteur 220 V ou batterie de voiture 12 V). Son bac à poussière est amovible. Prix : 449 F (SEDAO, 17-19 rue de la Plaine, 75020 Paris, tél. 43 48 08 08).

### UNE BÉQUILLE ÉLECTRIQUE POUR MOTO

Les motos de grosses cylindrées pèsent souvent plus de 200 kg. Aussi à l'arrêt, ces machines sont difficilement manœuvrables et les mettre sur leur béquille centrale n'est pas facile ou même impossible. Certes, toutes ces motos ont une béquille latérale, utilisable lorsque le pilote est assis sur sa machine. Mais, si l'on oublie de la replier, elle risque de provoquer une chute au démarrage. D'autre part, posée sur sa béquille latérale, la moto est penchée, ce qui, sur certains modèles provoque des remontées d'huile dans les cylindres.

Un motard italien, handicapé à la suite d'un accident, a conçu une béquille centrale électrique. Elle comporte un petit moteur doté d'un réducteur qui se fixe au cadre de la moto. Tout en restant assis, le pilote peut ainsi commander la mise en place de la béquille au moyen d'un simple interrupteur électrique. Le système peut supporter une charge maximale de 1 600 kg. Outre sa fonction première, le dispositif sert aussi d'antivol, car, sans la clé de contact, il n'est pas possible de replier la béquille.

Pour l'instant cet accessoire est disponible pour les Honda Goldwing GL 1100 et GL 1200, BMW série K et Moto Guzzi California, au prix moyen de 3 000 F. (Ariete production, rue Romain Roussel, ZI de Croupillac, 30102 Alès cedex, tél. 66 30 46 46).





# L'ELECTRONIQUE VA VITE PRENEZ LE TEMPS DE L'APPRENDRE AVEC EURELEC

La radio-communication, c'est une passion pour certains, cela peut devenir un métier. **L'électronique industrielle**, qui permet de réaliser tous les contrôles et les mesures, **l'électrotechnique**, dont les applications vont de l'éclairage aux centrales électriques, sont aussi des domaines passionnants et surtout pleins d'avenir. Vous que la **TV couleur**, **l'électronique digitale** et même les **micro-ordinateurs** intéressent au point de vouloir en faire un métier, vous allez en suivant nos cours, confronter en permanence vos connaissances théoriques avec l'utilisation d'un matériel que vous réaliserez vous-même, au fur et à mesure de nos envois. Ainsi, si vous choisissez la TV couleur, nous vous fournirons de quoi construire un récepteur couleur PAL-SECAM, un oscilloscope et un voltmètre électronique. Si vous préférez vous orienter vers l'électronique digitale et les micro-ordinateurs, la réalisation d'un ordinateur "Elettra Computer System" avec son extension de mémoire Eprom, fait partie de notre enseignement. Quel que soit votre niveau de connaissance actuel, nos cours et nos professeurs vous prendront en charge pour vous amener progressivement au stade professionnel, en suivant un rythme choisi par vous. Et pour parfaire encore cet enseignement, avant de vous lancer dans votre nouvelle activité, Eurelec vous offre un **stage gratuit** dans ses laboratoires dès la fin des études. Mettez toutes les chances de votre côté, avec nous, vous avez le temps d'apprendre.



**eurelec**

institut privé d'enseignement à distance

Rue Fernand-Holweck - 21100 DIJON  
Tél. (80) 66.51.34

DDRB

## BON POUR UN EXAMEN GRATUIT

A retourner à EURELEC - Rue Fernand-Holweck - 21100 Dijon

Pour vous permettre d'avoir une idée réelle de la qualité de l'enseignement et du nombreux matériel fourni, EURELEC vous offre de recevoir, CHEZ VOUS, gratuitement et sans engagement, le premier envoi du cours que vous désirez suivre (comportant un ensemble de leçons théoriques et pratiques et le matériel correspondant). Il vous suffit de compléter ce bon et de le poster aujourd'hui même.

Je soussigné : Nom \_\_\_\_\_ Prénom \_\_\_\_\_

DATE ET SIGNATURE :

Adresse \_\_\_\_\_ Tél. \_\_\_\_\_

(Pour les enfants signature des parents)

Ville \_\_\_\_\_ Code postal \_\_\_\_\_

désire recevoir, pendant 15 jours et sans engagement de ma part, le premier envoi de leçons et matériel de :

- ☐ **ELECTRONIQUE FONDAMENTALE  
ET RADIO COMMUNICATIONS**
- ☐ **ELECTROTECHNIQUE**
- ☐ **ELECTRONIQUE INDUSTRIELLE**

- ☐ **INITIATION A L'ELECTRONIQUE POUR DÉBUTANTS**
- ☐ **ELECTRONIQUE DIGITALE ET MICRO-ORDINATEUR**
- ☐ **TELEVISION NOIR ET BLANC ET COULEURS**

● Si cet envoi me convient, je le conserverai et vous m'enverrez le solde du cours à raison d'un envoi en début de chaque mois, les modalités étant précisées dans le premier envoi gratuit.

● Si au contraire, je ne suis pas intéressé, je vous le renverrai dans son emballage d'origine et je ne vous devrai rien. Je reste libre, par ailleurs, d'interrompre les envois sur simple demande écrite.

## LES PIRATES DU TÉLÉPHONE

(suite de la page 109)

crocodile et décroche son combiné. La tonalité retentit aussitôt, donc tout semble parfait. Il compose un numéro, mais à cet instant une voix se fait entendre. En effet, lorsque deux téléphones sont branchés sur la même ligne et que l'un est utilisé pour un appel, l'autre, le combiné raccroché, sonne légèrement. Son propriétaire pense donc que quelqu'un tentait de l'appeler, bien que la sonnerie soit très faible. Notre pirate raccroche aussitôt. Il n'a pas eu de chance pour ce premier essai.

Si l'appartement avait été vide nul ne serait intervenu. Fait immédiatement vérifié en tentant un second essai sur une autre ligne. Cette fois la communication est établie normalement sans aucune gêne particulière pour les correspondants. Celle-ci terminée, notre pirate referme le répartiteur et rentre chez lui avec son téléphone.

Il ne lui restera plus qu'à recommencer l'opération chaque fois que cela en vaudra la peine, par exemple pour téléphoner à des amis américains, le décalage horaire permettant de plus d'opérer au milieu de la nuit.

En choisissant à chaque fois une ligne différente, l'opération est sûre. En effet, qui portera plainte pour

une facture dont le montant sera supérieur de 200 F au montant moyen ? Si le nombre de lignes du répartiteur est élevé, et si chacune d'elles n'est pas trop souvent utilisée, l'intervention restera pratiquement indécélable et difficile à prouver... à moins que le pirate soit pris en flagrant délit.

Un tel piratage ne se fait pas toujours aux dépens de particuliers. Dans bien des cas, les PTT eux-mêmes en sont victimes. Ce sont par exemple les cabines téléphoniques qui sont utilisées pour la fraude. Les agents chargés de collecter le contenu de leurs caisses retrouvent parfois des pièces de monnaie munies d'un fil. Celui-ci permet de faire passer plusieurs fois la même pièce devant le système de détection. Trompé, celui-ci enregistre chaque fois le passage d'une nouvelle pièce. Le procédé permet des appels à longue distance pour une somme modique. Les pirates les plus habiles arrivent même à récupérer leur pièce en fin de communication.

Des dispositifs "détourneurs de taxe" ont même été découverts. Ce sont de petits boîtiers électroniques émettant dans le combiné une série de "bips" simulant un numéro d'appel gratuit (comme le 14). Le compte-taxe se trouve alors bloqué et la pièce introduite pour obtenir la tonalité est restituée en fin de communication.

La suppression du PCV en France a, elle, permis de déjouer un autre type de fraude. Bien qu'officielle-

# Nous sommes fiers





ment son abandon soit lié à l'arrivée des cabines à carte, les PTT ne nient pas que le PCV était source de manque à gagner lorsqu'il servait à une opération pirate concertée. L'administration constatait alors qu'elle n'avait pas de correspondant à facturer.

Un dernier type de fraude dont nous avons eu connaissance utilise un petit montage électronique. Les appels envoyés vers la ligne ainsi équipée ne donnent plus lieu à la facturation de taxes. Le principe de fonctionnement est le suivant : pour savoir si un téléphone est décroché, et par voie de conséquence si l'appel est bien reçu, le central téléphonique analyse en permanence l'impédance de la ligne (résistance électrique au courant alternatif). Dès qu'il constate une brusque diminution de celle-ci, le central considère que le combiné du correspondant est décroché, arrête l'émission des "tuuts" correspondant à la sonnerie et commence à décompter les taxes. Le montage électronique utilisé joue comme régulateur d'impédance en maintenant constamment sur la ligne une impédance élevée, que le combiné du correspondant soit décroché ou non. Quelques transistors suffisent à assurer cette fonction. La communication pouvait avoir lieu sans déclencher le début de taxation. Seul inconvénient du procédé : les "tuuts" de sonnerie subsistaient en fond sonore durant toute la communication.

Les PTT ont mis fin à cette pratique avec des dispo-

sitifs de mesure de la durée de la sonnerie. Au bout d'un certain temps, si l'interlocuteur ne décroche pas, ou du moins si le central considère toujours le combiné comme raccroché, la communication se trouve automatiquement coupée. De plus, si sur une même ligne il est prouvé que de nombreux appels se soldent par une sonnerie de durée anormale suivie de l'abandon de la ligne, un contrôle pourra être entrepris.

Il apparaît ici que, lorsque des fraudes préjudiciables à l'administration sont découvertes, celle-ci recherche les moyens de les éliminer. Pourquoi n'en serait-il pas de même lorsque les victimes sont des abonnés. Il serait tout de même possible de plomber et fermer efficacement les répartiteurs et de les vérifier régulièrement. Mais, dit l'administration, les effectifs des PTT sont insuffisants pour entreprendre des opérations permanentes de contrôle. De même, l'extension de la facturation détaillée à l'ensemble des abonnés ne pourrait-elle pas être envisagée en augmentant les capacités de traitement des systèmes informatiques ? Ou ne serait-il pas possible de "verrouiller" la ligne d'un abonné absent, celui-ci obtenant lui-même ce verrouillage en composant un code secret sur son combiné ?

Autant de questions qui pourraient peut-être trouver une réponse avec l'arrivée des nouveaux réseaux téléphoniques numériques. **Henri-Pierre Penel**

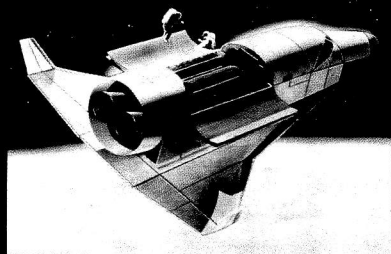
## d'avoir su le faire.\*

Il a toujours 20 ans d'avance dans le transport supersonique civil.

Grâce à Concorde nous faisons Hermès, l'avion spatial européen, et demain, nous saurons faire l'avion hypersonique de l'an 2000.

\* En coopération avec British Aerospace

## c'est spécial. c'est aerospatiale.



# aerospatiale

## PHOTO HALLEY : LES GAGNANTS DE NOTRE CONCOURS

(suite de la page 55)

nous adresse un exemplaire de l'*Astronomie* de juin 1985 relatant le fait. Philippe Morel a aussi photographié très tôt la comète et nous a adressé un cliché du 25 août 1985 qui a bien retenu l'attention du jury, même si celui-ci lui a attribué un prix pour une autre image possédant d'autres qualités (excellente séparation des queues ionique et de poussière).

C'est un peu cette passion et cette patience des astronomes amateurs que souligne la catégorie Mérite. M. Roger Marical en a obtenu le 1<sup>er</sup> prix. Quoique n'ayant utilisé qu'un simple téléobjectif Makinon de 200 mm de focale sur équatorial, il a présenté avec grand soin une photo repérée, orientée, avec la désignation des principales étoiles entourant la comète.

C'est encore le cas de M. Philippe Le Ménestrel qui a photographié la comète le 13 décembre 1985 dans le Gard avec un télescope Newton 6/1 200 mm à monture équatoriale et un reflex Nikon F3. Pour ne poser que 20 minutes avec ce matériel et un film inversible en couleurs Fujichrome 400 (pour diapositive), il l'a lui-même hypersensibilisé, puis traité dans un bain pour négatif couleur (C-41) au lieu du bain E6. L'épreuve est tirée sur Ektachrome 74.

Enfin citons M. Jean Mouette, 4<sup>e</sup> prix, pour l'originalité : une épreuve en couleurs montrant un paysage nocturne à Tamanrasset, simplement photographié sur film Agfachrome 1000 avec un Olympus OM 10 équipé d'un 2,8/135 mm avec 2 secondes de pose. La comète est nettement visible au-dessus de l'horizon avec sa queue (cliché du 10 mars 1986). La même technique, avec agrandissement au tirage, lui a permis d'obtenir d'excellentes images de la comète avec sa double queue, le 16 mars 1986 (sur une épreuve 13 x 18 cm, la comète et sa queue s'étirent sur 7 cm).

La photographie du ciel n'est donc pas réservée aux amateurs équipés de matériel coûteux.

Pour terminer, il nous reste à rapporter un souhait du jury, inspiré par la qualité de la plupart des images. Beaucoup pourraient être adressées à l'IHW (International Halley Watch), organisation qui coordonne les efforts à l'intention des chercheurs de l'an 2061, année du prochain passage de la comète de Halley. Cette organisation est placée sous la direction du Jet Propulsion Laboratory aux Etats-Unis et de l'université d'Erlangen-Nuremberg en Allemagne fédérale. Nos concurrents pourraient donc sélectionner une de leurs photos, la meilleure et la plus significative, et l'adresser à l'IHW avec le maximum de précisions sur les conditions de prise de vues.

**Roger Bellone**

## APRÈS LES ANTIBIOTIQUES LES ANTI-ADHÉSINES

(suite de la page 39)

tiques, ne doivent pas leur efficacité au fractionnement par l'organisme de la dose globale en minidoses réparties sur un long laps de temps. La présence prolongée de doses subinhibitrices dans les urines peut en tout cas le laisser penser.

Quoi qu'il en soit, plusieurs antibiotiques, dont les tétracyclines, ont démontré — *in vitro* — leur aptitude à inhiber l'adhésion de certains germes infectieux. Reste maintenant à confirmer cette action *in vivo*.

Pour compléter ce tableau des nouvelles techniques de lutte antibactérienne, mentionnons encore le "débusquement enzymatique" proposé par le Dr Brisou, ce procédé, qu'il affine depuis sept ans, vise essentiellement les bactéries qui polluent les produits de consommation (les coquillages par exemple), l'environnement (les piscines) ou les équipements industriels. Il consiste à faire digérer les adhésines de ces micro-organismes par des enzymes "gloutons" (**dessin page 35**).

Qu'on nous permette, pour terminer, une remarque. Si séduisante que soit cette nouvelle façon de combattre les infections microbiennes, si riches qu'en soient les perspectives commerciales, il serait absurde d'en masquer les difficultés. *In vivo*, la diversité des adhésines est grande, et leur étude difficile. De plus, les réactions que l'on provoque en laboratoire ne sont pas forcément reproductibles sur des organismes vivants. Des phénomènes coopératifs peuvent intervenir qui donnent des résultats opposés à ceux que l'on observe en éprouvette. Exemple : l'adhésion *in situ* de l'adhésine FY est inhibée par du N-acétylglucosamine, alors que cette même FY, purifiée, ne reconnaît plus ce sucre ! De même, l'action des adhésines est fonction de facteurs aussi variés que l'âge de l'organisme, l'état des cellules cibles ou la qualité des souches microbiennes. Bref, les anti-adhésines ne sont pas la panacée, d'abord parce que tous les germes pathogènes n'adhèrent pas, ensuite parce qu'elles laissent intacts les autres éléments responsables de la virulence de ces germes, tels que les toxines qu'ils sécrètent ou leur capacité à s'approprier le fer présent dans l'organisme.

Il reste que l'étude de l'adhésion et l'exploration des adhésines ont fait considérablement progresser nos connaissances sur les mécanismes de l'infection microbienne. Il ne faudrait pas, toutefois, que ce progrès serve de prétexte à la mise sur le marché de n'importe quel produit affublé trop hâtivement de l'appellation magique d'anti-adhésine. Là aussi, la prudence est mère de sûreté.

**Marie-Laure Moinet**



AVEC OU SANS BAC  
préparez-le

## B.T.S. INFORMATIQUE

Diplôme d'Etat

Vous pouvez dès maintenant préparer tranquillement chez vous le B.T.S. "Services Informatiques" diplôme d'Etat. Vous aurez alors la qualification professionnelle pour devenir Cadre informaticien. Langues étudiées COBOL et BASIC. Avec ou sans Bac ce B.T.S. se prépare en 24 mois, et ne demande pas de connaissance informatique au départ. Nos élèves bénéficient de notre garantie études et peuvent en option suivre un stage pratique sur ordinateur. Inscriptions toute l'année. Brochure gratuite n° Z 4392 à IPIG, Organisme Privé, 7 rue Heynen 92270 BOIS-COLOMBES.

Tel. (1) 42.42.59.27.

### INFORMATION COMMERCIALE

**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.**

**L'AMI DE VOTRE DOS.** Grâce à cet accessoire, vous transformerez votre mauvais siège en bon siège pour le dos. Au bureau, en voiture, à la maison, au lit... Vous serez toujours bien maintenu en bonne position. Léger, transportable, il vous suivra partout. Prix : **590 F.** Il existe également un modèle soutien-dos : **290 F.**

**LA BOUTIQUE DU DOS** 20, rue de Maubeuge, 75009 PARIS. Tél. : (1) 42.80.43.28 (M<sup>o</sup> Cadet)  
9, rue Gubernatis - 06000 Nice. Tél. : 93.62.52.22

## 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 4489.**  
35, rue Collange 92303 Paris - Levallois. Tél. : 42 70 81 88.

### BON D'INFORMATION

à découper ou recopier et renvoyer à

**L. & A. service 4489, 35, rue Collange 92303 Paris-Levallois.** Veuillez m'adresser gratuitement et sans engagement votre documentation complète.

NOM : .....

Prenom : .....

Adresse : .....

## 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 3816**  
35, rue Collange 92303 Paris-Levallois.  
Tél. : (1) 42 70 73 63.

*Ne cherchez plus...  
**TROUVEZ !***



**MAGASIN-DEMONSTRATION**  
TEL. (1) 45.22.57.20

## DÉTECTEURS DE MÉTAUX

Trouvez tout ce qui est enterré, caché ou perdu, avec l'un des 8 détecteurs, discriminateur ou non, de notre nouvelle gamme.

**Vos recherches et vos loisirs méritent un détecteur**

**SCOPE**  
N° 1 MONDIAL

**POUR EN SAVOIR PLUS SUR LA DÉTECTION :**  
Brochure en couleurs, avec tarif et liste des distributeurs sur simple demande à **S.O.C.E.** 19, rue de Lisbonne 75008 Paris (1) 45.22.57.20.

Nom : .....  
Adresse : .....

SV - C.A. Communication

# VIVEZ

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

# PLEINEMENT L'AVENTURE

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

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

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

# MICRO

## GRAND CONCOURS

**Microsoft - SVM - Fil**

1 voyage à Seattle (USA)  
5 micro-ordinateurs  
des imprimantes  
des logiciels...

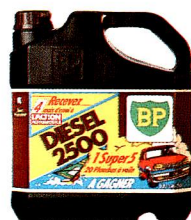
... A GAGNER !  
DANS LE NUMERO DE JUILLET/AOUT  
DE SVM, EN VENTE DES LE 3 JUILLET.





**Il est malin le nouveau 5 litres.**

**Il vous offre 4 litres pour la vidange et 1 litre de réserve pour l'appoint. Actuellement il est en promotion dans les points de vente affichant l'opération.**



**NOUVEAU!**



# VOUS EN OFFRE PLUS.





# FUJICHROME

## Le Regard Photo

Charger son appareil photo en FUJICHROME, c'est déjà aiguïser son regard de photographe professionnel et faire preuve d'exigence.

Les diapositives FUJICHROME conjuguent à la fois, piqué exceptionnel, définition maximale, saturation des couleurs, fidélité des tonalités. C'est l'exigence que met FUJI à offrir les mêmes innovations technologiques, la même rigueur de fabrication à ses films amateurs et ses films professionnels.

Cette exigence vous la retrouvez dans tous les formats et

sensibilités de la gamme

FUJICHROME:

50, 64, 100, 400 et 1600 ISO.

Le FUJICHROME, un film à la hauteur de votre talent très professionnel.



FUJI FILM

I & I  
imaging information



Demande de documentation à FUJI FILM France : 2, avenue Franklin - 78186 St Quentin-en-Yvelines Cedex.