

SCIENCE & VIE

MENSUEL

N° 822 MARS 1986

ISSN 0036 8369

S.O.S. NAVETTE : LE PLAN DE SAUVETAGE

VOIR
NOTRE
DÉPLIANT
EN
PAGE 96

**LES VACHES
TRANSGENIQUES**

16 F

N° 822

SUISSE	5 FS
CANADA	\$ 2,75
BELGIQUE	110 FB
ESPAGNE	450 Ptas
MAROC	16 Dh
TUNISIE	1,6 DT

LE SAVOIR VIVRE MICRO

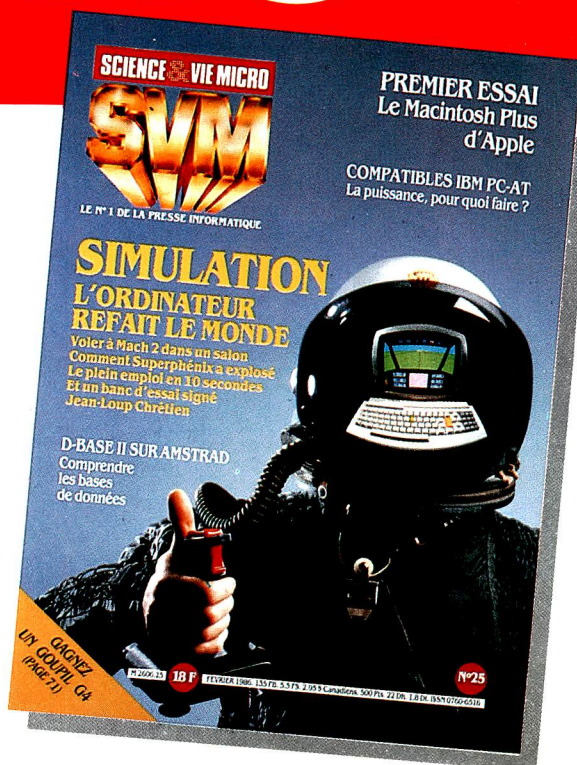
Chaque mois, faites le point sur toute l'actualité de la micro-informatique avec SVM, SCIENCE & VIE MICRO : expériences originales, applications nouvelles, enquêtes, reportages...

Chaque mois, faites confiance aux bancs d'essai complets de matériels et de logiciels signés SVM.

Et découvrez dans SVM des programmes inédits, le dossier d'initiation et une foule d'informations sur les banques de données, les nouveaux services du téléphone, Minitel et ses multiples réseaux, bref : tout sur tout ce qui communique.



EN VENTE PARTOUT



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

• RÉDACTION

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

• ILLUSTRATION

ANNE LEVY
Photographe : MILTOS TOSCAS

• DOCUMENTATION

CATHERINE MONTARON

• MAQUETTE

CHRISTINE VAN DAELE
Assistant : LIONEL CROOSON

• CORRESPONDANTS

New York : SHEILA KRAFT 115 East 9 Street - NY 10003 - USA
Science & Vie + Hors Série available monthly at International Messengers Inc. 3054 Mecom 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 W4, 1 HF
Tokyo : MARIE PARRA-ALÉDO - The Daily Yomiuri 1-7-1 Otemachi Chiyoda-Ku - Tokyo 100

• SERVICES COMMERCIAUX

Directeur Commercial : OLLIVIER HEUZÉ
Marketing - Développement : BERNARD DA COSTA
Abonnements : SUSAN TROMEUR
Assistée de PATRICIA ROSSO
Vente au numéro : BERNARD HÉRAUD
Assisté de MARIE CRIBIER
Belgique : A.M.P. - 1, rue de la Petite-Isle 10.70 Bruxelles

• RELATIONS EXTÉRIEURES

MICHÈLE HILLING

• EXPORTUNITÉS

GHISLAINE DICHY - Tél. 42 25 53 00.

• PUBLICITÉ

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

À 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 428 000 EXEMPLAIRES



BVP

ABONNEZ-VOUS A

SCIENCE & VIE

**PROFITEZ ENCORE
DU TARIF 85**

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 240 F - 1 an couplé 320 F.

Commande à adresser directement à SCIENCE & VIE.

Recommandé et par avion nous consulter.

1 AN - 12 Numéros

166 F 2 ans : 320 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
☐ 2 ans

☐ 1 an + hors série
☐ 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.

SV822

● SAVOIR

FORUM

LE SYNCHROTRON ÉLECTORAL

PAR OLIVIER POSTEL-VINAY

FORCE 5 SUR LA PHYSIQUE

PAR SVEN ORTOLI

LES MONDES ÉTRANGES D'URANUS

PAR STÉPHANE CHENARD

INTERLEUKINE CONTRE CANCER : ESPOIR ET PRUDENCE

PAR JEAN FERRARA ET JEAN-MICHEL BADER

LA VACHE PHARMACIENNE

PAR MARIE-LAURE MOINET

HOMÉOPATHIE : LES VOYANCES DU DOUBLE AVEUGLE

PAR MICHEL ROUZÉ

WASHOE ENSEIGNE À SON FILS LA LANGUE HUMAINE

PAR FRANÇOISE HARROIS-MONIN

ÉCHOS DE LA RECHERCHE

DIRIGÉS PAR GERALD MESSADIÉ

■ POUVOIR

BHOPAL : À CHACUN SA VÉRITÉ

PAR EDGAR GÄRTNER

LES DANGERS DE L'ÉCRAN

PAR SYLVIE GABRIEL

LA MAISON DE DEMAIN À UN CERVEAU

PAR CLAUDINE MULARD

MICROS EN CRISE

PAR THIERRY DEPAULIS

LES CANAUX DE LA 5^e CHAÎNE

PAR HENRI-PIERRE PENEL

MISSION SUICIDE POUR GIOTTO

PAR JEAN-RENÉ GERMAIN

ESPACE : L'ÉTOFFE DES HÉROS

PAR FRANÇOISE HARROIS-MONIN

ET SI LA NAVETTE DEVAIT SE POSER "AUX VACHES"

PAR STÉPHANE CHENARD

L'HÉLICOPTÈRE, MEILLEURE ARME ANTICHAR

PAR SERGE BROSELIN

ÉCHOS DE L'INDUSTRIE

DIRIGÉS PAR GÉRARD MORICE

DES MARCHÉS À SAISIR

▲ UTILISER

LA PENDULE ASTROLABE

PAR RENAUD DE LA TAILLE

TÉLÉPHONEZ VOS PHOTOCOPIES

PAR HENRI-PIERRE PENEL

LES JEUX

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

"SCIENCE & VIE" A LU POUR VOUS

ÉCHOS DE LA VIE PRATIQUE

DIRIGÉS PAR ROGER BELLONE

Encart ATLAS

4 pages (entre 2^e de couverture et page 1)

6

12

20

24

30

32

45

50

55

L'HÉLICOPTÈRE ARME ANTICHAR

C'est la pièce maîtresse de
tout engagement terrestre.

S. BROSELIN

104

62

68

72

77

82

84

86

90

104

113

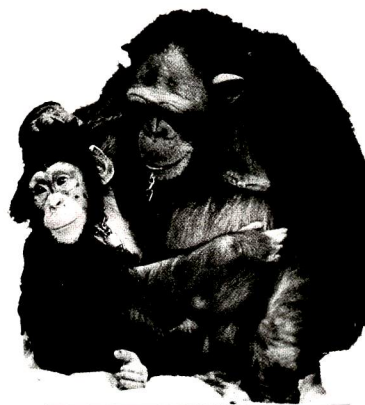
118

WASHOE "PROF" DE LANGUE

Et Aïe pourrait même compter.

F. HARROIS-MONIN

50



121

126

128

144

151

I-VI

SO



LES MICRO-ORDINATEURS EN CRISE

Les abandons de modèles se multiplient, les ventes se tassent, le grand public boude les manifestations comme le SICOB. La mode de la micro familiale serait-elle en train de passer ? T. DEPAULIS

■ 77

LA PENDULE ASTROLABE

Une nouvelle
jeunesse pour cet
instrument
d'exception.

R. DE LA TAILLE

▲ 121



Pouvoir utiliser toutes les nuances



Renault 25

D'un bout à l'autre de la route, les exigences sont multiples. D'un bout à l'autre du voyage, la Renault 25 V6 Turbo met à portée de main tous les registres de sa puissance.

Composer la puissance

Les paysages se succèdent dans un confort total, et les régimes s'enchaînent avec subtilité au rythme de votre conduite. La technologie de la Renault 25 V6 Turbo tient compte avec une extrême précision de vos exigences.

L'injection électronique intégrale permet à la Renault 25 V6 Turbo un fonctionnement tout en souplesse du moteur.

Grâce aux rapports bien étagés de la boîte de vitesses, l'immense réserve de puissance est parfaitement maîtrisée.

Interpréter la puissance

182 ch DIN à 5500 tours/min (133 kW ISO). Le couple maximum de la Renault 25 V6 Turbo est de 28,6 mkg DIN. Ce couple est très élevé sur une plage de régimes exceptionnellement large.

La puissance se joue comme une gamme : reprises immédiates à régime moyen, accélérations profondes et souples, les variations sont riches, les sensations intenses. 225 km/h sur circuit. Douceur et silence feutrés, dès que l'on sollicite le Turbo la poussée est irrésistible.

De 0 à 100 km/h en 7,7 secondes. 1000 m départ arrêté en 27,9 secondes.

Contrôler la puissance

Grâce au manomètre de suralimentation du Turbo, vous mesurez à tous moments la puissance de la Renault 25 V6 Turbo. Palette d'instruments de bord

res de la puissance.



V6 Turbo. Le fabuleux vaisseau.

effleurez le clavier, l'ordinateur collecte les données, calcule et transmet l'information. Système ABS Bosch : ce dispositif électronique comporte des capteurs et un calculateur qui régule, à la fraction de seconde près, la puissance de freinage de chacune des roues en fonction de l'adhérence des pneus, quel que soit l'état de la chaussée. Ce système garantit le meilleur freinage possible et le contrôle de la direction en toutes circonstances.

Célébrer la puissance

Plaisir total du voyage spectacle, se laisser conduire. De conception prestigieuse, la Renault 25 Limousine porte la puissance à un très haut degré de raffinement. Son empattement plus long est entièrement consacré aux places arrière. Equipements supplémentaires en série, possibilité d'aménagements d'exception,

la Renault 25 Limousine est une façon idéale et luxueuse de vivre la puissance en toute sérénité.

Modèle présenté : Renault 25 V6 Turbo. Prix clés en main au 26/12/85 : 189 000 F. millésime 86. ABS en série, chaîne stéréo 4x20 W en série, sellerie cuir en option 8 860 F. DIAC : votre financement.

Consommations normes UTAC : 6,8 L aux 100 km à 90 km/h, 8,9 L à 120, 12,9 L en ville.

RENAULT présente **elf**



RENAULT
DES VOITURES
A VIVRE

FORUM

ESSENCE SANS PLOMB (SUITE) : NUANCES ET PARADOXES

Notre collaborateur Edgar Gärtner reprend la question de l'essence sans plomb, soulevée par notre article de décembre et auquel M. Antoine Labeyrie avait apporté des rectificatifs dans notre "Forum" de février.

« Nous avons, dans notre numéro de décembre 1985, fait état de la révélation du magazine ouest-allemand *Öko-Test* que l'essence sans plomb, vendue en R.F.A. en août 1985, contenait, en moyenne, deux fois plus de benzène (substance hautement cancérigène) que l'essence au plomb. Cette information a d'ailleurs suscité quelques polémiques : d'abord en R.F.A. même, où l'organisation Greenpeace a contesté les résultats d'un laboratoire privé d'analyses chimiques, le Umweltinstitut de Brême, et a fait refaire les analyses par un organisme parapublic, le TÜV de Hanovre (chargé, entre autres, du contrôle technique obligatoire des véhicules et des installations industrielles à haut risque). Ces nouvelles analyses, effectuées en octobre 1985, ont confirmé, grosso modo, les résultats publiés par *Öko-Test*, même si elles enregistrent déjà une tendance à la baisse du taux de benzène dans l'essence sans plomb. Au lieu du double, comme dans les analyses d'*Öko-Test*, celle-ci contenait 77 % de benzène de plus que l'essence au plomb.

Les pétroliers avaient donc déjà commencé à réagir. A en croire une déclaration de la filiale allemande de Shell, le taux alarmant de benzène enregistré au mois d'août était uniquement dû à des problèmes d'adaptation de l'appareil de raffinage. Il n'y avait, à l'époque, qu'une seule raffinerie fabriquant de l'essence sans plomb en R.F.A. (1). Comme cer-

(1) Aujourd'hui l'essence sans plomb est fabriquée par plusieurs raffineries dans différentes régions. Normalement, dans une région donnée, une seule raffinerie approvisionne tous les réseaux commerciaux. Ainsi il n'y a aucune différence de composition entre les diverses marques d'essence. Mais la composition varie d'une raffinerie à l'autre, donc d'une région à l'autre.

taines essences sans plomb dépassaient même la nouvelle norme européenne qui limite le taux de benzène dans le super à 5 %/vol., les pétroliers étaient obligés de faire un effort.

Pour connaître les fruits de cet effort, la revue *Öko-Test* a fait répéter, en janvier 1986, l'analyse de toutes les marques d'essence vendues en R.F.A. Pour des raisons de

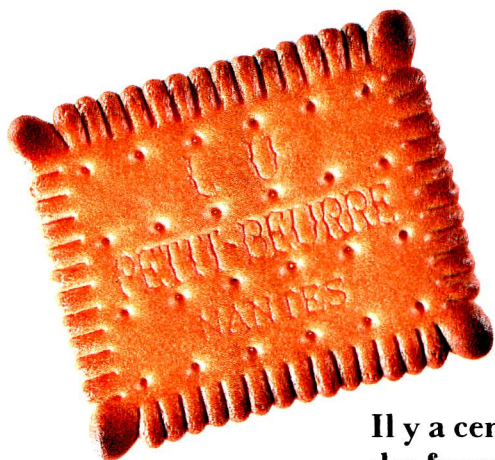
compatibilité, elle en a chargé, cette fois, le laboratoire du TÜV de Hanovre, comme l'avait fait Greenpeace. Entre temps, plusieurs autres raffineries avaient commencé à fournir de l'essence sans plomb. Normalement, chacune de ces raffineries approvisionne seule le marché d'une région donnée, toutes marques confondues. Il existe de ce fait, en ce qui concerne

	ÖKO-TEST I	GREENPEACE	ÖKO-TEST II
DATE DE L'ANALYSE	AOÛT 1985	OCTOBRE 1985	JANVIER 1986
PUBLIÉE DANS	ÖKO-TEST-MAGAZIN 10/85	PAS PUBLIÉE	ÖKO-TEST-MAGAZIN 2/86
LABORATOIRE	UMWELT-INSTITUT BRÊME	TÜV HANNOVRE	TÜV HANNOVRE
NOMBRE D'ÉCHANTILLONS	14	12	56
ORIGINE DES ÉCHANTILLONS	BRÊME	HANNOVRE	TOUTE LA RFA
NORMAL			
• AU PLOMB			
BENZÈNE	1,91 %/VOL.	1,76 %	2,53 %
TOLUÈNE	8,47 %/VOL.	3,99 %	6,08 %
XYLÈNES	—	8,71 %	6,81 %
• SANS PLOMB			
BENZÈNE	3,86 %/VOL.	3,11 %	3,27 %
TOLUÈNE	20,27 %/VOL.	7,76 %	9,33 %
XYLÈNES	—	8,71 %	9,83 %
• L'ESSENCE NORMALE SANS PLOMB CONTIENT COMPARATIVEMENT			
BENZÈNE	102 % DE PLUS	77 % DE PLUS	29 % DE PLUS
TOLUÈNE	139 % DE PLUS	77 % DE PLUS	53 % DE PLUS
XYLÈNES	—	56 % DE PLUS	44 % DE PLUS
SUPER			
• AU PLOMB			
BENZÈNE	—	4,09 %	4,48 %
TOLUÈNE	—	8,47 %	12,54 %
XYLÈNES	—	9,36 %	10,97 %
• SANS PLOMB			
BENZÈNE	—	4,33 %	3,57 %
TOLUÈNE	—	9,22 %	11,82 %
XYLÈNES	—	9,51 %	11,35 %
• LE SUPER SANS PLOMB CONTIENT COMPARATIVEMENT			
BENZÈNE	—	6 % DE PLUS	20 % DE MOINS
TOLUÈNE	—	9 % DE PLUS	6 % DE MOINS
XYLÈNES	—	2 % DE PLUS	3 % DE PLUS

Sauf pour le premier test, tous les pourcentages ont été calculés en %/poids et non pas en %/volume. La norme européenne ne pas dépasser a été fixée à 5 %/volume pour le benzène. Ceci équivaut à 5,7-6 %/poids (selon le poids spécifique du produit). Il n'existe pas de mesure concernant le toluène et les xylènes.

ÉVÉNEMENT

LU UN CENTENAIRE DE PERFECTION



Il y a cent ans, les premiers « Petit Beurre » sortaient des fours de l'usine Lefèvre-Utile, à Nantes, quai Baco. C'était à l'époque une nouveauté que ces biscuits fabriqués semi-industriellement, à la manière anglaise.

Avec la mécanisation des opérations de façonnage et de découpage, un pas important avait été franchi.

Aujourd'hui, le groupe Générale Biscuit, dont Lu est la marque internationale, produit 370 000 tonnes de biscuits et vend, chaque année, rien qu'en France, 30 millions de paquets de « Petit Beurre » Lu. Or l'étonnant est que la quantité n'a pas tué la qualité.

En grande part, ceci est dû à Claude-Noël Martin, président de GB, qui a adapté grâce à la collaboration de toute son équipe le perfectionnisme et l'intransigeance du fondateur de Lu aux exigences de notre temps.

Ainsi, alors qu'en quinze ans le nouveau groupe centuplait, et que Générale Biscuit, issu du rassemblement d'une quarantaine d'entreprises, devenait le troisième groupe mondial de la biscuiterie, les maîtres-mots de Claude-Noël Martin sont toujours restés : maîtrise et savoir-faire. Cette référence aux valeurs traditionnelles n'empêchait d'ailleurs pas GB d'investir dans la recherche (ce qu'elle continue à faire), mais, à la différence de nombreuses firmes cherchant à diversifier leur production, elle demeurait fidèle à sa vocation biscuitière.

Autre idée-force chez Lefèvre-Utile : réconcilier humanisme et production. Finies les usines-cathédrales où l'homme se sent

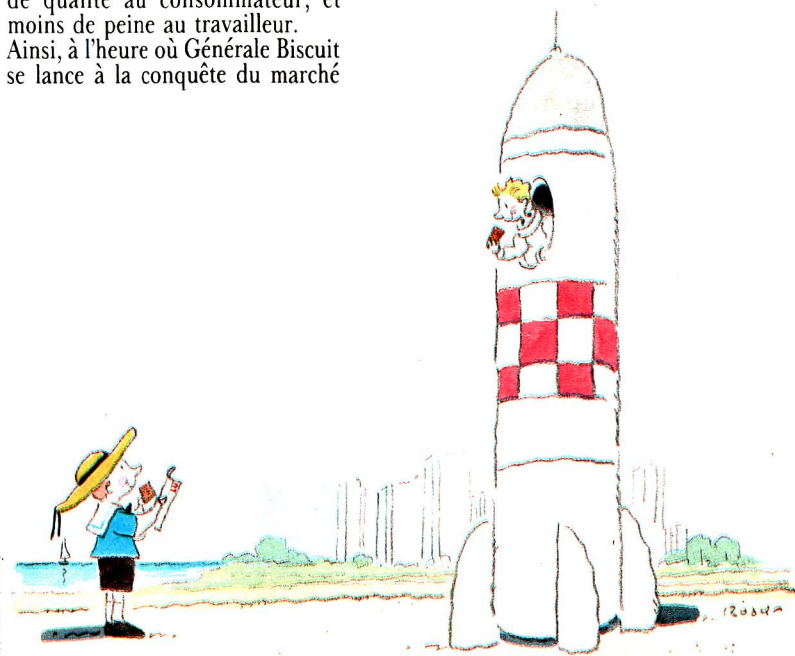
fourmi. Place à la convivialité. Celle qui s'affirmera dans la nouvelle usine informatisée de Nantes, ultra-moderne avec ses chariots filo-guidés supprimant les opérations de manutention, ses capteurs électroniques chargés de mesurer l'épaisseur, le poids, le degré de cuisson des biscuits, mais dont chaque volume, chaque éclairage, a été conçu en pensant aux hommes qui allaient y travailler, le but était d'obtenir un produit artisanal au prix industriel, en garantissant plus de qualité au consommateur, et moins de peine au travailleur.

Ainsi, à l'heure où Générale Biscuit se lance à la conquête du marché

international ; où ses chercheurs élaborent le goût de demain en songeant aux préférences des Japonais, des Africains ou des Anglo-Saxons ; à cette heure de concurrence impitoyable, il est réconfortant de penser que le « Petit Beurre » Lu, toujours jeune malgré son grand âge, continue d'être fait à partir du bon beurre, du bon lait, de bonne farine, et d'amour de la perfection.

Carla Dupont

Illustration Rosy



la composition de l'essence, des différences d'une région à l'autre, mais pas nécessairement entre les grands réseaux de distribution. Il était donc nécessaire, cette fois-ci, de prendre des échantillons dans toute la R.F.A.

Les résultats de cette nouvelle analyse sont très intéressants. Le super sans plomb vendu en R.F.A. contient maintenant, en moyenne, 20 % de benzène et 6 % de toluène en moins que le super traditionnel. Toutes les raffineries respectent la nouvelle norme européenne. Mais sans plus, faut-il ajouter, car si l'on ne regarde pas uniquement les valeurs moyennes, mais les chiffres détaillés, on s'aperçoit que les pétroliers pourraient facilement faire mieux : on a trouvé deux essences super sans plomb (Texaco à Düsseldorf et BP à Stuttgart) dont le taux de benzène reste en dessous de 2 %/poids. Les écarts enregistrés d'une région à l'autre sont considérables : pour Aral, le taux de benzène varie entre 1,82 et 4,39 %/poids, chez BP, on enregistre des valeurs allant de 1,48 à 4,40 %, avec un écart entre 2,43 à 5,52 % Esso reste tout juste dans la norme, le super sans plomb de Shell contient entre 2,29 et 4,61 %/poids de benzène, et chez Texaco le taux de benzène se situe entre 1,92 et 4,75 %/poids.

Notre tableau synoptique de l'évolution des taux moyens de benzène, de toluène et des xylènes dans les essences vendues en R.F.A. apporte encore quelques informations qui nécessitent des explications. Le résultat, assez déroutant, que l'essence normale sans plomb contient toujours sensiblement plus de benzène et de toluène que l'essence au plomb, pourrait s'expliquer par le fait que les stations-service distribuent souvent, pour des raisons économiques ou à cause de difficultés d'approvisionnement, de l'essence super sans plomb au prix de l'essence normale sans le plomb. La teneur absolue en benzène et surtout en toluène de celle-ci est toujours sensiblement plus élevée que dans l'essence normale au plomb. Il n'existe, aujourd'hui aucune limite concernant le toluène. Celui-ci ne saurait être considéré comme inoffensif, même si son potentiel cancérigène est moins clairement établi que celui du benzène. Et il paraît plus difficile de diminuer le taux de toluène si l'on maintient, au niveau européen, la décision de distribuer une essence sans plomb à indice d'octane élevé. »

Edgar GÄRTNER

"ENTENDS-TU LE VOL NOCTURNE DU CANARD ?"

Notre confrère *Le Canard Enchaîné* a consacré — une fois n'est pas coutume — un article singulièrement acide à l'un des cinq voyages en Caravelle que nous avions organisés avec l'Agence Go Voyages à l'intention de ceux qui voulaient observer la comète de Halley dans les meilleures conditions possibles de visibilité, c'est-à-dire, pour la France, à la date et à l'endroit choisis. Particulièrement malmené fut M. Emilio Ortiz, ancien pilote d'Air France passionné d'astronomie et découvreur de 3 comètes (dont l'une porte son nom) et qui avait accepté d'orienter aussi bien les pilotes de la Caravelle que les jumelles des passagers. Ajoutons que M. Ortiz s'était donné la peine, la veille même, d'aller voir la comète depuis l'observatoire de St-Michel-de-Provence, de façon à pouvoir prendre ses repères. *Le Canard* a cependant ironisé sur les trois découvertes qui sont au crédit de M. Ortiz, alléguant ainsi qu'il avait « connu un commandant de bord qui avait vu la Sainte Vierge à côté de son avion ». Nous regrettons que le satiriste n'ait pas consulté l'Union astronomique internationale sur l'authenticité des découvertes en question.

Mais il semble que le délégué du *Canard* n'ait pas été, au moins durant son voyage, très porté sur l'astronomie, fut-elle d'amateur : il a même inversé la diagonale du carré de Pégase.

Tout cela n'est pas bien grave, mais on eût souhaité que, organisateurs désintéressés de ces voyages, nous ne soyions pas taxés de façon plus ou moins directe d'avoir cherché à réaliser des bénéfices, comme le laisse entendre le post-scriptum de l'article "Gogos-voyages, ou biplan sur la comète" (à ce propos, Caravelle est un monoplane : "monoplane sur la comète" faisait tout aussi bien). Ce soir-là, notre confrère avait la plume un peu lourde, l'heure de vol d'une Caravelle ne coûte pas 32 000 F, mais 34 600 F hors taxes, donc 37 132 F TTC.

Puis il faut décompter la commission de 10 % de l'agence distributrice des billets, qui n'est ni Go Voyages, ni *Science & Vie*. Puis les frais de location, de transport et d'assurance des jumelles, soit quelque 6 000 F, plus le champagne qui a mouillé le dos de ce canard...

S. & V.

LA VOYANTE QUI NE CROIT PAS À LA PARAPSYCHOLOGIE

Lettre paradoxale que celle de M^{me} Joyce, voyante à Toulouse, dont nous extrayons les passages suivants :

Animant une émission de radio libre durant l'année 1985, j'eus l'idée d'inviter le Pr Lignon "directeur" du laboratoire de parapsychologie de l'université du Mirail. Lignon me téléphona début décembre me demandant de recevoir un jeune étudiant en sociologie qui souhaitait m'interviewer, profita de cette occasion pour me réitérer son désir de faire des expériences et me proposa d'assister à une conférence à l'espace Potiers à Toulouse, le 12 décembre 85.

N'assistai-je à ce débat que cinq messieurs et une dizaine de dames... La conférence, dont le sujet était "la voyance" dura environ une heure. Lignon fit référence à votre publication en des termes véritablement injurieux. Cependant, deux très récentes affaires judiciaires ayant secoué le monde de la voyance à Toulouse, je crus devoir faire les expériences malgré tout. Je suis la seule parapsychologue de la région à ne pas proposer de travaux spéciaux à la clientèle, n'y croyant pas. Je posais une ou deux questions, qui n'eurent pas l'heur de plaire à Lignon.

...A la suite de quoi Lignon refuse d'honorer un rendez-vous qu'il a donné à notre correspondante. Indignée par la discourtoisie et la désinvolture, M^{me} Joyce écrit :

Il doit pourtant exister des chercheurs sérieux dans le domaine de la parapsychologie et je suis prête à me soumettre à des études si j'en trouvais un de valable sur Toulouse.

Nous ignorons comment l'on peut, tout à la fois, exercer la profession de voyante et ne pas croire à la parapsychologie, et comment, si l'on s'intéresse aux deux, on peut être étonné de la teneur des travaux du mystérieux "laboratoire" de l'université du Mirail.

Cela étant, il existe certes des gens sérieux qui s'intéressent à la parapsychologie, ceux de l'Union Rationaliste, 14 rue de l'Ecole Polytechnique, 75005 à Paris ; ils orienteront notre correspondante vers les compétences qu'elle désire. S. & V.

Jumbo. Un avion, mes femmes et la liberté.



Pour se retrouver avec sa petite famille, les pieds dans l'eau et la tête sous les palmiers, Jumbo vous propose des idées de vacances dans 39 pays. Tout est prêt. Sur place, Jumbo vous attend. A vous l'indépendance, à nous l'intendance. Découvrez le catalogue Jumbo 1986 dans les agences Air France et agréées. Jumbo sur Minitel avec Voyagel 36 14 91 66 + VGL * Jumbo. Paris 47 05 01 95. Marseille 91 22 19 19.



Pour partir
avec ceux qu'on aime.



Le style coincé c'est toc

43.600F* L'auto-mobile en costume gris, c'est un style, mais ce n'est pas le vôtre. Vous, vous avez de l'humour, un faible pour ce qui est nouveau, et la passion du jamais vu. En un mot, suivre le

troupeau n'est pas votre fort. Alors, réjouissez-vous, vous avez trouvé votre voiture : la Polo Fox, la nouvelle coqueluche, l'enfant prodige de Volkswagen. D'abord, elle est équipée du nouveau moteur 45 chevaux, plus performant, plus robuste, plus silencieux, qui atteint 142 km/h en

vitesse de pointe sur circuit. Mais surtout, la Polo Fox a un style très personnel. Jantes laquées ultra-mode, assorties à la carrosserie, filets de décoration, monogrammes laqués, filets de pare-chocs blancs, sièges recouverts de tissu de coton écossais avec appuie-têtes assortis, feu arrière



roulez en Polo Fox.

de brouillard, phare de recul... elle a cette allure, ce charme, cette personnalité que vous cherchiez depuis longtemps. Brillante, insolite, insolente, actuelle, sophistiquée, elle a choisi sa mode, elle a su créer son style. Faites comme elle : vous roulez en Polo Fox et vous aimerez ça.

** Modèle présenté : Polo Fox 45 ch / 33kW. Année modèle 86. Polo Junior : 39800F. Tarif au 02/01/86. Consommations (normes UTAC) : 5,6l à 90 km/h, 7,5l à 120 km/h, 7,8l en ville. Garantie 1 an pièces et main-d'œuvre, kilométrage illimité. Garantie peinture 3 ans. Garantie anti-*

corrosion 6 ans. Valable dans les 800 points de service du réseau V.A.G.

**Je roule
en Volkswagen
et j'aime ça.**



LE SYNCHROTRON ÉL

VICTIME DES SAUTES D'HUMEUR

DE LA POLITIQUE intérieure française, objet d'interminables marchandages entre Etats, la belle machine à explorer la matière a pris cinq ans de retard. Que nos lecteurs ne se méprennent pas : *Science & Vie* n'entre pas dans la campagne électorale (1). Nous expliquons aujourd'hui, comme nous l'avons fait hier et comme nous le ferons demain, comment des enjeux scientifiques importants sont sacrifiés sur l'autel de la politique, quelle que soit sa couleur.

Depuis décembre dernier, le synchrotron européen n'a plus d'existence légale. Le tribunal administratif de Strasbourg a en effet annulé la décision prise en octobre 1984 par le premier ministre Laurent Fabius, de placer le synchrotron à Grenoble et non à Strasbourg. Aux motifs que 1) « le Premier ministre était incompétent » ; 2) « la procédure suivie a été irrégulière » ; 3) « la décision viole la loi du 29 juillet 1982 sur la planification ». Le gouvernement a saisi le Conseil d'Etat en appel, mais il serait surprenant que la haute juridiction démente le jugement du tribunal, tant l'irrégularité de la décision était flagrante.

Que s'était-il donc passé ? En deux mots, car tout le monde est d'accord sur ce point, tant à Grenoble qu'à Strasbourg, Laurent Fabius, reniant l'engagement écrit de l'Etat, a fait cadeau du synchrotron à Louis Mermaz, président de l'Assemblée nationale, dont le siège de président du conseil général de l'Isère était menacé. Cadeau décidé en une heure, à l'occasion d'une rencontre entre les deux intéressés, le 17 octobre 1984. Cadeau qui n'aura servi à rien, Mermaz perdant la présidence

du conseil général en 1985.

Le site de Grenoble n'est pas mauvais sur le plan scientifique, on y reviendra. Mais ce faisant, le gouvernement français est parvenu à se mettre à dos la totalité de la communauté scientifique alsacienne (sans parler des électeurs), une fraction substantielle de la communauté scientifique parisienne, et une bonne partie des scientifiques européens intéressés au projet. Certains Etats, comme le Danemark, s'en sont retirés. Enfin, cette décision contribue à retarder la mise en route de l'opération, risquant de faire perdre à l'Europe le bénéfice d'une avance certaine sur les Etats-Unis.

L'histoire mérite d'être racontée en détail, car elle montre comment se prennent les décisions en matière de politique scientifique. Au-delà de la poignée de mains Fabius-Mermaz, le générique est bien fourni. Dans les premiers rôles, deux organismes qui s'interrogent sur leur destin : le CEA (Commissariat à l'énergie atomique) et le CNRS (Centre national de la recherche scientifique). Au second plan, deux régions de coloration politique différente : l'Alsace et l'Isère. Et par derrière, tirant les plus grosses ficelles, les Etats de l'Europe dé-

sunie, avec leurs ministres et hauts fonctionnaires.

Beau projet, pourtant, que ce synchrotron européen. L'idée est venue d'un Anglais, W.R.S. Garton. On était en 1976. On voyait déjà les immenses perspectives qu'ouvrirait l'exploitation systématique du rayonnement parasite produit dans les accélérateurs à électrons utilisés pour la physique des hautes énergies : scruter la matière, tant inerte que vivante, immobile ou en mouvement, avec une finesse d'analyse impraticable avec les instruments existants (**voir encadré p. 16**).

L'idée de Garton était simple : que les Européens s'unissent pour faire plus vite et mieux que les Américains. Idée transmise à un organisme peu connu mais qui fit en l'occurrence la preuve d'une exceptionnelle vitalité ; la Fondation européenne de la science, dont le siège est à Strasbourg. Idée aussitôt explorée par un premier groupe de travail, animé par le physicien allemand Maier-Leibnitz, qui dirigeait le très approximatif équivalent du CNRS en Allemagne. Un premier rapport approuvé par la Fondation à la fin de 1977 (bientôt dix ans !) recommandait la construction d'un synchrotron européen à rayonnement X. Le groupe prévoyait deux ans d'études, le début des travaux en 1980 et la mise en service en 1985.

Le moins qu'on puisse dire est que ce calendrier, certes ambitieux, n'a pas été tenu : à Grenoble, le site n'est pas encore déterminé. A vrai dire, l'équipe chargée de le choisir et de spécifier les caractéristiques précises de la machine n'est toujours pas à pied d'œuvre. On prévoit un an et demi entre la constitution de cette équipe et le début effectif des travaux. Lesquels devraient durer six ans. Mais à cette date, c'est-à-dire en 1994, le synchro-

ECTORAL

tron ne sera encore que partiellement opérationnel. Il faudra attendre encore cinq ans avant que le projet, tel qu'il a été définitivement arrêté en 1984 par les spécialistes européens, soit effectivement réalisé. Cela nous porte en 1999. Entre temps, il est bien possible, probable selon certains, que les Etats-Unis nous auront pris de vitesse.

Sous la direction du physicien français Yves Farge, le groupe *ad hoc* constitué en 1978 à la suite du pré-rapport de Maier-Leibnitz avait pourtant bien travaillé. Dès l'année suivante était publiée la "bible" du synchrotron européen : quatre volumes techniques représentant le travail de 70 spécialistes. Lesquels ont donné la preuve que la communauté scientifique européenne existe lorsqu'on la sollicite sur un projet stimulant. Il ne s'agissait pas seulement de ressortissants de la CEE : des Suédois, des Finlandais, des Suisses, des Autrichiens apportèrent une contribution essentielle. Pour citer l'un des acteurs : « Si l'on s'était contenté des compétences des seuls scientifiques allemands, britanniques et français, on se serait peut-être privé de 50 % de l'expertise. »

Dès 1979 des discussions commencèrent pour savoir où l'on allait mettre le synchrotron. Les Suédois proposèrent de l'installer au CERN (Centre européen de recherche nucléaire), à Genève. Ce site présentait un double avantage. D'énormes tunnels souterrains étaient disponibles : on pouvait faire l'économie des dépenses d'infrastructure, qui sont considérables. En outre, le CERN comprend d'excellents spécialistes des accélérateurs, et une partie du personnel, en surnombre notoire, aurait pu être affecté à la mise en route du projet et à l'exploitation de la machine. Enfin, le

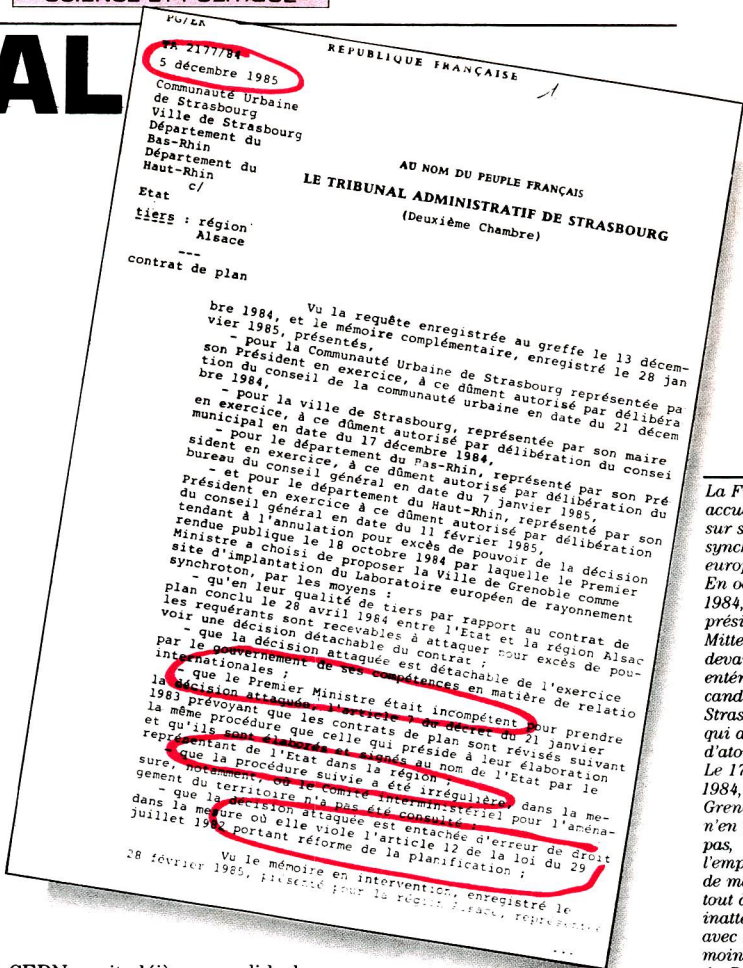
CERN avait déjà une solide habitude de la coopération scientifique multinationale.

Cette idée apparemment excellente buta sur deux obstacles. Le premier peut sembler dérisoire : c'est que les scientifiques du CERN sont fort bien rémunérés et ne paient pas d'impôts. Cela crée une certaine amertume chez ceux qui ne bénéficient pas de ces privilèges : fallait-il accroître le nombre des nantis ? Candidat au financement, le CEA fit en outre observer que ces salaires élevés risquaient de peser sur les coûts de fonctionnement du synchrotron. Un problème que le CEA connaît bien... Quoi qu'il en soit, compte tenu des économies que permettait par ailleurs de réaliser le site du CERN (40 % des investissements), on comprend mal que cet argument ait pu sérieusement être retenu.

L'autre obstacle était déjà l'obstacle politique : chacun des pays intéressés au projet avait envie d'avoir le synchrotron chez lui. Question de prestige, principalement, et accessoirement de "retombées" espérées sur le plan de l'emploi et de la sous-traitance. On aurait pu penser que le site international du CERN permettait précisément de résoudre ce problème avant qu'il ne s'avive. Mais en politique, est-il permis de penser ?

Dès 1980 la course aux candidatures nationales est ouverte. Le Danemark propose le centre de recherches nucléaires de Risø, à une heure de l'aéroport international de Copenhague. La Grande-Bretagne propose le site de Daresbury, dans la région de Manchester, où vient d'être installé un anneau synchrotron de

La France veut accueillir sur son sol le synchrotron européen. Où ? En octobre 1984, le président Mitterrand devait entériner la candidature de Strasbourg, qui a beaucoup d'atouts. Le 17 octobre 1984, Grenoble, qui n'en manque pas, l'emporte de manière tout à fait inattendue avec l'aval non moins officiel du Premier ministre Fabius. Les Strasbourgeois ne l'ont pas entendu de cette oreille.



dimensions plus modestes. L'Italie propose Trieste. En Allemagne, l'université de Dortmund pose sa candidature. Et en France, Strasbourg.

Pourquoi Strasbourg ? Parce que c'est là que siège la Fondation européenne de la science, plaque tournante du projet. Parce que Strasbourg est une université pilote, notamment en chimie et en biologie. Parce que les chercheurs strasbourgeois sont, après les parisiens, les principaux utilisateurs français des

l'aéroport de Strasbourg-Entzheim et de l'autoroute. Le conseil régional finance une étude hydrogéotechnique, réalisée par le BRGM (Bureau de recherches géologiques et minières), qui conclut en septembre à la qualité du sous-sol. En octobre, la communauté urbaine de Strasbourg déclare d'utilité publique l'acquisition du terrain. En janvier 1982, la première réunion intergouvernementale sur le synchrotron, à Bruxelles, entérine la candidature de quatre sites :

nous quelque chose en échange.

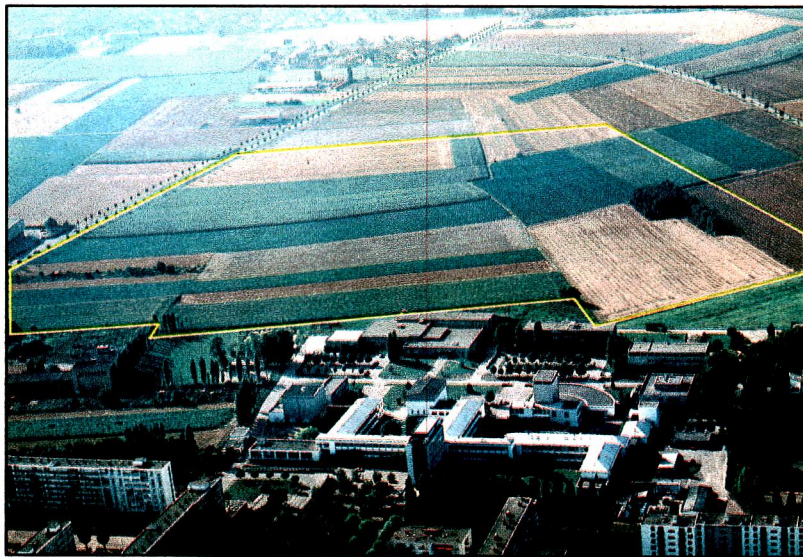
En attendant l'issue de ce marchandage, la candidature de Strasbourg suit son chemin. Le choix de la métropole alsacienne est mentionné dans le projet de Loi de finances pour 1983, confirmé par un comité interministériel du 20 décembre 1982, par un second comité interministériel du 27 juillet 1983 et, le 24 novembre 1983, par un "contrat particulier de plan" signé entre l'Etat, la région Alsace, le Bas-Rhin et la ville de Strasbourg. Il est à nouveau confirmé par une lettre du secrétaire général de l'Elysée le 6 avril 1984, et enfin par le contrat de plan signé en fanfare entre l'Etat et la région Alsace le 28 avril 1984.

En octobre, Mitterrand prépare un voyage officiel en Alsace. Ses scribes ont, paraît-il, déjà préparé le discours où il doit à nouveau vanter les mérites de Strasbourg comme lieu d'accueil idéal pour le synchrotron... Et puis, le 17 octobre, coup de théâtre : Louis Mermaz, un pâle sourire aux lèvres, annonce sur FR3 Grenoble qu'il a obtenu l'accord de Laurent Fabius pour Grenoble !

Passons sur la colère des Alsaciens. Que s'était-il passé ? Beaucoup de choses, qui n'avaient pas toujours un rapport évident avec l'intérêt de la science. D'abord, en mars 1983, le maire socialiste de Grenoble, Hubert Dubedout, est renversé au profit du RPR Alain Carignon. Pour le parti socialiste et le gouvernement, c'est un échec majeur. D'autant que ce renversement de tendance, dans une région traditionnellement acquise aux socialistes, risque d'entraîner un nouveau revers, non moins spectaculaire, aux élections cantonales de mars 1985 : Louis Mermaz, le président de l'Assemblée nationale, risque de perdre la présidence du conseil général de l'Isère !

Ensuite, le synchrotron ne pouvait se faire sans l'accord des Anglais et des Allemands. Aux prises avec des difficultés financières considérables, les Anglais voulaient une monnaie d'échange. Que pouvait-on ima-

LE SITE DE STRASBOURG...



A Strasbourg, le terrain est disponible, spacieux, stable, dégagé, prêt à être construit.

sources de rayonnement synchrotron. Enfin, parce que Strasbourg est au cœur de l'Europe, géographiquement et politiquement. C'est là que siège le Parlement européen. La ville dispose d'un aéroport international, c'est un grand nœud ferroviaire et autoroutier. Il y a des écoles internationales.

La candidature de Strasbourg est aussitôt soutenue par le CNRS et le CEA, qui désignent en février 1981 une commission chargée de préparer le dossier. La candidature de Strasbourg devient la candidature de la France. Et les Strasbourgeois ne perdent pas de temps. Un site est trouvé, dans le prolongement du centre CNRS de Cronenbourg, à quelques minutes de

Risø, Trieste, Daresbury et Strasbourg.

Malheureusement, cette réunion de Bruxelles fait aussi état du refus provisoire de l'Allemagne et de la Grande-Bretagne de s'engager financièrement dans ce projet, que les politiques jugent non prioritaire. Cette double réticence a deux conséquences. La première est évidemment de retarder la mise en route de l'opération. La seconde est que le synchrotron va devenir l'objet d'un marchandage politique entre Etats. Pendant les trois années qui suivront, Bonn et Londres ne cesseront de dire à Paris : nous accepterions à la rigueur que le synchrotron se fasse en France, mais nous ne le financerons que si nous obte-

giner ? Si le gouvernement français manquait d'idées, les scientifiques grenoblois, eux, pouvaient lui en fournir. C'est à Grenoble qu'est installé le célèbre Institut Laue-Langevin (ILL). Un institut international tripartite franco-anglo-allemand, qui a porté l'Europe au premier rang mondial dans l'exploitation d'une source d'exploration de la matière, concurrente du rayonnement synchrotron : les flux de neutrons. Un réacteur nucléaire permet de diriger sélectivement

des neutrons sur des échantillons de matière inerte ou biologique. Les neutrons traversent les couches électroniques qui entourent les atomes et entrent en interaction avec le noyau. La détection de ces interactions renseigne de manière très fine sur la structure de l'échantillon exposé, d'une manière irremplaçable. Il existe à bien des égards une complémentarité entre les rayons UV et surtout X du rayonnement synchrotron et la diffusion des neutrons

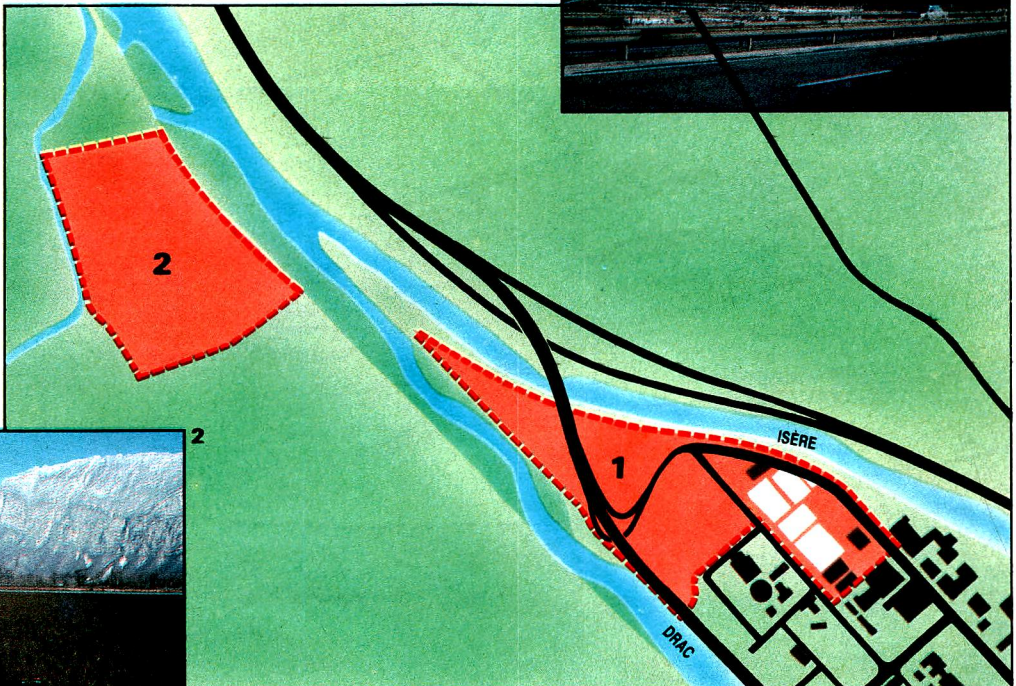
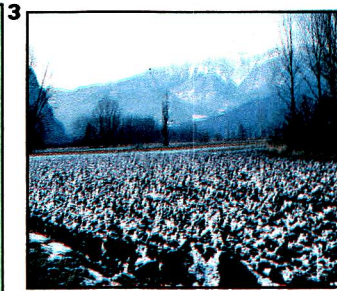
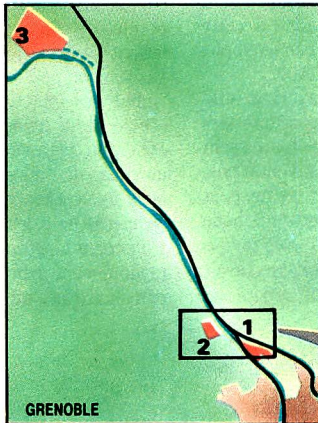
De nombreux scientifiques grenoblois, utilisateurs du réacteur de l'ILL, sont aussi des utilisateurs de rayonnement synchrotron. Ils sont moins nombreux qu'à Strasbourg, certes, mais ils existent. Et l'idée de mettre côte à côte le synchrotron européen et la source de neutrons était séduisante.

En outre, l'ILL a permis de tisser des liens étroits avec les scientifiques britanniques intéressés par cette technique. Toute une génération de Britanniques a été formée à l'ILL depuis sa mise en service en 1972. Et les Britanniques ont voulu avoir à leur tour leur source de neutrons. Ils ont construit au laboratoire Rutherford, près d'Oxford, une machine encore plus belle et puissante que celle de Grenoble, dont Maggie Thatcher ira couper le ruban bleu en octobre 1985. C'est la source dite à "spallation", où les neutrons sont produits par bombardement

(suite du texte page 18)

... ET LES TROIS DE GRENOBLE

A Grenoble, la place est comptée. Les trois sites envisagés ne manquent pas d'inconvénients. Le premier (1) est étroit et biscornu, coincé entre routes et rivières, exposé aux vibrations des poids lourds. Le second (2) est plus spacieux, mais il ne bénéficie plus de la proximité de l'ILL et du CENG, principal argument en faveur de Grenoble. Le dernier (3) est trop éloigné... et inondable.



A QUOI SERVIRA LE SYNCHROTRON ?

Le rayonnement synchrotron fut découvert par les astronomes. C'est un rayonnement électromagnétique (autrement dit de la lumière, visible ou non), émis par des particules chargées qui se déplacent à une vitesse proche de celle de la lumière et qui, sous l'influence d'un champ magnétique, suivent une orbite circulaire. Une bonne partie du rayonnement UV et X issu de lointaines galaxies vient probablement d'électrons ultrarapides soumis à des champs magnétiques et formant d'immenses flux circulaires.

C'est le hasard qui permit de créer expérimentalement un tel rayonnement, dans les années 40, grâce aux premiers accélérateurs à électrons. Fortement accélérés, les électrons, forcés par des aimants à suivre un trajet circulaire, perdent de l'énergie qui se transforme en photons. Cette perte d'énergie fut longtemps considérée comme une pure nuisance par les physiciens des hautes énergies, jusqu'au jour où l'on comprit le parti que l'on pouvait tirer de ce rayonnement "parasite" émis.

Les propriétés du rayonnement synchrotron en font en effet un outil idéal pour explorer les structures fines de la matière. Jusqu'à la fin du XIX^e siècle, on ne disposait, pour étudier la matière, que de la lumière visible. Puis la découverte des rayons X par l'Allemand Röntgen en 1895 ouvrit un champ d'exploration entièrement nouveau. Un autre Allemand, Max von Laue, découvrit au début de ce siècle que les atomes d'une structure cristalline diffractent les rayons X. Et en 1912, l'Anglais Bragg établit l'équation qui permet, en mesurant l'angle de diffraction, de reconstruire la structure interne du cristal observé. C'est grâce à cette technique qu'on a pu, par exemple, établir la structure de l'ADN.

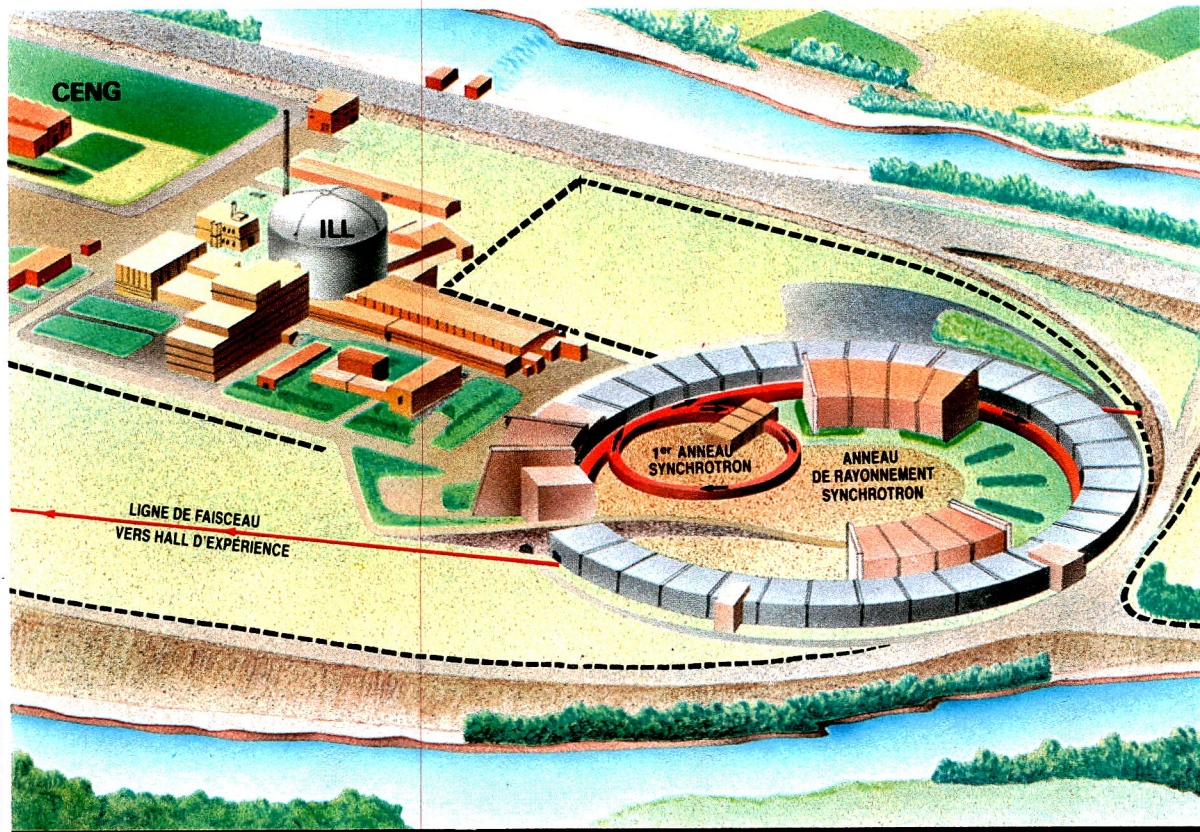
Mais les sources de rayons X utilisées à l'échelle d'un laboratoire (les tubes cathodiques) ne fournissent pas toutes les longueurs d'onde possibles de rayons X. Or on ne peut étudier un cristal par cette méthode que si la longueur d'onde des rayons X que l'on dirige sur ce cristal correspond à la distance qui sépare les

atomes de ce cristal. Lorsque cette condition n'est pas remplie, on n'observe rien d'exploitable.

Le rayonnement synchrotron permet, lui, d'obtenir des rayons X de n'importe quelle longueur d'onde et donc, au moins en théorie, d'étudier tous les cristaux existant dans la nature ou fabriqués par l'homme. En modulant finement le faisceau de rayons X, il est même possible d'étudier des échantillons non cristallisés, amorphes ou liquides, et des macromolécules biologiques, en solution.

De même, les sources classiques de lumière ultra-violette ne sont pas modulables sur toutes les longueurs d'onde. Le rayonnement synchrotron permet de combler cette lacune. En faisant varier la longueur d'onde du faisceau, on peut exploiter presque à l'infini les réactions entre l'objet étudié et la lumière qu'il reçoit. A condition, bien sûr, de disposer des moyens de détection appropriés. Mais le synchrotron européen sera spécialisé dans les rayons X.

Pendant longtemps, l'utilisation du rayonnement synchrotron est restée parasitaire. Les physiciens ou les chi-



Voici le synchrotron européen, tel qu'il apparaîtrait s'il était installé sur l'un des sites envisagés à Grenoble, d'après un document de l'Institut Laue-Langevin. L'exiguïté des lieux obligerait à percer des tunnels si des halls d'expérience devaient être installés au bout de lignes de faisceau longues (jusqu'à 1 km). De plus, le nombre de lignes de faisceau sera limité du fait que les terrains au-delà de l'Isère et du Drac ne font pas partie du site.

mistes qui s'y intéressaient devaient mendier auprès des physiciens des hautes énergies, spécialistes du noyau atomique ou des particules élémentaires, le droit d'installer une "manip" sur un anneau qui servait à tout autre chose. C'est en 1968 que fut pour la première fois "déclassé" un anneau de stockage d'électrons, jusqu'alors réservé aux expériences de physique nucléaire, au profit du rayonnement synchrotron. C'était l'anneau "Tantalus I", à l'université du Wisconsin. En France, le premier anneau déclassé fut ACO, en 1976, à Orsay (laboratoire LURE, du CNRS). De nombreux anneaux synchrotron se font aujourd'hui concurrence dans le monde. L'anneau européen était destiné à devenir le plus puissant et le plus performant. Pour en com-

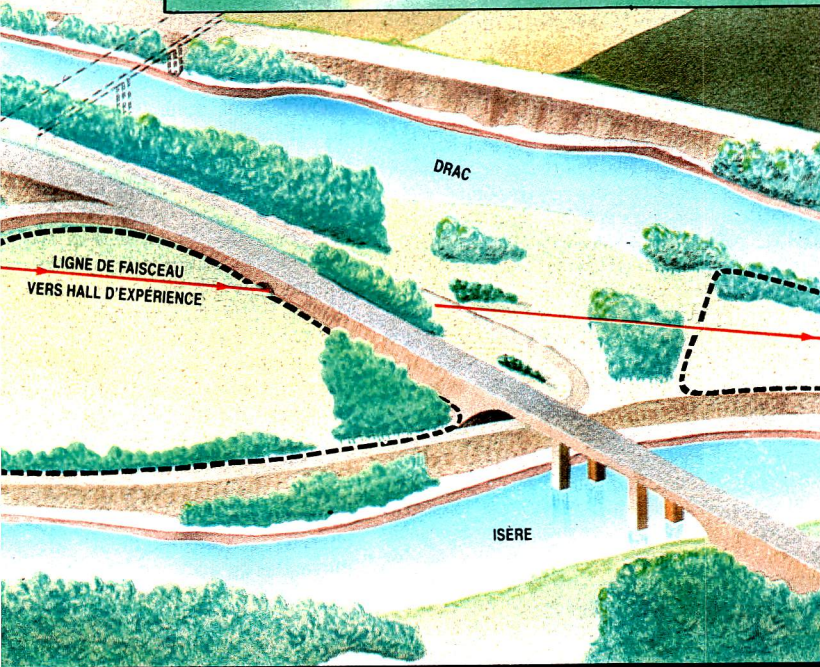
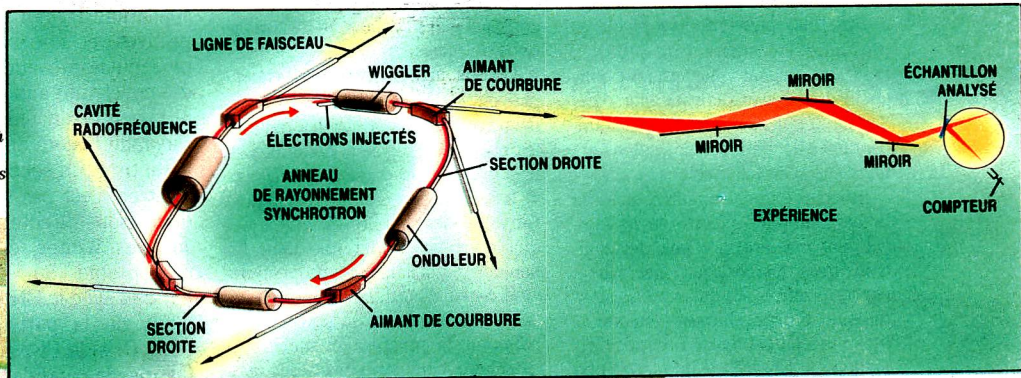
prendre l'intérêt, il faut décrire les principes de son fonctionnement, tels du moins qu'ils sont décrits dans le rapport édité en 1984 par le groupe d'experts travaillant sous la houlette de la Fondation européenne de la science.

L'anneau sera en fait un grand polygone (776 m de périmètre) composé d'une succession de 64 sections droites et 64 sections courbes intercalées. Les électrons sont d'abord injectés par un "pré-injecteur" dans un premier anneau synchrotron, de petite taille, où ils sont accélérés jusqu'à ce qu'ils atteignent une énergie de croisière de 5 GeV (milliards d'électrons-volts). A titre comparatif, l'anneau synchrotron le plus puissant existant actuellement en France, le DCI d'Orsay, atteint

1,8 GeV. L'anneau synchrotron le plus puissant du monde, le DORIS de Hambourg, atteint 3,7 GeV. Le synchrotron européen, quant à lui, est prévu pour être poussé à 6 GeV.

Lorsque les électrons ont atteint leur vitesse de croisière, ils sont injectés dans le grand anneau synchrotron. Ils y sont maintenus à énergie et vitesse constantes grâce à une cavité radiofréquence. Chaque section courbe est équipée d'aimants qui incurvent la trajectoire des électrons et en assurent la focalisation. Le rayonnement synchrotron est émis tangentiellement à la section courbe, un peu comme des grains de sable qui se détacheraient d'une fronde tournant à grande vitesse.

Si l'on perce une fente à la sortie de la courbe, on obtient un étroit



faisceau de lumière X (ou UV), si concentré qu'on peut le comparer au faisceau d'un laser. Le rayonnement est pulsé, parce que les électrons voyagent dans l'anneau par paquets, et non de manière continue.

Une fois sorti de l'anneau, le faisceau peut être à nouveau modulé : on peut le faire passer sur des miroirs courbes ou plans, sur des cristaux qui servent de monochromateurs, c'est-à-dire qui isolent la longueur d'onde recherchée. Les expérimentateurs placent l'objet à étudier dans l'axe du faisceau final. Tout le problème est ensuite de concevoir les appareils de détection pour analyser l'impact du faisceau sur l'échantillon.

Les synchrotrons classiques se contentent de capter le rayonnement émis lors du passage des électrons dans le champ des aimants de courbure. Mais on peut aussi produire un rayonnement plus sophistiqué, en installant dans une section

▶ A QUOI SERVIRA LE SYNCHROTRON ?

droite des aimants en série qui font onduler le faisceau d'électrons. Selon la manière dont ces aimants sont agencés, ils accroissent fortement l'énergie des photons émis (on parle de "wigglers"), ou la "brillance" du faisceau (on parle alors d'"onduleurs"). Au total, une trentaine de wigglers et d'onduleurs pourront être installés. En ajoutant une vingtaine de faisceaux classiques, cela donne 50 postes d'expérimentation. La brillance que l'on atteindra grâce aux onduleurs du synchrotron européen sera un milliard de fois supérieure à la brillance obtenue par les tubes à rayons X qui servent en laboratoire.

Les 50 postes d'expérimentation sont forcément installés à l'extérieur de l'anneau (puisqu'il le rayonnement sort vers l'extérieur). Certains d'entre eux peuvent être placés à proximité immédiate (10 à 60 m). D'autres exigent une grande longueur de faisceau, pouvant aller, dans des cas extrêmes, jusqu'à plusieurs centaines de mètres, voire, selon certains, jusqu'au kilomètre.

Diverses extensions ultérieures de la machine peuvent être envisagées. On peut accélérer non plus des électrons mais des positons (électrons à charge positive), ce qui suppose l'installation d'un accélérateur linéaire et d'autres équipements. Les positons présentent l'intérêt de permettre une plus grande stabilité et une plus grande longévité du flux dans l'anneau. On peut aussi envisager de doubler le synchrotron, donc d'installer ultérieurement, sur le même site, un second anneau, qui bénéficiera des avancées technologiques qui ne manqueront pas de se produire.

La puissance et la brillance des faisceaux, leur caractère modulable, ouvrent de nombreuses perspectives, tant scientifiques qu'industrielles. Quelques exemples :

- Les géologues pourront analyser la dynamique de cristaux soumis à des pressions extrêmes, comparables à celles qui président à la formation des minéraux.
- Grâce à une résolution de 0,2 angström (1 angström = 1/10 000^e de micromètre), physiciens, chimistes et biologistes pourront analyser la structure de monocristaux de très petite dimension, de l'ordre du micromètre. Compte tenu de la difficulté de faire croître un monocristal, l'analyse des structures cristallines

élémentaires sera facilitée.

- En raison de l'intervalle de temps très court entre deux impulsions (2,8⁻⁹ s), des réactions chimiques seront observables en temps réel, jusqu'au milliardième de seconde près.

- La microscopie à rayons X va devenir possible. Contrairement à la microscopie électronique, elle permettra d'étudier des échantillons biologiques à l'état naturel, c'est-à-dire humide.

- La structure et la cinétique de grandes protéines en solution seront détaillées.

- La topographie X en temps réel permettra de suivre à la trace l'évolution même très lente d'un défaut dans un quasi-cristal. Cette technique devrait avoir des répercussions en électronique, en analyse de la croissance des cristaux ou des transitions de phase.

- De nouveaux matériaux devraient pouvoir être inventés dans des domaines aussi divers que les métaux, les plastiques, les semi-conducteurs, les textiles synthétiques, les verres.

- La fluorescence X facilitera l'analyse des impuretés chimiques tant dans les solides que dans les liquides. Ainsi l'anneau européen devrait servir d'outil dans des secteurs aussi variés que la lutte contre la pollution, la prospection minière et pétrolière, l'industrie des fibres optiques et les biotechnologies.

Cette liste n'est pas exhaustive. Elle permet de souligner un autre aspect de la recherche rendue possible par un tel instrument : c'est que les barrières entre les disciplines traditionnelles ont tendance à s'effacer. Dans bien des cas, l'expérimentateur ne saura plus lui-même s'il est physicien, chimiste ou biologiste. Bien souvent, il sera les trois à la fois.

Cette liste doit aussi être considérée avec prudence. Comme l'ont souligné tous les scientifiques que nous avons rencontrés, il n'est pas véritablement possible de prévoir les découvertes qui seront permises par une machine qui repoussera forcément les limites du savoir.

Un autre motif de prudence est que chaque spécialiste a forcément intérêt à faire mousser sa spécialité. A notre niveau, il n'est pas possible de démêler la part du bluff et du solide, ni, dans ce qui est solide, la part du futur proche et celle du futur indéterminé.

d'une cible d'uranium par un jet de protons.

Mais cette source à spallation a coûté horriblement cher. Et les Anglais auraient bien aimé que la France, après avoir fourni une bonne partie de la matière grise, fasse aussi un geste financier...

Justement, en 1983, le directeur de l'ILL était un Anglais : Brian Fender. Heureuse coïncidence. En tant que directeur de l'ILL, il devait se préoccuper de l'avenir à long terme de son institut. Or si tout le monde est convaincu que l'ILL restera une source d'expérimentation essentielle au cours des dix prochaines années, on est beaucoup moins sûr de la suite des événements. Dans dix ans, la source à spallation d'Oxford aura fait ses preuves, et une source encore plus puissante aura sans doute été construite aux Etats-Unis. Si le synchrotron européen venait s'installer à côté de l'ILL, cela lui garantirait un second souffle.

Et ce n'est pas tout. L'un des deux sous-directeurs de l'ILL, Jacques Winter, était aussi un responsable du CEA. Lequel partage avec le CNRS le financement de la part française de l'ILL. Or si le CEA avait jusqu'ici favorisé la candidature de Strasbourg, c'est parce qu'il n'avait pas vraiment mesuré l'intérêt à favoriser Grenoble.

Quels sont donc les intérêts du CEA à Grenoble ? Ils sont considérables. Grenoble abrite en effet, à deux pas de l'ILL, l'un des principaux centres de recherches du Commissariat à l'énergie atomique : le centre d'études nucléaires de Grenoble (CENG), 3 000 personnes. Employées à quoi faire ? C'est tout le problème. L'ère de l'édification de notre parc de centrales nucléaires est terminée. On n'en construit pratiquement plus. Monstrueux organisme de 23 000 fonctionnaires à la moyenne d'âge élevée, le CEA cherche désespérément le moyen de les occuper. Il y a bien les activités militaires, il y a bien le programme sur la fusion à Cadarache, mais cela ne suffit pas. Pour reprendre l'expression

d'un haut responsable parisien, le CEA est comme un pétrolier géant qui dérive sur l'océan. Au CENG de Grenoble, les bureaux se vident à 16 h 30. Bien sûr, il y a des scientifiques remarquables, qui fournissent un véritable travail de recherche, notamment à l'ILL. Mais combien de "chercheurs", combien d'ingénieurs et de techniciens qualifiés sont sous-employés ? Comme ils ont le statut de fonctionnaires, on ne peut pas les mettre à la porte. Alors, le synchrotron... Même si l'on ne peut pas en attendre beaucoup d'emplois, c'est une aventure, un objectif, un appel d'air.

Et puis, il n'y pas que le personnel du CENG. Il y a les filiales du CEA, ces entreprises d'ingénierie hautement spécialisées, qui elles aussi pâtissent de l'essouffement du programme nucléaire, qui cherchent désespérément de nouveaux contrats, de nouveaux débouchés. Alors, le synchrotron...

De ce point de vue non plus, la grosse machine ne devrait pas rapporter des mille et des cents. Car c'est une entreprise internationale, il y aura des appels d'offres et les décisions seront prises par des comités d'experts de différents pays, qui répartiront les marchés entre de multiples entreprises. Mais le site de Grenoble, c'est avant tout le site du CEA. Le terrain qui a été proposé par l'ILL pour implanter le synchrotron appartient au CEA. Alors, on peut tout de même espérer plus de retombées que si c'était à Strasbourg...

Un autre événement est intervenu en 1983 : c'est, le 29 mars, le lancement du programme IDS de "guerre des étoiles" par le président Reagan. Ah, les lasers, les rayons X... ! Le synchrotron est, au moins en théorie, un excellent terrain d'expérimentation pour fourbir les miroirs, aiguïser les détecteurs. Bien sûr, cela peut se faire ailleurs, sur des synchrotrons plus petits, plus discrets, moins soumis aux contraintes de la recherche internationale. Mais on peut prévoir des clauses qui réservent

l'accès de certains halls d'expérimentation aux scientifiques de la division des applications militaires et à leurs sous-traitants. Et, vue de Paris, vue de Grenoble, la chose semble plus facile à réaliser que si la machine était à Strasbourg, ville internationale, où le CEA n'est pas implanté.

La suite des événements est facile à comprendre. Très naturellement, la candidature de Grenoble est présentée officiellement par le directeur de l'ILL, en décembre 1983. Sur un motif strictement scientifique, bien entendu : la complémentarité (réelle) entre la source de neutrons et la source de rayonnement synchrotron. Mais les suettes offertes au gouvernement, qui de toute façon ne comprend rien au rayonnement synchrotron, sont autrement alléchantes : obtenir l'accord des Anglais pour le financement ; faire plaisir au CEA ; faire plaisir aux militaires ; et bien sûr tenter de sauver la tête de Mermaz.

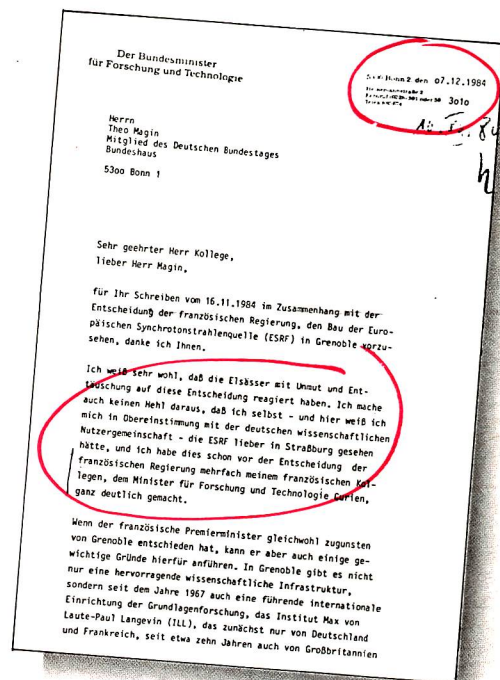
Dans une lettre du 22 février 1984, adressée au maire de Strasbourg, Laurent Fabius abat son jeu : « La candidature de Strasbourg officiellement présentée par la France n'a pas trouvé l'écho escompté chez nos partenaires... C'est la candidature de l'ILL de Grenoble, suscitée en particulier par la partie britannique, qui a suscité le plus d'écho favorable... ». Le 28 juin, Mermaz visite le CENG en grande pompe. L'affaire est dans le sac. Cela malgré les comités interministériels, malgré le contrat de plan signé deux mois plus tôt entre l'Etat et la région Alsace. Ce contrat de plan, enfant de la loi du 29 juillet 1982, l'un des fleurons des réformes socialistes en faveur de la "décentralisation"...

Il est probable qu'à Paris, beaucoup de gens, y compris au ministère de la Recherche et à l'Elysée, sont restés hors du coup. Ils ont été mis devant le fait accompli par la prestation de Mermaz sur FR3 Grenoble, le 17 octobre 1984. Comme les Alsaciens. Comme les Allemands aussi, qui n'avaient pas été pré-

venus et qui, contrairement à ce qu'a pu clamer Hubert Curien, notre ministre de la Recherche, étaient favorables à Strasbourg. Une lettre (*ci-dessous*) du ministre allemand de la Recherche, Heinz-Riesenhuber, datée du 7 décembre 1984, l'atteste formellement : « Je ne fais aucun mystère de ma préférence pour le site de Strasbourg, je suis en cela en parfaite harmonie de pensée avec les chercheurs allemands. J'ai d'ailleurs, avant le choix du site de Grenoble, fait part de ma préférence à plusieurs reprises à mes collègues français et au ministre de la Recherche, M. Curien... »

Et pourtant, ce même ministre allemand venait lui aussi de donner son accord pour le site de Grenoble. Par quel miracle ? C'est que le marchandage franco-allemand avait fini par aboutir. Aux Anglais, le gouvernement français avait promis qu'il les aiderait à financer la machine à neutrons de Rutherford. Aux Allemands, Paris venait de donner un gage encore plus concret : la France financera un autre projet scientifique européen qui, lui, sera ins-

(suite du texte page 162)



FORCE 5 S

Y A-T-IL UNE CINQUIÈME FORCE DANS L'UNIVERS ?

C'est l'hypothèse iconoclaste qu'avancent des physiciens américains ; se basant pour cela sur une expérience vieille de 60 ans. Expérience qui était censée démontrer le contraire !

A qui se fier ? On avait une bonne loi bien solide ; l'un de ces piliers éducatifs qui vous redonne confiance dans l'enseignement républicain et qui vous fait penser qu'après tout l'école a servi à quelque chose : Marignan 1515, et la loi de l'attraction universelle. Marignan ne bouge pas mais, la loi de Newton, il faudra peut-être la modifier. A peine d'un iota, c'est entendu, mais un iota qui accélère la chute d'un kilo de plumes par rapport à celle d'un kilo de plomb !

Rappelez-vous l'expérience de Galilée. Il ne l'a sans doute pas réalisée comme cela mais peu importe : du haut de la tour penchée à Pise, l'histoire veut qu'il ait jeté deux objets de masses différentes pour vérifier sa théorie sur la chute des corps ; les deux corps arrivant en même temps sur le sol, il en avait conclu que tous les corps en chute libre subissent la même accélération, la résistance de l'air mise à part.

Isaac Newton, quelque cent ans plus tard, formula cela beaucoup plus généralement avec la loi de l'attraction universelle. Loi qui permit à l'époque d'expliquer le mouvement des planètes. Enfin en 1915, Albert Einstein établit sa théorie de la relativité générale, théorie dont l'un des prémisses est le principe d'équivalence entre masse gravitationnelle (qui se manifeste dans les actions attractives décrites par la loi de Newton) et masse inertielle (qui caractérise la résis-

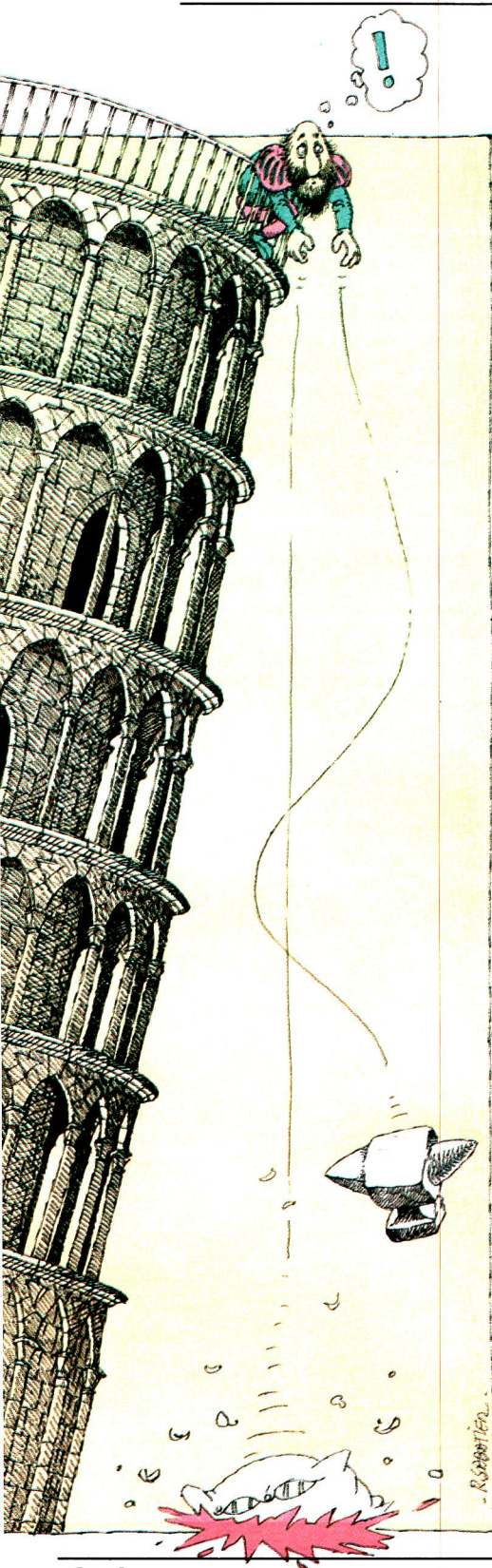
tance à l'accélération). C'est très exactement cela qui est mis en cause par la théorie de la cinquième force. Si elle existe, la masse gravitationnelle n'est plus tout à fait égale à la masse inertielle. En clair, dans le vide une plume tombera plus vite que du plomb parce qu'il y a une "hypercharge" qui agirait en fonction du nombre de neutrons et protons des matériaux, donc en fonction de leur composition.

En attendant, jusqu'à confirmation de cette théorie, les physiciens considéreront que notre Univers est gouverné par quatre forces, quatre interactions fondamentales :

La gravitation, répétons-le, c'est l'attraction qui existe entre les corps ; c'est la pomme qui tombe de l'arbre attirée par la Terre. La portée de cette attraction est infinie mais son intensité est très faible : rapportée à un nombre sans dimensions, elle est égale à 7.10^{-39} .

La force électromagnétique apparaît en particulier sous forme d'attraction ou de répulsion entre particules chargées de signes contraires (un proton attire un électron) ou de même signe (deux électrons se repoussent). Sans elle nous traverserions le plancher et d'ailleurs il n'y aurait pas plus de plancher que de personnes pour le traverser puisque la force électromagnétique assure la liaison entre les électrons et leurs noyaux, entre les atomes, etc.

Jusqu'à la fin du XIX^e siècle, les scientifiques s'étaient parfaitement satisfaits de ces deux



JR LA PHYSIQUE

forces pour comprendre l'Univers, mais avec la découverte des constituants de l'atome, vint aussi celle de deux nouvelles interactions agissant au niveau subatomique.

L'interaction forte entre les particules de la famille des "hadrons". Plus précisément c'est elle qui assure la cohésion d'un noyau atomique en liant entre eux protons et neutrons. Son intensité est de 14,8 — c'est-à-dire deux mille fois plus que celle de la force électromagnétique — mais sa portée est très faible; de l'ordre du fermi, soit un dix-milliardième de centimètre. Elle ne s'exerce donc qu'aux distances nucléaires.

L'interaction faible est un peu différente des trois précédentes dans la mesure où elle est responsable d'une forme particulière de désintégration: la radioactivité bêta dans laquelle un proton se transforme en neutron en émettant un positon et un neutrino (autre possibilité: un neutron se transforme en proton avec émission d'un électron et d'un antineutrino); l'intensité de cette interaction est cent mille fois inférieure à celle de l'interaction forte et sa portée se situe en deçà de 0,5 fermi.

Les caractéristiques de ces interactions, y compris celles de l'hypothétique cinquième force, sont présentées dans le tableau (page 22). Outre leurs portées et intensités il y a aussi les vecteurs d'échange de ces forces: on peut en effet considérer que l'interaction entre deux particules est médiatisée par une autre particule, un peu comme un ballon échangé entre deux joueurs de rugby.

Alors d'où viendrait-elle, cette hypercharge? Cette intruse dans un monde où les physiciens ont déjà suffisamment de mal à tenter l'unification de 4 forces sans en ajouter une de plus! L'un des auteurs de la théorie, l'Américain Aronson, nous a ex-

pliqué que l'idée leur était venue il y a trois ans environ après avoir constaté des anomalies bizarres dans certaines mesures de la constante de gravitation. Dans la loi de Newton, le potentiel gravitationnel (V) est égal au produit des deux masses qui s'attirent, divisé par la distance qui les sépare et multiplié par la constante G de gravitation:

$$V = -G \frac{M_1 M_2}{d}$$

G est une constante fondamentale, cela veut dire qu'elle a la même valeur en tout point de l'Univers. Or deux Australiens ont constaté que la valeur qu'ils obtenaient à partir de mesures faites au fond d'une mine, sous le mont Isa, était nettement plus forte que celle obtenue en laboratoire: de fait, elle la dépassait de près de 1%. Aucune conclusion formelle de la part des Australiens, mais hormis une erreur dans le calcul de certains paramètres comme la densité locale, l'hypothèse d'un terme non newtonien de la gravitation leur parut plausible.

Forts de ces résultats, les Américains proposèrent une nouvelle forme du potentiel gravitationnel:

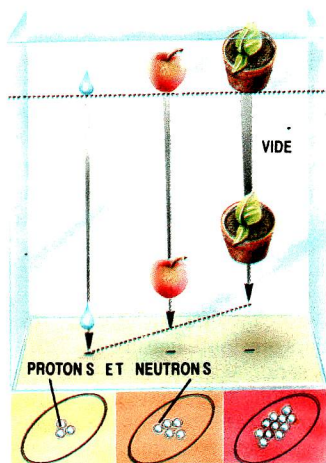
$$V = -G \frac{M_1 M_2}{d} (1 + \epsilon),$$

où ϵ est un très petit terme décrivant les effets d'une interaction supplémentaire répulsive, de 200 mètres environ de portée. Si notre hypothèse est bonne, se dirent-ils, si donc il ne s'agit pas d'un artefact quelconque, alors il y aura au moins trois manières de détecter cette cinquième force:

- d'abord en étudiant de plus près des particules de la famille des mésons (les kaons) K^+ et K^- . Pourquoi les kaons? Ces particules sont surtout célèbres parce qu'elles amenèrent, en 1956, les physiciens Lee et Yang à postuler la "non conservation de la parité" dans les désintégrations par interaction faible (voir

Science & Vie n° 810). Les physiciens des hautes énergies les connaissent donc depuis longtemps.

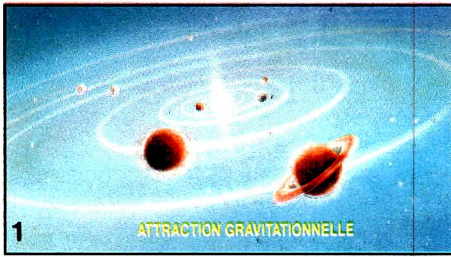
Mais Fisbach et Aronson les connaissaient eux aussi particulièrement bien. En fait, ils avaient même publié un article, en mai 1982, sur des expériences qu'ils avaient réalisées à Brookhaven; article dans lequel ils faisaient part d'"anomalies" pendant la transformation de K^0 en pions π^+ et π^- . Ils en avaient conclu qu'une nouvelle interaction pouvait en être rendu responsable. Seulement à l'époque ils n'avaient pas les indices australiens pour étayer leur thèse... et le *New York Times* n'avait pas fait sa "une" avec leur idée, comme il l'a fait, par contre, en 1986. Et c'est une sacrée différence! comme dit Aronson. « Je ne savais même pas que les gens



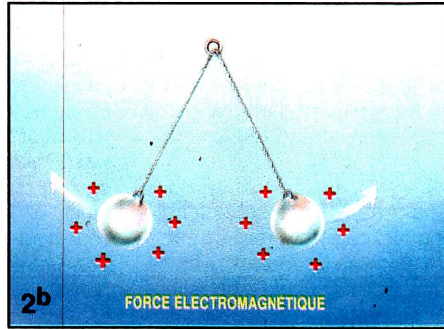
GALILÉE REVISITÉ

C'est le plus léger des trois qui arrivera le premier en bas! Prenez une goutte d'eau, une pomme et un pot de fleurs: si ces trois objets chutent dans le vide, la goutte d'eau précèdera les deux autres parce qu'elle comporte moins d'atomes, donc moins de protons et de neutrons. Si on avait comparé la vitesse des objets de même masse et de compositions différentes (eau, verre, fer) on aurait constaté le même résultat parce que l'hydrogène et l'oxygène de l'eau comportent moins de protons et de neutrons que le silicium et a fortiori que le fer. Pourquoi? Parce que l'hypercharge est une force répulsive qui agira d'autant plus que l'atome sera lourd... si elle existe bien sûr.

(1) $\epsilon = \alpha e^{-d/\lambda}$, où $\lambda = 200$ mètres, α une constante et d la distance entre les masses.



INTERACTION	PORTÉE	INTENSITÉ	VECTEUR
ÉLECTROMAGNÉTIQUE	INFINIE	1/137	PHOTONS
GRAVITATIONNELLE	INFINIE	$7 \cdot 10^{-39}$	GRAVITONS (?)
FORTE	1,4 FERMI ($1,4 \cdot 10^{-15}$ MÈTRE)	14,8	MÉSONS
FAIBLE	< 0,5 FERMI ($0,5 \cdot 10^{-15}$ MÈTRE)	$\sim 10^{-4}$	BOSONS INTERMÉDIAIRES
HYPERCHARGE (?)	200 MÈTRES	$\sim 10^{-41}$	HYPERPHOTONS (?)



LA BANDE DES QUATRE

Celles-là, on en est sûr : la force de gravitation (1); qui est le lien attractif entre les masses ; la force électromagnétique (2), qui est responsable de la répulsion électrostatique entre deux boules chargées positivement ou du magnétisme exercé par un aimant ; l'interaction forte (3), qui lie les constituants du noyau ; enfin la force faible (4), qui fait qu'un neutron dans un noyau se transforme en proton en éjectant un électron et un antineutrino.

du *New York Times* lisaient la *Physical Review Letters*, en tous cas, une fois dans leur quotidien, c'est devenu une énorme affaire.»

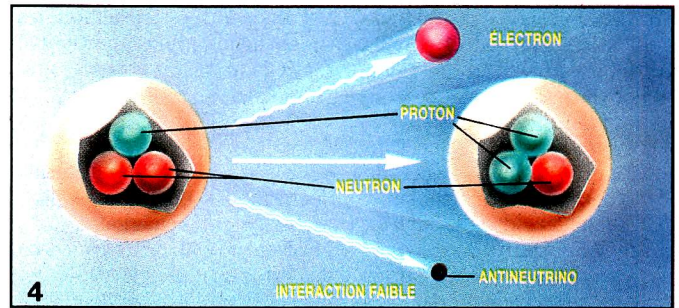
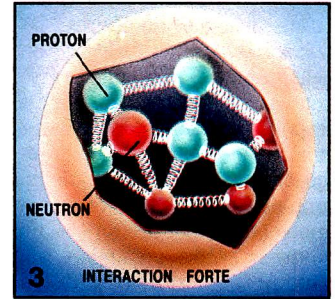
Ne nous en plaignons pas, l'idée est suffisamment enthousiasmante et originale pour qu'on puisse pardonner à ses auteurs si elle s'avère inexacte.

• Mais revenons à la deuxième possibilité : il s'agit de comparer les mesures de l'accélération gravitationnelle locale g , c'est-à-dire la pesanteur, sur Terre et à bord d'un satellite. Dans le cas du satellite, la mesure de g ne serait pas sensible à une force ne s'exerçant que sur 200 mètres, alors que toute mesure sur Terre le sera.

• Enfin troisième possibilité : reprendre les résultats de l'expérience d'Eötvös qui avait comparé les accélérations de matériaux comme l'eau, le cuivre, le platine, etc. Parce que l'expérience de Galilée posait deux questions : est-ce que des objets de masses différentes chutent (dans le vide) de la même manière ? Est-ce que des objets de même masse mais de compositions différentes subissent la même accélération ? C'est à cette dernière question qu'entre 1898 et 1908, le baron hongrois Roland von Eötvös s'était at-

taqué, réalisant pour cela une expérience extrêmement précise.

Pour la faire il utilisa deux masses de composition différente suspendues à un pendule de torsion. De telles masses sont soumises à l'action de deux forces : l'attraction gravitationnelle d'une part, la force centrifuge (puisque la terre tourne),



c'est-à-dire la force inertielle, d'autre part. Par exemple, en faisant tourner une balle attachée à un élastique, on soumet la balle à une force centrifuge, et, bien sûr, à l'attraction de la Terre. Si ces deux forces n'avaient pas été strictement proportionnelles, Eötvös aurait observé une légère rotation de sa balance, ce qui ne fut pas le cas. De fait, il vérifia la valeur de g avec une précision de $5 \cdot 10^{-9}$;

donc au milliardième près ! Il y avait bien, en déduisit-il, proportionnalité entre les deux forces. La précision de son expérience était vraiment extraordinaire car lorsque le physicien Dicke la répéta quelque cinquante ans plus tard, il ne put l'améliorer que d'un facteur 50.

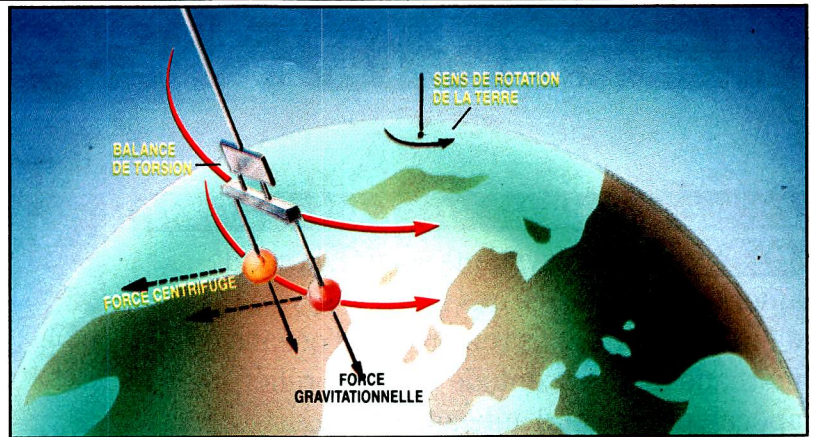
Mais les deux expériences différaient sur un point crucial : Dicke, selon un principe sensiblement équivalent au pré-

cédent, avait mesuré l'accélération gravitationnelle de deux masses de composition différente ; mais dans son expérience c'était l'accélération due à l'attraction du Soleil qui était mesurée alors qu'Eötvös mesurait celle due à la Terre. De toute façon Dicke parvint à la même conclusion qu'Eötvös.

« Nous ne mettons pas le résultat de Dicke en cause, affirment les Américains : l'hypercharge ne pouvait se faire sentir dans son expérience puisque sa portée n'est que de 200 mètres. Quant aux résultats d'Eötvös, nous estimons avoir montré qu'ils impliquent la présence d'une cinquième force ! » Aronson et Fisbach ont en effet repris les résultats obtenus par Eötvös pour en tirer une conclusion diamétralement opposée... Car Eötvös, en publiant ses mesures en 1908, indiqua bien entendu les incertitudes de sa mesure, c'est-à-dire les infimes variations dans les valeurs de g obtenues. Ces variations, ils les avaient attribuées à une imperfection de son appareillage. Les deux Américains ne reculant devant aucun blasphème les ont attribuées, eux, à un potentiel non newtonien.

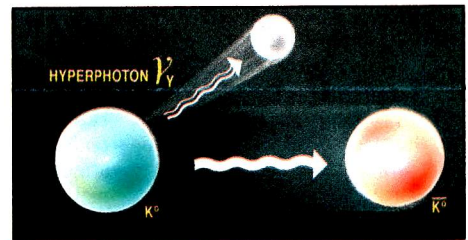
• **Premier point en faveur de leur hypothèse** : les paramètres du potentiel calculé à partir des données d'Eötvös correspondent assez bien à ceux calculés avec les données géophysiques des Australiens. Il faut noter toutefois que les données d'Eötvös ne comprennent pas la composition exacte des matériaux qu'il utilisa. Cela veut dire que les Américains ont dû quelque peu extrapoler ces compositions pour faire leurs calculs et que, de ce fait, ceux-ci comportent une certaine marge d'erreur.

Celle-ci mise à part, Aronson et Fisbach ont pu comparer la variation d'accélération obtenue dans leur modèle avec les mesures d'Eötvös : en considérant qu'il existe un champ hypercharge dont les vecteurs (les particules transportant la force) seraient les hyperphotons (de masses égales à 10^{-9} électron-



LE BARON PHYSICIEN

Il était ministre de l'Instruction publique, il devint enseignant à l'université de Budapest. C'est là que Roland von Eötvös, baron de son état, mit au point une série d'expériences tendant à prouver que la constante de gravitation était bien constante : soumises à la pesanteur et à la force inertielle (la force centrifuge créée par la rotation de la Terre), 2 sphères de composition différente sont accrochées à un fil de torsion. Si la masse inertielle ne se confond pas avec la masse gravitationnelle, les sphères réagiront différemment ; il y aura torsion du fil. Il n'observera aucune rotation. Il y avait équivalence, du moins dans les limites de précision de l'expérience.



MORT AUX KAONS

Un kaon K^0 , en se désintégrant, se transforme par exemple en 2 pions π^0 avec une émission de photons. Mais si on observe un seul pion π^0 et rien d'autre, alors on peut s'attendre à ce que la différence d'énergie entre K^0 et π^0 corresponde à celle d'un quantum d'hypercharge : l'hyperphoton γ .

existence, parce que, si un méson K se désintègre en un pion π , on peut mesurer l'énergie avant et après la désintégration et voir si la différence correspond à la présence d'un hyperphoton.

On peut aussi refaire l'expérience de Galilée à condition d'avoir une précision suffisante : la variation de g que l'on devrait observer serait de l'ordre de 10^{-10} . Il faudrait donc comparer

(suite du texte page 156)

LES MONDES ÉTR

DE SON SURVOL DE LA SEPTIEME

PLANETE du système solaire, la sonde américaine a envoyé des images de mondes étranges recouverts d'océans de méthane luminescent, de lunes au relief apocalyptique, et d'anneaux rassemblés par des satellites "bergers".

Le Soleil s'était levé depuis vingt ans sur le pôle Sud d'Uranus, l'autre planète bleue du système solaire, lorsque *Voyager 2*, au mieux de sa forme malgré un voyage de plus de trois milliards de kilomètres, l'a frôlée avec à peine une minute de retard sur l'horaire prévu. La planète était-elle à la hauteur ?

« Uranus nous a caché ses secrets de façon spectaculaire jusqu'à ce que nous soyons juste sur le pas de sa porte », commente Bradford Smith, de l'université d'Arizona, qui coordonne les travaux d'imagerie.

De fait, Uranus se dissimule sous une brume de haute altitude, de teinte brune, qui semble monter du pôle, au-dessus duquel elle forme un anneau, jusqu'à recouvrir à peu près tout le disque. Cette brume se composerait d'hydrocarbures comme l'acétylène, produits par l'action de la faible lumière du Soleil (de l'éclat de notre demi-Lune) sur l'atmosphère de méthane, *Voyager* n'ayant pas détecté de composés plus lourds, du moins au stade actuel et en proportion supérieure à un cinq millionième.

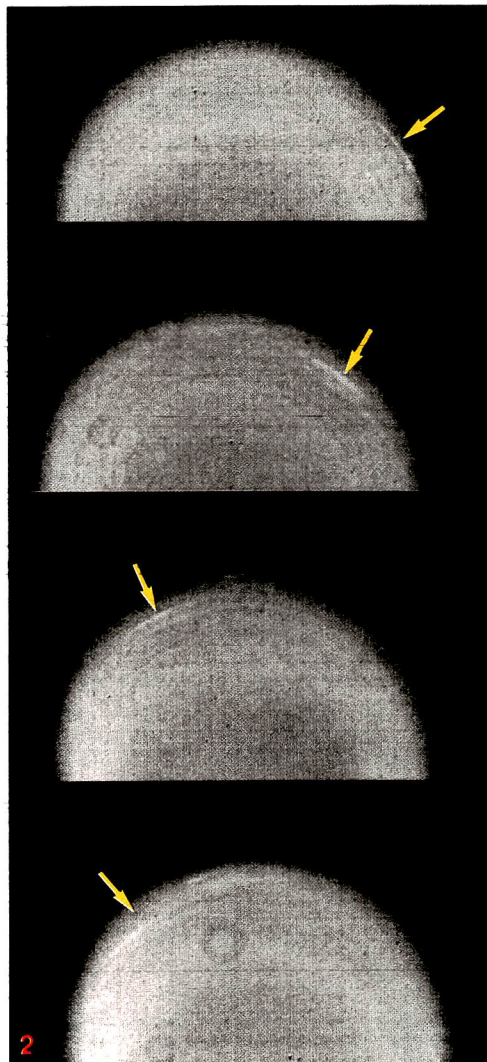
Sous la brume, on a tout de même observé des nuages en forme de plume, qui s'allongent sur 2 000 km en s'élevant au-dessus d'un noyau plus dense, en direction de l'équateur, portés par la rotation de la planète (qui tourne effectivement sur son axe

en 16 jours environ) et sans doute par un courant chaud local. Ces plumes avaient déjà été vues sur Jupiter et Saturne. En augmentant les contrastes, on retrouve aussi la fameuse structure nuageuse en bandes, et de petites taches circulaires.

Prévu par certains observateurs au sol (*S. & V.* n° 816, septembre 1985), ce manque de détails étonne tout de même. Près de trois fois plus petite que Jupiter et privée de sa puissante source de chaleur interne, Uranus est-elle trop visqueuse pour posséder une circulation atmosphérique importante ? Daniel Gautier, de l'Observatoire de Paris, associé à la mission, estime que la planète produit elle-même 37 % de chaleur en plus de celle qu'elle reçoit du Soleil, suffisamment pour entraîner de grands mouvements de convection.

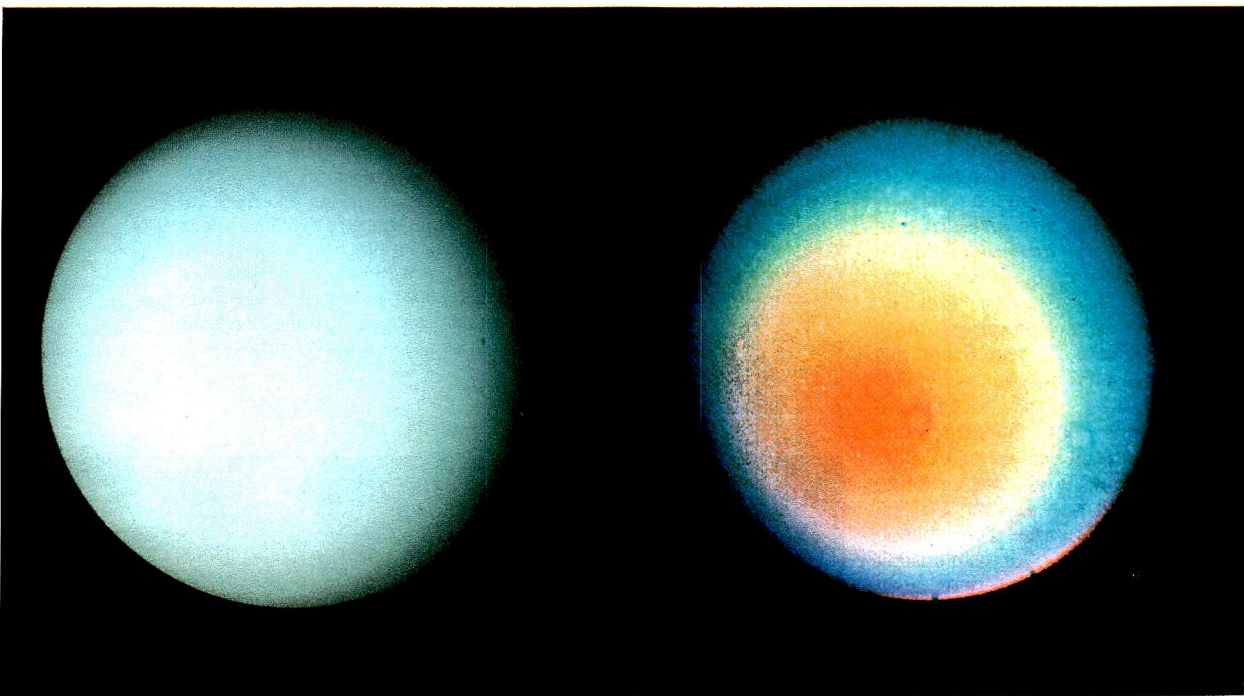
Autre mystère atmosphérique : si l'abondance de l'hélium, un instant située à la valeur aberrante de 78 %, a pu être ramenée aux 10 % observés dans le reste du système solaire et de l'Univers, il semble que le carbone soit vingt fois plus abondant sur Uranus que dans le Soleil. Est-ce le signe que, si loin de l'étoile, la pâte originelle dont est né le système solaire n'a plus les propriétés attendues ? En fait, on soupçonne plutôt des courants de méthane de provoquer une illusion.

Par contre, on cherche pour



quoi la haute atmosphère est plus froide au-dessus du pôle qui fait face au Soleil qu'au-dessus de celui plongé dans la nuit, d'autant que la face diurne est réchauffée par ce phénomène nouveau, baptisé "electro-glow" par le physicien français Jacques Blamont. Comparable aux aurores boréales, il consiste en une luminescence produite par des électrons de basse énergie,

ANGES D'URANUS



LA PLANÈTE MÉTHANE

Le 17 janvier 1986, *Voyager 2* était à 9,1 millions de km d'Uranus. A gauche les vraies couleurs reconstituées à travers des filtres bleu, vert, et orange. L'aspect bleu-vert résulte de l'absorption des rayons de lumière rouge du Soleil par l'atmosphère de méthane, ici exceptionnellement claire. Naturellement, nous voyons ici le côté éclairé par le Soleil, le "pôle nord". A droite, la même image

traîtée en fausses couleurs : la calotte polaire brunâtre entourée d'anneaux concentriques indiquerait que le pôle est surmonté d'une brume de méthane. Les bandes suggéreraient une rotation d'anneaux de brume autour du pôle.

En noir et blanc page de gauche, Uranus vue du pôle à travers un filtre orange, alors que "*Voyager 2*" se trouvait à 12,9 millions de km. Le

déplacement du nuage blanc sur la série de photos montre la rotation de la planète sur son axe, dans le sens inverse des aiguilles d'une montre ; rotation de 16,9 heures, suggérant un déplacement des nuages de 100 m/s. Le nuage principal se trouve par 33° de latitude nord. Les marques circulaires sombres, présentes sur tous les documents, sont dues à des poussières sur l'objectif de la caméra.

d'origine inconnue, dans l'enveloppe d'hydrogène qui s'étend autour d'Uranus sur plusieurs milliers de kilomètres (la Terre possède une telle enveloppe, la géocouronne). Telle semble être l'origine de la forte luminosité en ultraviolet, plutôt qu'un champ magnétique surpuissant.

Peu avant le vol de *Voyager*, on expliquait en effet parfois cette émission ultraviolette par

le freinage des particules du vent solaire dans un champ magnétique deux fois plus intense que celui de Jupiter. Or la sonde l'a ramené à 0,25 gauss, soit un peu moins que celui de la Terre, mais assez pour qu'Uranus développe une magnétosphère étrange : si l'on sait comment se comporte l'enveloppe de particules chargées contenue par les lignes de de force du champ magnétique

d'une planète lorsque les pôles de celle-ci sont perpendiculaires à son orbite, et donc au flux du vent solaire, on ignore ce qu'il en est pour Uranus.

Inclinée de 90°, la planète présente au Soleil tantôt ses pôles, tantôt son équateur ; de plus, le noyau métallique qui tourne en son centre comme une dynamo est lui-même incliné de 55°, de sorte que les pôles magnétiques

d'Uranus sont au-dessus des latitudes moyennes. Cette forte inclinaison du champ magnétique résulte-t-elle de la même catastrophe céleste qui aurait fait basculer l'axe de rotation d'Uranus, ou indique-t-elle qu'un renversement de polarité semblable à ceux qui se sont produits autrefois sur Terre est en cours sur la septième planète ! Enfin, que se passe-t-il derrière Uranus ? Il semble que le vent solaire souffle la magnétosphère très loin vers l'extérieur du système solaire.

Uranus est par ailleurs une planète à anneaux. Moins spectaculaires que ceux de Saturne, ils ménagent tout de même quelques surprises : ainsi, les anneaux 4, 5 et 6 ont des inclinaisons différentes, et les observations par occultation d'étoiles ont montré une structure interne étrange ; alors que l'anneau gamma présente une zone dense, large de 600 mètres, entourée d'une bande diffuse de 3 km, l'anneau epsilon se dédouble, et s'arrête de façon abrupte, sur 40 ou 50 mètres. Epais de 25 à 50 mètres, il n'est par ailleurs pas aussi dense sur toute sa circonférence.

Attendue dans les observations à contre-jour, la poussière, qui abondait autour de Saturne, a d'ailleurs été longue à venir sur les clichés (bien que la sonde en ait ressenti les impacts, curieusement beaucoup plus nombreux avant sa traversée du plan des anneaux qu'après). On s'attendrait à ce que les chocs entre les particules des anneaux les réduise en poussière, mais celles-ci semblent bien mesurer encore au moins 0,1 mm. Peut-être sont-ils beaucoup plus jeunes que ceux de Saturne.

Onze nouveaux anneaux ont été découverts dont la plupart ne sont même pas des anneaux à proprement parler, mais des "cordes" s'étirant sur environ 60°, sans se refermer, et larges seulement de 50 à 170 mètres. A moins qu'il ne s'agisse d'une foule de satellites, assez nombreux pour faire croire, dans les données d'occultation, à la présence de segments d'anneaux.

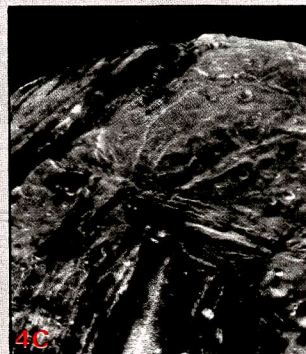
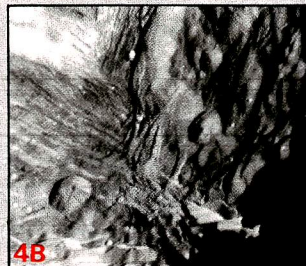
(suite du texte page 28)

UNE FAMILLE DE 5 LUNES : ...



Ce sont en fait les cinq plus gros satellites de la planète dont "Voyager 2" était à 5 millions de kilomètres. On distingue les dimensions relatives des satellites, mais aussi leurs différents albédos (rayonnements réfléchis). Miranda est le plus éloigné. Titania et Oberon ont un diamètre (1 600 km) deux fois inférieur à celui de la Lune. Celui de Miranda n'atteint qu'un quart à un tiers de cette valeur. Titania et Oberon réfléchissent 20 % de la lumière solaire incidente, alors qu'Ariel et Miranda montent à 30 %, et Umbriel à seulement 12 %. C'est Ariel qui possède les plus grands contrastes : certaines régions réfléchissent jusqu'à 45 % de la lumière, alors que d'autres parties de la planète n'en renvoient que 25 %.

... MIRANDA



C'est la plus petite, et la plus éloignée des lunes. La **photo 4 A** a été reconstituée à partir d'un ensemble de photos prises entre 30 000 et 40 000 km (résolution de 560 à 740 m). Les deux chevrons, parcourus de longues failles, dénotent un terrain de nature complètement différente de celui recouvert de petits cratères de 5 km de diamètre en moyenne.

Miranda a très probablement été le

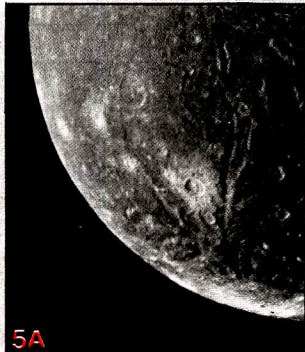
siège de violents bouleversements comme en témoignent escarpements et vallées (en haut à droite de la **photo 4 B**) coupant des terrains beaucoup plus anciens recouverts de cratères. Le cratère d'impact (en bas) a un diamètre de 15 km.

Un canyon de plusieurs kilomètres de profondeur (**photo 4 C**) laisse à penser que Miranda a bien pu être bombardée par un météorite géant qui n'aurait pu la fragmenter.

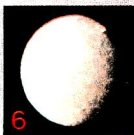
... ARIEL

La complexité de sa surface (**photo 5 A**) vue à 130 000 km avec une résolution de 2,4 km suggère une histoire géologique intense.

La complexité des structures qui s'enchevêtrent et le nombre des cratères météoritiques jeunes et anciens plaident pour un bombardement prolongé. Sur la **photo 5 B**, les vallées témoignent d'une ancienne activité tectonique. Il semblerait qu'elles aient été recouvertes de matériaux fluides.



... UMBRIEL



La lune la plus sombre présente une surface sans grands contrastes (**photo 6**). La résolution de ce do-

cument (19 km) révèle cependant une surface couverte de cratères d'impact. La nature géologique de la tache annulaire brillante visible près du terminateur (ligne de séparation entre la zone éclairée et la zone obscure) reste mystérieuse. Umbriel, d'un diamètre de 1 200 km, est vue ici à 1,04 million de kilomètres.

... OBÉRON

On y observe aussi de nombreux cratères d'impact vus ici à 660 000 km avec une résolution de 12 km (**photo 8**). Avec ses cratères entourés de "rayons" brillants de glace, Obéron ressemble à Callisto, satellite de Jupiter. Au centre, la tache sombre au milieu des terrains glacés suggère la présence d'anciennes éruptions volcaniques postérieures à la formation du cratère. En bas à gauche, sur le limbe, une montagne dont l'altitude avoisinerait les 6 km.

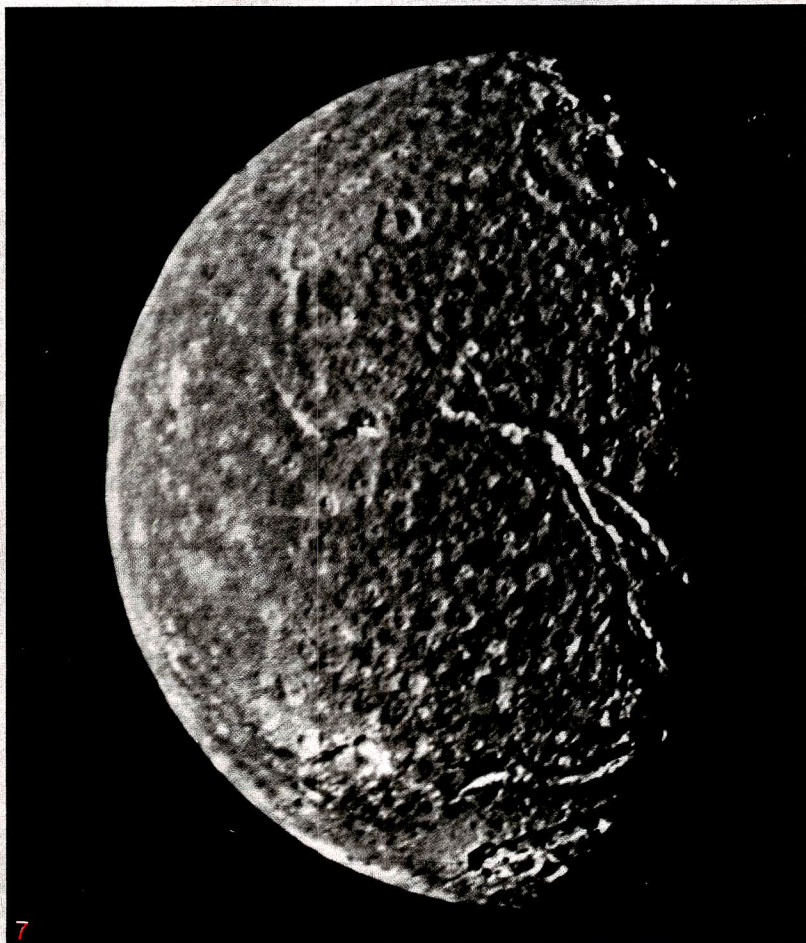


... TITANIA

Avec 1 600 km de diamètre, Titania (**photo 7**) est l'un des plus gros satellites d'Uranus. Elle est vue ici à 369 000 km. La résolution est de 13 km.

On dénote beaucoup d'impacts

météorologiques, mais aussi des canyons importants témoignant d'une ancienne activité tectonique. La structure circulaire en haut, près du terminateur, résulte probablement d'un impact.



(suite de la page 26)

Par ailleurs, on ne sait pas ce qui fait tenir ensemble tous ces anneaux. Ceux de Saturne sont confinés par des satellites "bergers", deux d'entre eux encadrant chaque anneau et l'empêchant de trop s'étaler. Autour d'Uranus, deux bergers seulement ont été trouvés, 1986 U7 et U8, gardant l'anneau epsilon, et encore sont-ils sans doute trop petits pour avoir beaucoup d'effet. Quant aux autres anneaux, il faudra trouver un autre

et 6, sont les plus incolores, delta tire sur le jaune ou le rouge et gamma sur le vert.

Quelle est donc cette "matière sombre" qui constitue les anneaux et recouvre tout ou partie des satellites d'Uranus, décrits par l'un des expérimentateurs comme « ce qu'il y a de moins coloré dans le système solaire » ? On a évoqué le noircissement de la glace de méthane par le vent solaire ou la lumière, mais outre que les anneaux sont abrités du vent solaire par la magnétosphère, et que seule la glace d'eau, qui ne noircit pas (le noircissement est dû au carbone libéré par la dissociation des molécules de méthane) a été détectée sur les satellites, ceux-ci devraient être entièrement noirs, ce qui n'est pas le cas. Par contre, il suffit que la glace contienne très peu d'impuretés, ou des bulles de gaz, pour devenir très sombre. « Avec Uranus, nous allons pouvoir écrire l'histoire de la matière noire dans le système solaire, en y intégrant celle qui recouvre Japet... », le satellite de Saturne dont un hémisphère est blanc et l'autre brun rougeâtre, commente Lawrence Soderblom, de l'US Geological Survey.

Même sans matière noire, les satellites, comme à chaque passage de *Voyager 2*, ont été les vedettes de la mission. « Personne n'aurait pu prévoir, même approximativement, que nous trouverions des objets aussi exotiques », dit L. Soderblom, résumant notamment la stupeur qui a frappé tous ceux qui, à Pasadena, ont découvert les premières images de Miranda, le plus petit des cinq satellites d'Uranus connus jusqu'à présent. On y retrouve sur quelques centaines de kilomètres des failles de compression, indiquant que le satellite s'est contracté à la manière de Mercure, des fossés évoquant ceux de Ganymède, le satellite de Jupiter dont la croûte se découpe en plaques glissant les unes contre les autres, des tranchées de plusieurs dizaines de kilomètres de profondeur et une vallée sinueuse évoquant,

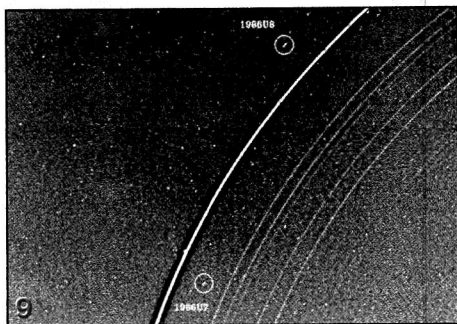
pour Robert Strom, de l'université d'Arizona, « ... à l'évidence une structure d'écoulement... », par des températures de -230°C , que l'on retrouve apparemment sur un autre satellite, Ariel. Le plus frappant, ce sont enfin des taches en forme de chevrons, semblant correspondre à des dépôts peu profonds de matière noire, bordés de failles et inexplicables.

Avec seulement 1 180 km de diamètre, Ariel abonde lui aussi en canyons, en failles tensionnelles laissant supposer une expansion de la croûte, en fractures diverses partant dans toutes les directions qui font envisager « une forme de volcanisme » à Harold Masursky, de l'US Geological Survey. Pourtant prévenus par les fantaisies géologiques des minuscules satellites de Jupiter et de Saturne, les investigateurs ont été unanimes à avouer leur surprise devant une telle évolution tectonique sur des objets si petits, intermédiaires par la taille entre les astéroïdes et les planètes, et pas toujours sphériques.

Alors que les satellites de Jupiter, en effet, étaient pris en tenaille par de puissants effets de marée les faisant fondre de l'intérieur, rien de tel, du moins à l'époque contemporaine, n'était prévu d'après les orbites de ceux d'Uranus, sauf peut-être pour Ariel. « Le seul facteur d'évolution évident semble lié aux impacts de météorites », estime donc Joseph Veverka, de l'université Cornell de New York. De fait, on trouve sur Titania un grand bassin et des failles évoquant l'impact qui a fracturé Thétyss, satellite de Saturne, ainsi que des taches brillantes laissant penser que de la glace a jailli de l'intérieur lorsque le choc a perforé la croûte.

Sur Obéron, le plus sombre de tous, et le plus accidenté, avec une montagne de 5 km (l'équivalent d'un sommet de 40 000 mètres sur la Terre), un grand cratère a été rempli d'un matériau noir semblant différent de celui recouvrant le reste de la surface ; mais sur Umbriel, où

LES BERGERS

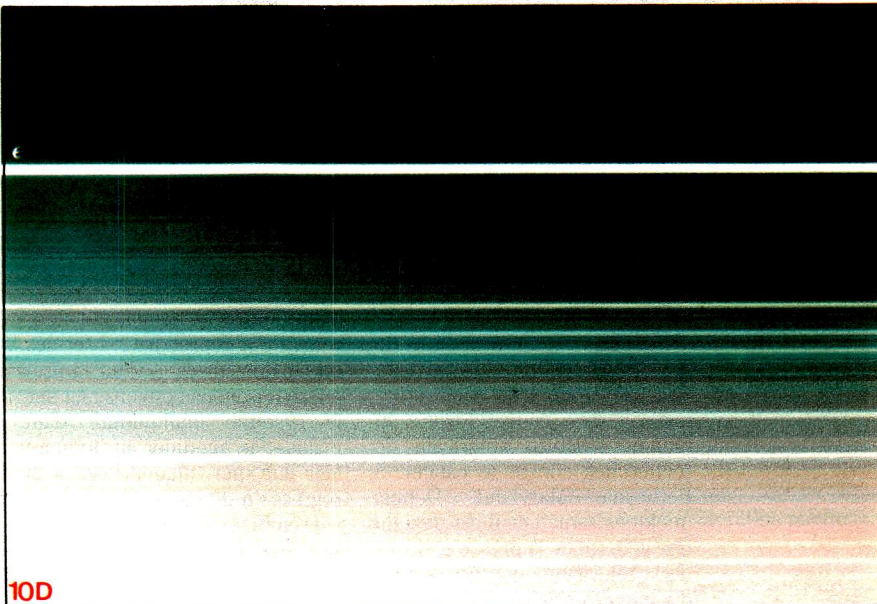
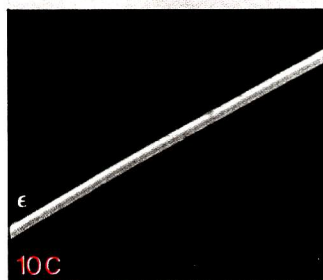
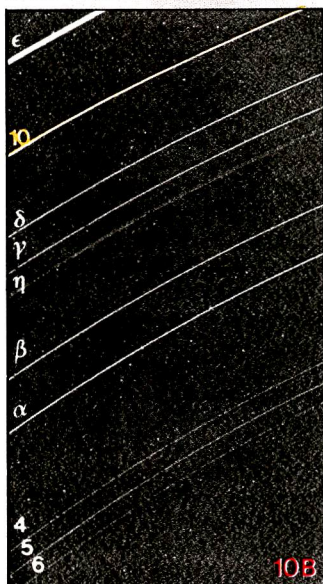
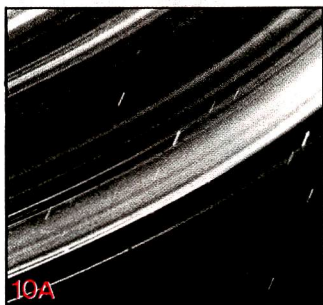


Nommés ainsi par les spécialistes du Jet Propulsion Laboratory en Californie, ce sont 7 petits satellites découverts par "Voyager 2". En voici deux sur la photo 9, 1986 U8 et 1986 U7, disposés de part et d'autre du brillant anneau epsilon vu à 4,1 millions de kilomètres. On les a tous baptisés "bergers", parce qu'ils retiennent, du fait de leur masse, la matière de l'anneau (poussières, blocs de roche). Sans les avoir vu encore, certains scientifiques estimaient que chacun des anneaux d'Uranus est escorté de deux "bergers". Si c'est le cas, Uranus pourrait avoir une trentaine de satellites ! Ici leurs diamètres respectifs sont de 20 et 30 km.

mécanisme de confinement si on ne leur trouve pas davantage de bergers.

Enfin, ces anneaux sont presque aussi sombres que du charbon, ne réfléchissant que 6 pour cent de la lumière du Soleil — leur observation sur le fond noir du ciel tient donc de l'exploit — avec toutefois des nuances de couleurs inexplicables : les anneaux epsilon, 4, 5

DES ANNEAUX INNOMBRABLES FORMANT UN DISQUE DE POUSSIÈRES



Seul un angle de vue tout à fait fortuit a permis à "Voyager 2" de se rendre compte que les anneaux n'étaient pas, comme on le pensait, discontinus, mais qu'ils faisaient bien partie d'un même disque de fine poussière entourant Uranus (**photo 10 A**). La distance à la planète est ici de 236 000 km et la résolution de 33 km.

Le dixième anneau sur les onze maintenant connus a été découvert grâce à cette **photo 10 B** traitée par ordinateur pour augmenter les contrastes. "Voyager 2" se trouvait à 1,12 million de km d'Uranus. Le dixième anneau est à mi-chemin entre les anneaux epsilon et delta. Il y a un rayon de 50 000 km pour une largeur d'une centaine de kilomètres.

Le **document 10 C** montre un agrandissement de l'anneau epsilon. On voit qu'il est constitué de maté-

riaux différents correspondant à trois bandes : claire et large, sombre, puis claire et fine d'une largeur respective de 40 km, 40 km et 15 km.

La différence de structure est encore plus visible sur le **document 10 D** traité en fausses couleurs par ordinateur à partir de 6 photos prises à travers des filtres différents alors que la sonde se trouvait à 4,17 millions de kilomètres d'Uranus. Sans savoir encore exactement à quoi correspondent ces différences de coloration, les scientifiques espèrent pouvoir en extraire des informations pour mieux comprendre la nature et l'origine des matériaux annulaires. Il semblerait déjà qu'il ne s'agisse pas de poussière comme on le pensait d'abord, mais bien plutôt de gros grains correspondant à des blocs rocheux qui pourraient avoir un mètre de diamètre environ.

l'on a trouvé de nombreux cratères, aucun indice d'évolution géologique n'apparaît, à tel point que l'on s'est demandé si la surface d'Umbriel n'était pas trop plastique pour conserver un relief.

En vérité, il est difficile de parler de si petits objets, si froids et de composition si incertaine. Pour Lawrence Soderblom, leur pesanteur doit être si faible qu'il

est concevable que les terrains se déplacent. Pour J. Veverka, il est probable que les impacts de météorites les ont fait plusieurs fois voler en éclats et que ces morceaux se sont réassemblés en quelques millions d'années. Harold Masursky, lui, incite à suivre la piste des clathrates, une cristallisation de la glace en forme de cage, pouvant emprisonner des gaz et changer bruta-

lement de volume, provoquant l'expansion ou la contraction du satellite.

Le fait est qu'à si basse température, seuls des impacts extrêmement violents pourraient sans doute provoquer la fusion partielle de ces objets. Et H. Masursky de conclure : « ... je pensais qu'ils seraient tous pareils et je me disais : mon Dieu ! mais qui ça va intéresser ? »

INTERLEUKINE CONTRE CAN

BEAUCOUP DE BRUIT AUTOUR D'UNE

SUBSTANCE NATURELLE, l'interleukine-2,

essayée aux Etats-Unis avec un certain succès. Mais les déceptions de l'interféron ont appris aux médecins à modérer leurs enthousiasmes.

Steven Rosenberg dirige une équipe de chercheurs au sein du plus grand organisme de cancérologie au monde, l'Institut américain de recherches contre le cancer, à Bethesda, Maryland. Depuis quelques semaines il est devenu une vedette de la presse écrite et de la télévision : une couverture du magazine *Newsweek*, une apparition de Rosenberg à la célèbre émission (*Face the Nation*) aux Etats-Unis : il est très rare qu'un cancérologue soit à ce point sous les feux de la rampe. Pour donner la mesure de sa notoriété, un fait : récemment, l'ambassade des Etats-Unis à Paris a organisé un relais par satellite pour qu'il puisse être interviewé en direct par des journalistes français.

A l'origine de ce succès, voisin du tapage, la publication, dans *The New England Journal of Medicine*, d'un article sur le traitement, par une méthode inédite, de 25 patients atteints de cancers avancés. Chez 10 d'entre eux, les tumeurs ont régressé au moins de moitié. Le onzième, atteint d'un mélanome, tumeur des cellules pigmentaires de la peau, a bénéficié d'une rémission totale depuis plus d'un an. Victoire remarquable pour qui connaît la rapidité d'évolution, la résistance des mélanomes à tout traitement chimique ou radiothérapique, et donc leur pronostic d'habitude très réservé.

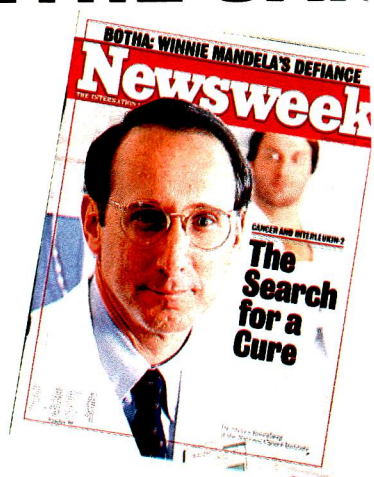
Le nombre de patients traités par la nouvelle méthode n'est pas impressionnant. Ce qui l'est, c'est le succès, au moins partiel,

d'une approche tout à fait nouvelle. Pour reprendre les termes du Dr Rosenberg : « Pour la première fois, nous pouvons agir sur le système immunitaire d'un malade, le modifier et le faire agir sur une tumeur jusqu'à la régression de celle-ci. »

D'emblée, un handicap : on ne sait pas exactement comment agit cette nouvelle forme de traitement, ni si elle se montrera efficace contre toutes les formes de cancer ; de plus, sa mise en œuvre exige une structure hospitalière et de laboratoire lourde, donc coûteuse. Enfin, ses effets secondaires peuvent être graves — voire mortels. En revanche, et malgré ces réserves elle représente une percée très prometteuse : en effet, une substance naturelle, que l'on sait aujourd'hui fabriquer en grande quantité par ingénierie génétique, peut "armer" les cellules du système de défense immunitaire pour qu'elles combattent et détruisent des cellules devenues cancéreuses.

Cette substance est l'interleukine-2, une protéine qui joue le rôle de messager entre des cellules responsables des défenses immunitaires de l'organisme, en l'occurrence les lymphocytes T (T pour thymus, car ils ont acquis dans cet organe la faculté de "reconnaître" certains corps étrangers ou antigènes, contre lesquels ils produisent des anticorps spécifiques).

Mais on sait déjà que l'interleukine-2 doit intervenir pour stimuler les lymphocytes T lorsque ceux-ci s'attaquent aux cellules cancéreuses. Gallo avait d'abord appelé cette protéine



"facteur de croissance des cellules T", mais on a appris depuis lors qu'elle fait partie d'une importante catégorie de molécules intervenant dans les communications entre les cellules immunitaires : les interleukines. Parmi elles, les interférons, l'interleukine-1, produites par le macrophage, et l'interleukine-3.

Il y a trois ans, un chercheur japonais, Tadatsugu Taniguchi, de la Fondation japonaise pour la recherche sur le cancer, à Tokyo, réussissait à "cloner" le gène d'une interleukine, pour obtenir, par l'intermédiaire des petites "usines biologiques" que deviennent alors des bactéries, une quantité importante de cette substance (interleukine-2).

Il y a deux ans, Rosenberg commença à expérimenter sur l'animal. Il découvrit qu'il est difficile d'administrer suffisamment d'IL-2 pour activer les lymphocytes sans déclencher des effets secondaires graves. Mais aussi, il constata que, si des lymphocytes prélevés dans le sang sont mis en culture, puis activés par l'IL-2, ils conservent leur surcroît d'activité quand ils sont réinjectés dans l'organisme dont ils proviennent, à la condition que leur "dopage" soit entretenu par l'IL-2. Une telle activation des lymphocytes ne peut être obtenue avec d'autres substances naturelles, ni l'interféron, ni un facteur dit de "nécrose

CANCER : ESPOIR ET PRUDENCE

tumorale", ni une autre forme d'interleukine, l'IL-1.

En 1985, Rosenberg entreprit ses premiers essais sur des cancers humains ; il choisit des patients atteints de tumeurs solides à un stage avancé, réfractaires aux traitements par chimiothérapie et radiothérapie : myélomes, cancers des reins, du poulmon, du côlon, du rectum (les cancers colorectaux et du poulmon sont les cancers les plus mortels dans la plupart des pays industriels).

Il fit comme chez l'animal : il préleva du sang des patients, mit les cellules sanguines en culture dans un milieu contenant de l'IL-2 humaine, obtenue par ingénierie génétique puis il réinjecta les cellules ainsi activées aux patients, auxquels il injectait parallèlement de l'IL-2. Premiers essais publiés dans le *New England Journal of Medicine* : résultats favorables chez près de la moitié de 25 patients, malgré l'état avancé de leur cancer et l'échec des autres traitements. Les effets secondaires éventuellement graves sont la rétention d'eau, qui fait qu'un patient peut gagner plus de 10 % de son poids, et éprouver des difficultés respiratoires.

Parmi les 25 patients, 20 (80 % des malades) éprouvèrent une sensation d'étouffement et deux d'entre eux accuseront une insuffisance respiratoire si intense qu'elle imposera une intubation trachéale (un tube en polyéthylène est introduit entre leurs cordes vocales dans la trachée pour "libérer le passage" de l'air vers les poulmons), en particulier lorsque les bronches se contractent, comme dans l'asthme, sans doute à cause d'une broncho-constriction causée par une allergie à l'IL-2. Cette allergie est suffisamment forte pour que plusieurs malades aient préventivement reçu un antihistaminique.

Autres inconvénients : un ris-

que d'hémorragie digestive (les malades ont tous reçu de la "Ranitidine", un anti-ulcéreux majeur, au cas où...), de la fièvre, des frissons, des nausées et vomissements pendant la perfusion. Ces effets, toutefois, disparaissent dès que le traitement est interrompu. Peu de temps après la publication de l'article de Rosenberg, l'un des patients est mort.

En outre, le traitement est "lourd" et coûteux : les patients doivent être connectés à un appareil qui prélève leurs lymphocytes pendant quatre heures par jour, et cela pendant cinq jours ; en effet, pour bien cultiver les cellules, il faut de 20 à 30 l de sang par patient, et, tout au long, des perfusions de lymphocytes modifiés et d'interleukine, les malades doivent être hospitalisés dans des unités de soins intensifs. Cela coûte plusieurs dizaines de milliers de dollars par patient.

Les résultats sont encourageants ; mais seront-ils durables ? Il y a quelques années, l'interféron, autre substance naturelle produite par les cellules, et que l'on sait aussi cloner, comme l'IL-2, avait également suscité de grands espoirs. L'American Cancer Society avait organisé à grands frais des essais dans une douzaine de centres hospitaliers et de recherches américains, mais les résultats furent décevants. Il est vrai que les divers interférons, et notamment l'alpha, peuvent aussi induire des rémissions dans certaines tumeurs, surtout dans les leucémies et dans les lymphomes, cancers du sang et des ganglions lymphatiques. Mais on ne le considère plus comme le remède final du cancer, même si l'on poursuit essais et recherches sur eux (notamment sur leur efficacité contre le rhume !).

A l'évidence, on n'intervient pas si commodément dans le système immunitaire, pour la

bonne raison que ses éléments, cellules et substances messagères, leurs rapports entre eux et leur dépendance à l'égard du système nerveux et peut-être du système endocrinien ont encore beaucoup à nous apprendre.

Faute de connaissances fondamentales beaucoup plus complètes, on tâtonne donc. Ce qui ne signifie pas qu'il faille être pessimiste. En ce qui concerne ainsi le mélanome, dont souffrait un des 25 malades de Rosenberg, on peut le traiter autrement qu'avec l'IL-2 : Donna Glover et des spécialistes de la Cancer Center University de Philadelphie ont obtenu des résultats "intéressants" avec la cisplatine (d'ailleurs inventée par un autre Rosenberg en 1965), drogue qui, associée à d'autres, est utile contre les cancers de l'ovaire et du testicule en dépit de sa toxicité pour l'oreille et le système nerveux. Associée à un autre produit chimique aussi, le WR-2721, qui protège les cellules contre les rayonnements ionisants, la cisplatine a permis aussi d'obtenir des réponses partielles chez 11 malades sur 19 atteints de mélanomes ; les tumeurs ont diminué de volume et les métastases ont disparu sur la peau, dans le tissu sous-cutané, dans les ganglions, dans le foie et dans les poulmons ; l'effet s'est prolongé sur 6 mois en moyenne.

Personne ne jette donc le manche après la cognée : on prépare ainsi une nouvelle série d'essais avec l'IL-2, non seulement dans d'autres centres américains, mais également en France.

Des accords ont été passés entre plusieurs partenaires, l'Institut Gustave-Roussy, de Villejuif, la société Sanofi et les laboratoires Roussel-Uclaf pour la production d'IL-2 par ingénierie génétique. Selon le Pr Maurice Tubiana, directeur de Gustave-Roussy, les essais commenceront dans quelques mois. ●

LA VACHE PHARMACIENNE

PLUS NOS VACHES PRODUISENT

DE LAIT, PLUS ELLES ruinent les éleveurs. Plus les labos pharmaceutiques découvrent de protéines nouvelles, plus ils s'enrichissent. Quel est le rapport ? Lisez l'article de Marie-Laure Moinet.

C'est grâce à des bactéries ou autres cellules "bricolées" que nous produisons aujourd'hui la plupart de nos précieux médicaments protéiques, hormones, enzymes, anticorps, etc. Ainsi, des colonies gigantesques d'esclaves minuscules, parfaitement identiques les uns aux autres, travaillent pour nous, dans des "fermenteurs", espaces clos où le

milieu, la température, l'atmosphère, la nourriture et bien d'autres paramètres sont rigoureusement contrôlés. Et c'est justement ce contrôle acrobatique qui rend l'opération précaire et coûteuse. Or voici que des chercheurs ont eu l'idée géniale, quoiqu'elle puisse paraître encore un peu futuriste, qu'il existait tout près de nous des usines naturelles, productrices de protéines de tous modèles : le

pis des vaches, chèvres ou brebis laitières. Toute la question est de savoir si l'on peut "bricoler" le génome de ces mammifères comme on l'a déjà fait sur des bactéries, des mouches ou des souris pour orienter la production vers la protéine qu'on veut obtenir.

Les protéines sont des molécules fondamentales qui interviennent à tous les niveaux de la vie. Si certaines ne sont que les "briques" du vivant, d'autres, comme les enzymes, sont les ouvriers de nos cellules : elles assemblent, séparent, cassent, reconstituent les éléments, des plus petits aux plus grands, des plus simples au plus complexes ; d'autres encore, comme les hormones, sont les agents de dé-

Ce lait surabondant deviendrait une mine d'or, si l'on pouvait greffer aux vaches les gènes qui commandent la production de protéines... recherchées pour leur action thérapeutique, telles qu'hormones, enzymes, antibiotiques, que produisent à grand frais les fermenteurs des grands laboratoires pharmaceutiques.





Photos G. Fischer/Visum - P. Plailly

LE "CRACKING" DU LAIT

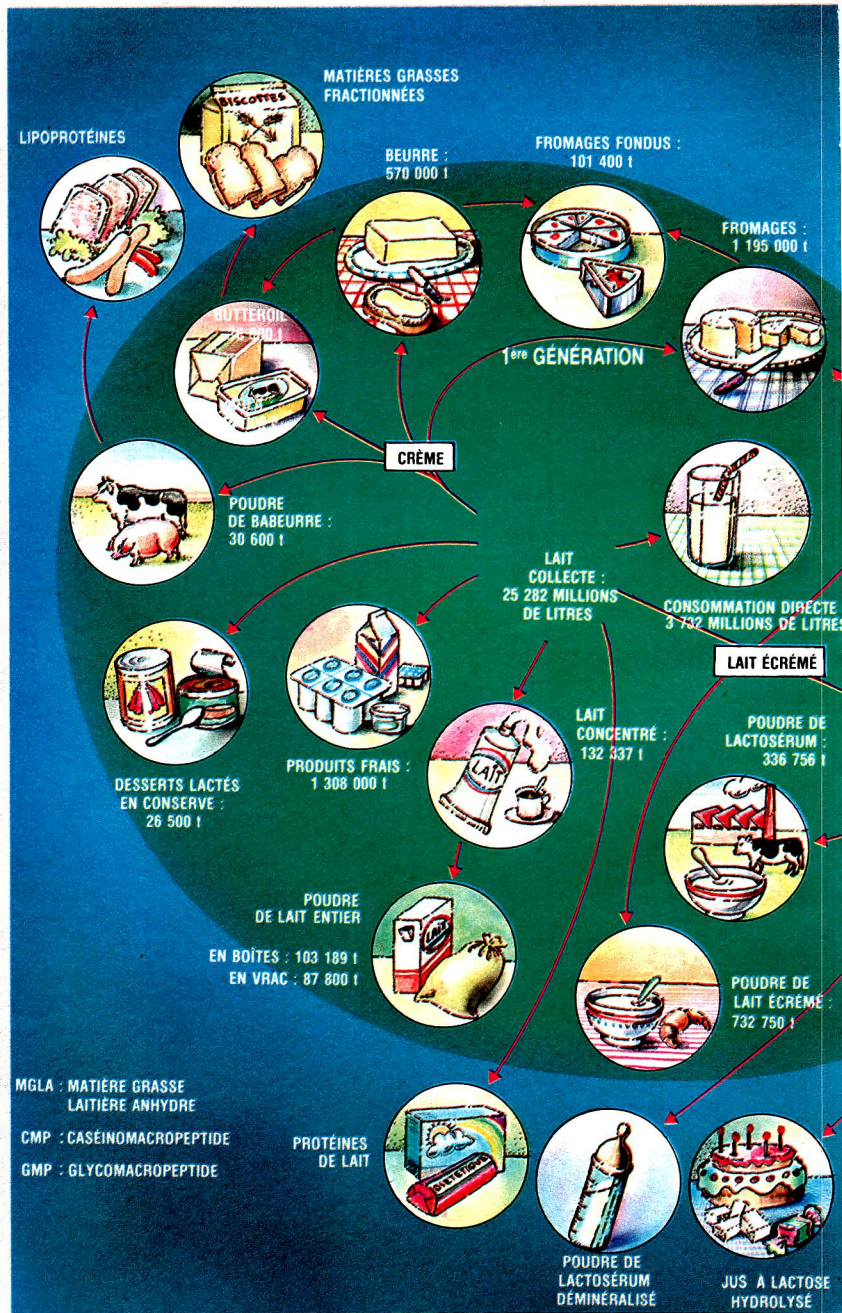
Les industriels n'ont pas attendu les vaches transgéniques pour fractionner le lait comme le pétrole.

Les produits de première génération sont les plus "bruts". Leur tonnage est important (*). Ils génèrent un chiffre d'affaires équivalent à celui de la sidérurgie. La fabrication du fromage laisse un liquide très minéralisé, le lactosérum. Son sucre, le lactose, est utilisé en confiserie ou comme excipient.

Les produits de deuxième génération sont déjà plus "raffinés" : fractions de matière grasse à différents points de fusion employées en biscuiterie ; protéines de lait entier ; caséines (coagulées dans le fromage) ; produits du lactosérum. Le pouvoir liant des caséines est utilisé dans l'industrie, du ciment à l'électronique, en passant par le plastique (la galalithe). Avec leurs sels solubles, les caséinates, elles servent aussi, en agroalimentaire, de liant et d'émulsifiant. La poudre de lactosérum, une fois déminéralisée, est incorporée dans les aliments pour nourrissons. Les protéines sériques, de haute valeur nutritive fournissent des peptides pour la nutrition par sonde de certains malades, des lipoprotéines (tirées aussi du babeurre) émulsifiantes. Concentrées à 90-95 %, elles ont un pouvoir moussant, émulsifiant, gélifiant et nutritif ; le jus lactosé résiduel, utilisé en pâtisserie, peut aussi être fermenté ou hydrolysé.

Les produits de troisième génération, plein développement, sont des protéines isolées : phosphopeptides, riches en minéraux et en oligoéléments ; caséines et protéines sériques, à activité gélifiante, neuromédiate, immunologique, ou bactéricide.

Les produits de quatrième génération sont des séquences originales de ces protéines : supports d'arômes, émulsifiants, régulateurs du sommeil, de l'appétit, de la digestion ou de toute autre activité physiologique. Dans un avenir plus ou moins proche, des vaches transgéniques pourront produire à bon compte des médicaments protéiques.

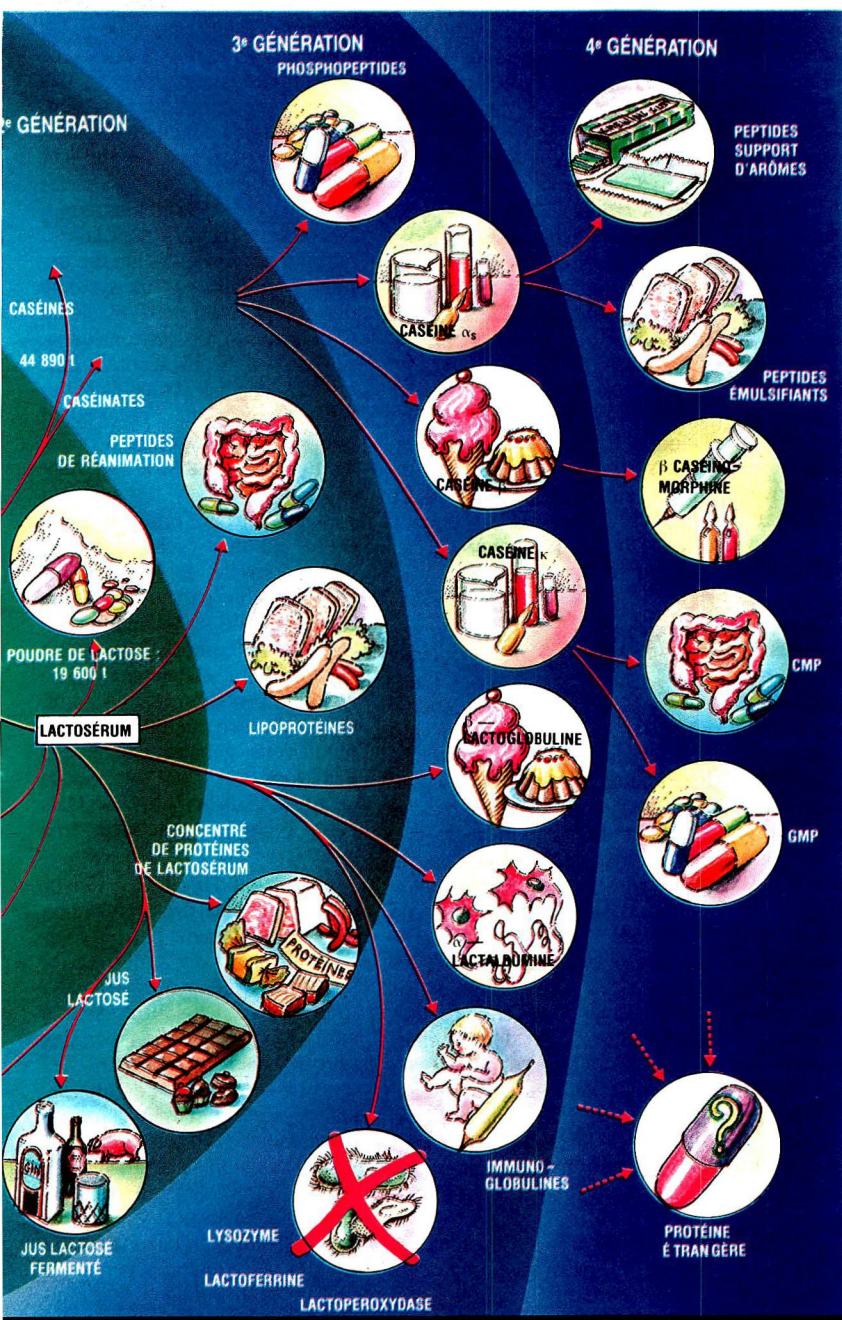


veloppement et de communication interne : elles circulent d'une cellule à une autre, établissent des liaisons entre elles ou avec des molécules d'une autre nature (fer, sucres...).

Aussi n'est-il pas étonnant que nombre de protéines soient re-

cherchées par la pharmacopée pour soigner certaines maladies. C'est le cas, par exemple, de l'insuline sécrétée par certaines cellules du pancréas, de l'hormone de croissance sécrétée par l'hypophyse, des endorphines sécrétées par le cer-

veau pour calmer la douleur, des anticorps sécrétés par les lymphocytes en réponse à une agression étrangère à l'organisme, des facteurs de coagulation sanguine, des enzymes digestifs, sans parler de ceux que l'on ne connaît pas encore.



Dessin M. Delahaye, d'après données de J.-L. Mouton (INRA - Rennes)

Naguère la pharmacopée n'avait qu'une seule solution pour se procurer les protéines physiologiquement actives : les extraire de tissus frais de cadavres d'animaux, ou même d'humains. Aujourd'hui d'ailleurs, on extrait encore l'insuline

du pancréas de porc, la présure de la caillette de veau, certains anticorps du placenta de la femme, l'hormone de croissance humaine des hypophyses de cadavres humains, etc. Cette manipulation posthume, malaisée, coûte terriblement cher ; ainsi,

on ne peut extraire d'une hypophyse que 4 à 6 mg d'hormone de croissance, ce qui porte les besoins pour le seul marché français à 50 000 hypophyses par an ! De plus, l'hormone doit être obtenue très pure, ce qui complique encore les choses ; la pureté des extraits administrés à des patients a été mise en cause récemment dans l'apparition de certains cas de maladie mortelle, la maladie de Creutzfeld-Jacob⁽¹⁾.

Aujourd'hui, les chimistes ont réussi à copier artificiellement certaines protéines. Le squelette d'une protéine est en effet toujours constitué d'un enchaînement plus ou moins long d'acides aminés, reliés successivement l'un à l'autre par une même liaison chimique : la liaison peptidique. Par la synthèse artificielle, on ne va malheureusement guère au-delà de chaînes d'une cinquantaine d'acides aminés pour la bonne raison que les acides aminés ont tendance à réagir entre eux et à établir des liaisons indésirables. La firme Sanofi a réussi la synthèse chimique d'un peptide à 44 acides aminés, le GRF (*Growth Releasing Factor*) encore appelé somatotrophine⁽²⁾. Ce peptide, sécrété dans le cerveau des animaux par l'hypothalamus, déclenche la sécrétion de l'hormone de croissance par l'hypophyse. Des chercheurs de Caltech (California Institute of Technology) ont cependant obtenu au début de cette année la synthèse d'un peptide à 140 acides aminés, l'interleukine-3 de la souris. Cette réussite permettra l'étude des sites actifs de cette protéine dont la surproduction dans l'organisme pourrait être à l'origine de certaines leucémies. Mais la synthèse chimique n'est plus le seul outil des biologistes. Il y a une dizaine d'années, l'apparition des techniques du génie génétique a changé toutes les perspectives. Elles permettent en effet de fabriquer des peptides plus longs et par conséquent d'élargir la panoplie des protéines industrielles.

Le génie génétique consiste

(1) *La Recherche*, novembre 85 ; "L'hormone de croissance est-elle dangereuse ?".

(2) Lorsque sa chaîne d'acides aminés est courte, la protéine est couramment nommée : "peptide".

tout simplement à extraire d'un être vivant quelconque, le gène qui "code" pour la protéine que l'on veut produire, à obtenir par clonage un très grand nombre d'exemplaires de ce gène et à transférer ces clones dans des cellules vivantes. Celles-ci se mettent alors à synthétiser la protéine désirée. On produit ainsi aujourd'hui l'insuline, les interférons, l'interleukine-2, l'hormone de croissance humaine (somatotropine), le GRF déjà cité, des hormones pour l'ovulation, des vaccins de plus en plus nombreux, ceci avec des rendements qu'on n'osait pas espérer naguère. En 1983, un directeur de laboratoire de Hoffmann-La Roche écrivait qu'on obtient à peu près autant d'interféron-alpha par litre de milieu de culture bactérienne, qu'autrefois du sang de 100 donneurs⁽³⁾!

Mais la culture de cellules en masse est sans doute l'une des industries les plus délicates. La rentabilité dépend d'abord de la qualité de la souche sélectionnée et de celle du gène introduit. Puis du réglage des fermenteurs, ces "fermes" closes où l'on élève des bactéries manipulées.

Ce réglage est un casse-tête chinois: température, acidité, salinité, agitation du milieu, taux d'oxygène, de gaz carbonique, absence de toute contamination par d'autres germes sont quelques-uns des paramètres à contrôler rigoureusement. Le substrat, nourriture dont dépend la croissance et les divisions des bactéries, est aussi difficile à préparer qu'à fournir. Il faut également s'assurer de la stabilité génétique de la souche cultivée, de son "insensibilité" à la protéine qu'on lui a fait produire. A la fin du processus, reste encore à extraire la protéine elle-même du milieu de culture et à la purifier afin qu'aucun résidu ne vienne contaminer la formule commerciale.

Les cellules qu'on élève pour produire ces protéines sont, soit des bactéries, soit des levures, soit des cellules animales en survie. Chaque type a ses

avantages et ses inconvénients. Les bactéries ont les meilleurs rendements, mais elles sont malheureusement incapables de synthétiser de nombreuses protéines propres à l'homme. En effet, chez les êtres supérieurs (levures, animaux, végétaux), la plupart des protéines sont complexes; leurs molécules ne contiennent pas que des acides aminés mais aussi des sucres, des phosphates, des ions, des métaux... Or, les bactéries ne possèdent pas, dans leur machinerie cellulaire, les "ouvriers" spécialisés dans la fixation de ces divers groupements chimiques. Pour produire ces protéines complexes, il faut se rabattre sur les cellules animales dont la culture est beaucoup plus délicate, plus chère et les rendements moins élevés.

D'où l'idée d'aller chercher encore plus loin nos fournisseurs de protéines thérapeutiques⁽⁴⁾. Et qui sait non seulement fabriquer, mais excréter des protéines diverses en quantité industrielle, sans requérir de précautions spéciales, sans fermenteur et à partir du "substrat" le plus commun? Réponse: la glande mammaire des mammifères. Celle de la souris comme celle de la vache produit son propre poids de protéines par jour dans le lait qu'elle sécrète! La vache moyenne française fournit 10 mois par an quelque 20 litres de lait par jour, à 32 g/l environ de protéines, soit 640 grammes de protéines variées.

Le pis de la vache est donc un milieu de fabrication idéal: sa température est constante et il est à l'abri de toute contamination. Grâce aux connaissances acquises sur la régulation hormonale de la glande mammaire, on sait aujourd'hui déclencher, maintenir, augmenter ou stopper la lactation, comme si l'on appuyait sur le bouton de commande d'une machine. De plus, c'est l'animal qui se charge de se

fournir à lui-même le "substrat". Il le tire de sa ration: l'herbe pâturée, l'ensilage ou les concentrés distribués. Enfin, ce fermenteur biologique a des avantages économiques considérables sur son concurrent métallique. Son entretien est facile et les structures pour l'accueillir sont en place depuis longtemps. Les éleveurs laitiers, dont la production autorisée est limitée depuis avril 1984 par un système de quotas, verraient d'ailleurs d'un très bon œil cette valorisation de leur bétail; d'autant plus que si leur lait véhiculait des médicaments, ils recevraient peut-être une partie de la valeur ajoutée de l'industrie pharmaceutique.

Mais pour faire produire à une brebis ou une vache une protéine nouvelle, il faut d'abord modifier son patrimoine génétique de telle sorte qu'il ait intégré et "compris" le gène étranger qui code pour cette nouvelle protéine. Sur ce point, qui n'est autre que faire des manipulations génétiques sur les embryons, on n'en est encore qu'au stade de la recherche. Mais cette recherche est déjà très avancée.

L'insertion d'un gène étranger dans le génome des animaux se fait principalement par microinjection. On fait d'abord produire plusieurs ovules par une femelle "donneuse". Quelques heures après leur fécondation par des spermatozoïdes, on retire les œufs de l'utérus de la donneuse; les noyaux de l'ovule (pronucléus femelle) et du spermatozoïde (pronucléus mâle) n'ont à ce stade pas encore fusionné dans la cellule-œuf. On injecte alors dans le pronucléus mâle de chaque œuf, quelques centaines de copies d'un fragment d'ADN⁽⁵⁾ incluant le gène que l'on veut introduire (**photo ci-contre**). Les cellules-œufs ainsi manipulées sont cultivées quelques heures *in vitro*. Après deux ou trois divisions, les embryons sont réimplantés dans des utérus de mères "receveuses" où ils poursuivront leur développement jusqu'à la nais-

(3) Pour la Science, n°72: "La purification et la fabrication des interférons humains", par Sidney Pestka.

(4) Des chercheurs japonais ont réalisé

une grande première en introduisant le gène de l'interféron dans des larves de ver à soie qui sécrétaient ainsi environ 50 mg d'interféron dans leur hémolymphe! Voir

Science & Vie, n°305, page 60.

(5) L'ADN est la molécule de base dont sont constitués les gènes. C'est une succession ordonnée de milliers de motifs, les

sance.

Une fois intégré de façon stable dans l'ADN-hôte de la cellule-œuf, le gène étranger est transmis avec les autres gènes dans toutes les cellules issues des divisions cellulaires de l'embryon : il fera donc désormais partie du patrimoine génétique de l'animal et de sa descendance. La bête ainsi transformée est qualifiée de "transgénique".

Chez la souris ce type de manipulations est devenu quasiment une routine pour les biologistes depuis 1981. En 1982, Richard Palmiter, biologiste moléculaire de l'université de Washington, avait ainsi "fabriqué" des souris géantes en collaboration avec Ralph Brinster de l'université de Pennsylvanie, à Philadelphie (6).

L'équipe de ce même laboratoire a réussi plus récemment une grande première mondiale en introduisant l'hormone de croissance humaine dans des embryons de lapins, de moutons et de porcs (7). Chez ces deux dernières espèces, comme chez les ruminants, le transfert de gène est particulièrement difficile parce que la cible de la micro-injection, le pronucléus mâle, est beaucoup plus difficile à localiser que chez la souris ou la lapine. Or, c'est justement dans les techniques qu'elle a su mettre au point pour visualiser cette cible, que réside le succès de l'équipe de Ralph Brinster, succès qui ne dépasse d'ailleurs pas, pour le moment, le stade expérimental. Le rendement reste faible, en effet : sur 5 000 ovules fécondés manipulés, 500 seulement ont donné des fœtus ou des nouveau-nés. Et sur les animaux nés, la proportion de ceux qui ont intégré le gène a été de 12,8 % chez le lapin, 11 % chez le porc, et seulement 1,3 % chez le mouton, tandis qu'il est de 27 % en moyenne chez les souris. En effet, la technique de la micro-injection ne contrôle ni le lieu, ni la fréquence de l'insertion du gène étranger dans l'ADN de l'embryon. Elle ne fait que mettre en contact le gène intrus et l'ADN du pronucléus

mâle, contact nécessaire mais pas toujours suffisant pour que l'intrus ait une quelconque chance d'être intégré.

Dans l'état actuel des choses, la micro-injection n'est donc pas encore praticable hors des laboratoires de recherche. Côté animal, l'opération entraîne une très grande "casse" par rapport au nombre d'embryons manipulés, et côté gène, elle n'est pas forcément accompagnée de l'expression désirée ; on est loin de retrouver obligatoirement dans l'organisme de l'animal transgénique la protéine que le gène étranger codait dans son organisme d'origine. Car si l'homme a développé des outils biologiques pour couper, coller et recombiner l'ADN, la cellule, elle, en a une panoplie encore plus variée et plus efficace pour faire ce même travail. D'où la nécessité d'injecter le gène étranger par centaines de copies pour augmenter les chances que l'une d'entre elles s'intègre. Ainsi, dans l'expérience de Ralph Brinster, le nombre de copies retrouvées dans le génome des animaux transgéniques a varié de 1 à 490.

Mais si le gène a bien été introduit dans les trois espèces manipulées, il n'a été actif que chez les lapins et les porcs ; son expression n'a d'ailleurs pas été suivie de l'effet de gigantisme observé chez la souris, les lapins transgéniques survivants n'ayant pas été assez nombreux et les porcs, contrairement aux souris, réagissant peu à l'hormone de croissance humaine.

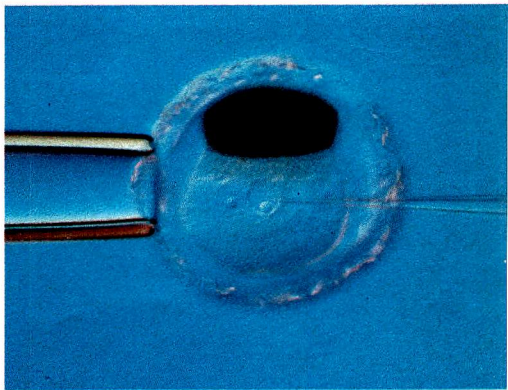
Ces "piètres" résultats n'empêchent pas cependant les investisseurs de tirer des plans sur la comète. Une société spécialisée dans la production d'animaux domestiques transgéniques s'est créée aux États-Unis dès 1983. Elle s'appelle Biosyne, travaille sur les chèvres et les lapins, et a déjà un contrat avec une grosse firme américaine pour créer un "supercochon". En France, ces recherches seront en bonne place dans le futur pôle de biotechnologie que l'Institut national de la recherche agrono-

mique (INRA) construit à Jouy-en-Josas.

Si l'on ne peut contrôler le lieu d'insertion du gène avec la technique de la micro-injection, on peut, par contre, influencer le taux de son expression ; ceci, grâce au "promoteur" du gène que l'on introduit. Chaque gène est en effet constitué de deux parties : une partie "codante" qui se traduit par une substance concrète, la protéine, et une partie placée devant, le "promoteur", véritable pilote du gène, qui est capable de recevoir des signaux de l'extérieur (la cellule) et de donner des ordres en conséquence pour la traduction de la partie codante (**dessin p. 39**).

C'est la nature de ce promoteur qui peut augmenter l'expression du gène étranger dans l'animal transgénique et la canaliser dans tel ou tel organe. Or les biologistes moléculaires sont capables aujourd'hui de composer un gène muni d'un promoteur "excitable" de manière spécifique, et d'une partie codante

Les copies du gène à transférer sont injectées avec une micropipette (diamètre : 1,5 µm) dans la cellule-œuf (ici de porc) tenue par une pipette plus grosse. Toute la difficulté est de visualiser la cible : le pronucléus mâle.



appropriée à la protéine désirée (**encadré page 41**). Dans l'expérience de Brinster sur le lapin et le porc, le promoteur du gène introduit avait précédemment démontré son efficacité sur la souris. C'était le promoteur du gène de la métallothionine-I, dont l'activité est fortement augmentée par des éléments minéraux, comme le zinc. On pouvait donc stimuler, par une alimentation supplémentée en zinc, l'activité du gène de

(suite du texte page 40)

nucléotides, dont la séquence détermine le code génétique.

(6) *Science & Vie*, n° 797, page 50.

(7) *Nature*, 20 juin 85 : "Production of

transgenic rabbits, sheep and pig by microinjection".

LE PIS DE LA VACHE : UNE FABRIQUE DE PROTÉINES

Les femelles de mammifères possèdent le plus naturel et le plus efficace des ateliers de fabrication de protéines. C'est la glande mammaire, qui se développe à la fin d'une gestation et subsiste jusqu'au sevrage du nouveau-né. Chez la vache, le pis qui abrite la glande comprend quatre quartiers indépendants, terminés chacun par un trayon ; la traite quotidienne remplace la tétée et maintient la glande mammaire développée. Celle-ci est constituée par un réseau de canaux ramifiés, les canaux galactophores, bourgeonnant à une extrémité en une grappe d'alvéoles formées au sein du tissu conjonctif et adipeux.

Le lait, sécrété dans les alvéoles, est stocké dans leur lumière, celle des canaux galactophores, et dans la citerne du pis, dont le volume peut atteindre 500 cm³. Il est drainé par le canal des trayons qui s'ouvrent par un sphincter lors de la traite. Le lait alvéolaire s'écoule 20 secondes environ après le massage de la mamelle et constitue 50 à 70 % de la production totale d'une traite. Chaque alvéole terminale est enveloppée de capillaires sanguins et d'un réseau de cellules myoépithéliales dont la contraction provoque l'éjection du lait.

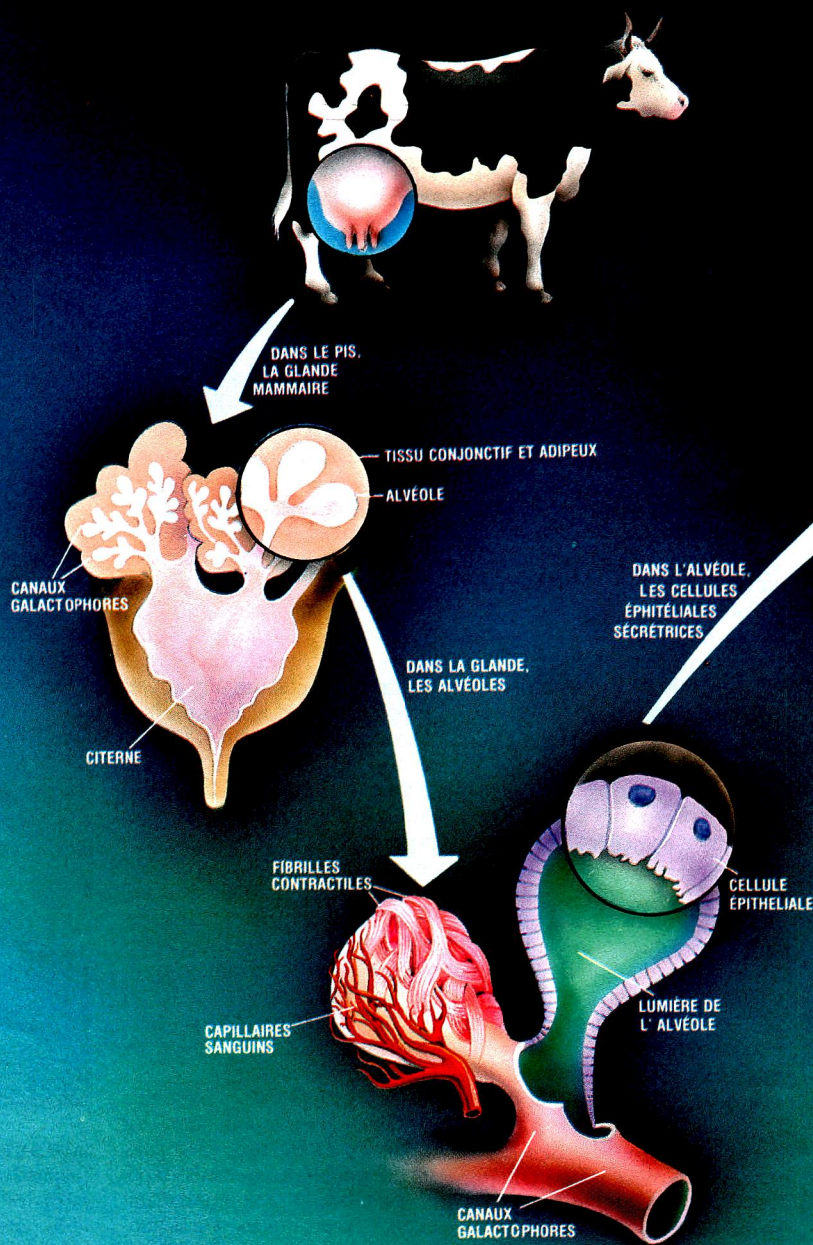
Cette architecture permet aux cellules épithéliales qui tapissent l'intérieur de l'alvéole de prélever dans le sang circulant les éléments précurseurs du lait (eau, acides aminés, glucose, sels minéraux, etc.), de les assembler et de déverser le lait dans la lumière des alvéoles. La quantité de lait produite est donc proportionnelle au nombre de cellules épithéliales alvéolaires qui envahissent les tissus mammaires annexes en fin de gestation. Ces cellules sont capables de synthétiser l'équivalent de leur poids de protéines par jour !

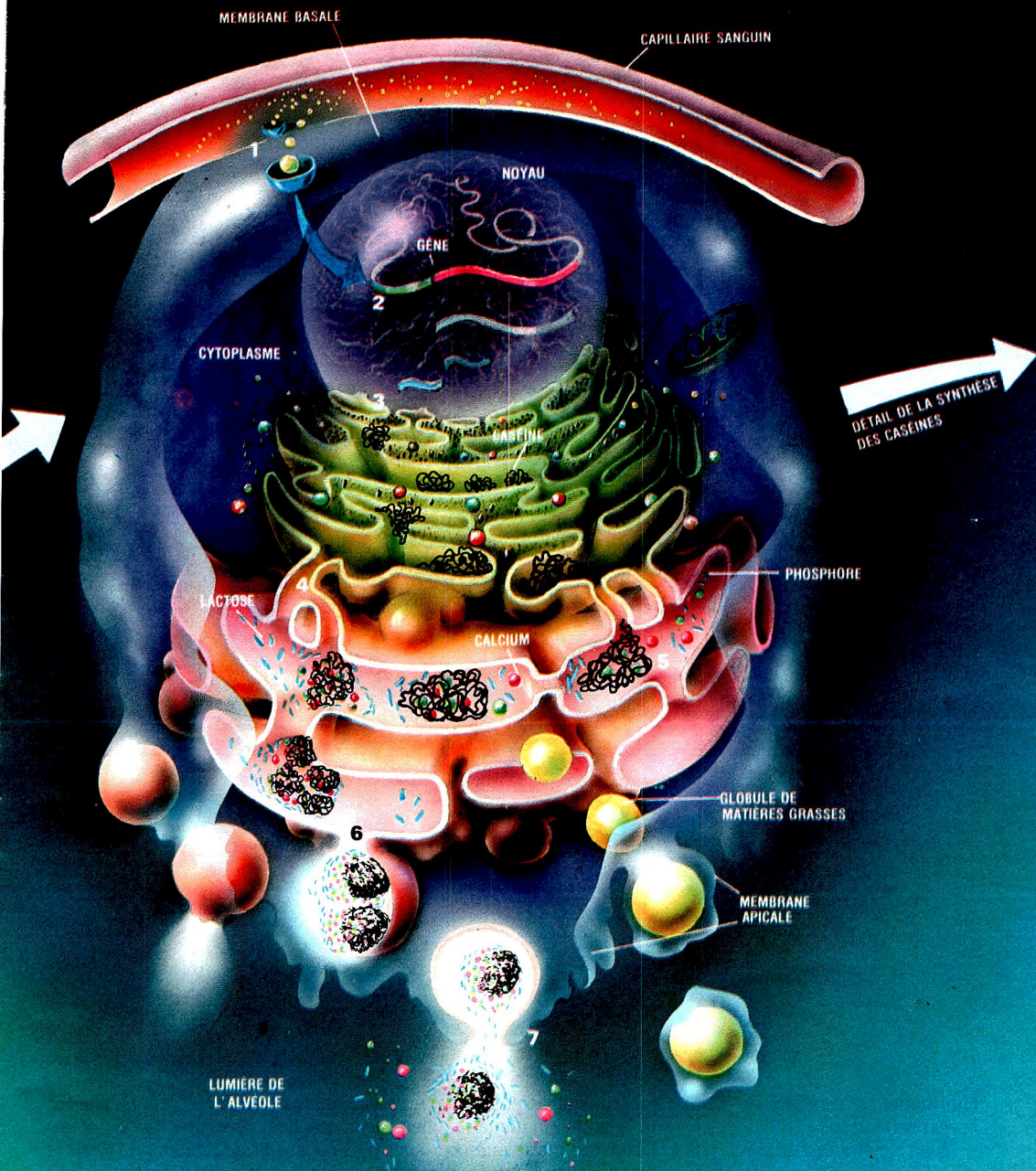
Quelles protéines ? Surtout les caséines, qui sont de quatre types : alpha-s1, alpha-s2, bêta (tous trois riches en phosphore) et kappa. Parmi les nombreuses hormones impliquées dans la lactation, la prolactine circulant dans les capillaires qui irriguent l'alvéole est captée par des récepteurs spécifiques (1) ancrés dans la membrane basale de la cellule épithéliale. Ceci a pour conséquence d'"allumer" les

gènes responsables de la synthèse des caséines, via l'excitation de leur promoteur (2). Ces caséines sont canalisées dans la lumière du réticulum endoplasmique, réseau membranaire (en vert) qui s'étend dans le cytoplasme de la cellule (3). Elles arrivent ensuite dans l'appareil de

Golgi (en rose) où s'assemblent les différents constituants du lait (4).

C'est là que se constitue le lactose, sucre formé d'une molécule de glucose et d'une molécule de saccharose, réunies par l'action d'un enzyme dont l'un des constituants est une autre





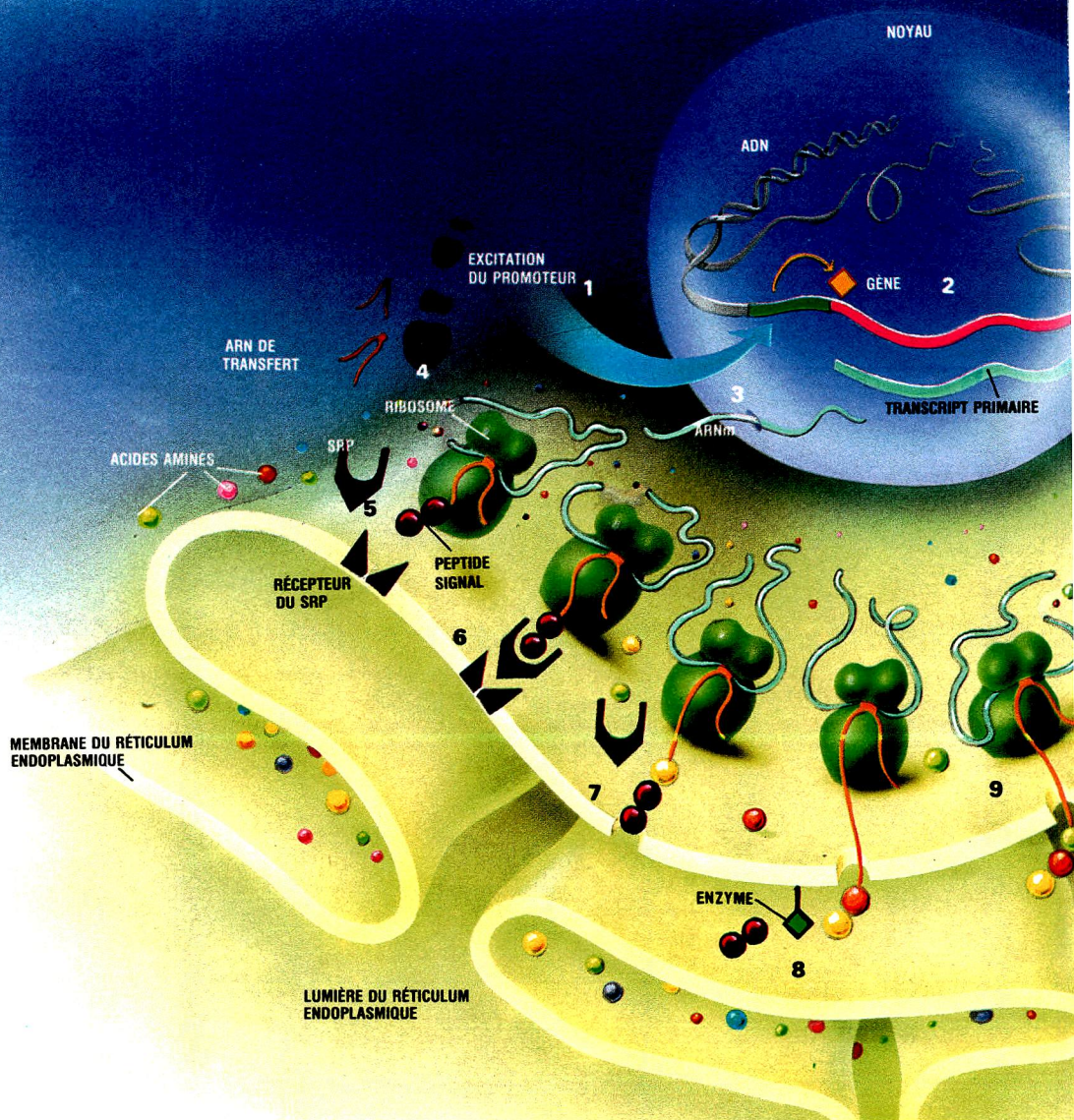
protéine synthétisée par la cellule : l'alpha-lactalbumine. C'est là aussi que se forment les submicelles (5), à partir d'une dizaine de molécules de caséines, reliées entre elle par des "ponts" de phosphates de calcium. Plusieurs submicelles sont à leur tour agglomérées par du calcium

en particules stables, les micelles.

Micelles, lactose, eau, minéraux, vitamines sont ensuite emballés avec les autres protéines dans des vésicules sécrétoires (en brun) qui quittent l'appareil de Golgi, migrent vers la membrane apicale et déchar-

gent leur contenu dans la lumière de l'alvéole (6). Ces composants forment enfin le lait en se mêlant aux globules gras synthétisés dans la cellule et excrétés dans une enveloppe de membrane apicale (7). Le détail du mécanisme d'excrétion des protéines dans le lait est expliqué page 40.

LE PEPTIDE SIGNAL : UN VISA POUR LE LAIT



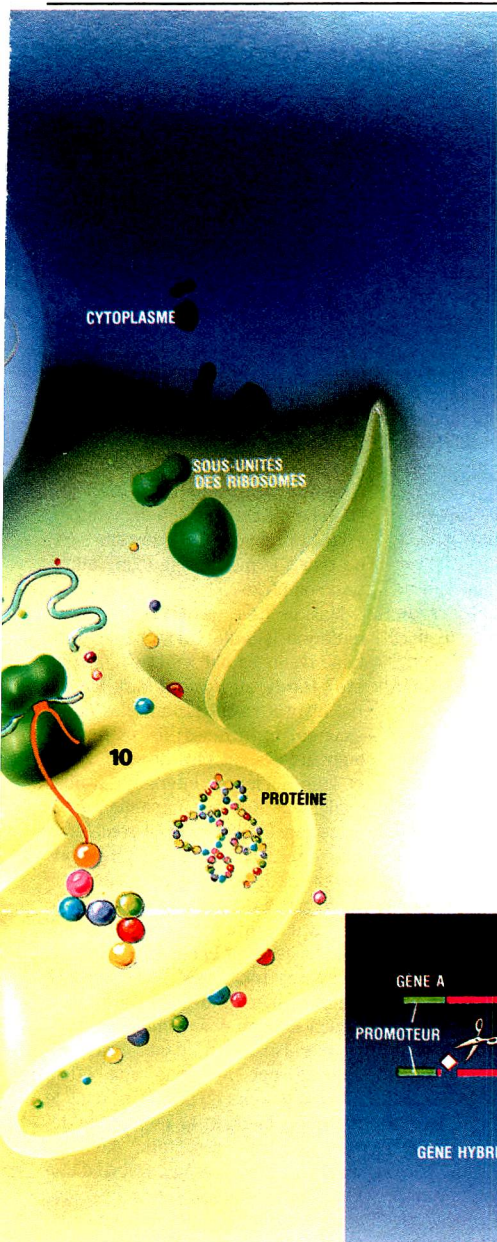
l'hormone de croissance dans l'organisme hôte.

Mais ce promoteur n'est pas spécifique d'un tissu particulier : c'est dans toutes les cellules qu'il amplifie l'expression du gène. Le choix de ce promoteur ne serait donc pas le meilleur si l'on voulait commander la synthèse d'une protéine exclusivement dans la glande mammaire, afin qu'elle soit sécrétée dans le lait et uniquement là. Il faut un pro-

moteur qui réveille le gène dans la glande mammaire mais le laisse dormir ailleurs, où son activité pourrait avoir des effets secondaires fâcheux. Il y a gros à parier que le promoteur idéal sera celui d'un gène qui code déjà pour une protéine laitière.

C'est là que le rêve s'ancre dans la réalité. Car ces gènes, ainsi que les mécanismes qui contrôlent leur expression dans la glande mammaire, sont de

mieux en mieux connus. Pour quelles protéines ces gènes codent-ils actuellement ? Dans le lait de vache, 80 % des protéines sont des caséines. Ce sont elles qui lui donnent son aspect blanc. Elles sont contenues dans des particules, les micelles, où elles retiennent de nombreux petits ions de calcium, des phosphates, du magnésium... D'où leur intérêt nutritionnel. Les micelles sont en suspension dans la partie



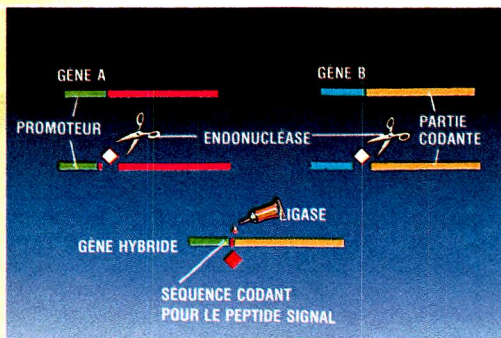
Ci-contre, gros plan du noyau et du réticulum endoplasmique de la cellule épithéliale de la page précédente.

Toute protéine résulte de la traduction d'un message codé sur un gène. Mais il ne suffit pas qu'une protéine soit synthétisée, il faut aussi qu'elle arrive à bon port, c'est-à-dire, pour les protéines laitières, dans le lait. La cellule a pour cela un système "postal" très élaboré. Ainsi les protéines destinées à être sécrétées possèdent, à l'origine, un véritable visa qui les aiguille vers un compartiment cellulaire, le réticulum endoplasmique (RE) d'où elles seront exportées, via l'appareil de Golgi et les vésicules sécrétoires (voir dessin de la page précédente).

Mais pourquoi existe-t-il des protéines que l'on retrouve exclusivement dans le lait ? L'explication est simple : en se fixant à la membrane des cellules de la glande mammaire, qui lui sont spécifiquement réceptives, la prolactine déclenche dans la cellule un message qui va exciter le promoteur (en vert) d'un gène d'une protéine laitière (1). Le promoteur, en réponse à ce stimulus, favorise l'activité d'un enzyme (flèche jaune) qui copie fidèlement la partie codante du gène (en rouge) en une molécule : le transcript primaire (2). Celui-ci, telle la pellicule originale d'un film, subit quelques coupures et c'est une version finale réduite, l'ARN messager (ARNm), qui passe par un pore

de la membrane nucléaire dans le cytoplasme de la cellule (3). L'ARNm est alors traduit en protéine. La lecture du message se fait par un ribosome qui "lit", trois par trois, les "lettres" inscrites sur l'ARNm. A chaque triplet de lettres correspond un acide aminé spécifique, apporté au ribosome par les ARN de transfert (4). Aux premières lettres du message, correspond la séquence du peptide signal. Celui-ci est happé par une particule qui le reconnaît, le SRP (*Signal Recognition Particle*) (5). La synthèse de la protéine est alors bloquée. Le SRP est lui-même complémentaire de récepteurs spécifiques ancrés dans la membrane du RE (6). Il mène ainsi le peptide signal vers la membrane du RE qui s'ouvre pour le laisser passer, tandis que le SRP retourne dans le cytoplasme (7). Le ribosome, fixé dès lors à la membrane, reprend la lecture de l'ARNm et la protéine, au fur et à mesure de sa synthèse, est canalisée vers la lumière du RE. Le peptide signal, lui, est "guilottiné" par un enzyme situé à la face inférieure de la membrane du RE (8). Le ribosome continue à enchaîner les acides aminés (9). Au terme de la traduction de l'ARNm, la protéine a acquis sa séquence propre d'acides aminés (10).

Maintenant, si l'on voulait obtenir dans le lait une protéine nouvelle, par exemple l'interféron, doté de propriétés antivirales (gène B), il "suffirait" de fabriquer un gène hybride, dont le promoteur (en vert) serait celui d'une caséine laitière, pour réveiller le gène dans la glande mammaire, et dont la partie codante (en jaune) serait celle de l'interféron. Bien entendu, il faudrait couper le gène de la caséine (gène A) à l'aval de la petite séquence qui code pour le peptide signal et qui se trouve au début de sa partie codante (en rose). Pour ce genre de manipulations, on se sert d'enzymes de restriction, les endonucléases, qui coupent les gènes et d'autres enzymes, les ligases, pour ressouder les morceaux.



soluble du lait, le lactosérum ; celui-ci contient d'autres protéines solubles plus compactes, à rôle immunitaire, bactéricide ou simplement nécessaires pour la synthèse des constituants du lait, notamment son sucre, le lactose.

Pourquoi y a-t-il tant de protéines aux fonctions si diverses dans le lait ? Parce que les gènes qui les codent contiennent des séquences au sein de leur pro-

moteur, spécifiquement activées dans la glande mammaire. Ces séquences, encore non identifiées, sont excitées par des signaux cellulaires, en particulier des hormones. En matière de sécrétion du lait, celles-ci jouent un grand rôle, que ce soit pour l'apparition, la croissance ou la disparition de la glande mammaire, pour la fabrication du lait, sa sécrétion, son éjection par contraction de la glande...

La glande mammaire en effet ne se confond pas avec la mamelle : c'est un organe qui apparaît et disparaît de façon cyclique, avant et après chaque lactation. L'une des premières applications des connaissances fondamentales acquises au laboratoire INRA de physiologie de la lactation, à Jouy-en-Josas, est ainsi la découverte de l'effet des œstrogènes et de la progestérone sur le déclenchement de

(suite du texte page 43)

ANIMAUX TRANSGÉNIQUES POUR PERCER LE SECRET DES MUTATIONS

Les animaux transgéniques, comme les vaches de notre article, ont une autre utilité que celle que nous avons imaginée : ils permettent aux chercheurs d'établir la fonction de tel ou tel gène et même de préciser quelle séquence exacte de ce gène est réellement responsable de cette fonction. Après avoir greffé le gène étudié à un animal quelconque, on va rechercher dans ses cellules la protéine codée par ce gène qui, par définition, ne s'y trouvait pas avant la greffe.

En rognant les bords du gène introduit, ou en remplaçant l'une ou l'autre de ses séquences, les chercheurs déterminent progressivement les séquences actives : celles qui commandent l'expression du gène (elles sont appelées promoteurs) et celles (appelées parties codantes) qui sont traduites en une protéine.

Ainsi, l'équipe du Pr P. Chambon, au CNRS de Strasbourg, a injecté le gène d'une protéine immunitaire à une lignée de souris qui en étaient dépourvues : le gène introduit s'est bien exprimé chez les souris transgéniques et on a retrouvé la protéine à la surface même des cellules-cibles où ce gène s'exprime habituellement (*). A l'Institut Pasteur, les équipes de C. Babinet et C. Pourcel ont obtenu des résultats tout aussi significatifs : ils ont injecté dans les embryons de souris une partie de l'ADN du virus de l'hépatite B dont l'organe-cible est le foie. Ils ont obtenu l'expression des séquences injectées, spécifiquement dans le foie de certaines souris transgéniques (**). Ces deux manipulations ont véritablement démontré que certains gènes ne "s'allument" que dans des tissus très spécifiques de l'organisme. Il reste à déterminer le rôle de chaque séquence du gène introduit.

Autre application : les animaux transgéniques contribuent à faire comprendre le mécanisme d'action des oncogènes, ces gènes dont le dérèglement est responsable du développement des tumeurs cancéreuses.

On peut en effet fabriquer un gène hybride composé d'un oncogène et d'un promoteur commandant son expression spécifique dans un tissu donné. On n'a déjà que l'embaras du choix.

Si l'on veut, par exemple, étudier le cancer du pancréas, on fabriquera un gène constitué de la partie codante d'un oncogène précédée du promoteur du gène de l'insuline (l'insuline est fabriquée dans le pancréas) ; si l'on veut voir comment se déclare le cancer de la glande mammaire, on injectera le promoteur d'une protéine laitière (voir article) allié à l'oncogène, etc.

En faisant varier la nature du promoteur placé devant l'oncogène, on peut ainsi comparer l'expression de cet oncogène dans les différents tissus et en déduire sa propre spécificité d'expression.

Mais la technique des animaux transgéniques ne se limite pas à l'étude des gènes introduits. Elle est aussi très employée dans l'autre sens : pour connaître les gènes de l'animal lui-même. C'est possible lorsque, par exemple, le gène étranger s'intercale au milieu d'un gène dont l'expression gouvernait une fonction métabolique précise. Selon l'importance de la fonction touchée, le défaut provoqué sera visible ou non, pathogène, voire léthal ou non. En général, c'est sur la descendance des animaux transgéniques que l'on étudie les effets de ces mutations. Car le gène étranger étant injecté dans le pronucléus mâle de l'œuf avant qu'il soit fusionné avec celui de l'ovule, son effet peut être masqué par son homologue provenant du chromosome maternel. C'est qu'alors le gène injecté est récessif. Il ne se manifesterait donc que chez les descendants transgéniques qui seraient homozygotes pour ce gène.

Parfois l'insertion du gène provoque une mutation dans un gène autochtone très important, qui agit sur tout un groupe de gènes, par exemple un gène-clé du développement embryonnaire. C'est ce qui est arrivé dans les expériences faites à la Harvard Medical School, par l'équipe du Pr Ph. Leder. Le gène introduit était une version modifiée du gène humain myc, version qui provoque une tumeur cancéreuse. Dans une lignée de souris transgéniques ayant hérité de cet oncogène, les chercheurs ont observé des anomalies typiques : pattes plus courtes que la normale, les deux os de la partie inférieure des membres soudés, ré-

duction du nombre de doigts due également à des fusions d'os.

Devant ces anomalies, les chercheurs de Harvard émettent l'hypothèse que le gène myc s'était intercalé dans le gène commandant le développement des pattes et des doigts. En compulsant la littérature scientifique, ils eurent alors, la surprise de constater que dans les années 60, une mutation avait provoqué dans une lignée de souris, au laboratoire national d'Oak Ridge, dans le Tennessee, des symptômes identiques. Cinq ans plus tard, cette mutation avait également été observée, toujours aux Etats-Unis, par des chercheurs du Jackson Laboratory. Pour la première fois dans l'histoire, on tenait le mécanisme d'une mutation complexe.

Mais ce n'est pas tout ! Une autre mutation identifiée il y a une trentaine d'années par les Drs L. Strong et L. Hardy, au Roswell Park Memorial Institute avait produit des effets exactement inverses : les pattes des animaux avaient plus de cinq doigts et leurs membres inférieurs avaient également des os supplémentaires. Or, selon Philip Leder, il semblerait que ces deux types de mutations soient sur le même gène. Enfin, dernière pièce du puzzle : le gène myc qui avait provoqué la mutation fut bien localisé sur le chromosome 2 de la souris, tout près, si ce n'est à l'endroit même du gène provoquant la déformation des membres.

Que l'insertion d'un gène déclenche une mutation aux effets aussi apparents qu'un défaut dans le développement, et qu'en plus, ce défaut soit déjà répertorié dans les annales de la génétique relève d'une chance que Philippe Leder souligne : « ... c'est comme jouer et gagner au loto ! ».

C'est en tout cas le premier exploit du genre : jamais auparavant chez un mammifère, on n'avait pu identifier la fonction d'un gène dont on ne connaissait ni la séquence, ni la protéine qu'il code. Ce résultat confirme les promesses de la technique des animaux transgéniques pour élucider certains liens de cause à effet entre l'expression des gènes et la différenciation cellulaire.

Pierre ROSSION
Marie-Laure MOINET

la croissance de la glande mammaire. Ces hormones, ou des analogues, permettent aujourd'hui d'induire la lactation chez une femelle vierge ou tarie.

Pour l'induction au sens strict, le premier rôle revient à une hormone appelé prolactine⁽⁸⁾. Or, on ne sait toujours pas comment stimuler sa sécrétion. Au laboratoire de Jouy, l'équipe de M. Houdebine essaie de comprendre, en utilisant la lapine, la rate et la brebis pour modèles, pourquoi la tradition africaine recommande certaines plantes aux nourrices pour avoir du lait : le secret de cette sagesse réside sans doute dans une fraction moléculaire commune qui agit sur la sécrétion hypophysaire de prolactine, hormone également responsable du maintien de la lactation chez la plupart des espèces, y compris la nôtre, mais pas chez les ruminants.

Chez les ruminants, ce n'est pas la prolactine, mais l'hormone de croissance bovine (ou bGH), également sécrétée par l'hypophyse, qui est responsable du maintien de la lactation. Injectée à des vaches laitières, elle augmente immédiatement leur productivité de quelque 20 %. Monsanto, Ely Lilly, ICI, Sanofi l'ont déjà produite par génie génétique. Sanofi se distingue de ses concurrents en misant plutôt sur l'avenir d'un analogue du GRF bovin, l'hormone hypothalamique qui déclenche la sécrétion de l'hormone de croissance et qui est active à beaucoup plus faible dose. Comme ces hormones naturelles sont des protéines simples, elles sont dégradées dans l'intestin et ne sont donc pas actives par voie orale. Toutes les firmes font actuellement la course à qui trouvera la première le conditionnement pratique qui permettra aux éleveurs d'utiliser ces stimulants de la productivité laitière. Une révolution très proche en perspective qui, dans le cadre actuel des quotas laitiers, ne pourra qu'accélérer l'élimination des exploitations laitières les moins rentables.

Si des protéines existent dans

le lait, ce n'est pas seulement parce que les gènes qui les codent sont "allumés" par leur promoteur, sensible aux hormones de la lactation. C'est aussi parce qu'elles ont à l'origine, au début de leur molécule, une vingtaine d'acides aminés qui constituent un véritable visa pour l'excrétion : le "peptide signal" (**dessin p. 40**). Grâce à toutes ces connaissances, on comprend mieux aujourd'hui l'origine des protéines du lait.

Avec les progrès fantastiques du génie génétique, on peut dès lors envisager l'apparition d'un lait vraiment "nouveau". Les éleveurs étaient déjà habitués à sélectionner leur bétail pour avoir un lait plus abondant, plus riche en protéines, en matières grasses, etc. Mais les modifications que peut apporter la technique des animaux transgéniques sont sans aucune mesure puisque ce pourra être un lait appauvri en lactose, ou enrichi en phosphore et en calcium, ou encore une matière première pour l'industrie pharmaceutique !

La perspective d'obtenir un lait pauvre en lactose directement au pis de la vache, a de quoi faire frémir les entreprises laitières qui verraient s'ouvrir un marché potentiel énorme. En effet, le lactose est le constituant majeur de la matière sèche du lait, qui en contient 50 g/l. Or, dans certaines populations, au Japon et en Afrique équatoriale notamment, pratiquement aucun adulte ne digère ce sucre, faute de posséder l'enzyme intestinale qui le dégrade, la lactase. Une des applications les plus intéressantes des vaches transgéniques pourrait donc être d'introduire un gène dont l'expression empêche la synthèse des enzymes ouvriers qui, dans les cellules de la glande mammaire, synthétisent le lactose. Un chercheur de l'INRA, J.-C. Mercier a déjà une idée précise sur la structure que pourrait avoir un tel gène. Il envisage également, par génie génétique, d'augmenter la capacité de fixation du calcium des caséines.

Puisque l'existence d'animaux

transgéniques dans notre bétail pointe à l'horizon, il n'est pas trop tôt pour s'interroger. Le lait de vache était valorisé hier pour sa matière grasse. Aujourd'hui, celle-ci est considérée comme créatrice d'excédents encombrants et le lait est plutôt recherché pour ses protéines naturelles, dont on extrait des séquences peptidiques très intéressantes soit pour l'industrie agro-alimentaire, soit pour l'industrie pharmaceutique (**encadré p. 34**). Sera-t-il vendu aussi demain parce qu'il ne contient pas de lactose, ce sucre auquel la majorité des adultes sont allergiques, ou parce qu'il véhicule des protéines nouvelles trop complexes pour être synthétisées par des bactéries, ou à chaîne peptidiques trop longues pour être synthétisées artificiellement ?

Ce rêve partagé par de nombreux chercheurs est excitant. Pour T.E. Wagner, de l'université d'Ohio, aux Etats-Unis, les



Après la mise en place des quotas de production par la Communauté, ils sont aujourd'hui, moins de 300 000 éleveurs en France à avoir livré aux laïteries quelque 24,640 milliards de litres de lait. La perspective des vaches transgéniques permet d'imaginer un renouveau extraordinaire pour l'industrie laitière.

vaches, brebis, chèvres spécialisées dans la production de médicaments, donneraient de nouveaux partenaires industriels aux agriculteurs, dont les animaux "lambda" continueraient à fournir la matière première de nos classiques et modernes produits laitiers. C'est une véritable révolution qui se prépare, au terme de laquelle la qualité du lait sera plus que jamais le reflet de la civilisation. ●

(8) Science & Vie, n° 773, p. 63 : "L'hormone qui rend (passagèrement) stérile".



Forquet, Saint-Jean, Vince

Horriblement draguée et ça la fait marrer !

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

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

Faites le 36.15.91.77, tapez FUNI.



FUNITEL

50 jeux pour vous marrer avec votre Minitel.

FUNITEL, une Création SYTEM S.A.

LES VOYANCES DU DOUBLE AVEUGLE

UN ESSAI CLINIQUE

EST ENFIN entrepris, sous l'égide d'un ministre, pour vérifier si les produits homéopathiques ont sur la santé l'action que certains leur prêtent. Heureusement pour les croyants, malheureusement pour les autres, le test choisi, que n'auraient pas démenti les médecins de Molière, ne prouvera rien : l'un de ses paramètres est impossible à mesurer.

L'organisation en milieu hospitalier d'un essai en "double aveugle" de médicaments homéopathiques répondait au vœu de tous. C'était la seule façon de trancher. Enfin, une initiative raisonnable dans un débat où trop de passion, trop de gros sous et trop de foi sont en jeu !

Rappelons en quoi consiste la méthode dite en double aveugle. Des patients souffrant d'une même affection reçoivent, les uns le produit à tester, les autres un placebo, c'est-à-dire un médicament factice conditionné dans la même présentation. Ni le personnel soignant si les malades ne savent lequel est lequel. Raffine-

ment supplémentaire : c'est l'ordinateur qui, par tirage au sort, répartit les "traitements" entre les malades. Toute possibilité est ainsi écartée qu'un médecin puisse, inconsciemment, influencer sur les conditions de l'expérience. Les emballages ont été codés par une équipe qui ne prend pas part aux soins.

L'essai terminé, elle pourra séparer les observations recueillies sur l'un et l'autre groupe de patients. Le traitement statistique de ces données établira si le médicament exerce une action distincte de celle du placebo. Car celui-ci, même s'il ne contient que de l'eau distillée (ou du lactose), n'en a pas moins un certain effet sur l'organisme par l'intermédiaire du psychisme du malade. Imaginons, en effet, un troisième groupe de malades qui n'auraient reçu, eux, aucun médicament du tout ; ils montreraient, sans doute, encore moins de signes de guérison que ceux qui ont reçu le médicament

"bidon" : s'il n'y a pas que la foi qui sauve, la foi sauve tout de même !

Les produits homéopathiques choisis pour l'essai actuellement en cours sont *Opium* et *Raphanus* (nom latin du radis). A dose ordinaire, l'opium agit notamment sur l'intestin, qu'il commence par stimuler avant de le plonger dans l'atonie. Quant à l'extrait de radis, s'il passe pour drainer la bile, il affaiblit par contre les contractions intestinales, d'où une rétention douloureuse des gaz. Selon la "loi de similitude" qui est un des dogmes de l'homéopathie, des substances qui, à dose toxique, paralysent l'intestin, devraient, en dilution infinitésimale, soulager les patients qui souffrent d'un blocage du transit intestinal. Ce qui est précisément le cas de ceux qui sortent d'une intervention chirurgicale sur un viscère abdominal ; même si cette "sidération" des fonctions digestives n'est que passagère,



UN PRÉCÉDENT HISTORIQUE



L'intrusion autoritaire du pouvoir politique pour imposer une réponse à des questions qui relèvent du débat scientifique a des précédents qui devraient donner à réfléchir. Le 8 août 1937, ouvrant à Berlin au nom du Führer le congrès international de la Société d'homéopathie, Rudolf Hess prononça une allocution dans laquelle il déclarait notamment : « La nouvelle Allemagne considère qu'il est politiquement nécessaire de procéder à la vérification de tous les phénomènes quels qu'ils soient. Or certains médecins n'ont pas hésité à attaquer et à rejeter non seulement de nouvelles thérapeutiques mais aussi d'autres dont l'origine remonte à un passé déjà ancien, comme c'est aujourd'hui le cas pour l'homéopathie, sans d'ailleurs prendre la peine de soumettre ces thérapeutiques à un examen sérieux... C'est pourquoi j'ai pris sous ma protection le XII^e Congrès international d'homéopathie de Berlin, afin d'exprimer l'intérêt que porte l'Etat national-socialiste à toutes les méthodes thérapeutiques utiles à la santé du peuple ».

Ainsi officialisée, l'activité des homéopathes prit une ampleur considérable à travers l'Allemagne. Leurs expériences ne donnaient que des résultats négatifs ou inutilisables ; aucun compte-rendu ne fut publié dans la presse spécialisée. C'est seulement en 1966 que le Dr Fritz Donner, un médecin homéopathe qui avait été chargé de coordonner les essais, a raconté comment ils lui avaient ouvert les yeux, mais aussi comment à l'époque il était malaisé de manifester des doutes. Les lettres du Dr Donner, ainsi que le message du Führer apporté par Rudolph Hess aux homéopathes, sont reproduits dans l'ouvrage de J.-J. Aulas que nous citons par ailleurs.

elle peut retentir significativement sur la convalescence.

Le protocole expérimental — établi par un comité d'étude désigné par le ministère des Affaires sociales et de la solidarité nationale — prévoit un essai comparatif portant sur quatre groupes d'opérés désignés comme il se doit par tirage au sort. Deux groupes reçoivent, en double aveugle, l'un de l'*Opium 15 CH*, l'autre du *Raphanus 5 CH* en même temps que de l'*Opium 15 CH* ; le troisième un simple placebo, le quatrième groupe sert de témoin : il ne reçoit rien, pas même un placebo. Rappelons que dans un médicament homéopathique à 15 CH, la substance supposée active a été diluée une première fois dans 99 fois son volume de solvant, que le liquide ainsi obtenu a été à son tour dilué dans 99 parts de sol-

vants, et ainsi de suite quinze fois en tout. Après cette cascade de dilutions, la teneur en substance active n'est plus que d'un millième de milliardième de milliardième de milliardième. La matière n'étant pas indéfiniment divisible, une quantité quelconque de matière ne contient qu'un nombre fini de molécules. Dans une dose de dilution à 15 CH il est extrêmement probable qu'il ne se trouve plus que du solvant, et pas une seule molécule active. C'est l'in vraisemblance majeure de l'homéopathie, qui fait que les sceptiques la rapprochent de la magie. Mais s'agissant d'un médicament, le juge suprême est évidemment l'essai clinique.

La question est donc : *Opium 15 CH* et *Raphanus 5 CH* peuvent-ils abréger la période douloureuse due à la rétention des gaz et la constipation qui succède à des interventions chirurgicales dans l'abdomen ? Les critères de jugement, dit le protocole, seront deux : premièrement la durée en heures depuis la fermeture de la paroi jusqu'à la reprise des selles, deuxièmement la durée jusqu'à la reprise du transit des gaz telle qu'elle sera signalée soit par le patient, soit par les bruits "hydroaériques" (gargouillements) perceptibles à l'auscultation. Selon les homéopathes, ces durées seront significativement plus courtes chez les opérés des deux groupes ayant reçu leurs médicaments que chez les autres malades, chez qui les durées devraient aller en valeurs croissantes, la plus longue devant être observée dans le groupe témoin (qui ne bénéficie même pas de l'"effet placebo").

De prime abord, le protocole paraît sérieux. A regarder les choses de plus près, des questions surgissent. Dans l'entourage de M^{me} Georgina Dufoix, on se flattait d'avoir obtenu le feu vert de l'Académie nationale de médecine. Ce qui n'était pas tout à fait conforme à la réalité. Consultée sur ce texte,

l'Académie avait adopté à l'unanimité le rapport de sa propre commission de travail, qui formulait de graves réserves.

L'Académie exprimait d'abord le regret de ne voir figurer dans le groupe d'étude qui avait établi le protocole ni un spécialiste en chirurgie viscérale, ni un gastro-entérologue, ni un pharmacologue des facultés de médecine. Curieuses lacunes, pour un essai de médicaments administrés après intervention chirurgicale sur des viscères abdominaux...

L'Académie souhaitait que l'expression "loi de similitude" fût placée entre guillemets ; elle ne l'était pas dans le texte du protocole. Cette "loi" (selon laquelle une substance qui détermine certains symptômes pathologiques chez l'homme sain guérirait le malade présentant les mêmes symptômes) n'est invoquée que par les homéopathes. Inconnue de la science (*).

L'Académie demandait aussi que le traitement statistique prenne en compte le degré de gravité de chaque intervention chirurgicale, et que le contrôle analytique portant sur le solvant et la pureté du médicament, de même que toutes les modalités techniques, soient « rigoureusement précisés ». Il est souhaitable, ajoutait-elle, que deux contrôles soient effectués, dont un par le laboratoire national de contrôle du médicament. Sur ce point crucial, le protocole reste dans le flou artistique, se contentant de mentionner « un contrôle analytique classique complété par la mise en œuvre de techniques appropriées à l'étude physiologique de très faibles dilutions ». Quel contrôle ? Exercé par qui ? Qu'est-ce que l'« étude physiologique de très faibles dilutions », sinon l'objet de toute l'expérimentation projetée ?

Ce n'est mettre en doute la probité de personne que de rappeler qu'une expérimentation aussi délicate doit être conçue de manière à mettre les expérimentateurs à l'abri de leur propre subjectivité. Telle est d'ailleurs la raison d'être de la

(1) Voir notre article de décembre 1984. Rappelons qu'un laboratoire homéopathique avait assigné *Science & Vie* devant le tribunal de Grande Instance pour cette

étude qui jetait un doute sérieux sur l'efficacité de l'homéopathie. Ce laboratoire a été débouté de sa demande.

LE PRINCIPE HOMÉOPATHIQUE DÉMENTI PAR SA PUB



Les devantures rutilantes des nombreuses pharmacies regorgent de publicité pour des produits de beauté, mêlée à celle de petits produits d'automédication et à celle, massive, de produits homéopathiques divers. Pour ces derniers tout au moins, qui veulent être des médicaments à part entière, c'est une publicité gratuite, au vu de tous les passants, une sorte d'affichage sauvage toléré, auquel les grands médicaments "ordinaires" se refusent à participer. Lit-on, par exemple, derrière ces vitrines : « Contre la gangrène gazeuse (à *Clostridium perfringens*), achetez

l'Ampicilline Shorp et Dims » ? Ou « Contre la maladie du légionnaire, un seul remède : l'Erythromycine Glaxouille » ? Cette tolérance exceptionnelle est-elle due à la conviction générale que les produits homéopathiques ne font pas plus de mal, au fond, que de bien ? Quoi qu'il en soit, certains de ces placards démontrent l'ambiguïté dialectique des homéopathes, qui prétendent, rappelons-le, soigner des malades et pas des maladies. Or que voit-on ? Le produit "Oscillococcinum" et le "L52" sont sensés guérir très équitabement les états grippaux de vous et de moi, et

sans que notre *curriculum vitae* soit requis ; l'"Homéodent" soigne nos dents ; le "Xerombia" nous reminéralise (avec du solvant !).

Pour l'essai en double aveugle qu'elle patronne, M^{me} Georgina Dufoix aurait été mieux avisée, de choisir l'un de ces produits plutôt que le radis dans son indication gazo-vélocimétrique intestinale qui s'est déjà montrée impossible à mesurer. (Pour les dents, par exemple, cela a été mesuré avec le fluor. Ou pour la grippe avec le vaccin Mérieux.) A moins que ce ne soit cette impossibilité même qui ait été recherchée ?



procédure en double aveugle. Même s'ils sont d'une entière bonne foi, les expérimentateurs qui sauraient si le produit administré à un patient est le médicament à tester ou un vulgaire placebo seraient inévitablement influencés, dans leur comportement et leurs observations, par l'opinion qu'ils avaient à l'avance sur l'efficacité du médicament en cause. Le résultat de l'expérience s'en trouverait influencé. Si — cas extrême mais qu'il faut bien envisager — l'expérimentateur a quelque intérêt matériel ou moral à ce que le résultat penche dans un sens ou dans l'autre, le risque d'un "biais" est encore plus élevé. Et ce risque est encore majoré si, par nature, l'expérimentation projetée comporte des incertitudes et des imprécisions, laissant trop de place aux interprétations.

Ces vérités familières à tous ceux qui ont fréquenté les allées secrètes de l'industrie pharmaceutique, doivent être présentes

à l'esprit quand on examine le protocole élaboré par le comité d'étude de M^{me} Georgina Dufoix. Tout d'abord, pourquoi avoir choisi, entre des centaines de produits homéopathiques, deux d'entre eux, supposés faciliter la reprise du transit intestinal après une intervention chirurgicale ? A cette question, le protocole donne une réponse plausible. Les prescriptions homéopathiques ne s'appuient pas, comme celles de la médecine ordinaire, sur la nosographie, c'est-à-dire sur la classification de maladies définies. Elles se fondent sur les symptômes (qui peuvent correspondre à des maladies diverses) et, en principe du moins, sur la réactivité individuelle du malade. L'emploi d'*Opium* et de *Raphanus* contre l'atonie intestinale post-chirurgicale représente « un des cas rares où il existe un traitement homéopathique spécifique d'une affection, se prêtant donc aisément à une expérimentation

en double aveugle ».

Ces cas sont-ils vraiment si rares ? Peut-être, si l'on s'en tient à l'orthodoxie hahnemannienne, qui veut qu'on traite des individus, non des maladies. Mais il semble que les fabricants de produits homéopathiques aient un peu perdu de vue la doctrine dont ils se réclament. Témoins : les panneaux publicitaires qu'ils placent dans les vitrines des pharmaciens contre une affection déterminée. On a même pu lire récemment dans un magazine de "santé" un article préconisant une médication préventive homéopathique... contre le SIDA ! On pourrait encore citer les produits homéopathiques pour vétérinaires (commerce florissant) qui ne tiennent sans doute pas compte des antécédents personnels des vaches ou des chats malades, pas plus que de leur profil psychologique ou de leurs rêves...

Sur le choix, par le comité d'étude, du syndrome intestinal

post-chirurgical comme terrain d'expérimentation, il se trouve que le hasard nous apporte un élément de réflexion. Dans le même temps que se rédigeait le protocole de l'essai, paraissait en librairie un ouvrage dont les auteurs, sans prendre parti pour ou contre l'homéopathie, en donnent une approche historique et critique d'une richesse de documentation sans précédent dans ce domaine. Le rédacteur principal, Jean-Jacques Aulas, un psychiatre intéressé aussi par la pharmacologie, a suivi durant trois ans les cours de l'Ecole française d'homéopathie, a étudié la pharmacie et travaillé pendant six ans dans un laboratoire homéopathique, avant de préparer une thèse de doctorat sur le développement de l'homéopathie⁽²⁾. Un autre a soutenu une thèse de doctorat sur la réglementation du produit homéopathique. On ne les accusera pas de parti-pris sectaire à l'encontre de l'homéopathie ! Ouvrons leur livre. Le hasard fait bien les choses : on y apprend que *Raphanus* et *Opium*, à des dilutions de hauteurs diverses, ont déjà fait l'objet de plusieurs expérimentations, soit simples, soit selon la procédure en double aveugle. Parmi ces dernières, les plus récentes en France, ne remontent qu'à trois ou quatre ans.

En voici le compte rendu. En 1982, dans le service de chirurgie générale et digestive de l'hôpital Avicenne à Bobigny, le Dr Chevreil réalise un essai en double aveugle pour comparer par rapport au placebo l'action d'*Opium 15 CH* sur la reprise du transit intestinal après résection d'un viscère abdominal. Résultats annoncés par les expérimentateurs : différence significative dans le délai moyen de reprise du transit des gaz entre le groupe ayant reçu *Opium* et le groupe placebo ; pas de différence pour le transit des matières. Commentaire de J.-J. Aulas et de son collaborateur G. Bardelay : « Un biais méthodologique majeur vient jeter un doute sur la valeur de ces résultats. S'il est relativement

facile de noter avec une certaine précision le moment de la reprise du trafic des matières, il est impossible d'être précis en ce qui concerne l'apparition des gaz (surtout si l'émission du premier gaz a lieu durant le sommeil de l'opéré et des observateurs...). Dans cet essai, seul le critère "temps d'apparition des premières selles" peut être retenu et, sur ce critère, le remède homéopathique n'a pas fait mieux que le placebo. » Bref : les expérimentateurs ont trouvé que l'homéopathie améliorerait ce qui n'était pas mesurable, et n'avait aucun effet sur ce qui l'était.

En 1983, à Vienne (Isère), le docteur Aulagnier organise un essai en double aveugle sur deux groupes d'opérés, l'un recevant trois produits homéopathiques (*Opium 9 CH*, *Raphanus 9 CH*, *Arnica 9 CH*), l'autre un placebo. Résultats semblables à ceux du précédent essai : différence en faveur de l'homéopathie pour la reprise du transit des gaz, non celui des matières.

En choisissant le syndrome post-opératoire abdominal comme banc d'essai, le comité connaissait-il ces précédents ? Ce comité comprend six membres. Le Pr Daniel Schwartz, qui dirige l'Unité de recherches statistiques de l'INSERM, et dont on ne contestera pas la compétence dans l'établissement d'un protocole expérimental et dans le traitement statistique de données ; le Dr Jean-Pierre Muyard, psychiatre ; le Dr Yves Coquin, de la direction de la Pharmacie et du Médicament ; le Dr Jean-Bernard Crapanne, du Syndicat des médecins homéopathes, le Pr Jacques Benveniste, qui dirige à l'INSERM l'unité de recherches sur l'allergie (U200) ; le Dr Bernard Poitevin, collaborateur du Pr Benveniste.

On se rappelle le tapage mené il y a quelques mois par les supporters de l'homéopathie autour des essais menés *in vitro* par le Pr Benveniste sur deux produits homéopathiques vendus comme anti-allergiques, *Histaminum* et *Apis mellifica*.

Ces essais, pratiqués avec un test original des Etats-Unis, adopté en France par le Pr Benveniste, refusé notamment par l'Institut Pasteur comme trop imprécis, rejeté encore par un laboratoire qui en avait d'abord entrepris la fabrication, et finalement produit par une société dénommée Yris, étaient présentés comme positifs. Or, repris à l'hôpital Rothschild et à l'Institut Pasteur avec un test considérablement fiable mis au point par le centre d'allergologie de l'hôpital Rothschild (Pr Dry), les essais des deux médicaments en question montrèrent qu'ils ne bloquaient aucunement l'action des allergènes. L'enquête menée par *Science & Vie* a révélé que le professeur Benveniste appartient au conseil d'administration de la société Yris qui commercialise le test employé par lui.

Le Dr Muyard, psychiatre, est féru d'homéopathie. Il mène des recherches sur les rythmes biologiques dans le Gard, département que M^{me} Dufoix a représenté à l'Assemblée nationale, et

INSTRUMENTUM AD



passer pour un ami personnel de celle-ci.

Ainsi donc, sur les six membres du "comité d'étude" chargés de cette expérimentation sur l'homéopathie, l'un est un statisticien, non médecin, quatre autres, et probablement cinq (le Dr Coquin passe pour proche du cabinet de M^{me} Dufoix) sont liés à ce que le Pr Gounelle de Pontanel, ancien président de l'Académie nationale de médecine, appelle la "secte" des homéopathes.

On aurait parfaitement compris que les homéopathes fussent représentés dans un comité chargé de monter une expérimentation sur leurs médicaments. On comprend moins que le ministre des Affaires sociales n'ait pas tenu à faire entrer dans ce comité — ne serait-ce que par souci d'équilibre — quelques-uns des représentants éminents de la médecine française qui ne professent pas l'homéopathie, voire même sont connus pour leur scepticisme à son égard. Les résultats de l'expérience, s'ils

avaient été positifs, n'en auraient été que plus retentissants. Il n'était pas difficile d'en trouver ! L'un d'entre eux s'est même proposé spontanément. Le Pr Marcel-Francis Kahn, qui dirige la clinique de rhumatologie à l'hôpital Bichat, et qui s'intéresse à l'homéopathie, a fait savoir qu'il participerait volontiers aux travaux du comité. Son offre ne fut pas accueillie. Il nous a même précisé que l'ayant renouvelée, au cours d'un entretien téléphonique, il ne reçut que des explications embarrassées. On lui fit savoir que « des consignes de discrétion » avaient été données aux membres du comité, dont la composition devait rester inconnue le plus longtemps possible.

Pourquoi ce mystère ? Que pouvait-on craindre si le public était informé de la composition du "comité d'étude" ? Il régnait décidément autour de cette affaire une curieuse odeur de complot. Cette impression n'a pas été dissipée lorsqu'au cours d'une conférence de presse

tenu le 13 décembre, M^{me} le ministre a révélé que :

1° Les essais sur l'action des produits homéopathiques en gastro-entérologie avaient commencé l'été dernier, dans une dizaine d'établissements hospitaliers. D'autres essais devraient être menés plus tard en pédiatrie et en dermatologie.

2° Dès à présent, deux commissions allaient établir un programme d'enseignement de l'homéopathie et de l'acupuncture, sanctionné par un diplôme inter-universitaire.

3° Une "Fondation pour l'évaluation des thérapeutiques alternatives" allait être créée. La direction en sera confiée au Dr Muyard (le même qui participe à l'expérience).

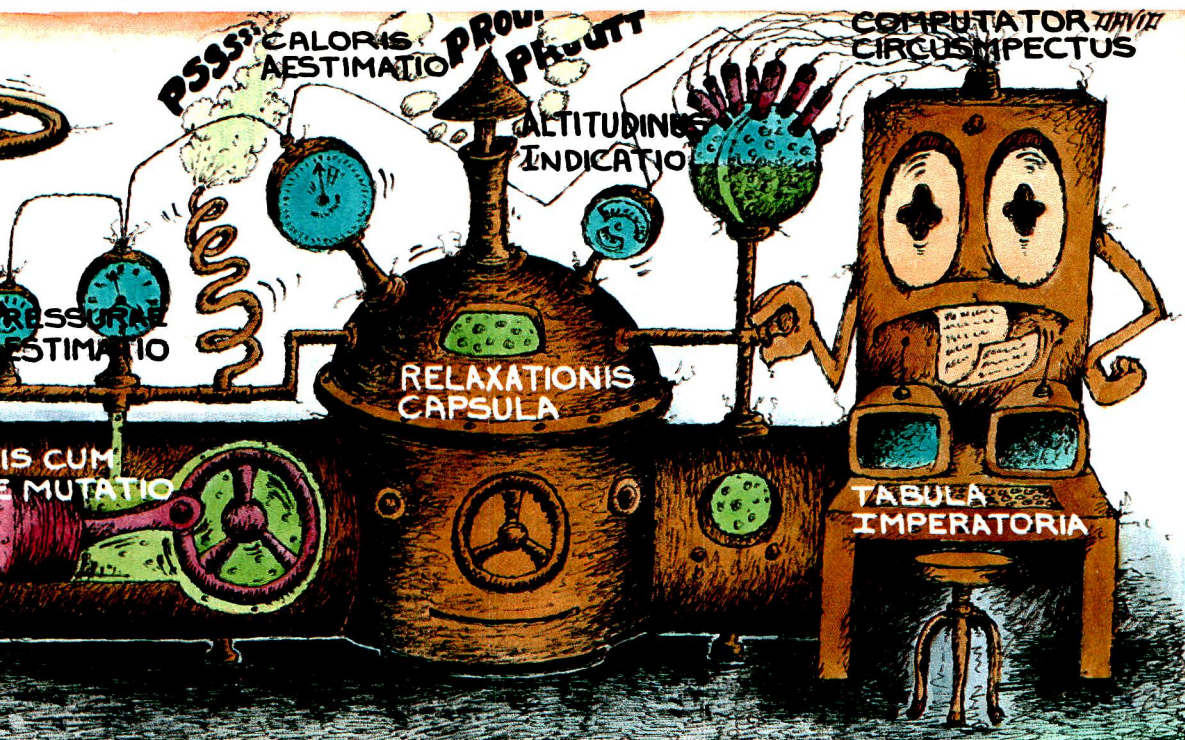
Reprenons ces trois points :

1° Le fait que les essais aient débuté dès l'été dernier prouve que, contrairement à ce qui a été dit, on n'a pas attendu de connaître les observations de l'Académie nationale de médecine, laquelle s'est prononcée le 15 octobre.

Voici la modeste contribution de "Science & Vie" à l'expérience patronnée par M^{me} Georgina Dufoix. C'est le plan d'un appareil enregistreur capable de chronométrer à coup sûr la reprise des gaz intestinaux tels qu'ils ne manqueront pas d'être accélérés par Raphanus CII 15

(suite du texte page 158)

CREPITUM VENTRIS CONSIGNANDUM AC COMPUTANDUM



WASHOE ENSEIGNE À SON FILS LA LANGUE HUMAINE



C'EST LA LANGUE DES SOURDS-MUETS

QUE LES ETHOLOGISTES avaient enseigné à Washoe, les singes n'ayant pas de larynx. Aujourd'hui le miracle se produit.

Puisque les singes sont anatomiquement incapables de prononcer des phonèmes, des psycho-physiologistes américains eurent l'idée, il y a vingt ans, de recourir au langage des sourds et muets, l'"ameslan" ou ASL (*American*

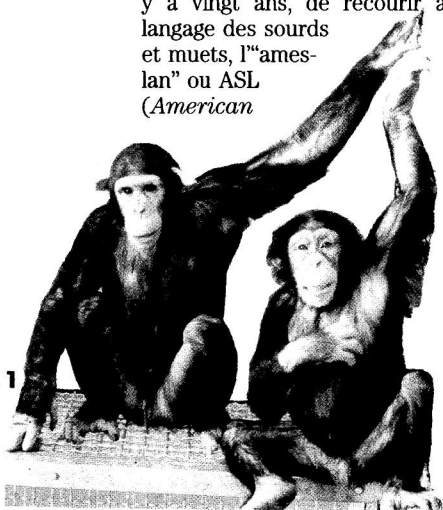
Sign Language), pour étudier plus avant les capacités linguistiques des primates. Dans l'euphorie des conversations d'un nouveau type qui suivirent, quelques singes que l'on crut savants devinrent des vedettes connues du monde entier. Nous nous bornerons donc ici à rappeler les grandes étapes des diverses expériences menées en continu depuis 1966 (1).

Ainsi, adoptant des singes et les mettant en conditions de maternage proches de celles vécues par des enfants sourds et muets, élevés par des parents eux-mêmes handicapés, Béatrice et Allen Gardner (université du Nevada, à Reno), puis Francine Patterson (Stanford, Californie) et Herbert Terrace (Columbia, New York) obtinrent quelques résultats spectaculaires, au fil des années, grâce à l'ameslan. Washoe, le premier bébé guenon

des Gardner, utilisait quelque 250 signes à l'âge de 9 ans; Koko, l'un des gorilles de Francine Patterson, enthousiasmait sa "mère" par son intelligence et son inventivité; quant au chimpanzé Neam Chimpski (en hommage au grand linguiste Noam Chomsky) — Nim pour les intimes — et son éducateur Terrace, ils bavardaient allègrement avec force mimiques.

Dès la fin des années 60, une expérience parallèle s'était mise en place en Californie: Ann et David Premack, psycho-physiologistes eux aussi, enseignaient le "langage des formes" à Sarah et à ses camarades guenons. Des idéogrammes de forme, couleur et texture différentes, symbolisant des noms et des concepts mais aussi des verbes, adjectifs, pronoms ou prépositions (225 mots en tout) devaient permettre à l'animal d'"écrire" une phrase rudimentaire par juxtaposition des figures.

Quelques années plus tard, un centre de recherches sur les primates dépendant de l'université Emory d'Atlanta perfectionna encore la technique. Pour Sue Savage-Rumbaugh et Duane



Rumbaugh, il fallait cette fois faire dialoguer une guenon avec un ordinateur : Lana apprit à appuyer sur les touches d'un clavier, comme sur une machine à écrire — touches sur lesquelles figuraient des idéogrammes similaires à ceux manipulés par Sarah chez les Premack. Ici aussi, l'apprentissage se faisait par imitation et conditionnement, puisque l'ordinateur relié au clavier commandait divers distributeurs de nourriture qui ne s'ouvraient pas en cas d'erreur...

Devant les succès remportés tout au long de ces années, on se prit à rêver : les singes étaient-ils tout aussi capables que de jeunes enfants sourds et muets d'utiliser une syntaxe, de construire des phrases simples, d'enrichir leur vocabulaire en forgeant des expressions nouvelles ? Washoe ne mimait-elle pas fréquemment les signes

Quand un chimpanzé voit, pour la première fois de sa vie, un canard barboter dans une mare et qu'il utilise spontanément les signes "eau" et "oiseau", on est tenté de crier au miracle — ce que certains chercheurs ne manquèrent pas de faire. Les résultats semblaient suffisamment éloquentes pour que Francine Patterson aille jusqu'à déclarer que, désormais, le langage n'était plus l'apanage de l'homme !

On dut déchanter un beau jour de novembre 1979 lorsque parut dans la revue *Science* ⁽²⁾ une vive autocritique de l'un des psychologues les plus en vue dans ce domaine, Herbert Terrace. Après cinq années d'expériences et surtout une analyse minutieuse des films ayant enregistré ses conversations avec Nim, Terrace déclarait tout de go que la plupart des "phrases créées" par le singe n'étaient

en évidence les éventuelles compétences grammaticales des singes et qu'ils n'avaient probablement aucune notion de la syntaxe.

Les fameuses "phrases" de Washoe, Sarah, Lana et les autres n'étaient que le résultat d'un dressage, d'un apprentissage "par cœur" de séquences de signes ou d'idéogrammes bien ordonnés, avec les objets ou actions qui leur étaient associés ; l'animal pouvait donc adopter des règles de substitution, sans comprendre les interactions entre les différents éléments constitutifs de la phrase. D'ailleurs, lorsqu'Ann Premack publia, en 1983, le compte rendu de ses propres travaux ⁽³⁾, elle reconnut qu'un chimpanzé ne parviendrait sans doute jamais à comprendre que « Mary donne banane à Sarah » équivalait à « Sarah reçoit banane de Mary ».

Les réfutations de Terrace, que beaucoup jugèrent fondées, diminuèrent considérablement l'engouement des milieux scientifiques pour le sujet et les recherches s'orientèrent dans de nouvelles directions. S'il n'était plus question de démontrer les capacités linguistiques des singes, en revanche, il fallait savoir comment ils utiliseraient ce qu'ils avaient appris des hommes. C'est en ce sens que la communication des Fouts (université d'Ellensburg Washington) au congrès de l'AAAS (*American Association for Advancement of Science*), qui s'est tenu au printemps dernier à Los Angeles, présente un grand intérêt. Les singes, par exemple, étaient-ils capables de transmettre l'ameslan à leur congénères ?

Loulis, le fils adoptif de Washoe, préfère, après avoir appris le langage des sourds-muets, "parler" avec un singe de son âge, Dar (1). Ainsi, Loulis (à droite) fait-il le signe "je veux", alors que, en (3), Tatu, une



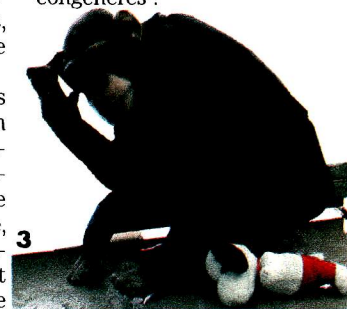
guenon, indique la couleur noire. Sur la photo (2), Dar et R Fouts "bavardent" : à "poursuite", l'éducateur répond "moi ?".

"chatouiller", et "encore" pour qu'on la câline ? Lana ne demandait-elle pas à son instructeur, par écran interposé, « S'il te plaît Tim, donne Lana ce bol ! » Et Lucy, entraînée à l'ameslan par Deborah et Roger Fouts chez les Gardner, n'avait-elle pas réussi à désigner toute seule un agrume par les signes "odeur" et "fruit", une pastèque par "fruit" et "boisson" ou un radis par "nourriture" et "douleur" ?

qu'imitation des combinaisons que venaient d'utiliser l'expérimentateur. En d'autres termes, le chimpanzé s'était contenté de "singer" l'homme.

De plus, comme des liens étroits s'installaient entre l'un et l'autre, le chercheur avait tendance à interpréter tout assemblage de mots comme une phrase à signification cachée, une bonne blague, voire une insulte. En fait, Terrace affirmait qu'il était impossible de mettre

2



3

(2) Vol. 206, n° 4421, p. 891.

(3) *Le chimpanzé et le langage des hommes*, éditions Denoël-Gonthier.

Pour en avoir le cœur net, les Fouts commencèrent, en 1979, par placer un chimpanzé mâle d'à peine 10 mois, Loulis, dans l'enclos de Washoe, alors âgée de 13 ans. En moins de 24 heures, la guenon s'occupa de ce fils adoptif comme s'il était son propre petit (nourrissage, toilettage, et câlins compris) et, pour communiquer avec lui, elle se mit, entre autre, à utiliser quelques-uns des centaines de signes que l'équipe des Gardner lui avait enseignés durant des années.

En présence du jeune singe, les expérimentateurs étaient tenus de n'employer que 7 signes et eux seuls ("qui, que, quoi, où, vouloir", le geste "signe" et celui désignant la personne concernée). Washoe, elle, lui enseigna immédiatement le mot "venir": face à Loulis, elle effectua le geste, puis le rapprocha d'elle en le tirant fortement par le bras, et refit exactement la même séquence de gestes 5 jours du suite. Une semaine plus tard, au grand étonnement des chercheurs, Loulis utilisa son premier mot: le verbe "venir"!

Une autre fois, la guenon toute excitée, réclamait à cor et à cri sa pitance en faisant le signe "nourriture". Loulis assis près d'elle, la regardait avec étonnement. Washoe s'arrêta un instant, prit l'une des "mains" du jeune singe et força ses doigts à faire le signe "nourriture", puis elle l'obligea à porter sa main à la bouche. Depuis Loulis utilise ce "mot". Washoe vit son élève faire de rapides progrès: à l'âge de 15 mois, il savait combiner deux signes et, à 36 mois, son vocabulaire était riche de 28 mots. En juin 1984, après cinq années d'observations et alors que

Loulis avait appris 47 signes, les Fouts décidèrent de lever l'interdiction faite à l'équipe d'utiliser la totalité des signes ASL; pour eux, l'expérience était concluante: la transmission d'un langage artificiel acquis était possible entre chimpanzés, sans aucune intervention humaine.

Le second volet de l'étude, qui démarra en mai 1981, devait permettre d'analyser le contenu des "conversations" entretenues entre singes. Dans un premier temps, les Fouts constituèrent deux groupes de chimpanzés: d'un côté, Washoe (16 ans) et Moja, une autre guenon (8 ans et 6 mois), accompagnées du petit dernier, Loulis, qui venait d'avoir 3 ans; de l'autre, une femelle de 5 ans et 4 mois baptisée Tatu et un mâle de 4 ans et 9 mois, Dar. En décembre 1981, soit 21 mois plus tard, on ouvrit les portes séparant les deux enclos et tout le monde fut réuni pour le reste de l'expérience. Tout au long de ces deux phases, des observations furent effectuées cinq fois par jour, à raison de 45 minutes par jour et de 5 jours par semaine.

Première constatation: lorsque les deux groupes étaient séparés, la somme des interactions mensuelles (c'est-à-dire des conversations spontanées) de part et d'autre n'atteignaient, en moyenne, que le nombre de 38 (minimum, 12 — maximum, 85); dès que les cinq singes se retrouvèrent ensemble, il grimpa jusqu'à 378 (minimum, 118 — maximum, 649). Ainsi, plus le milieu est diversifié, plus le nombre de conversations est grand — preuve, s'il en fallait une, que l'activité sociale croît en fonction de la taille du groupe.

Deuxième constatation: 39 % des signes étaient utilisés lors d'activités sociales (toilettage, par exemple), 29 % pour tenter de calmer ou de rassurer les autres, 20 % concernaient le jeu et 5 % seulement la nourriture... Pourrions-nous en dire autant?

Troisième constatation: durant 21 mois, 90 % des signes de Loulis s'adressaient à sa mère

adoptive; par la suite, 54 % seulement, car il communiquait avec ses pairs; ainsi, 9 % des "mots" de Loulis étaient destinés à Moja, 10 % à Tatu, contre 27 % à Dar, son copain préféré (résultat attendu, vu le sexe et la proximité d'âge). Après avoir dépassé l'âge de 5 ans, Loulis ne s'adressa plus à sa mère que dans 20 % des cas et à Dar dans 40 % des cas.

Outre le fait que les singes se montrent capables de transmettre d'une génération à l'autre un acquis hérité d'une espèce différente, on constate qu'un dialogue spontané s'établit entre eux, même dans un mode de communication qui ne leur est pas naturel (en liberté, ils ont un code fait de geste, mais aussi de cris); de plus, contrairement à l'opinion de certains chercheurs, c'est en toute liberté qu'ils utilisent un langage créé par les hommes, sans attendre une récompense de leur part.

Pour l'heure, on en reste toujours à l'impossibilité de démontrer les capacités grammaticales des chimpanzés et des gorilles (Koko, par exemple). Cela dit, certaines espèces de primates sont-elles plus douées que d'autres, comme l'affirme le Dr Sue Savage-Rumbaugh?

Aux dires de cette psychophysiologiste du centre de Yerkes (université Emory), Kanzi, un chimpanzé de la variété pygmée âgé de 2 ans, fait preuve de capacités d'apprentissage bien supérieures à celles d'autres variétés de chimpanzés (celle de Lana, par exemple). Non seulement Kanzi a appris à manipuler les idéogrammes beaucoup plus vite, mais il sait reconnaître un objet lorsqu'on lui en montre le symbole, contrairement aux autres qui ne savent faire que l'inverse (ce qui est beaucoup plus facile, selon elle).

Brillant sujet, Kanzi sait aussi, sans aucune aide extérieure, aligner sur son clavier une série de symboles formant un ensemble cohérent; il semble comprendre l'anglais parlé beaucoup mieux que les autres élèves de Yerkes puisque, ayant apparam-

Ai semble avoir appris à compter puisque si on lui présente un nombre d'objets inférieur à 6, elle est capable en appuyant sur les touches correspondantes, d'indiquer nombre, couleur et forme de ces objets.

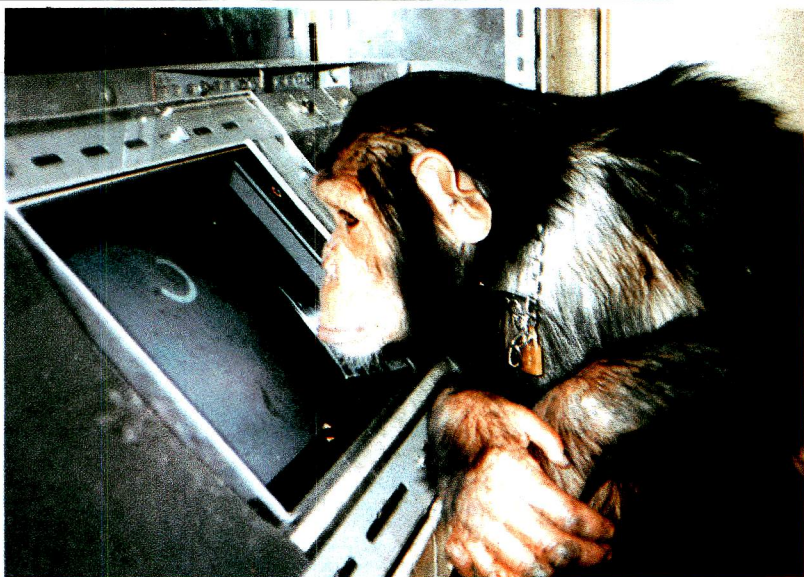


ment enregistré le nom des objets qu'on lui réclame oralement, il sait aller les chercher — ce qu'aucun autre n'est capable de faire. Comment expliquer ces dons hors du commun? Sue Savage-Rumbaugh suppose que le patrimoine génétique de cette variété de singe le dote de capacités "intellectuelles" supérieures... Toutefois, elle se garde bien de prétendre que le chimpanzé-pygmé serait également doué de facultés syntaxiques.

Tandis que, du côté d'Atlanta, on s'émerveillait des premières prouesses de Kanzi, une chercheuse du Museum d'histoire naturelle de Paris démontrait la capacité des primates supérieurs à se représenter mentalement le mouvement, les rotations en particulier.

En présence de Chloé, chimpanzé femelle, et de son compère Doudou, l'orang-outan, le Dr Bernadette Brésard cachait un bonbon sous l'un des neuf gobelets qu'elle avait renversés et alignés; puis, elle dissimulait le tout sous un linge avant de les faire pivoter, afin que les animaux ne puissent pas suivre le "bon" gobelet des yeux. L'expérience, on s'en doute, consistait à faire retrouver du premier coup le gobelet à bonbon, après avoir oté le cache. A ce petit jeu et sur les quelque 10 000 tests exécutés à des distances et sous des angles différents, Chloé et Doudou réalisèrent des performances étonnantes! Pour retrouver aussi fréquemment la sucrerie convoitée, les singes s'étaient bel et bien représenté mentalement la rotation de l'objet.

Depuis janvier 1985, le Dr Bré-



Si sur un écran, on montre à Chloé un premier dessin (photo ci-dessus), lorsque celui-ci réapparaîtra orienté différemment et associé à un second, elle sera capable d'identifier le motif déjà vu. Chloé retrouvera aussi sous quel gobelet le Dr Brésard a caché le bonbon (photo ci-contre), même si celle-ci a fait pivoter, dissimulé, par un cache, l'ensemble des recipients.

sard et ses deux acolytes travaillent à l'université de Kyoto, sur un programme franco-japonais visant à étudier les processus d'acquisition des connaissances chez les anthropoïdes. Chloé n'a plus à se pencher sur la rotation d'objets réels, mais sur celle de figures en deux dimensions. Un premier dessin ayant subi une rotation apparaît sur un écran tactile; dès que Chloé le touche, il disparaît pour faire place à deux nouvelles figures, l'une représentant un dessin différent et l'autre, le même dessin que pré-

cédemment mais, cette fois, bien droit (angle à 0°). Un ordinateur enregistre, au centième de seconde près, les temps que met Chloé à identifier l'objet connu.

Or, que découvre-t-on? Tout d'abord, que Chloé sait reconnaître le bon dessin. Ensuite, que les temps de réponse du singe sont, comme chez l'homme, fonction de l'angle de rotation: le temps le plus court correspond à une rotation de 0° et le plus long, à 225°; toujours comme chez l'homme, la représentation mentale de ce mouvement chez le singe s'effectue dans le sens des aiguilles d'une montre, sauf si la rotation s'est effectuée en sens inverse, selon une angle inférieur à 45°.

Dans les laboratoires de Kyoto, Chloé a pour compagne une guenon de 8 ans, prénommée Ai. Son maître, le Dr Matsuzawa, lui apprend tout simplement à compter! Avec succès, semble-t-il, si l'on en croit l'article qu'il a écrit pour *Nature* (*).

Tout d'abord, Ai a suivi les mêmes cours que ses congénères américains pour apprendre à reconnaître 25 idéogrammes symbolisant 14 objets et 11 couleurs. Même système: sonnerie particulière annonçant une sucrerie pour chaque bonne touche; en cas d'échec, autre son et pas de récompense. Dès

(suite du texte page 156)



Comment voulez-vous Réussir si vous ne savez pas parler ?



Mon fils Jacques, malgré son diplôme d'ingénieur, est en panne, sur une voie de garage. Ce qui prouve bien que la réussite professionnelle ne dépend pas seulement des études. Quant à Vincent, lui qui ne faisait rien en classe et qui était si timide, il s'est vu offrir deux magnifiques situations : responsable pour la France de la promotion d'une marque automobile et chef de produit d'engins de travaux publics en Amérique du Sud. Finalement il a choisi l'aventure, mais quelle aventure ! Il est payé en dollars, met de l'argent de côté et a épousé la plus jolie fille d'un grand propriétaire de troupeaux.

Comment tout cela a-t-il bien pu arriver ? Bien curieusement. Un jour, chez des amis, on me présente un homme sympathique, débordant de joie de vivre et que tout le monde écoutait passionnément. Il expliquait que maîtriser la Parole est à la portée de tous, dynamise la personnalité et permet de réussir.

Maurice Ogier, ne pouvait garder pour lui seul tant de dynamisme. Quand j'appris qu'il en faisait profiter les autres, sous forme de stages ou de méthodes d'action par correspondance, je lui envoyai immédiatement Vincent. Ce fut la victoire.

Moi, c'est une autre histoire. A mon âge, aucun employeur ne voulait plus de mes services. Fatigué de frapper inutilement aux portes des entreprises, j'appelaï Maurice Ogier à mon secours.

En quelques jours seulement, je découvris ce qu'était la vraie communication. J'appris à converser, à prendre la parole en public avec aisance, à répondre clairement aux questions les plus embarrassantes, à capter l'attention de mon interlocuteur, à faire passer mon message, à accrocher un client, à le convaincre... J'appris enfin tous les "trucs" qui me permettent d'utiliser au maximum mes qualités naturelles.

Maurice Ogier m'a prouvé une fois de plus que, comme tous les hommes et toutes les femmes je me sous-estimais et vivais au-dessous de mes possibilités. Il avait raison puisque depuis, j'ai osé créer ma propre entreprise. Elle marche bien parce que je suis devenu un bon vendeur et surtout parce que maintenant j'ai confiance en moi.

Vous aussi, vous pouvez réussir pleinement sur le plan professionnel et sur le plan social. Si vous êtes bien décidé à ne plus gaspiller tous ces jours qui passent, ces mois, ces années qui font si vite une existence médiocre, alors écrivez dès aujourd'hui à mon ami Maurice Ogier. Institut Français de la Communication, 6, rue de la Plaine, 75020 Paris. Il vous enverra sa documentation : elle est passionnante, déjà enrichissante, et ne vous engagera en rien. Mais je suis bien sûr qu'il deviendra pour vous aussi un ami.

J.C. Hauteville

P.S. Ces cas sont authentiques, seuls les noms ont été changés.

Maurice Ogier
Institut Français de la Communication, Service P66.192.1
6, rue de la Plaine, 75020 Paris
Belgique : 1, quai du Condroz, 4020 Liège

BON POUR UN LIVRE GRATUIT «PARLER AVEC AISANCE»

à retourner à : Institut Français de la Communication, Service P66.192.1
6, rue de la Plaine, 75020 Paris.
Belgique : 1, quai du Condroz, 4020 Liège

sans engagement d'aucune sorte - sous pli fermé confidentiel ainsi que ses références et les renseignements concernant ses Méthodes d'Action. ☐ M. ☐ Mme ☐ Mlle

Nom

Prénom

Adresse

Code

Ville

P66.192.1

Louis Jacot DESTIN DE LA TERRE

Un livre bouleversant
sur notre passé
et sur notre avenir !

Des faits de plus en plus nombreux attestent que les galaxies sont en expansion. Incorporé dans une galaxie en expansion, le système solaire est forcément en expansion. Les planètes ne décrivent pas des orbites fermées, mais des spirales qui les éloignent progressivement du Soleil conformément à la loi de Bode. Loin d'attirer les planètes, le soleil en expulse une périodiquement. Les planètes en rotation expulsent aussi périodiquement des satellites ou des anneaux. Dans le passé, la Terre fut à la place de Vénus ; et Mars, à la place de la Terre. La rotation lente de la Terre aux anciens âges (comme actuellement Vénus) explique de nombreux mystères.

Louis Jacot expose ces faits et leurs conséquences catastrophiques. Il démontre que les espaces interstellaires et intergalactiques ne sont pas vides. L'existence d'ondes électromagnétiques atteste qu'il s'agit d'un formidable réservoir d'énergie. Les corps célestes ne disposent pas de moteurs individuels, comme le croyait Newton, mais sont mus par la pression du milieu ambiant énergétique qui détermine leur translation, leur rotation et leur évolution.

Destin de la Terre est le livre d'un novateur qui nous contraint à réviser de sacro-saintes théories et à entrer dans la quatrième étape de la connaissance fondée sur une science de l'évolution universelle qui s'étend de l'infiniment petit à l'infiniment grand.

LA PENSÉE UNIVERSELLE

4, rue Charlemagne - 75004 Paris - Tél. 48.87.08.21

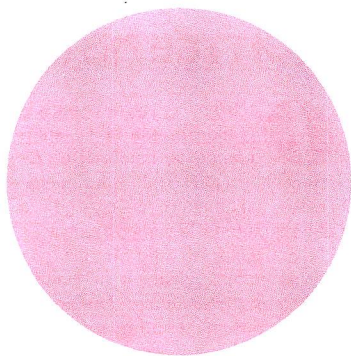
Prix : 99,50 TTC

Ecrivez donc sans aucune faute grâce à l'Orthographex



Présenté sous la forme d'un triptyque en couleurs, sur carton plastifié, l'ORTHOGRAPHEX vous permet de trouver, instantanément et sans rien feuilleter, le mot sur lequel vous hésitez et de vérifier s'il est masculin, invariable, etc. L'ORTHOGRAPHEX comporte 7 250 mots ! Indispensable à tous ceux qui écrivent (écrivains, journalistes, secrétaires, etc.), il est également l'aide fidèle du collégien, de l'étudiant... Il sert même pour les loisirs : mots croisés, scrabble, jeux télévisés, etc.

Distribué par l'I.P.M. joindre 50F (chèque, timbres ou 15 coupons réponse). Vous recevrez en plus un passionnant petit livre qui vous montrera comment améliorer rapidement votre orthographe. I.P.M. (Bureau L603) 40, rue Jules-Ferry - 59430 SAINT-POL-SUR-MER



NEUROCHIMIE

**PLUS DE NŒUDS À VOTRE MOUCHOIR :
PRENEZ DU CI-911 OU DU PIRACETAM**

C'était un médicament contre le mal des transports et on le fabriquait en Belgique (UCB) ; il est maintenant vendu dans 85 pays comme médicament "gériatrique", c'est-à-dire destiné à atténuer certains effets du vieillissement ; c'est le piracetam, molécule chimique qui ressemble beaucoup au GABA (voir *S. & V.* n° 717) ou acide gamma amino-butyrique, un neurotransmetteur connu, par sa structure chimique. Or, on a découvert qu'il stimule la mémoire aussi bien chez les humains sains que chez ceux qui sont atteints de formes modérées de démence. La firme américaine Syntex pense le commercialiser aux Etats-Unis dans un avenir prochain.

Tout le monde n'est pas aussi sûr des effets admirables

(suite du texte page 56)

du piracetam, ou peut-être y a-t-il dans les recherches certains soucis commerciaux spécifiques. Tel laboratoire, par exemple, jugera qu'une molécule dont il n'a pas le brevet est inintéressante et en produira une autre, dérivée mais "originale". Toujours est-il qu'une autre firme américaine, Warner-Lambert, a mis à l'essai une molécule voisine du piracetam, le pramiracetam, qu'elle associe dans un produit d'expérimentation à une autre molécule similaire, mais non apparentée, le CI-911. Le pramiracetam a donné sur l'humain et l'animal des résultats satisfaisants, même pour Warner-Lambert cette fois-ci, et le CI-911 augmente la mémoire à court terme chez les sujets normaux et même chez les gens atteints de la Maladie d'Alzheimer.

Ce n'est pas là une "pilule-miracle": les augmentations des capacités mnémoniques ont été estimées, chez les singes rhésus, à 10 %. Mais enfin, c'est déjà quelque chose... Il est possible, mais cela n'a pas été vérifié, que la pilule à mémoire, qu'il s'agisse de piracetam ou de pramiracetam, adoucisse aussi l'humeur des intéressés, car le GABA, dont ces produits se rapprochent beaucoup structurellement, est un inhibiteur vérifié de l'agressivité.

Le Pr David de Wied, pharmacologue de l'université d'Utrecht, aux Pays-Bas, propose une autre voie de recherche, qui est celle de la vasopressine, hormone neuro-hypophysaire, dont il a constaté, chez le rat, qu'une seule injection freine l'oubli du comportement conditionné; on peut aussi l'administrer chez l'homme en vaporisation nasale.

Par la même occasion, on a trouvé la "liqueur d'oubli" chère à certains romanciers; c'est une autre hormone neuro-hypophysaire, l'ocytocine, qui déclenche, elle, l'oubli. Détail intéressant; c'est l'ocytocine qui provoque les contractions de l'utérus au moment de l'accouchement... **G.M.**

• **L'interféron retourne aux origines**: étudié il y a quelque trente ans comme remède possible contre le rhume, testé contre le cancer avec des succès variables, l'interféron s'avère un bon remède... contre le rhume. Protection à 80 % contre les infections à rhinovirus. Il existe une centaine de ces virus.

LA LUNE EST ACQUITTÉE DE MEURTRE

Lon trouve et retrouve dans la grande presse et la moins grande de nombreuses références, drapées d'allusions menaçantes, à l'influence néfaste que la Lune aurait sur le comportement.

C.P. Thakur et Dilip Sharma, médecins indiens, viennent de publier dans le *British Medical Journal* un article fortement affirmatif à ce sujet; ils constatent que, les jours de pleine lune, il y a un net accroissement de la criminalité. Pour cela, ils se basent sur les crimes commis — et enregistrés — pendant 5 478 jours, de janvier 1978 à décembre 1982, où l'on a compté 183 jours de pleine lune. Pendant ces jours-là, assurent-ils, 256 crimes ont été commis, alors que, sur 186 jours de nouvelle lune, 94 seulement l'ont été. Bref, il se commettrait à peu près un crime et demi par jour pendant les jours de pleine lune, et un "demi-crime" par jour le reste du temps. Guère portés sur la réserve, nos auteurs invoquent comme explication un effet de "lames de fond humaines" qui seraient causées par l'attraction gravitationnelle lunaire sur l'eau du corps et le cerveau, cette attraction étant maximale en période de pleine lune... Vieille lune, si l'on peut dire, d'abord, parce que rien ne prouve, si cet effet gravitationnel s'exerçait bien sur le cerveau, qu'il porterait à la criminalité, et ensuite, s'il faut appliquer les lois de la mécanique céleste à l'étude de la criminalité et du comportement, une mère de 55 kg qui tient son bébé à 15 cm exerce sur lui une attraction 12 millions de fois supérieure à celle de la Lune. Ce dernier argument, est le fait de Kelly, Rotton et Culver, qui ont repris l'examen du "coup de lune" dans *The Skeptical Enquirer*, un confrère américain porté sur la démystification.

Ces auteurs ont repris une à une 23 études consacrées à ce que l'on nomme plaisamment "l'effet transylvain", en référence au héros de Transylvanie, le comte Dracula, et les ont trouvées entachées d'erreurs. Il n'est pas possible de reprendre ici toute leur critique des interprétations erronées de statistiques. Mais on peut citer, par exemple, l'étude de Lieber

et Sherin, qui date de 1972 et qui portait sur les crimes commis dans le comté de Dade, en Floride: c'est l'une des études les plus fréquemment invoquées en faveur de l'effet lunaire, mais elle comporte des paramètres discutables, dont la criminalité dans les trois jours qui précédaient et ceux qui suivaient, les deux jours qui précédaient et ceux qui suivaient et ainsi de suite, ce qui augmentait tellement le nombre des paramètres qu'on pouvait y trouver à peu près ce que l'on voulait.

Comme autre exemple, on peut également citer l'étude de Templer, Veleber et Brooner, beaucoup plus récente, puisqu'elle date de 1982 et qui portait, elle, sur les accidents de trafic. Or, deux des trois auteurs de la réfutation ont publié une contre-étude dans laquelle ils relèvent que l'accroissement des taux d'accidents pourrait bien s'expliquer autrement que par effet lunaire: un grand nombre des périodes de pleine lune coïncidaient, en effet, dans les statistiques de Templer, Veleber et Brooner, avec des week-ends, périodes pendant lesquelles les taux d'accidents du trafic sont normalement supérieurs à la moyenne des jours ouvrables.

En fin de compte, Kelly, Rotton et Culver ne trouvent qu'un taux de variations de 0,3 % des activités humaines pendant les périodes de pleine lune et "acquittent" donc la Lune des responsabilités qu'on lui prête. Gageons que l'on contestera leurs contestations et ainsi de suite jusqu'à plus soif.

Nous n'entrerons pas dans la querelle, mais nous ferons observer qu'un facteur au moins semble avoir été négligé, et qui est celui de la clarté ambiante. Quand il fait nuit noire, on dort plus facilement que lorsque la lune brille de tout son éclat. L'activité humaine se prolonge donc plus tard et, pour peu que l'on boive, on est plus enclin à commettre des délits. Personne ne semble s'être soucié de l'influence de l'éclairement sur le fameux effet lunaire. Quant à invoquer les idées de Plutarque sur l'effet lunaire, comme le font certains, c'est un peu facile. Plutarque était un chroniqueur avisé, mais d'ici à en faire un psychiatre... **G.M.**

PSYCHIATRIE

EXISTE-IL BIEN UNE DÉFINITION UNIVERSELLE DES TROUBLES MENTAUX ?

Si l'on est psychotique français, il peut être périlleux d'aller se faire soigner, par exemple, au Japon. C'est du moins ce qui découle d'un article publié par le médecin et psychiatre Joseph Westermeyer dans une revue qui fait autorité (dans le monde entier), *The American Journal of Psychiatry*. Ce médecin note que :

- en France, les "bouffées délirantes" définissent un type de psychose aiguë avec des éléments de transe ou d'état de rêve ;

- en Scandinavie, les psychiatres distinguent la psychose réactionnelle de la schizophrénie et de la psychose affective. Son apparition est soudaine, aiguë, comporte une meilleure adaptation et son pronostic est meilleur ;

- au Japon, les psychiatres connaissent, eux, un syndrome caractérisé par des obsessions, le perfectionnisme, l'ambivalence, le repli sur soi, la neurasthénie et l'hypochondrie, qu'ils nomment *shinkei-shitsu* ;

- des années 50 aux années 70, les Chinois, pour leur part, ont appelé "neurasthénie" tous les troubles mentaux ;

- en Espagne et en Allemagne, on parle de "paraphrénie involutive" pour décrire un trouble de l'âge mûr de type paranoïde. Mais l'on distingue la paraphrénie de la schizophrénie et de la dépression, bien qu'elle participe des deux.

Pour bien apprécier ces variations, il faut savoir que, partout au monde, il est déjà délicat de décider si une psychose est paranoïaque ou schizophrénique et même si c'est bien une psychose et pas une névrose aiguë.

Affaire de terminologie, sans grande portée sur le traitement ! Ce n'est pas si sûr, car le même auteur note que la définition de la schizophrénie n'est pas la même dans le monde entier : aux Etats-Unis et en URSS, ce terme a une acceptation plus large qu'en Europe occidentale, en Asie, en Amérique latine, en Afrique et en Australie.

L'idée que l'on se fait de l'évolution d'un trouble mental varie donc selon le pays, puisque si dans un pays donné, par exemple le Canada, on a

défini comme schizophrénie ce qui n'est au fond qu'une psychose hystérique, et que celle-ci s'améliore, on en déduit que la schizophrénie se traite. En fait, il ne s'agissait sans doute pas de schizophrénie, mais d'autre chose. Autant dire que si l'on appelle pneumonie un rhume et que le rhume passe, on en déduira que la pneumonie n'est pas si grave...

Mais Westermeyer ne semble pas tellement sûr que la terminologie constitue le fond du problème. En effet, il cite toute une série de troubles mentaux spécifiques de cultures données :

- le *latah* des femmes d'Asie du Sud-Est se définit par une réaction de stupeur exagérée à un incident négligeable et il s'accompagne souvent de crises de jurons ; on retrouve un syndrome pareil chez les Aïnos du Japon, les Bantous d'Afrique et, dit Westermeyer, les Canadiens français...

- l'*anthrophobie* des Japonais, surtout des hommes, se définit par une rougeur de la face en cas de contact avec une autre face et par de l'anxiété ;

- le *koro* des hommes asiatiques consiste en la peur que le pénis se rétracte dans l'abdomen et cause la mort ; il a été cependant signalé quelques fois en Europe et aux Etats-Unis ;

- le *grisi skinis* des Indiens Mesquitos du Nicaragua est apparemment un trouble psycho-moteur, qui comporte des migraines, de l'anxiété, une colère irrationnelle à l'égard des gens du voisinage, des fuites sans objet et des chutes ;

- la fureur *amok* est caractéristique des hommes d'Asie du Sud-Est ; elle se définit par des crises d'agressivité meurtrière et souvent la mort de la victime (de la crise) ;

- les femmes euro-américaines du Nord sont portées à la boulimie, parfois accompagnée de vomissements provoqués ;

- les Noirs de l'Amérique du Nord et des Caraïbes sont sujets à des crises soudaines d'ataraxie : ils tombent, paralysés et ne peuvent ni voir, ni parler, bien qu'ils puissent entendre et comprendre ce qu'on leur dit ;

- enfin, on a beaucoup parlé dans la

presse spécialisée des "rêves qui tuent" chez les réfugiés cambodgiens ; cet accident, connu dans la culture cambodgienne, mais évidemment difficilement vérifiable, semble confirmé par le fait, des gens en bonne santé et dans la force de l'âge meurent dans leur sommeil d'arrêt cardiaque. A l'autopsie, le cœur ne présente aucune lésion.

Westermeyer souligne l'importance des facteurs culturels dans les types de troubles mentaux, notant ainsi que, dans les pays riches et dans les tissus sociaux denses, un malade a plus de chances de se rétablir que dans les pays pauvres et dans les structures sociales lâches.

L'utilité d'un nouveau diagnostic interculturel semble donc indiscutable, surtout si, par exemple, un médecin français doit soigner un malade *amok*...

G.M.

- **Danger mondial** : le méthane atmosphérique augmente de 1 % par an depuis 35 ans, accroissant du coup les risques d'un réchauffement catastrophique de l'atmosphère.

- **6.3 milliards de dollars**, soit 50 milliards de francs, c'est le coût total des 10 000 premiers cas de SIDA aux Etats-Unis.

- **"C'est les volcans !"**. Dernière en date des explications de la disparition des dinosaures, celle d'Officer et Drake rejette l'hypothèse de la comète d'Alvarez, d'abord parce que l'accroissement d'iridium dans l'atmosphère aurait dû être soudain et massif si Alvarez avait raison, alors que la géologie démontre que cet accroissement a été progressif. Ensuite, si c'est une comète qui avait "empoisonné" la Terre à l'iridium, il n'y a pas de raison qu'elle eut tué seulement les dinosaures. Enfin, le cratère météoritique retrouvé par Alvarez dans l'Iowa est trop petit pour avoir été creusé par une comète de la taille que suppose Alvarez et, de toute façon, ce cratère est antérieur de 4 millions d'années à la disparition des dinosaures.

QUAND SIRIUS ÉTAIT ROUGE

Sirius, de son nom astronomique α *Canis Majoris*, est l'étoile la plus brillante du ciel. Disons bien "étoile", car plusieurs planètes, surtout Vénus et Jupiter, ont souvent un éclat apparent supérieur à celui de Sirius. Elle est blanche, nettement différente à cet égard de Bételgeuse, par exemple, qui est rouge. Pourquoi donc plusieurs textes de l'antiquité, babyloniens, grecs et romains, qualifient donc Sirius de "rouge" ?

Des historiens de l'astronomie ont expliqué cela par le fait que Sirius avait souvent été observée près de l'horizon, et une étoile observée très près de l'horizon paraît toujours plus rouge qu'elle n'est réellement, tout comme le Soleil à son lever ou à son coucher.

Mais deux astronomes allemands, Schlosser et Bergmann, de l'université de Bochum (RFA) ne sont pas de cet avis.

Ils ont retrouvé un manuscrit de Grégoire de Tours datant du VI^e siècle (*Nature*, n° 6041, pages 45-46), qui ne se rattache pas à la tradition classique (on n'y trouve pas les noms romains des étoiles brillantes); son but est de donner des instructions aux monastères en vue d'organiser les prières nocturnes (à cette époque, il n'y avait pas d'horloges!). Et Sirius y est qualifiée de "rouge" (*rubeola*) et de "très brillante" (*stella splendida*).

L'explication classique par l'absorption atmosphérique ne tient pas pour le VI^e siècle, malgré la précession des équinoxes: dans le ciel de Rome, Sirius ne restait que quelques minutes près de l'horizon, quelques minutes sur plus de dix heures où cette étoile était visible.

Donc, si Grégoire de Tours répétait d'une façon indépendante les observations babyloniennes et romaines classiques, on peut naturellement supposer que toutes ces observations reflétaient la réalité: Sirius était bien rouge.

Mais comment une étoile rouge a-t-elle pu devenir blanche quelques siècles plus tard? C'est d'abord une étoile double. L'étoile principale (dite Sirius A) a en effet un compagnon (Sirius B), d'éclat beaucoup plus faible, mais de masse assez importante (supérieure à celle du

Soleil); Sirius B est une "naine blanche". Actuellement, presque toute la lumière provenant de Sirius est émise par Sirius A, qui est une étoile blanche "normale".

Les théories actuelles sur l'évolution des étoiles admettent que les naines blanches sont des étoiles massives qui ont évolué vite: lorsque presque tout leur hydrogène a été "brûlé" (transformé en hélium), l'hélium se rassemble au centre et, dans cette partie centrale, l'hélium est à son tour "brûlé" et transformé en carbone; dans cette période, la partie la plus externe de l'étoile se dilate (par un facteur 100 ou 1 000) et se refroidit. L'étoile est alors devenue une géante rouge.

Ensuite, si l'étoile n'est pas trop massive (au plus 1,4 masse solaire — les étoiles trop lourdes explosent sous forme de "supernovae"), l'enveloppe disparaît et le centre se contracte encore, finissant par n'être plus constitué que de matière "dégénérée", dont la densité peut atteindre une tonne par centimètre cube.

Bref, les naines blanches peuvent avoir été des géantes rouges. L'analogie avec ce qui semble avoir été observé dans le cas de Sirius est frappante. Lorsque Sirius B était une géante rouge, son éclat était plus grand que celui de Sirius A, et dans l'observation à l'œil nu c'était sa couleur qui prédominait. Actuellement c'est la couleur de Sirius A (blanche) qui prédomine.

On peut évaluer l'éclat apparent du couple Sirius A-Sirius B (non séparable à l'œil nu) quand Sirius B était une géante rouge: il aurait été voisin de celui de Vénus.

Cette étoile devait donc être visible en plein jour à l'œil nu dans les cas favorables (ciel pur, etc.). Cela explique des observations anciennes autrement incompréhensibles (aujourd'hui Sirius n'est jamais visible le jour à l'œil nu).

Ce qui est étonnant, c'est la rapidité avec laquelle a évolué Sirius B: rouge au VI^e siècle, elle est blanche 1 000 ans plus tard. Il se serait donc produit une catastrophe dont nous n'avons aucune trace...

Les faits signalés par les deux astronomes allemands pourraient affiner la théorie de l'évolution des étoiles.

J.P.

DROIT DE RÉPONSE

A la suite de notre article de juin 1985 "Les prothésistes ont une dent contre les dentistes", MM. Guy Robert et Paul Aubert nous prient de publier la mise au point suivante:

« Dans un article intitulé "Les prothésistes ont une dent contre les dentistes" paru en juin 1985, *Science & Vie* faisait état de la possibilité pour le patient de recourir à un technicien de laboratoire pour se faire poser une prothèse dentaire.

» Ayant été nommément désignés dans cet article, nous tenons à informer les lecteurs de *Science & Vie* des décisions de justice suivantes:

» Les cours d'appel de Toulouse et de Bastia ont confirmé que seuls les chirurgiens-dentistes qui ont effectué 5 années d'études supérieures et les médecins stomatologistes ont la capacité d'exercer l'art dentaire: tout technicien de laboratoire, qui travaille en bouche, prend des empreintes, pose une prothèse dentaire... à un patient, EXERCE ILLÉGALEMENT L'ART DENTAIRE.

» A l'heure actuelle, tous les techniciens de laboratoire passés en jugement ont été condamnés pour exercice illégal de l'art dentaire. »

**Guy Robert, secrétaire général
Paul Aubert, administrateur
de CNSD-Services.**

Nous prenons acte de ces décisions de justice. Mais qu'en dira Mme Georgina Dufoix? (Voir la fin de notre article sur l'homéopathie, page 158.)

● **Nouveau cambriolage informatique juvénile**: en juillet dernier, avec l'aide d'un téléphone et d'un Minitel, 23 adolescents américains ont forcé le fichier de la Chase Manhattan Bank à New York.

● **Les méridiens d'acupuncture seraient "imaginatifs"** selon les médecins chinois rencontrés par des Français au Colloque sino-français de Shanghai sur le traitement de la douleur. Quand l'acupuncture est utilisée pour "anesthésier", elle ne l'est que sur des sujets de plus de 18 ans et avec le secours d'anesthésiques locaux et de luminal, de valium ou de phéno-barbital.

CARDIOLOGIE

GREFFES DU CŒUR : PLACE AUX JEUNES !

Pour Norman Shumway, le plus célèbre chirurgien cardiaque américain, les greffes de cœur vont de plus en plus s'adresser à un nouveau "marché", celui des jeunes. Pour le chef du Département de chirurgie cardiovasculaire à Stanford, les mesures de sélection des receveurs mises en place ces dernières années, et l'apparition de la cyclosporine A, ont grandement contribué à l'amélioration du pronostic pour les greffés du cœur. Ce qui devrait permettre de donner ainsi leurs chances à des enfants ou des adolescents cardiaques. Les statistiques du département en question de Stanford sont les plus importantes (en nombre) au monde : des 18 patients de moins de 18 ans qui ont reçu une greffe de cœur, 16 sont vivants et en bonne santé.

Les résultats sont meilleurs chez les jeunes, c'est certain. C'est une intervention pratiquée par le Dr Philip E. Dyer, au Stanford Medical Center, qui a bouleversé les préjugés des médecins et des chirurgiens : un adulte a reçu une greffe de cœur d'un enfant de 12 ans, beaucoup trop petit anatomiquement pour remplir seul la fonction cardiaque de cet homme. La main forcée, Dyer fit tout de même la greffe, branchant ce jeune cœur en parallèle au cœur malade, sans ôter ce dernier. Ce nouveau "moteur auxiliaire" redonnait ainsi une hémodynamique normale par addition des puissances respectives des deux cœurs. Ce que n'avait pas, semble-t-il prévu le chirurgien, c'est que le cœur greffé, en pleine croissance, continuerait de "grandir". D'améliorer ses performances, sa capacité, son endurance, à tel point qu'à présent, il a entièrement remplacé la fonction cardiaque du vieux cœur ! « Ce fut une découverte, une illumination pour nous que de savoir qu'un organe comme le cœur, transplanté, pouvait continuer à grandir, à se développer » a dit Shumway. Ce qui permet d'envisager des transplantations cardiaques sur des patients plus jeunes.

Comme nous le disions dans notre numéro 820 de janvier, c'est en grande partie la cyclosporine qui a amélioré la survie, en diminuant la gravité et la fréquence des rejets d'organes ; Norman Shumway a réa-

lisé 52 de ces greffes avec la préparation par la cyclosporine, sans une seule crise de rejet. Mais les immunosuppresseurs, comme celle-ci sont susceptibles d'effets indésirables graves, plus graves chez l'adolescent ou l'enfant que chez l'adulte. Et nous avons vu qu'il était extrêmement difficile de "piloter" un traitement par cyclosporine. Même les dosages sanguins de la drogue ne permettent pas de prévoir la gravité ou le risque de ces complications.

Autre obstacle majeur : pour savoir quel est l'état de santé du cœur greffé, les médecins doivent régulièrement effectuer une biopsie sur l'organe tout neuf et la soumettre au feu de leurs investigations (sous microscope, en immunofluorescence, etc.). Cette technique se fait par voie sanguine, en insérant dans une veine du bras un fin cathéter qui navigue jusqu'au cœur. Le trocart (aiguille creuse à baïonnette) en bout du cathéter pénètre l'épaisseur du muscle cardiaque pour ramener une "carotte" musculaire. Mais la paroi du cœur d'un enfant est bien plus fine que celle d'un adulte : le risque de perforation est bien réel.

Curieusement, les médecins ne rencontrent pas autant de difficultés

qu'ils craignent pour trouver des greffons cardiaques de petite taille. Car la plupart des jeunes candidats à la greffe sont atteints d'une maladie de famille, une cardiomyopathie qui donne une insuffisance cardiaque majeure, malgré une taille du cœur malade énorme.

« Le pool de donneurs n'est pas aussi restreint qu'on pourrait le penser », explique le Dr Shumway, « nous pouvons utiliser des cœurs d'adolescents ou même de jeunes adultes. » Ce qui n'empêche pas que l'on manque toujours cruellement de donneurs, malgré les nouvelles lois facilitant le recueil d'organes chez les patients décédés à l'hôpital, et bien que de plus en plus de conducteurs d'autos portent sur eux une carte de donneur distribuée par le Département of Motor Vehicles. Le plus jeune survivant de cette chirurgie spécialisée se nomme Elizabeth Craze, elle a 3 ans et demi et vit depuis un an avec un cœur de donneur. Comme d'ailleurs son frère aîné, Andrew, 18 ans, greffé depuis 1983. Les parents avaient déjà perdu trois enfants de la maladie héréditaire qui touche cette famille ; c'était avant les greffes du cœur pour enfants. Pourvu que ça dure !

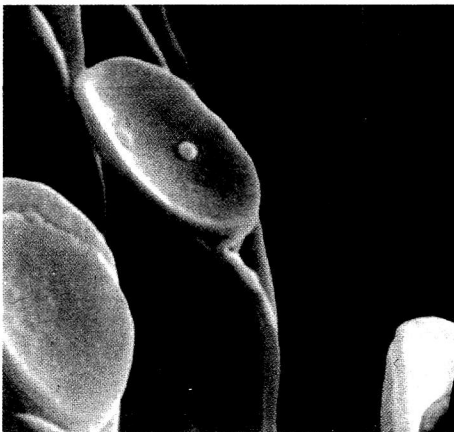
J.-M. B.

ENTOMOLOGIE

COMMENT LES MOUCHES MARCHENT AU PLAFOND

Le mystère est dissipé, les mouches parviennent à marcher sur des surfaces lisses verticales, ou bien au plafond, grâce à de microscopiques ventouses qui se trouvent au bout des "poils" qu'elles ont sur les pattes et qui sécrètent une substance lipidique collante. Ces centaines de petites ventouses grasses permettent donc aux mouches de se promener sur n'importe quelle surface lisse ou pas et de défier les lois de la gravité, à moins que, comme le notent les chercheurs qui ont réalisé cette découverte cruciale pour les écoliers paresseux, ces surfaces soient enduites d'un solvant...

G.M. ●



"L'ART" SPLENDIDE DES GRAINS DE POLLEN

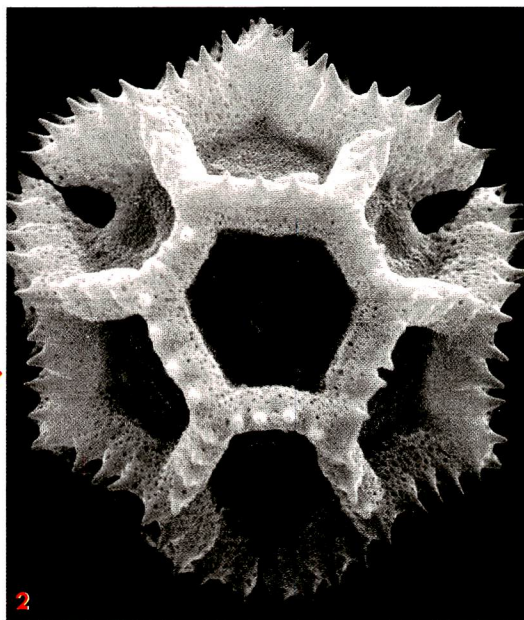
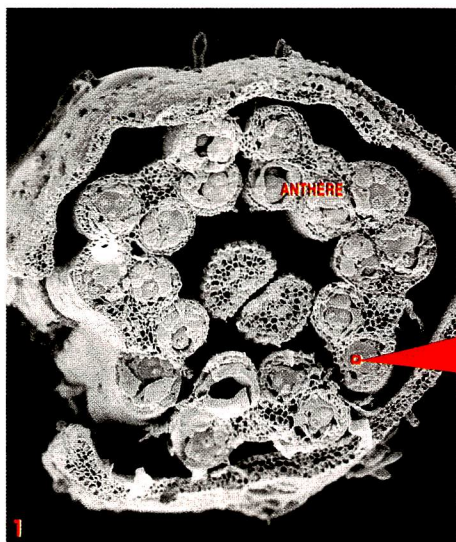
Le regard plonge aujourd'hui dans la cellule comme dans une maison grâce au microscope électronique à balayage (MEB) qui en grossit 10 000 à 100 000 fois les structures. Différentes techniques sont utilisées pour préparer le matériel. Au British Museum d'histoire naturelle, Susan Barnes et Stephen Blackmore ont adapté une technique mise au point par un Japonais, K. Tanaka, pour l'observation des cellules animales.

photosynthèse. Forts de ce succès, ils utilisent aujourd'hui leur technique pour suivre la différenciation du grain de pollen dans l'étamine.

Celle-ci s'effectue plus précisément dans le petit renflement qui surmonte le filet de l'étamine : l'anthere, formée de deux loges symétriques. Dans chaque loge, la formation des grains de pollen a lieu dans des poches qui se fondent en une à la fin du développement : les sacs polliniques. L'ouverture selon

rigidifie : l'exine. Constituée au départ de sucres complexes, les polysaccharides, elle s'enrichit en sporolénine, un polymère oxydé de caroténoïde et d'esters de caroténoïde. La haute polymérisation de cette molécule est responsable de la grande résistance de la paroi, qui devient pratiquement inaltérable. C'est elle que les paléontologues retrouvent fossilisée dans les sédiments, et qui permet d'identifier les espèces végétales des temps révolus. En effet,

Dans chaque fleur de "*Scorzonera h.*", 5 étamines entourent le double style de l'organe femelle, visible ici en coupe au centre du cercle des 5 anthères (1). Dans l'anthere, se différencient les grains de pollen (2 et 3, en coupe ; diamètre réel = 0,035 mm environ). Photos prises au MEB.



Les cellules végétales sont en effet plus résistantes et il faut plus de temps (deux semaines au lieu de deux jours) pour les préparer, c'est-à-dire garder les structures intactes tout en éliminant le cytoplasme dans lequel elles baignent. Barnes et Blackmore ont ainsi réussi à photographier l'architecture des membranes des chloroplastes, ces petits grains si importants où s'effectue la

une ligne préétablie, ou déhiscence, de chaque loge à maturité libère les milliers de grains de pollen qui, transportés par le vent, les insectes ou les oiseaux iront perpétuer l'espèce. Le chiffre 4, décidément un chiffre-clé dans l'organe sexuel mâle des végétaux (une anthère = 4 sacs polliniques), se retrouve dans la genèse du grain de pollen. Comme pour toute cellule sexuelle qui ne doit avoir qu'un seul lot de chromosomes (cellule haploïde), c'est une cellule à deux lots de chromosomes à l'intérieur de l'anthere, qui, par deux divisions successives, donne naissance à quatre cellules filles haploïdes, qui deviendront grains de pollen.

Au cours de sa maturation, chaque cellule fille ou microspore, s'enveloppe d'une paroi qui peu à peu se

les grains de pollen diffèrent d'une espèce à l'autre par leur taille (20 à 300 microns), leur forme, leur symétrie, mais aussi par la structure de leur exine. Car cette paroi est stratifiée et "ornée", d'une manière qui évoque l'art gothique. La photo (4) montre un détail de cette structure chez l'espèce *Scorzonera hispanica* une composée de la famille de la laitue, l'endive ou le pissenlit : au-dessus des fondations de la paroi s'élèvent des colonnes, les columelles, elles-mêmes chapeautées par un toit muni d'épines. La trace infime laissée par les pointes de ces épines dans l'assise qui enveloppe les grains de pollen, est même visible de façon extraordinaire au MEB (photo 5). Malheureusement aucune technique physique ou chimique ne permet

Le colibri, ou oiseau-mouche, transporte le pollen sur sa langue fourchue.



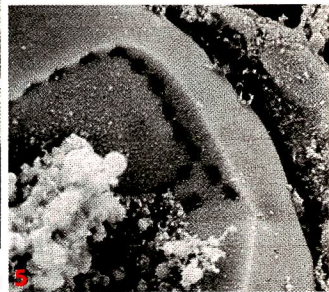
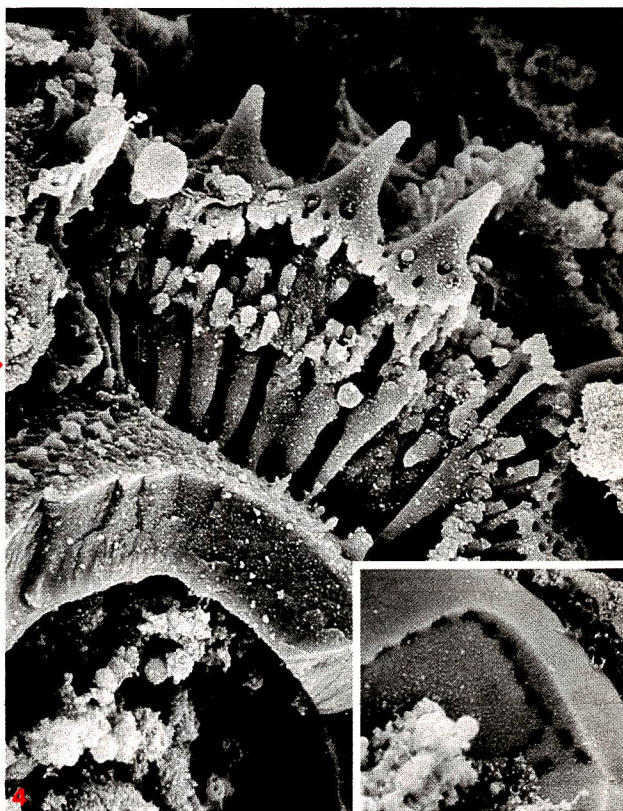
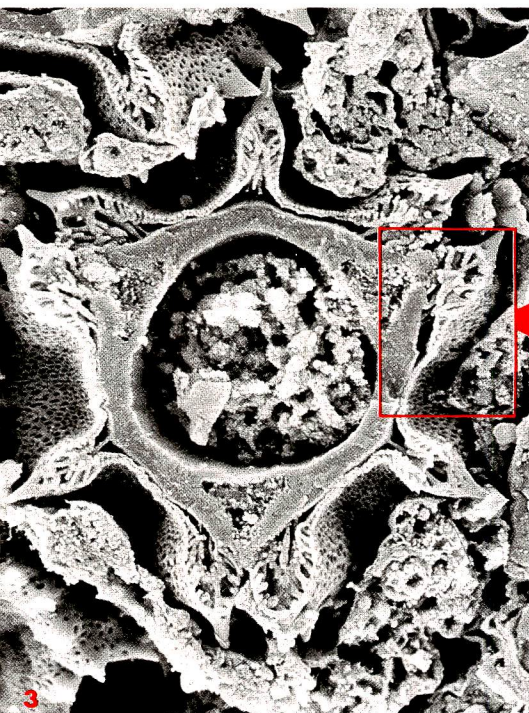
encore de déceler les protéines responsables des allergies au pollen, probablement logées dans les cavités de l'exine, et provenant soit des tissus maternels environnant la microspore, soit de la membrane interne de la microspore elle-même.

Grâce à cet outil d'observation qu'est le MEB, la terminologie em-

endroits, la paroi s'amincit : ce sont les "ouvertures", plus ou moins nombreuses en forme de pores ou de sillons, par lesquelles sort au moment de la germination le tube pollinique qui va féconder l'ovule.

Outre sa résistance et sa longévité, la structure de l'exine contribue à établir la phylogénie des espèces et

éditeur d'une encyclopédie sur les pollens de la flore de l'Europe du Nord-Ouest, précise que de nombreux paramètres ont pu faire évoluer l'ornementation de l'exine : les vecteurs de pollen, mais aussi la nécessité d'épouser les formes que prend le grain depuis sa libération jusqu'à sa germination, les liaisons physiques



ployée pour décrire l'exine des grains de pollen s'est enrichie, et, avec elle, les critères de distinction des différentes espèces. Ainsi le toit peut être réticulé, perforé, échinulé, verruqueux ; il peut être lisse, porter des pointes courtes ou longues, etc. D'où les multiples formes des grains de pollen dans la nature. En certains

permet parfois de deviner leur mode de pollinisation. Mais cette correspondance entre l'architecture de l'exine et la nature de l'agent pollinisateur est ténue, comme l'a montré le colloque : "Pollen et spores : forme et fonction" tenu fin mars 85 à Londres. Des exemples de corrélation ont cependant été fournis à cette occasion. Ainsi chez les *Araceae* (exemple : *Arum*), espèces à majorité tropicale, M.H. Grayum, du Jardin botanique de Saint-Louis (Missouri), a déterminé que les grains lisses étaient transportés par les coléoptères, tandis que les grains épineux étaient convoyés par les mouches. Mais W. Punt, co-

et chimiques établies avec le stigmate récepteur, etc.

L'étude de la forme et de la fonction des grains de pollen est approfondie en France au laboratoire de palynologie du CNRS, au Muséum d'histoire naturelle. La création d'une banque de gènes par la conservation de graines et de grains de pollen est mise en place, associant le service des cultures du Muséum dirigé par L. Mongour, et le laboratoire de palynologie dirigé par M.-Th. Cerneau. Plus de cent espèces ont déjà assuré leur avenir dans cette banque, créée le 6 décembre 84.

M.-L. M. ●

Les articles de cette chronique ont été réalisés ce mois-ci par le Dr Jean-Michel Bader, Gerald Messadié, Marie-Laure Moinet et Jean Porte, un lecteur auteur de la communication sur Sirius.

BHOPAL : À CHACUN SA

QUINZE MOIS APRES LA PLUS TERRIBLE CATASTROPHE INDUSTRIELLE

de tous les temps on ne sait toujours pas exactement ce qui s'est passé à l'usine de pesticides de Bhopal, en Inde. Pourquoi est-il si difficile de faire la lumière sur cette tragique affaire ?

Depuis que, dans la nuit du 2 au 3 décembre 1984, le quart d'une ville indienne de 800 000 habitants a été transformé en une gigantesque chambre à gaz, dont on devait retirer plus de 2 500 morts et près de 25 000 blessés graves, on essaie en vain de savoir comment plusieurs dizaines de tonnes d'un produit extrêmement toxique ont pu s'échapper d'un réservoir théoriquement étanche, à l'usine d'Union Carbide de Bhopal. Un troisième rapport vient d'être rendu public : il n'est guère plus satisfaisant que les deux précédents. Direction, syndicats, ouvriers, pouvoirs publics se renvoient la balle, chacun accusant l'autre pour mieux se disculper lui-même.

Pourtant la comparaison de ces rapports ne manque pas d'intérêt. En effet, à travers leurs vérités partielles, pour ne pas dire partiales, il est possible aujourd'hui de distinguer un début d'explication. A défaut d'évidence, on a au moins de la vraisemblance. Qu'on en juge !

Le premier rapport a été publié au mois de mars 1985⁽¹⁾. Il a été rédigé par une équipe d'experts scientifiques envoyés sur place par la direction générale d'Union Carbide, l'une des principales multinationales américaines, spécialisée dans l'industrie chimique, les phytosanitaires, les matières plastiques et les composants électroniques. L'analyse détaillée de différents

résidus recueillis sur les lieux de l'accident, ainsi que la reproduction en laboratoire des réactions chimiques qui ont conduit à la formation de ces résidus, ont permis aux experts en question de reconstituer le processus qui a abouti à la fuite de gaz mortel.

Tout aurait été déclenché par l'introduction accidentelle (ou délibérée, en cas de sabotage ou d'acte de malveillance) de 500 à 1 000 litres d'eau dans un réservoir de stockage contenant 41 tonnes d'isocyanate de méthyle (MIC), un produit entrant dans la composition de divers pesticides. Cette eau, en réagissant avec une fraction (environ 40 %) du MIC présent dans le réservoir, aurait provoqué une élévation de température de plus de 200 °C. Si l'on ajoute qu'il subsistait dans ce même réservoir une quantité anormalement élevée (entre 12 et 16 %) de chloroforme⁽²⁾ et que le système de refroidissement de l'installation ne fonctionnait pas, on s'aperçoit que toutes les conditions étaient réunies pour amorcer une réaction en chaîne.

En effet, à 200 °C et en présence d'eau, le chloroforme se transforme partiellement en chlorures, lesquels attaquent les parois en acier inoxydable du réservoir. Les ions de fer libérés par cette corrosion jouent le rôle de catalyseurs et favorisent la trimérisation du MIC (c'est-à-dire la transformation de l'isocyanate de méthyle en isocyanurate de triméthyle). Cette réaction, en augmentant considérablement la

pression à l'intérieur du réservoir, aurait provoqué l'ouverture de la soupape de sécurité pendant environ deux heures, ce qui aurait permis aux 60 % de MIC non impliqués dans la polymérisation de s'échapper vers l'épurateur de gaz d'échappement, lequel, bien évidemment, n'était pas de taille à neutraliser une telle quantité de gaz toxique. Pour comble de malheur, la torçère qui se trouve en bout de tuyauterie, était débranchée au moment de l'accident, et le système de pulvérisation d'eau destiné à "noyer" d'éventuelles déperditions de gaz n'était d'aucune utilité, la fuite ayant lieu dans une partie haute de l'installation, partie inaccessible aux jets d'eau. Résultat : les gaz mortels se sont répandus dans l'atmosphère et ont envahi les quartiers populeux qui environnent l'usine.

Mais d'où venait cette eau qui, par son intrusion dans le réservoir, a provoqué la catastrophe ? Les experts d'Union Carbide n'ont pas pu en déterminer l'origine, car ils n'ont pas été autorisés à interroger les employés de l'usine présents le jour du sinistre (nous reviendrons sur les rapports pour le moins curieux qu'Union Carbide entretient avec les autorités indiennes). Ils ont donc été réduits à faire des hypothèses, dont voici les deux principales :

- L'eau aurait pu pénétrer dans le réservoir au cours d'un lavage de tuyauterie qui a eu lieu dans les heures qui ont précédé l'accident. Les ouvriers chargés de cette besogne aurait oublié de placer un obturateur dans un raccord reliant le secteur de production au secteur de stockage. Cette hypothèse toutefois est assez peu crédible, car, avant d'arriver au réservoir, l'eau aurait eu toute une série de valves à franchir, et il faudrait supposer que la totalité de ces dispositifs

VÉRITÉ

de sécurité aient été simultanément détériorés, ce qui est tout de même assez peu probable.

• La présence de l'eau pourrait également être due à une erreur de branchement. En effet, pour transférer le MIC stocké dans le réservoir jusqu'à l'unité de fabrication des pesticides, on injecte à l'intérieur de la cuve de l'azote sec et hautement purifié, qui expulse l'isocyanate de méthyle. La personne chargée de cette opération aurait pu se tromper et se brancher sur la conduite d'eau au lieu de la conduite d'azote. A moins que cette méprise n'ait été intentionnelle...

Les ouvriers et les syndicats de l'usine ont vivement réagi devant ces accusations de maladresse ou de sabotage, et les enquêteurs d'Union Carbide ont dû reconnaître qu'ils n'avaient aucune preuve à l'appui de leurs hypothèses. On retiendra que, selon ces enquêteurs, il était possible de confondre le raccord d'eau et le raccord d'azote, ce qui montre bien qu'il y avait de graves imperfections dans la conception de cette usine et que les règles les plus élémentaires de sécurité n'avaient pas été respectées.

Le deuxième rapport a été divulgué au mois de juillet dernier. Il est l'œuvre d'une mission envoyée à Bhopal par la Confédération internationale des syndicats libres et la Fédération internationale des travailleurs de la chimie⁽³⁾. A l'inverse des experts d'Union Carbide, les syndicalistes ont surtout utilisé les témoignages des ouvriers en service au moment de la fuite de gaz, ainsi que les déclarations des responsables syndicaux de l'établissement. En effet, ils n'ont pas obtenu l'autorisation de pénétrer dans l'usine, à cause d'une autre enquête menée au même moment par l'*Indian Central Bureau of Investigation*. De ce fait, ils n'ont pas été en mesure

POLLUTION



A travers les vérités partielles et partiales des rapports et contre-rapports, une reconstitution plausible d'un accident industriel qui a fait quelque 30 000 victimes.

de vérifier certains éléments techniques importants, et notamment les modifications qui auraient été apportées aux installations après la mise en service de l'usine, modifications qui, selon les ouvriers, seraient à l'origine de l'arrivée intempestive d'eau dans le réservoir de MIC.

Concernant le déroulement des événements qui ont entraîné la fuite de gaz mortel, le rapport des syndicalistes, donne la version suivante. Le 2 décembre 1984, le directeur de la production demanda que l'on procédât au nettoyage de plusieurs tuyaux allant à l'épurateur de gaz. Ce travail fut effectué à partir de 21 h 30 par la deuxième équipe. Normalement, un membre du service d'entretien aurait dû placer un obturateur entre le réseau de tuyaux à nettoyer et le

réseau conduisant au réservoir de MIC. Mais, ce jour-là, selon les ouvriers, aucun des agents du service d'entretien (tous non qualifiés) n'avait reçu l'ordre de placer l'obturateur en question. Il faut dire que le poste de responsable du service d'entretien avait été supprimé quelques jours auparavant. Comme les tuyaux conduisant à l'épurateur étaient partiellement bouchés — d'où la nécessité de les nettoyer —, l'eau injectée pour les curer reflua vers la tuyauterie amont et alla se répandre dans le réservoir de MIC en traversant plusieurs soupapes non étanches ou bien restées ouvertes.

Toujours d'après les ouvriers, ce reflux malencontreux aurait été facilité par la présence d'un raccordement entre deux tuyaux menant l'un et l'autre, d'un côté, à l'épurateur de gaz, de l'autre,

(3) CISL-ICEF: Rapport syndical sur Bhopal. Genève, juillet 1985.

au réservoir de MIC (**voir dessin**). Cette modification avait été faite quelques mois avant l'accident, à l'initiative de la direction indienne de l'usine, pour simplifier certaines opérations d'entretien. Elle n'était pas prévue sur les plans d'installation établis en 1978 par Union Carbide et aurait donc dû être soumise à l'approbation de la direction asiatique du groupe, à Hong-Kong. Or, il semble que ni la direction asiatique, ni la direction générale américaine, à Danbury (Connecticut), n'aient été informées. D'ailleurs, ce raccordement imprudent ne figurait pas sur les diagrammes contenus dans le rapport présenté en mars 1985 par les experts d'Union Carbide.



uant aux soupapes franchies par l'eau, le rapport des syndicalistes ne précise pas si elles étaient défectueuses ou si elles avaient été laissées ouvertes par inadvertance (voire intentionnellement). D'autres points restent également sans réponse : notamment, aucune hypothèse n'est avancée pour expliquer la présence de traces de cyanures dans le sang des victimes, et aucun éclaircissement n'est apporté sur ce qui s'est passé à l'intérieur du réservoir.

Aussi attendait-on avec une certaine impatience le rapport que préparait un groupe de scientifiques indiens, sous la conduite de M. Varadarajan, directeur général du *Council of Scientific and Industrial Research*. Ce rapport a été rendu public à la fin du mois de décembre dernier (*). Il nous apprend que l'élément déterminant dans le déclenchement de la catastrophe n'a pas été la quantité d'eau qui a pénétré dans le réservoir de MIC, mais la présence d'ions de fer qui ont servi de catalyseurs à la trimérisation du MIC. Sans ces ions, l'arrivée d'eau n'aurait pas pu à elle seule provoquer la polymérisation de plusieurs tonnes d'isocyanate de

méthyle ni, par voie de conséquence, la fuite massive de gaz mortel.

Pour les scientifiques indiens, toutefois, la principale source de ces ions n'est pas celle qu'on indiquée, dans leur rapport, les experts d'Union Carbide. Rappelons que, selon ces derniers, ce sont les chlorures (nés de la transformation du chloroforme résiduel présent dans la cuve) qui, en attaquant les parois du réservoir, ont libéré des ions de fer. S'il n'y avait eu que cette source, disent M. Varadarajan et ses collaborateurs, la réaction en chaîne se serait rapidement essouffée : seuls trois ou quatre tonnes de MIC se seraient polymérisées, et la température du réservoir n'aurait pas dépassé 60 à 70 °C.

Pour déclencher une aussi violente réaction de trimérisation, il a fallu une importante quantité d'un catalyseur approprié. Quel catalyseur ? Les scientifiques indiens fournissent deux réponses. Il s'agissait ou bien de particules métalliques, ou bien de composés basiques, car l'isocyanate de méthyle peut aussi se trimériser en présence de bases minérales, d'alcoolates, d'acétates alcalins, etc.

Pour la première de ces éventualités, leur explication est la suivante : une grande partie de la tuyauterie n'était pas en acier inoxydable, mais en simple acier au carbone. Il est donc probable que de la rouille s'était formée à l'intérieur des tuyaux, rouille qui a été entraînée dans le réservoir par l'eau accidentellement refoulée au moment du nettoyage.

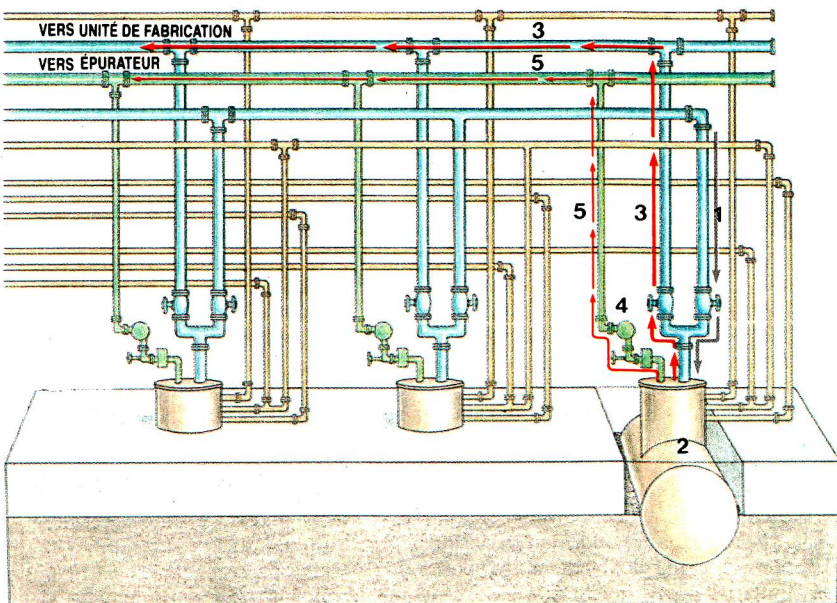
La seconde éventualité a été inspirée aux scientifiques indiens par une découverte qu'ils ont faite en analysant minutieusement les résidus demeurés au fond du réservoir après la catastrophe. Ils y ont en effet décelé un taux de sodium d'environ 90 ppm (parties par million) qui les a fortement intrigués. Selon toute vraisemblance, ce sodium avait été apporté par l'eau, mais certainement pas par l'eau potable utilisée pour le nettoyage des tuyaux, car sa concentration

en sodium ne dépasse pas 0,5 ppm. M. Varadarajan et ses collaborateurs pensent donc que cette eau riche en sels de sodium provenait de l'épurateur de gaz — qui contient de la soude caustique — et qu'elle devait stagner dans la partie de la tuyauterie qui, partiellement bouchée, avait besoin d'être nettoyée. L'eau de lavage, en pénétrant dans les tuyaux, aurait poussé cette eau stagnante devant elle et, pour les raisons que nous avons évoquées précédemment (absence d'obturateur, vannes défectueuses, etc.), l'aurait propulsée jusque dans le réservoir.

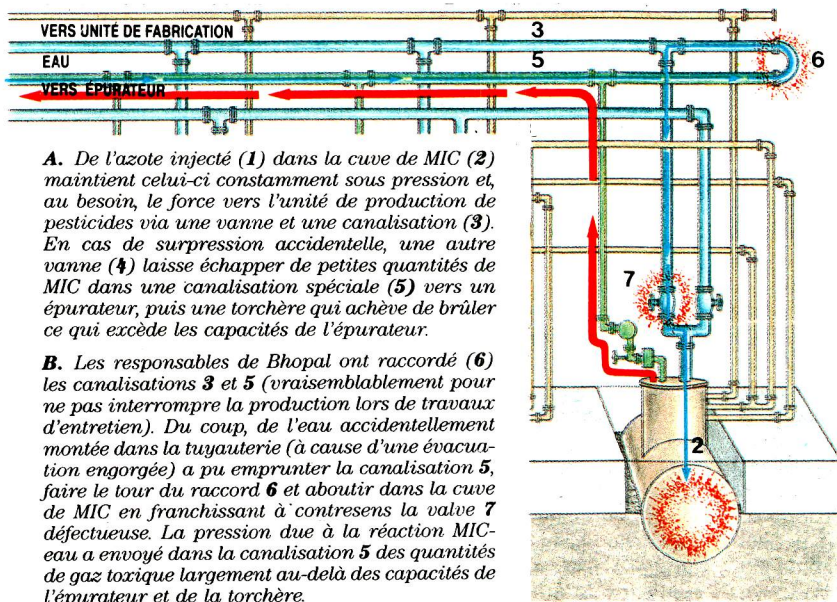
Malgré un certain nombre de précisions sur la nature des réactions chimiques incontrôlées qui se sont produites dans la cuve de MIC, les scientifiques indiens n'ont pas réussi eux non plus à faire la lumière sur l'origine des cyanures présents dans le nuage toxique, et que l'on a retrouvés dans le sang des victimes. C'est le toxicologue allemand Max Daunderer qui, le premier, a relevé chez les personnes touchées par le gaz délétère les symptômes bien connus de l'empoisonnement par cyanure.

Malheureusement, il n'a pas été écouté. Aujourd'hui, l'ensemble des organisations médicales non gouvernementales qui se sont occupées des intoxiqués se disent persuadées que de nombreuses vies humaines auraient pu être sauvées si Union Carbide et les autorités indiennes n'avaient pas constamment cherché à minimiser l'ampleur du désastre et avaient dès le début recommandé l'administration systématique de thiosulfate de sodium, le traitement classique et peu coûteux des intoxications par cyanures. Or, les autorités de l'Etat de Madhya Pradesh, dont Bhopal est la capitale, non seulement ont tout fait pour empêcher la divulgation de rapports signalant, 48 heures encore après le drame, la présence de traces d'acide cyanhydrique dans l'atmosphère, mais elles ont également estimé que l'administration de thiosulfate de sodium ne s'imposait pas, du moins pas

A. LE CIRCUIT NORMAL DU MIC



B. UNE RECONSTITUTION (PLAUSIBLE) DE L'ACCIDENT



A. De l'azote injecté (1) dans la cuve de MIC (2) maintient celui-ci constamment sous pression et, au besoin, le force vers l'unité de production de pesticides via une vanne et une canalisation (3). En cas de surpression accidentelle, une autre vanne (4) laisse échapper de petites quantités de MIC dans une canalisation spéciale (5) vers un épurateur, puis une torchère qui achève de brûler ce qui excède les capacités de l'épurateur.

B. Les responsables de Bhopal ont raccordé (6) les canalisations 3 et 5 (vraisemblablement pour ne pas interrompre la production lors de travaux d'entretien). Du coup, de l'eau accidentellement montée dans la tuyauterie (à cause d'une évacuation engorgée) a pu emprunter la canalisation 5, faire le tour du raccord 6 et aboutir dans la cuve de MIC en franchissant à contresens la valve 7 défectueuse. La pression due à la réaction MIC-eau a envoyé dans la canalisation 5 des quantités de gaz toxique largement au-delà des capacités de l'épurateur et de la torchère.

pour les pauvres (rappelons que le nuage empoisonné s'est abattu principalement sur les quartiers les plus miséreux de la ville, les plus proches de l'usine).

Mais revenons aux cyanures. Pour expliquer leur présence, les chimistes, perplexes, ont envisagé les hypothèses les plus extravagantes. Certains sont allés

jusqu'à imaginer qu'ils s'étaient formés dans le sang des victimes, à la suite d'une mystérieuse désagrégation du MIC. D'autres ont prétendu qu'il y avait eu une deuxième fuite dans une autre partie de l'installation, mais que personne n'en avait soufflé mot. Enfin, quelques-uns ont soutenu qu'au-dessus de 200 °C l'iso-

cyanate de méthyle pouvait se décomposer par pyrolyse en acide cyanhydrique, oxydes d'azote et oxyde de carbone (les spécialistes de la firme allemande Bayer, premier producteur mondial de pesticides, ne croient pas à la possibilité d'une telle décomposition thermique, à moins que l'on n'ait affaire à un MIC très pur, ce qui n'était pas le cas à Bhopal).

Devant un pareil imbroglio, il était intéressant de savoir ce qu'avaient trouvé les seules personnes qui aient eu le loisir d'examiner l'intérieur du réservoir accidenté. Eh bien, les scientifiques indiens n'ont trouvé aucune trace de cyanure dans les résidus entassés au fond de la cuve. Voulant en avoir le cœur net, ils ont procédé en laboratoire à une reconstitution des conditions de la catastrophe : ils ont mis dans un tube en acier inoxydable du MIC, de l'eau et du chlorure de fer, et ils ont chauffé le tout à 300 °C. Là encore, ils n'ont trouvé ni cyanures, ni acides cyanhydriques. Le mystère reste donc complet.

Au-delà des causes matérielles de la catastrophe, le rapport des scientifiques indiens s'attache aussi à en déterminer les responsabilités juridiques. Assez curieusement, cependant, tout ce qui pourrait être imputé au personnel autochtone de l'usine ou aux autorités locales est, soit minimisé, soit passé sous silence. Ainsi, on ne trouve pas un seul mot sur la modification de tuyauterie que la direction indienne de l'usine avait fait effectuer sans en avertir les directions asiatique et américaine d'Union Carbide.

De même, le rapport passe très vite sur une autre anomalie constatée par les experts de la multinationale américaine : le non-fonctionnement du système de réfrigération de la cuve. Or, si la température du MIC avait été maintenue aux alentours de 0 °C, ainsi que le préconise le manuel de production, la réaction fatale n'aurait jamais pu s'enclencher avec une telle violence, et ses

effets auraient été rapidement maîtrisés.

La responsabilité de l'arrêt du système de réfrigération revient elle aussi, selon toute vraisemblance, à la direction indienne de l'usine, car il ne s'agissait pas d'une panne fortuite, mais d'une interruption délibérée. D'après le rapport des syndicalistes, on aurait même vidangé en juin 1984 le fréon qui servait de réfrigérant, pour l'utiliser ailleurs.

En revanche, le rapport des scientifiques indiens est beaucoup plus prolixe sur les fautes ou erreurs de la direction générale d'Union Carbide. Il s'étend longuement, par exemple, sur l'absurdité que constituait le stockage à Bhopal d'une aussi grande quantité de MIC. En fait, l'état-major de la multinationale s'était contenté de recopier en Inde les équipements de son usine d'Institute, en Virginie. Mais si l'installation de vastes cuves de stockage se justifiait aux Etats-Unis, parce que l'unité d'Institute vend d'importantes quantités de MIC, soit à certaines filiales étrangères d'UCAR, soit à d'autres sociétés, l'accumulation de semblables réserves n'avait aucun sens à Bhopal. A plusieurs reprises, d'ailleurs, les ingénieurs indiens avaient attiré l'attention de la direction sur l'inutilité et les risques de ce stockage à long terme.

Certes, les cuves étaient parfaitement conformes à la réglementation en vigueur aux Etats-Unis et en Europe, mais certains équipements annexes faisaient défaut ou ne présentaient pas les mêmes garanties. Ainsi il n'y avait pas de dispositif permettant d'analyser la qualité du MIC avant son injection dans le réservoir, et les instruments destinés à contrôler la pression à l'intérieur de la cuve étaient d'une fiabilité toute relative, leur tube de raccordement étant fréquemment obstrué par de petits bouchons de MIC trimérisé. C'est surtout en raison de ces carences et de ces défaillances que le stockage pouvait devenir dangereux.

Bref, pour les scientifiques indiens, il ne fait pas de doute que des erreurs de conception et des vices de construction, toutes fautes imputables à la direction de la société mère et non à celle de la filiale indienne, ont largement contribué à rendre possible la catastrophe.

Le gouvernement indien, saisissant la balle au bond, n'a pas hésité à déclarer, dans un communiqué publié à la fin du mois de décembre dernier, que le rapport de M. Varadarajan démontrait de la façon la plus formelle que la fuite mortelle n'avait pas pu être l'œuvre d'un saboteur. Pourquoi ? Parce qu'il faudrait alors supposer qu'il y avait des gens qui savaient que, pour déclencher la réaction fatale, il était nécessaire d'introduire de l'eau dans le réservoir ainsi que des ions de fer ou des composés alcalins.

Le moins que l'on puisse dire, c'est que cet argument ne tient pas debout. La plupart des employés de l'usine, en effet, savaient qu'il fallait éviter à tout prix que le MIC stocké dans les cuves soit en contact avec de l'eau. Et même s'ils ignoraient que la réaction pouvait devenir très violente en présence de catalyseurs, ils avaient de bonnes raisons de penser que l'eau était capable à elle seule de provoquer des dégâts importants.

C'est pourquoi la direction américaine d'Union Carbide, nullement impressionnée par le communiqué du gouvernement indien, continue de soutenir la thèse du sabotage et déclare qu'elle la maintiendra devant les tribunaux si procès il y a (les dirigeants d'UCAR, ce n'est un secret pour personne, préféreraient un arrangement à l'amiable avec les autorités indiennes).

Cela dit, la thèse de la malveillance est-elle plausible ? Ou bien, n'est-elle qu'un paravent destiné à cacher des fautes graves et des négligences criminelles ? La vérité oblige à dire que le climat

social qui régnait à l'usine de Bhopal ne permet pas d'exclure l'hypothèse de la vengeance d'un employé en colère, d'autant que celui-ci ne pouvait pas prévoir que son geste se transformerait en catastrophe nationale, pour la bonne raison que les responsables de l'usine ne cessaient de répéter que le MIC n'était pas mortel, mais simplement irritant.

Pour mieux comprendre comment la situation s'est progressivement dégradée jusqu'à devenir explosive, il nous faut revenir brièvement en arrière. L'usine de Bhopal a été ouverte en 1969. Elle a d'abord fabriqué des pesticides à partir de concentrés importés des Etats-Unis. Puis, en 1975, le gouvernement indien a autorisé Union Carbide India à produire elle-même du carbaryl, un pesticide commercialisé sous le nom de "Sevin". Au début, le MIC entrant dans la composition du carbaryl était encore importé des Etats-Unis ; mais les autorités indiennes exigèrent assez rapidement qu'il fût fabriqué sur place, afin d'économiser des devises (l'Inde, à l'époque subissait, comme beaucoup de pays, le contrecoup du premier choc pétrolier).

L'unité de production de MIC fut opérationnelle en 1980, mais elle se révéla bien vite surdimensionnée par rapport aux besoins. Union Carbide, dans ses études de marché, n'avait pas tenu compte de la concurrence croissante de nouveaux produits moins toxiques et mieux adaptés aux cultures locales que le "Sevin" — tels les pyréthrénoïdes de synthèse fabriqués par Bayer. Résultat : alors qu'elle était capable de produire annuellement plus de 5 000 tonnes de pesticides à base de MIC, l'usine de Bhopal n'en commercialisa que 2 704 tonnes en 1981 et 1 657 tonnes en 1983. La situation financière de la société ne tarda pas à se dégrader, chaque exercice se soldant, depuis 1982, par des pertes considérables (quelque 5 millions de dollars de déficit annuel pour un chiffre d'affaires d'environ 15

millions de dollars). La fermeture de l'usine paraissait donc inévitable; elle était d'ailleurs réclamée par tous les actionnaires américains du groupe.

Mais le gouvernement du Madhya Pradesh ne voulait pas en entendre parler. D'abord, parce qu'il tenait à préserver un bon millier d'emplois dans une des régions les plus durement touchées par le chômage. Ensuite, par crainte de ternir l'image de marque de l'Inde auprès d'éventuels investisseurs étrangers. Finalement, un compromis intervint: on essaierait de faire tourner l'usine le plus longtemps possible en abaissant au maximum la charge salariale et les dépenses d'entretien. Funeeste décision!

Pour diminuer la charge salariale, non seulement on procéda à des licenciements, mais surtout on remplaça les employés qualifiés par du personnel temporaire bon marché et le plus souvent incompétent.

Ainsi, l'unité de production du MIC vit son personnel, passer de 12 employés (11 opérateurs et un contrôleur) à 6 (5 opérateurs et 1 contrôleur). L'équipe d'entretien, nous l'avons déjà dit plus haut, fut également réduite (de 6 à 2 personnes), et le poste de responsable de ce service fut supprimé moins d'une semaine avant l'accident. C'est le responsable de la production qui devait prendre le relais, mais, arrivé depuis à peine un mois de l'usine de piles de Calcutta, il ne connaissait encore pratiquement rien à la fabrication des pesticides.

Dans cette désorganisation générale, un acte de sabotage avait donc toutes les chances de passer inaperçu. Avait-il des raisons d'être commis? On va voir que oui. Dans les années 70, les ouvriers de l'usine de Bhopal étaient représentés par trois syndicats: un syndicat d'obédience communiste, un syndicat rattaché à l'Indian National Trade Union Congress (proche du parti gouvernemental) et un syndicat indépendant affilié à la Confédération internationale

des syndicats libres. Pendant longtemps, la direction joua habilement des rivalités qui opposaient ces trois organisations pour "casser" les grèves, éluder les revendications et régler les conditions de travail à son avantage, fût-ce au détriment de la sécurité.

Cependant, au fil des ans, les conflits du travail se multiplièrent. Les accidents aussi. A plusieurs reprises, des fuites de phosgène, de chloroforme, de MIC, firent des blessés graves, et même des morts. Fin 1982, le syndicat communiste dénonça publiquement les dangers de l'usine et l'insécurité qui y régnait. La direction, furieuse, réagit en l'excluant de la table des négociations.

Dès lors, le climat social ne fit que s'alourdir. L'autoritarisme de la direction, l'augmentation de la charge individuelle de travail et l'amputation sévère des budgets de formation, d'entretien et de sécurité finirent par créer, à l'automne 1984, une situation quasi incontrôlable.

La direction américaine d'Union Carbide était-elle au courant de ces problèmes? On le suppose, car, dès 1982, elle avait envoyé à Bhopal trois ingénieurs, avec mission de recenser tout ce qui n'allait pas. Ceux-ci avaient remis à leur tour un rapport circonstancié, dans lequel étaient évoquées, entre autres sujets préoccupants, la possibilité de fuites de matières toxiques, en raison du mauvais entretien des installations et l'incompétence d'un personnel par trop fluctuant. Ce rapport, hélas, n'eut pas de suites: aucun expert ne revint jamais à Bhopal vérifier si les anomalies signalées par les trois ingénieurs avaient été corrigées. Aussi peut-on dire que, pendant les deux années et demie qui ont précédé la catastrophe, la filiale indienne d'Union Carbide a échappé à peu près complètement au contrôle de la société mère.

On a beaucoup épilogué sur les raisons qui ont conduit les dirigeants du groupe à se désintéresser de l'usine de Bhopal.

Certains commentateurs ont fait état de marchandages qui auraient eu lieu entre l'état-major de la multinationale, les actionnaires indiens et les autorités locales et nationales: Union Carbide aurait accepté de garder le silence sur les conditions de travail à Bhopal, en échange de la liberté de développer dans le pays le secteur le plus florissant de son activité, celui des piles alcalines.

Quoi qu'il en soit, une chose est certaine: le comportement de la direction générale d'Union Carbide n'a pas été très clair dans cette affaire.

Cela dit, s'il est important de déterminer précisément les responsabilités dans la catastrophe de Bhopal, il est encore plus important de faire en sorte qu'elle ne se reproduise plus. Certes, il est peu probable que le même type d'accident se renouvelle dans un proche avenir, car le MIC est de plus en plus délaissé par l'industrie chimique (en France, il a été complètement abandonné). Mais il y a d'autres substances, à peine moins dangereuses, dont on n'est pas encore arrivé à se passer. C'est le cas du phosgène, par exemple, qui est transporté quotidiennement à travers tout l'Hexagone. Que le désastre de Bhopal serve donc d'avertissement à tous ceux qui seraient tentés de faire des économies sur le dos de la sécurité. ■



Pendant que les experts s'interrogent sur les causes de la catastrophe et que la population manifeste à propos des indemnités, des recherches se poursuivent sur l'impact écologique à long terme du gaz toxique.

LES DANGERS DE L'ÉCRAN

LE TRAVAIL SUR ÉCRAN D'ORDINATEUR

MENACET-IL LA SANTÉ?

Dans le monde entier, les pires accusations sont portées. En France, un groupe d'experts vient de faire le point.

Baisse de l'acuité visuelle, maux de tête, douleurs musculaires, accouchements prématurés, telles sont quelques-unes des accusations lancées contre le travail sur écran de visualisation. Du Minitel au terminal informatique, en passant par le micro-ordinateur personnel, l'usage des écrans cathodiques de visualisation ne cesse en effet de se répandre, tant au bureau qu'à l'école, et même à domicile.

Avec l'introduction d'une technologie nouvelle, se pose toujours la question des risques éventuels et des précautions à prendre. Encore faut-il au préalable établir une distinction entre les maux directement liés à l'utilisation de la technologie en question et ceux qui relèvent davantage du rejet plus ou moins conscient d'un mode de travail qui va à l'encontre des habitudes.

Alarmé par le nombre croissant des récriminations, le Syndicat des ophtalmologistes français vient d'organiser un colloque entièrement consacré à la pathologie du travail sur écran. Question d'autant plus d'actualité qu'une enquête récemment publiée par le syndicat Force ouvrière attribue au travail sur écran une liste impressionnante de troubles.

Ce colloque avait le grand mérite de réunir des participants de différentes disciplines : ophtalmologistes, bien sûr, mais aussi médecins du travail, médecins ergonomistes (spécialisés dans l'organisation des conditions de travail) et chercheurs

universitaires. De la confrontation de leurs avis, on peut d'ores et déjà tirer un certain nombre de conclusions.

D'abord, un point fondamental : les études faites par les physiiciens démontrent l'absence de nocivité directe des écrans de visualisation. Pas plus que les écrans de télévision, ils ne produisent de rayonnements dangereux. Les infrarouges et les ultraviolets sont moins denses que dans la lumière naturelle, et la quantité de rayons X émis est très inférieure à la limite définie par les normes internationales. On ne peut donc accuser ces radiations d'être à l'origine de lésions organiques, qu'il s'agisse de troubles de la grossesse, de malformations fœtales ou d'atteintes oculaires de type cataracte.

Deuxième conclusion : l'écran n'agit pas comme un facteur ophtalmologique toxique, mais plutôt comme un révélateur des défauts de la vision. Si, plus d'une fois sur trois, les anomalies visuelles passent inaperçues dans la vie courante, en revanche elles sont rapidement révélées par le travail sur écran. Les problèmes de réfraction (astigmatisme, myopie, hypermétropie), même minimes, et les défauts d'accommodation (presbytie) occasionnent inmanquablement des troubles ou des gênes. D'où la nécessité d'un bilan ophtalmologique complet avant l'embauche à un poste exposé.

La déclaration d'inaptitude au travail sur écran est rare, car la plupart des défauts visuels sont susceptibles de correction, soit

par le port de verres adaptés, soit par la pratique d'une gymnastique oculaire corrective. L'existence de lésions inflammatoires de la cornée est peut-être la seule contre-indication absolue : les kératites chroniques provoquent en effet généralement la photophobie (toute lumière devient insupportable).

Une circulaire officielle, en date du 29 avril 1980, classe le travail sur écran parmi les emplois justiciables d'une surveillance particulière. Il semble donc logique de répéter à intervalles réguliers les examens ophtalmologiques, afin de pouvoir remédier au plus tôt à une éventuelle altération de la vision, notamment aux alentours de quarante-cinq ans, lorsqu'apparaissent les premiers signes de presbytie.

Troisième conclusion : les sensations d'éblouissement, les picotements des yeux ou les maux de tête, qui affectent à des degrés divers environ 70 % des utilisateurs, même ceux qui ont une vue parfaite, sont des symptômes bien réels, mais difficiles à apprécier de façon objective. Tout ce que l'on peut dire, c'est qu'intervient ici la notion de fatigue oculaire cumulative, propre à tous les travaux minutieux, et que l'importance des troubles est fonction de la durée de la tâche et de l'attention requise. Rien de comparable en effet entre l'hôtesse d'une agence de voyage qui consulte de temps en temps son terminal pour effectuer des réservations, et l'informaticien ou le claviste qui opère des saisies pendant plusieurs heures d'affilée.

Les principales causes de fatigue oculaire sont :

1° La nécessité d'accommoder à intervalles rapprochés, l'œil se déplaçant sans cesse entre l'écran, le clavier et le plan de travail. On a calculé

qu'une journée de travail sur écran requerrait environ 30 000 mises au point successives. En outre, les documents à déchiffrer sont habituellement en contraste positif (caractères noirs sur fond blanc), tandis que l'affichage sur l'écran se fait généralement en contraste négatif (caractères blancs ou de couleur sur fond sombre), ce qui oblige aussi à une constante adaptation.

2° Le scintillement de l'écran, qui entraîne une sensation de papillotement. Un écran de visualisation ou de télévision, on le sait, est recouvert sur sa face interne d'une couche de substances fluorescente. L'image ou les caractères qui apparaissent sur l'écran sont produits par la projection d'un faisceau d'électrons sur cette couche fluorescente. Le faisceau balaye la surface de l'écran, et les grains de la substance fluorescente s'illuminent à chaque point d'impact. Mais cette illumination n'est que de courte durée : elle dépend en fait des caractéristiques de rémanence (ou persistance) de la substance fluorescente employée. Aussi doit-on continuellement "rafraîchir" l'image pour un nouveau balayage de l'écran. Si la

vitesse de balayage est insuffisante par rapport à la persistance fluorescente donnée, il se produit un scintillement perceptible par l'opérateur.

3° Les phénomènes d'éblouissement. Ils sont généralement liés à un mauvais équilibre des luminances, c'est-à-dire des valeurs physiques qui conditionnent la sensation visuelle de luminosité. Ainsi, par temps moyen, l'intensité lumineuse provenant d'une fenêtre est dix fois plus importante que la luminance de l'écran. Or l'opérateur est souvent contraint d'alterner la lecture d'un document éclairé par la lumière du jour ou par une lampe de forte puissance, et le déchiffrement d'un écran situé dans une zone plus sombre. Lorsque l'alternance entre différentes luminances est fréquente, le mécanisme d'ajustement pupillaire est sollicité de manière excessive, ce qui est source de fatigue.

4° Les reflets sur l'écran. En formant une image qui se superpose aux caractères, ils éclipsent l'affichage et diminuent le contraste entre les caractères et le fond de l'écran. Ils sont dus, soit à la mauvaise disposition et

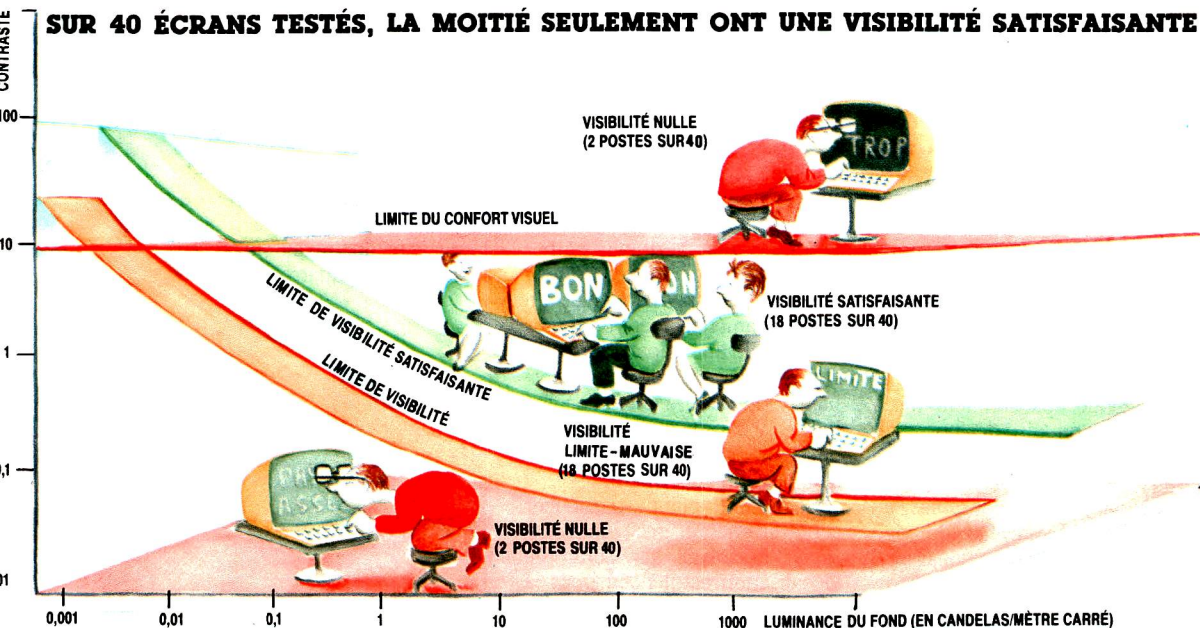
à la luminance inadéquate des sources principales de lumière, soit à la présence de sources secondaires à proximité de l'écran.

Certaines de ces causes de fatigue oculaire peuvent être corrigées. Ainsi, une bonne vitesse de balayage de l'écran, adaptée à la persistance de la substance fluorescente, peut considérablement diminuer, sinon totalement éliminer le scintillement. De même, les spécialistes en ergonomie conseillent un aménagement rationnel du poste de travail : des stores et des cloisons de couleur neutre devront atténuer la lumière du jour ; l'éclairage sera diffus, indirect et modulable, venant de la gauche de l'opérateur, et non pas de son dos (ce qui entraîne des reflets sur l'écran) ni de face (ce qui accentue l'éblouissement). On évitera les meubles brillants, qui réfléchissent la lumière ; quant à l'écran, il sera placé à environ 50 centimètres des yeux de l'opérateur un peu plus bas que ceux-ci.

De telles recommandations, en apparence simples, ne sont pas toujours d'une application aisée. En effet les ordinateurs sont souvent placés dans les locaux conçus antérieurement à

Les valeurs prises en compte pour établir ces courbes sont des moyennes de couples de mesures du contraste et de la luminance du fond pour diverses positions de réglage des postes.

SUR 40 ÉCRANS TESTÉS, LA MOITIÉ SEULEMENT ONT UNE VISIBILITÉ SATISFAISANTE



leur venue, et généralement trop lumineux. Plonger ces pièces dans une demi-pénombre n'est pas possible quand d'autres personnes y travaillent aussi.

Une dernière cause de fatigue oculaire, que nous n'avons pas encore évoquée, est la mauvaise lisibilité des caractères. Sur l'écran, leurs contours sont souvent flous, autrement dit il n'y a pas de frontières précises entre le caractère et le fond de l'écran. De plus, la distribution de la luminance à l'intérieur d'un caractère n'est pas uniforme. Corriger ce défaut est aussi difficile que d'obtenir un bon contraste entre les caractères et le fond: en effet, quand, sur un écran en contraste négatif, on veut augmenter la luminance des caractères, on augmente également celle du fond.

Des recherches récentes menées tant aux Etats-Unis qu'au Canada montrent que le mode d'affichage vectoriel (caractères définis par des segments de droites) est préférable au mode matriciel (caractères définis par une matrice de points); que, dans ce dernier cas, l'accroissement de la taille des points et la réduction de la distance entre eux améliorent les performances de lecture; qu'enfin la forme optimale des lettres est différente de celle des caractères imprimés.

La quatrième conclusion du colloque organisé par le Syndicat des ophtalmologistes français a trait à la capacité de travail des opérateurs. La question soulevée était la suivante: faut-il ou non limiter la durée des saisies quotidiennes? Le Bureau international du travail préconise un maximum de quatre heures et demie par jour. Les participants du colloque, eux, estiment que, à conditions de faire des poses régulières (15 minutes toutes les deux heures environ), des poses de toute façon indispensables au maintien d'un niveau de vigilance correct, on peut dépasser 6 heures sans problème.

D'autant que, pour répondre

aux fatigues visuelles du travail sur écran, les opticiens ont mis au point des verres teintés en dégradé qui rééquilibrent les luminances. La partie la plus colorée, située dans le haut du verre, atténue la luminance des sources extérieures ou supérieures (vitres, tubes fluorescents, etc.); le dégradé central permet de passer sans perturbation de la vision du clavier à celle de l'écran; enfin, la partie inférieure, non teintée, du verre est adaptée à la lecture des documents. Le montage de ces verres se fait à la carte, c'est-à-dire en fonction de l'ambiance lumineuse du poste de travail. Si, par exemple, la luminance extérieure est élevée, la partie teintée descendra le plus bas possible, afin d'offrir une protection maximale. Ajoutons que ces verres ont subi un traitement antireflets, qui supprime les réflexions parasites des sources lumineuses sur l'écran.

Cinquième conclusion: les symptômes fréquemment évoqués tels que les troubles du sommeil, la perte d'appétit, la chute des cheveux, l'irritabilité, les contractures musculaires, ne sont pas directement liés au travail sur écran: ils sont secondaires au stress engendré dans certains cas par ce mode de travail. Car tous les sujets n'acceptent pas de la même façon cette nouvelle technologie. Des attitudes de rejet, qui ne sont pas toujours conscientes, peuvent entraîner une véritable pathologie psychosomatique, comme un ulcère gastro-duodénal. Un meilleur aménagement du temps de travail, une répartition plus variée des tâches devraient permettre de réduire cette nocivité indirecte dans laquelle intervient de façon prépondérante la personnalité de l'opérateur.

Seul un point particulier soulève encore des interrogations: le travail sur écran de visualisation est-il nocif pour la femme enceinte? Au cours de

ces dernières années, différents cas de grossesse pathologique ont été signalés au Canada, aux Etats-Unis et en Suède chez des femmes travaillant sur ordinateur. En 1980, par exemple, quatre employées du service des petites annonces du *Toronto Star* auraient donné naissance à des enfants présentant des malformations congénitales. Cette même année, six femmes d'un bureau du gouvernement fédéral canadien, travaillant toutes sur écran cathodique, auraient soit accouché avant terme, soit eu un enfant anormal. Certaines entreprises américaines ont d'ailleurs pris l'habitude de changer de poste leurs employées dès qu'elles sont enceintes.

Faut-il pour autant incriminer le travail sur écran? On sait de façon certaine — et nous l'avons dit plus haut — que les écrans n'émettent pas de rayonnements toxiques et qu'ils ne peuvent donc pas agir directement sur le fœtus.

En revanche, on évalue encore mal l'incidence sur le déroulement de la grossesse d'une position assise prolongée ou d'un état de stress persistant.

Le colloque du Syndicat des ophtalmologistes ne s'est pas prononcé sur ce sujet, faute d'informations suffisantes. Dans le but précisément de rassembler ces informations, une grande organisation féminine américaine, la National Association of Working Women, vient de lancer sur tout le territoire des Etats-Unis une vaste enquête épidémiologique, seul moyen objectif de déterminer exactement la nocivité du travail sur écran. Résultats dans quatre ans. ■



Les étonnantes possibilités de la mémoire

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

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

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

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

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

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

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

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

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

L'adresse?.. Méthode W.R. Borg, chez Aubanel, dpt 805 - 6, place St-Pierre, 84057 Avignon Cedex.

E. BARSAN

BON GRATUIT

A remplir en lettres majuscules en donnant votre adresse permanente et à retourner à : *Méthode W.R. Borg, chez Aubanel, dpt 805 - 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 _____

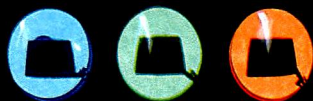
Aucun démarcheur ne vous rendra visite

LA MAISON DE DEMAIN A U

FILLE DES PUCES ET D'UNE NOUVELLE

TECHNOLOGIE, la domotique, la maison de demain, coûtera moins en énergies humaine et électrique, et cela grâce à un "cerveau" électronique qui en réglera les fonctions de manière autonome.

Plusieurs éléments de cette maison vivante ont déjà percé dans l'industrie.



N CERVEAU

1. Terminal d'ordinateur, visiophone et commande du chauffage, du système de sécurité, de l'interphone, etc.
2. Tableau d'alimentation électrique
3. Amplificateur
4. Preamplificateur
5. Egaliseur hi-fi
6. Récepteur radio numérisé
7. Lecteur de cassettes
8. Magnétophone à bandes
9. Platine à audio-disque laser
10. Tourne-disque à bras tangentiel
11. Magnétoscope
12. Bulle douche-bain-sauna
13. Lit programmable
14. Bar escamotable
15. Écran TV moniteur.

Machines à laver sans eau, fours qui calculent eux-mêmes le

temps de cuisson des aliments et qui annoncent la fin de cette cuisson, cafetières à commande vocale, balances qui dictent votre régime alimentaire, les objets domestiques sont depuis peu à l'heure du futur. Dépassé, le confort moderne. Déjà les puces, ces mini-programmes, ont rendu nombre de nos appareils électroménagers intelligents. Désormais, c'est la maison tout entière qui s'y met. Pour simplifier la vie quotidienne. Pour économiser l'énergie.

Nos maisons et appartements deviennent actifs, fonctionnels, gérés par une commande centrale informatique, un vrai cerveau. Et pour transmettre tous ces signaux de pièce en pièce, d'appareil en appareil, les ingénieurs électroniciens mettent au point actuellement un conducteur unique, appelé "bus", mot acronyme de *Binary*

United System, en français système unifié de commande, qui serait standardisé à l'échelle européenne.

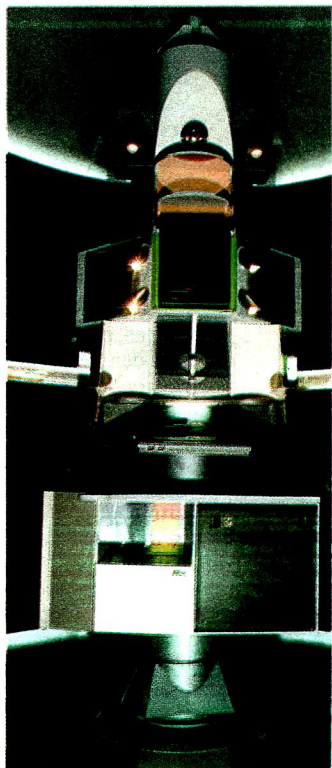
Ce "bus" véhiculerait les informations dans les circuits internes. Fonctionnant un peu à la manière d'un tableau de bord, il permettrait de piloter à distance tous les appareils d'une maison, comme par exemple : régler l'éclairage pièce par pièce ou en modifier l'intensité à l'aide d'un variateur, commander l'ouverture d'une porte ou l'allumage de la télévision, ou encore moduler le fonctionnement des appareils de chauffage en fonction de l'emploi du temps des occupants et des tarifs d'électricité.

Le "bus" peut en outre recevoir les commandes de l'extérieur. Par téléphone et Minitel interposés, il rendra possible la mise en route du chauffage d'une maison de campagne plusieurs heures avant que l'on y arrive, ou l'arrosage du jardin lorsqu'on est absent.

LES CUISINES ET LES CHAMBRES QUI FONT L'IMPOSSIBLE

Dans la chambre à coucher (à gauche) : stéréo, sono, vidéo, effets spéciaux. Certains diront : Mais où dormir ? Dans le lit, situé entre le bar, au premier plan, et la douche-sauna-bain bouillonnant au fond. Ce lit — futur oblige —, piloté par un ordinateur à commande vocale, change d'inclinaison à volonté ! Le même ordinateur vous récitera, sur simple demande, vos rendez-vous de la journée. Il sait organiser, selon vos souhaits, le scénario du réveil : musique, puis le lit se relève doucement, café, météo, et le bain coule.

La cuisine (à droite), d'allure spatiale, est superfonctionnelle avec un "système nerveux" constitué par une structure informatisée, capable d'afficher sur un écran une série de tableaux nutritionnels. Ce prototype récemment présenté au public parisien préfigure une nouvelle génération de cuisines.



Photos P.-H. Ennis - J.-G. Marquis

LA MAISON QUI TOURNE

Pour intégrer dans une maison toutes les technologies de pointe, Jean-Noël Pigout, électronicien de formation, a conçu ce module sphérique. Il pivote sur un axe, mû par un moteur électrique consommant 50 W/h pour un tour complet, mais, détail : ce n'est que la coque qui tourne, l'intérieur restant fixe. La rotation est réglée en fonction de l'éclairement, automatiquement, se-

lon les paramètres mis en mémoire d'un calculateur (saison, latitude, altitude) et selon la météo. Des cellules photovoltaïques sur les parois devraient accumuler assez d'énergie pour rendre le module autonome. Quand il fait chaud dehors et que les occupants sont absents, on peut laisser la température intérieure monter jusqu'à 26 °C pour récupérer l'énergie. Les eaux de pluie sont récupérées et le balayage des vitres est automatique. Pour la sécurité, on ferme la maison bionique en la faisant pivoter sur elle-même, ce qui bloque tous les accès. Mais on peut toujours rentrer par le sous-sol en empruntant un ascenseur qui dessert les trois niveaux. Surface totale : 135 m². Prix en kit : de l'ordre de 500 000 F. Un modèle sera prochainement construit à Ajenzat, près de Vichy. Deux personnes non spécialisées pourront monter cette maison, dont tous les éléments peuvent être entretenus par un électricien local.



Bref, la maison de l'avenir n'est plus un abri inerte, mais une structure vivante et capable d'initiatives.

Energie. Les journées ensoleillées fournissent un carburant gratuit ; le Soleil. Disposés sur le toit, des modules photovoltaïques captent et stockent l'énergie solaire et réduisent les dépenses. Le même module permet d'alimenter deux luminaires de 13 watts pendant une heure l'hiver dans le nord de la France, et pendant 4 ou 5 heures l'été dans le Sud, si la maison est occupée de façon continue. Les capacités d'éclairage augmentent si la maison n'est habitée qu'en fin de semaine. Un système basé sur l'énergie solaire peut même fournir entièrement une demeure en eau chaude.

Quel que soit le mode de chauffage adopté, il est préférable de gérer au mieux du budget et des besoins de ses utilisateurs.

Des "optimiseurs" fonctionnant par microprocesseurs (Per-

former 800, Delta-Dore) prennent en compte tous les paramètres dictés : caractéristiques du bâtiment ; type de chauffage et tarification ; température externe et interne ; emploi du

temps, afin de chauffer chaque pièce au mieux et au meilleur prix. Ce système calcule lui-même l'heure à laquelle il doit se mettre en route pour que votre appartement soit à la température voulue lorsque vous rentrez. Modem et Télétel permettent de modifier les consignes par téléphone.

Automatismes. Pour l'ensemble de la maison, ces cerveaux n'existent encore qu'à titre expérimental (*Home Minder* de General Electric aux USA, *Home Automation System* de Mitsubishi au Japon, *Projet Automated House* de Thorn-EMI en Angleterre). En cours d'étude à l'échelle européenne, le "bus" doit être capable de véhiculer plusieurs types d'informations, à impulsions électriques pour le téléphone, à ondes hertziennes pour la télévision, et sans câblage excessif.

Timide ébauche, le Central Sidav, de Radiola, en vente, permet déjà de télécommander 5 appareils audiovisuels à partir d'un même boîtier. Et Legrand a présenté à Batimat un système disponible depuis ce mois-ci qui commande l'éclairage et les prises de courant de 6 pièces

TRAVAIL ET DÉTENTE ÉLECTRONIQUES

Travail : 58 % des jeunes de 18-24 ans aspirent à travailler à domicile, selon un sondage Louis-Harris-Antenne 2-La Croix, réalisé à Batimat sur le logement de l'an 2000. C'est en train de se faire, grâce au Minitel, aux archives vidéo, à l'ordinateur et à la transmission optique des informations par téléphone. L'espace travail de la maison future permettra de participer à des téléconférences, de communiquer et de se faire communiquer des textes et documents imprimés, d'effectuer recherches et enquêtes sans quitter son siège. A l'avenir, tous ces services seront, à la maison, centralisés dans un même espace.

Détente : la salle d'eau change de vocation, la baignoire est remplacée par la baignoire à turbulences ("jacuzzi" aux Etats-Unis, balnéide hydrobain et aéro-bain en France),

qui masse et ionise grâce à des remous pulsés et des courants. L'affichage digital conquiert le mélangeur (Aquariane Digital, d'Ideal Standard, qui affiche à un dixième près la température de l'eau et fonctionne à la lumière naturelle ou électrique avec une puce et des batteries solaires - 1 200 F).

Sport et culture physique : l'imagination se débride, comme avec ce système de jogging sur tapis roulant, qui fait dérouler un paysage sur écran à la vitesse où l'on court... Ou encore avec cette balance qui parle et qui peut retenir et dire, puis comparer les variations de poids de cinq personnes et leur indiquer même le menu à suivre pour le rétablir... On prévoit des salles d'entraînement avec des capteurs de rythme cardiaque et de pression artérielle affichés sur écran.

LA MAISON DU FUTUR GRUNDIG - SCIENCE & VIE

La société Grundig a choisi la maison du futur comme thème de son stand au Festival du son. Réalisé en collaboration avec notre journal, une mise en scène et un montage audiovisuel sophistiqué feront vivre les visiteurs à l'heure de demain, dans les espaces de détente, de travail, de beauté, de sport et de santé, dans les "espaces-parents", les "espaces-enfants" et les "espaces mixtes" de nos maisons du XXI^e siècle. La société allemande en-

tend développer ce projet d'avant-garde, dont ce sera là une première présentation.

A côté de ses téléviseurs et magnétoscopes d'aujourd'hui, Grundig présentera un prototype de récepteur TV permettant de capter et d'enregistrer chez soi une image météo par satellite, toutes les demi-heures. Le temps qu'il fera demain à domicile, on est bien dans la maison du futur...

depuis n'importe laquelle de celles-ci.

La méthode consiste à associer les infrarouges au courant porteur. La commande à infrarouges n'étonne plus personne, mais elle ne franchit pas les murs. Il lui faut le relais du courant alternatif des installations en 220 volts dont les "blancs", eux, peuvent véhiculer des ordres et des messages codés. Cela permet d'éteindre, d'allumer la lumière, de fermer les volets, régler le chauffage ou commander le téléviseur avec un seul boîtier sans fil et bien sûr sans bouger.

Sécurité. Avec le système Elbex de chez Bisset, on peut filmer le visiteur à la porte grâce à une mini-caméra intégrée à l'interphone, qui corrige même automatiquement les écarts de lumière pour donner une bonne image. Si l'on connecte ce système avec une imprimante vidéo, on obtient un cliché. La serrure Dorma, à microprocesseurs, ne s'ouvre que si l'utilisateur tape sur un clavier un code secret (3 millions de combinaisons possibles). A l'étude : une commande vocale avec des phrases de passe pouvant comporter jusqu'à 50 mots. A l'étude également des détecteurs de fumée, de feu, de fuites d'eau et de gaz, ainsi que la télésurveillance des bébés et des enfants. « La vie de demain sera dure, me disait un petit garçon, pour ceux qui faisaient tranquillement semblant d'apprendre leurs leçons ! »

Electroménager : c'est l'un des domaines qui évoluent le plus vite. General Electric, Sharp, Moulinex, Philips offrent déjà des fours qui règlent automatiquement le degré et le temps de cuisson nécessaires. Le marché offre déjà des plaques qui chauffent les aliments, mais restent froides : c'est le chauffage par induction, *cool cooking* disent les Américains, qui économise l'énergie dissipée en rayonnement. L'évier-lave-

vaisselle à venir fonctionnera par ultrasons et sera silencieux (Lavasonic).

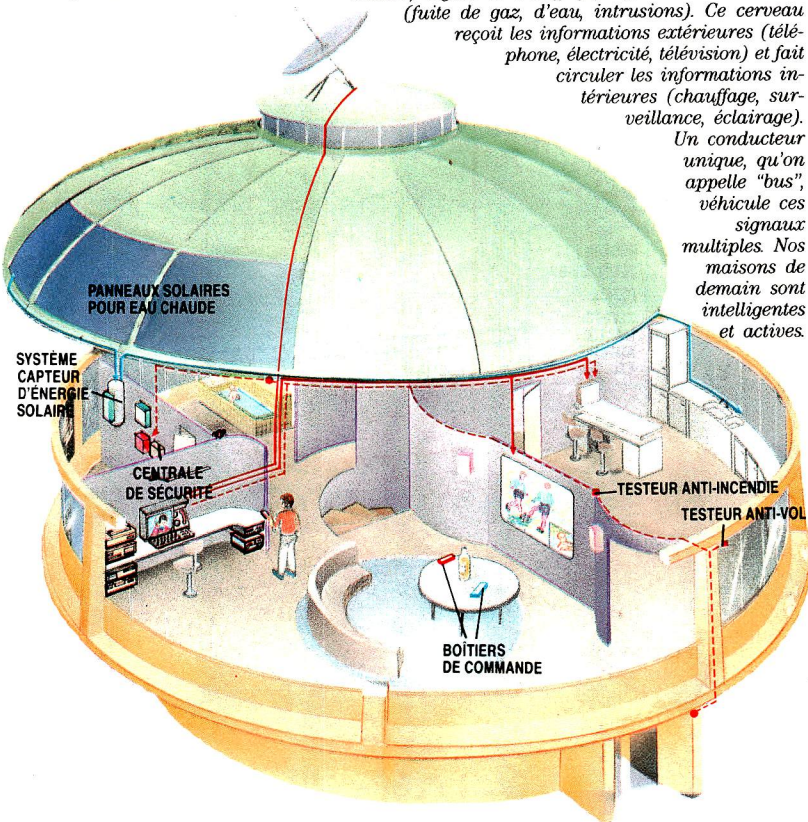
Et l'on met au point des machines à laver le linge capables d'étudier le poids du linge, son matériau et son degré de souillure et d'ajuster en conséquence les niveaux d'eau et de chauffe et le programme de lavage. A venir également, l'aspirateur à télécommande manuelle, et les fers à repasser qui se déconnectent automatiquement dès qu'il y a danger de brûlure du tissu...

La modification organique de la maison impose évidemment une modification d'architecture. Car il devient de plus en plus difficile d'intégrer de tels automatismes aux maisons traditionnelles existantes, sous peine de les surcharger de câblages et boîtiers.

LA MAISON QU'ON PILOTE

Depuis un tableau de bord domestique, on pilote la maison du futur. Un ordinateur stocke l'énergie solaire, règle le chauffage, signale les anomalies (fuite de gaz, d'eau, intrusions). Ce cerveau reçoit les informations extérieures (téléphone, électricité, télévision) et fait circuler les informations intérieures (chauffage, surveillance, éclairage).

Un conducteur unique, qu'on appelle "bus", véhicule ces signaux multiples. Nos maisons de demain sont intelligentes et actives.



De toute façon, le mode de vie ayant aussi changé depuis moins d'un demi-siècle, cette refonte s'impose depuis quelque temps. D'où la nécessité d'y faire participer les professionnels du bâtiment et la création de l'Association pour les maisons du

futur⁽¹⁾, qui met en rapport les architectes et les corps de métiers pour la réalisation de projets unifiés et cohérents.

Voici un exemple de cette nécessité : l'installation des différents écrans et terminaux dans la maison informatisée. Car il n'est pas question de disposer partout des postes de télévision. On encastrent des petits et des grands écrans afin qu'ils se fondent harmonieusement dans les murs. Ce sera comme au cinéma !

La maison du futur va s'enrichir aussi de nouveaux espaces. On y travaillera à domicile, grâce au Minitel, aux archives vidéo, au visiophone et à l'ordinateur. Le "télétravail" est né et va se développer. Un sondage récent précise que 58 % des jeunes de 18 à 24 ans aspirent à travailler chez eux. On trouvera page 74 une des premières solutions apportées à ces

problèmes d'architecture dans le cadre d'un habitat individuel.

Ces projets pilotes sont fondés sur des possibilités techniques réelles. Pour passer au stade industriel il faudra les adapter et les modifier encore, mais tels quels ils reflètent déjà bien les orientations de l'habitat pour les années à venir.

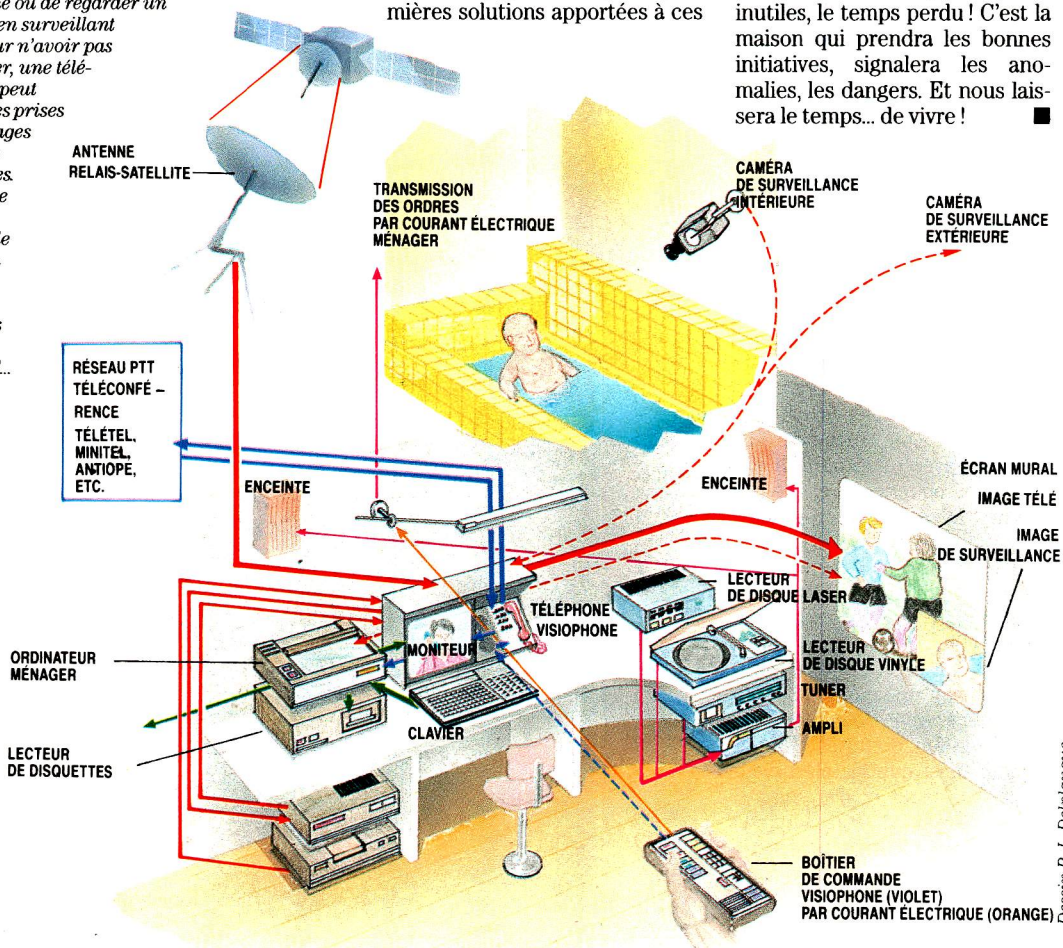
Depuis l'invention de l'électricité, l'espace domestique n'avait guère évolué. La technologie de demain va rendre notre confort "moderne" bien caduque. L'automatisation des appareils ménagers qui se dessine actuellement n'en est encore qu'à son début. Bientôt, c'est l'habitation tout entière qui va devenir intelligente. Et ses habitants ?...

On a compris, la maison du futur va s'occuper d'elle-même en nous dispensant de le faire.

Finis les corvées, les gestes inutiles, le temps perdu ! C'est la maison qui prendra les bonnes initiatives, signalera les anomalies, les dangers. Et nous laissera le temps... de vivre ! ■

DES ÉCRANS SUR TOUS LES MURS

La télévision de demain est un vrai récepteur de communication multi-fonctions : à la fois moniteur de contrôle, visiophone pour consulter, par exemple, son médecin à une téléconférence dans un bureau à l'étranger. En plus des émissions par voies hertziennes et par câble, on y capte les programmes satellites du monde entier. Le premier téléviseur à tuner satellite intégré, avec son antenne parabolique, est aujourd'hui disponible en France (Salora, environ 27 000 francs). On recevra bientôt la météo par image satellite à domicile (Grundig). Tous ces écrans auront des coins carrés, un nouveau format ne rognant pas l'image, un écran plat et une haute définition, ils seront stéréo, bi ou trilingues (on peut choisir la langue dans laquelle écouter un programme). Une petite image insérée permettra de ne pas rater le début d'une émission sur une autre chaîne ou de regarder un match tout en surveillant Bébé. Et pour n'avoir pas à se déplacer, une télécommande peut actionner les prises et les éclairages de toutes les autres pièces. Depuis votre fauteuil, d'une simple pression du doigt, vos volets se ferment, vos lumières s'allument !...



(1) APMF, 1 rue E.-Vaillant, 92800 Puteaux.

MICROS EN CRISE

LE RÉVEIL EST BRUTAL POUR

LES FABRICANTS d'ordinateurs familiaux. Après une période d'euphorie et de réussites spectaculaires, les faillites et les abandons se multiplient aux Etats-Unis comme en Europe. La mode passée, il faut se rendre à l'évidence : un ordinateur à la maison, cela ne sert à rien.

Qu'entend-on par micro-ordinateur "familial"? Transposé de l'anglais "home computer" (ordinateur pour la maison), il désigne un équipement de petit volume, de faible capacité et d'un prix abordable. Plus précisément, c'est le prix de la console, c'est-à-dire l'ensemble processeur-mémoire-clavier nu, sans écran et sans "périphériques" (magnétophone, lecteur de disquette ou imprimante), qui fixe l'appellation "familiale": en France, on considère qu'une console doit coûter moins de 5 000 TTC (prix de vente moyen en magasin), ce qui exclut le célèbre Apple II (8 500 F aujourd'hui). Mais aux Etats-Unis, où le pouvoir d'achat est plus élevé, la barre est couramment fixée à 1 000 \$ (soit 8 000 F), ce qui y englobe l'Apple II. C'est aussi, par rapport aux ordinateurs de bureau à usage professionnel et aux performances nettement supérieures que l'on définit cette catégorie de machines. C'est enfin en raison de la "cible" visée: le père (ou la mère) de famille, mais principalement leurs enfants.

Or, un malaise se fait jour depuis quelques mois, qui conduit à s'interroger sur l'avenir de cette jeune industrie. Alors que, par rapport à 1982, le marché français de 1983 a vu ses ventes multipliées par quatre (!), en 1984 les ventes n'ont augmenté

que de 33 % seulement, par rapport à l'année précédente. Les prévisions les plus optimistes tablent, pour l'année 85, sur une augmentation de 50 %... seulement (!), soit environ 500 000 micros familiaux, contre 325 000 en 1984. Bien sûr, il s'agit d'une progression qu'envierait bien des industriels; mais à l'aube de l'informatique, plus habituée à doubler, tripler voire quadrupler ses performances d'une année sur l'autre, c'est une "petit" résultat. Et puis, signe des temps? Voilà que TF1 décide d'abandonner ses émissions d'initiation *Tify* et *Pic et Poke*. « Les gens en ont assez qu'on leur explique ce qu'est l'informatique » avouent-on à TF1.

Plus symptomatique encore, la désaffection de la partie que le SICOB consacre chaque automne à la micro-informatique sous le nom de SICOB-Boutique. Cette année, il est vrai, celle-ci avait été exilée hors de la Défense, où se tenait le salon principal. En outre, la promotion semble en avoir été bien mal assurée, mais la chute de fréquentation est spectaculaire! Alors que le SICOB accueillait 390 000 visiteurs pendant les dernières semaines de septembre 85, soit 4 % de moins que l'année précédente (un peu plus de 400 000 visiteurs en 84), la SICOB-Boutique n'atteignait que 40 % des effectifs de 1984 (un peu moins de 85 000 visiteurs, contre 220 000 en 84).

Même en tenant compte des freins objectifs cités plus haut, la baisse est considérable: tous les professionnels l'ont dit, le grand public a boudé la manifestation et décision est prise d'orienter cette partie du SICOB vers les usages plus professionnels que familiaux.

Un autre élément à prendre en considération: le décalage traditionnel entre la France et les Etats-Unis. Notre pays accuse en effet un à deux ans de retard sur le "modèle" américain. Or, passée la phase d'engouement spectaculaire qui a caractérisé le marché américain de 81 à 83, les ventes sont lourdement retombées: de 390 000 ordinateurs familiaux vendus en 1981, on était passé à 4 800 000 en 1983; mais en 1984, seulement 4 500 000 micros ont trouvé preneur, soit 6,25 % de moins en volume... Les prévisions pour 1985 sont encore plus faibles, on parle de 3 000 000 d'unités (!).

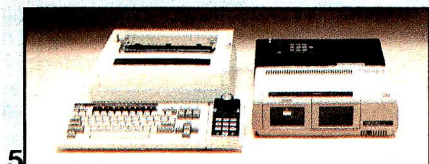
En somme, passée l'euphorie conquérante des années précédentes, l'humeur des chevaliers d'industrie est sombre, très sombre. Certains n'hésitent pas à parler d'apocalypse. D'autres, d'un sourire gêné, affirment que la crise n'est que passagère et que tout repartira dans quelques mois...

Pourtant les abandons s'accroissent depuis quelques temps. Qu'on en juge:

C'est d'abord, en janvier 85, l'annonce par CBS-Coleco de l'arrêt de l'ordinateur familial "Adam", dont les ennuis techniques n'ont jamais pu être sérieusement surmontés. Cette machine, que CBS évoquait avec des mines gourmandes en 1983, vit le jour au début de l'année 84: son lancement, après la saison traditionnelle (les ventes sont plus fortes en fin d'année) et de dramatiques problèmes

(1) et (2) Les chiffres pour 1985 ne sont pas encore connus.

LES ÉCHECS



L'étroitesse du marché est à l'origine de l'échec du TI 99 de Texas Instrument (2), de l'Alice de Matra (1), de l'Electron de Acorn (3), du PC Junior (+) d'IBM et de l'Adam de CBS-Coleco (5). Demi-succès par contre pour les Thomson TO 9 (6), Oric-Atmos (7), Sinclair QL (8) et Atari 520 ST, des batards, ni vraiment familiaux ni vraiment professionnels.

mécaniques (Coleco avait choisi un type de lecteur de cassette tout à fait particulier) ont gravement gêné les ventes. En fin d'année 84, seuls 190 000 appareils avaient été vendus, les difficultés techniques n'étaient pas résolues, et le marché se tassait sérieusement. Tout ceci devait contraindre CBS-Coleco à "arrêter les frais" et à se replier sur le jouet traditionnel, choix que justifie le succès des "Patoufs", ces poupées rebondies lancées il y a peu.

Puis l'orage éclate en Europe où Oric, marque anglaise de petits ordinateurs, presque uniquement vendus en France, dépose son bilan. Au fond Oric, qui n'était qu'une petite marque parmi tant d'autres, avait connu une sorte de miracle: directement concurrent du célèbre Sinclair Spectrum, le marché anglais ne lui était guère favorable. La direction d'Oric allait porter l'attaque là où Sinclair était faible, c'est-à-dire sur le marché français. Celui-ci, en pleine expansion, avait été gravement sous-estimé par Sinclair, qui

pensait avoir bien assez à faire avec le marché britannique. En "manque" de Sinclair, dont la réputation avait été répandue par le tout petit ZX 81, les acheteurs français étaient chaque jour un peu plus déçus de voir la firme britannique les négliger. L'arrivée d'Oric 1, suivi de l'Oric Atmos, version améliorée du précédent, leur parut un bon substitut: les machines étaient très comparables par leurs prix, leurs performances et leur positionnement. Las, les ventes d'Oric, pendant ce temps-là, s'écroulaient en Angleterre avec l'ensemble du marché: le dépôt de bilan devint vite nécessaire. Le sauveur sera un des deux distributeurs français, Euréka.

formation à l'informatique dans les écoles, avec la collaboration de la télévision. Bel exemple, dont notre plan Informatique pour tous, en cours de réalisation, s'inspire quelque peu. Mais ces beaux jours sont finis, la BBC n'a plus besoin de ces ordinateurs puisque toutes les écoles britanniques sont désormais équipées et Acorn a du mal à vendre ses produits sous sa propre marque (l'Electron, par exemple, qui ne perce pas). Les marchés étrangers — la France, en particulier — sont déjà très occupés... Voilà Acorn sur le point de déposer son bilan, quand un miracle — italien — se produit: Olivetti, puissamment impliquée dans l'informatique

LES DEMI-SUCCÈS



Celui-ci décide de rapatrier la production des ordinateurs de la marque de ce côté-ci de la Manche et tente de relancer une machine qui a perdu beaucoup de son lustre et voit ses clients lui préférer des marques plus rassurantes, comme Thomson.

Si l'Angleterre ne s'est guère émue aux malheurs d'Oric, ceux d'Acorn Computer l'ont touchée plus directement. Acorn c'est, en effet, avant tout, la marque BBC, concédée par la radio-télévision britannique (avec commandes à l'appui!) pour mettre sur pied une gigantesque opération de

grâce à ses ordinateurs de bureau et à ses accords avec l'américain ATT, vole au secours d'Acorn et prend 49 % de son capital en mai 1985. Mais ce n'était là qu'une rémission temporaire: Acorn continue de battre de l'aile, ses ventes baissent de façon dramatique et l'argent continue de manquer. Olivetti doit "rallonger la sauce", portant sa participation à près de 80 % en juillet dernier.

Nul ne sait ce qu'il adviendra d'Acorn et certains murmurent qu'Olivetti a fait là une bien mauvaise affaire...

Les déboires de Sinclair...

Mais l'homme malade de l'industrie britannique de l'ordinateur familial c'est bien... Sinclair. Oui, Sinclair, dont les minuscules ordinateurs ont damé le pion aux Japonais et se sont vendus à des millions d'exemplaires. Sinclair, donné en exemple par Margaret Thatcher elle-même comme le modèle de la réussite économique et ennobli par la Reine, est en déconfiture. Il est vrai que les méthodes de gestion de notre héros et son marketing aventureux n'étaient pas exempts de reproches, mais c'est surtout la chute brutale du marché anglais et la terrible concurrence d'Amstrad en fin 84 et début 85 qui ont fait trébucher Sinclair Research, forçant la firme à demander un moratoire de ses dettes.

En outre, le nouveau modèle sorti des usines Sinclair en avril 85, après une bien longue attente, ne remplit pas ses promesses : malgré ses choix technologiques avancés, mais compromis par des problèmes techniques, et son prix très bas (moins de £ 500), le QL — pour Quantum Leap — n'a pas trouvé

sa clientèle. La situation était grave pour Sinclair : on croyait avoir trouvé un sauveur en la personne de Robert Maxwell, le bouillant propriétaire du quotidien *Daily Mirror*, qui proposait de reprendre 75 % du capital contre 12 millions de livres sterling comptant, c'est-à-dire le montant des pertes de Sinclair ! Mais au début du mois d'août, Robert Maxwell retirait son offre, laissant la firme anglaise en proie à ses créanciers, parmi lesquels Thorn EMI, Timex (ex-licencié et distributeur de Sinclair aux Etats-Unis), et les banques Barclays et Citibank. Ceux-ci ont fini par accepter un "concordat" au terme duquel ils deviennent actionnaires de l'entreprise.

En France, les premiers effets de la crise commencent à se faire sentir. Matra vient d'annoncer l'abandon de toutes ses activités en micro-informatique. Son ordinateur familial Alice n'a pas fait de merveilles. Il s'en est vendu 30 000 seulement en un an et demi et comble de malchance, il n'a même pas été retenu par le gouvernement pour équiper les écoles. Malgré des prix cassés, la

machine de Matra n'a jamais décollé et la firme, qui a bien d'autres cordes à son arc, a préféré se retirer de ce marché peu profitable.

... et ceux des grands Américains...

Mais c'est outre-Atlantique que les événements prennent une tournure plus grave, avec les avatars des deux plus prestigieux fabricants d'ordinateurs, IBM, et Apple.

D'abord la nouvelle de la mort du "PC Junior" dont la fabrication a définitivement cessé en mars 1985. Rappelons l'histoire en quelques mots. Après avoir lancé, avec le succès qu'on sait, son premier ordinateur personnel en 1980 (le PC — Personal Computer), taillant ainsi des croupières à Apple et prenant, en quelques mois, près de 20 % du marché des ordinateurs de bureau, IBM s'intéresse au marché des ordinateurs de bas de gamme, dits familiaux. En novembre 1983, et après bien des mystères, la célèbre firme américaine lance un petit "PC Junior", destiné à la famille. Compatible avec le "grand frère",

LES SUCCÈS

Les "stars" d'aujourd'hui : le Thomson TO 7 (10), les Amstrad PCW 8256 (11) et CPC 464 (12), le Sinclair Spectrum (13) et le Commodore 64 (14).

le PC Jr, qui possède la même architecture, prétend permettre au cadre d'entreprise de continuer à travailler chez lui, tout en offrant les avantages d'un super-jeu vidéo pour ses enfants.

Moins de deux ans après et au bout de 250 000 machines vendues aux Etats-Unis, IBM retire de la vente son "jouet", confirmant ainsi un premier véritable échec. A cela plusieurs raisons : le PC Junior était cher (près de \$ 800 !) et peu attrayant : limité, volumineux et doté d'un clavier discutable, il a déchainé les critiques des spécialistes. La stratégie commerciale d'IBM, plus habituée à la vente aux entreprises, s'est mal accommodée du marché grand-public. Enfin, l'expansion attendue n'a pas eu lieu. L'hiver 84-85, où, on l'a vu, les ventes de micros familiaux se sont beaucoup tassées, a été fatal à la machine, pourtant améliorée. Et voilà qu'une baisse des bénéfices (moins 13%) est même annoncée pour la première fois dans l'histoire d'IBM ! Il est vrai que le PC Junior n'est pas seul en cause, mais l'affaire en a fait réfléchir plus d'un...

L'autre coup de semonce est venu de chez Apple où les ventes du Macintosh, nouveau produit-phare de la jeune firme californienne n'ont pas atteint les sommets promis : seuls 300 000 appareils pour l'année 84, alors que les dirigeants d'Apple avaient promis d'en vendre 500 000 pour la première année. En mai 1985, Apple annonce des pertes, licencie 1 200 employés, ferme trois usines et réorganise son état-major. Steve Jobs, son président-fondateur, est écarté et l'action baisse, entraînant de sérieuses menaces financières (risque d'OPA, très à la mode en ce moment aux Etats-Unis).

Commodore, un des grands de l'ordinateur individuel et leader mondial dans le domaine familial, n'est pas épargné non plus et met à pied 500 personnes.

Déjà en 1984... A vrai dire le mouvement ne fait que prendre de l'ampleur. Déjà les années

précédentes avaient vu leur cortège de retraits et de revirements spectaculaires. Qu'on se rappelle la décision inattendue de Texas Instruments d'abandonner son très populaire ordinateur TI 99 (près de 2 millions de machines vendues), qui avaient pourtant ouvert la voie en 1980. Qu'on se souviennent des projets vite enterrés des fabricants de jouets, qui, comme Mattel avec l'Aquarius, avaient mis au point un ordinateur bon marché. Milton-Bradley, pour sa part, devait renoncer à mettre à exécution ses projets.

Pourtant la réussite insolente d'Atari, qui appartenait alors au géant du loisir Warner, fascinait ses concurrents. Mais la décadence du pionnier du jeu vidéo n'était pas loin. Epuisé par une guerre des prix sanglante avec Commodore, qui n'en avait pas trop souffert, et avec Texas Instruments, qui fut le premier à "jeter l'éponge", Atari prenait eau de toute part. Inquiets des pertes gigantesques, les dirigeants de la Warner préférèrent vendre la firme au plus offrant et c'est l'ex-P-DG de Commodore, Jack Tramiel, chassé par son conseil d'administration, qui enleva l'affaire. Dans un véritable coup de poker qui est bien dans sa manière, Tramiel vient d'engager Atari dans la voie ouverte par le Macintosh d'Apple en lançant une nouvelle machine, le 520 ST : processeur 32 bits (plus rapide que les précédents), menus déroulants (accès immédiat aux différentes fonctions), gestion d'écran par icônes et fenêtres (les codes rébarbatifs cèdent la place à des images), écran haute définition, "souris" et autres progrès technologiques destinés à rendre les ordinateurs plus conviviaux et plus faciles d'emploi, sont proposés pour moins de 10 000 F. C'est cher pour un "familial" et peut-être trop bon marché pour concurrencer Macintosh (deux fois plus cher !). Mais c'est la dernière carte d'Atari : si celle-ci gagne, il faudra consolider ; si elle est perdante, Atari disparaîtra, comme tant d'autres...

Les limites de la micro-familiale A l'origine de la micro-informatique "familiale", une utopie : la baisse extraordinaire des coûts de production et la miniaturisation croissante des composants permettaient de penser que l'informatique allait pénétrer les foyers et que tout individu ne pourrait plus vivre sans un ordinateur sous la main.

Celui-ci était promis à tous les bienfaits : prise en charge de l'économie familiale, initiation facile et amusante aux machines du futur, présence d'un pédagogue inlassable et performant, au savoir encyclopédique, animation des soirées créuses grâce aux fantastiques possibilités ludiques qu'offre le couple console-écran, associé à un micro-processeur puissant, c'est ainsi qu'en 1980 (autrement dit, autrefois !) les chantres de ce nouveau marché nous décrivaient les avantages universels et « incontestables » de l'ordinateur familial.

Jusqu'ici relativement à l'abri, l'Europe voit maintenant venir l'ouragan. Parce qu'elle est la plus exposée — et la plus vulnérable —, la Grande-Bretagne subit, en ce moment même, une grave crise, qui pourrait bien entraîner à terme la disparition pure et simple de cette jeune industrie où déjà les morts se comptent. Laser, Dragon, petites marques trop faibles pour survivre, n'ont dû un salut provisoire qu'à l'appui de capitaux étrangers, espagnols dans le cas de Dragon. La France ne doit qu'à son retard habituel et à l'absence de guerre des prix d'être protégée — pour le moment —, de la tempête.

Et le Japon ? Et bien, pour une fois il est à la traîne. Pourtant doté d'une industrie électronique puissante et d'un marché d'ordinateurs professionnels actif, où les "compatibles IBM" sont légion, le Japon ne s'est lancé que tardivement dans la bataille du familial. Si tardivement que ses efforts de standardisation, avec la forme "MSX", qui vise à permettre une interchangeabilité de tous les ordina-

teurs, quelques soient leurs constructeurs, risquent de tourner au fiasco, tant il est vrai que les micros MSX, désormais disponibles aussi en France, ne s'arrachent pas (quelques dizaines de milliers vendus à ce jour, en France, toutes marques confondues). On reproche, en effet, à ce standard d'origine américaine d'être bâti sur des techniques un peu trop éprouvées — c'est-à-dire, dans le domaine de l'informatique... dépassées —, usant de composants moins rapides et moins riches de possibilités que ceux qui se répandent de plus en plus dans les nouvelles générations (microprocesseur 8 bits Z 80, là où les 16 bits, voire les 32 bits gagnent le marché!) Les analystes les plus attentifs, et avec eux, semble-t-il, le public, attendent plus des ordinateurs conviviaux de la génération du Macintosh que des prouesses de la normalisation nipponne. De là à dire que le MSX est mort-né et que les japonais ont raté le coche, il n'y qu'un pas, que certains observateurs franchissent aisément.

Les raisons. Les faits sont là : où qu'on se tourne, l'horizon de la micro-informatique de bas de gamme est lourd de nuages. Retraites stratégiques aux USA, grave crise en Angleterre, timidité japonaise, tassement du marché, tout cela concourt à sonner l'hallali de l'ordinateur familial. Comment expliquer qu'un marché si florissant et présenté, l'année dernière encore, comme si prometteur, connaisse un effondrement si soudain ?

A entendre les Américains, « l'industrie du micro familial a souffert d'une guerre des prix sanglante et fatale, d'une obsolescence rapide des produits et des goûts changeants des consommateurs... » (*Time*, 1-4-85). Il s'agit là, bien sûr, d'un point de vue américain : la "guerre des prix" n'a pas fait les mêmes ravages en Europe, et pourtant la micro familiale s'y porte aussi mal. Mais le dernier argument mérite qu'on s'y arrête : ces changements de goût

("shifting consumer tastes") ne sont rien d'autre qu'un voile pudique jeté sur la désaffection croissante du grand public pour ces gadgets coûteux et... inutiles. C'est le syndrome de la yaourt-tière : on s'y laisse prendre, on s'en sert quelques semaines, puis, lassé, on range la machine dans un placard pour l'oublier.

Finalement c'est ce qui est arrivé aux micro-ordinateurs familiaux. Même si aucun professionnel n'ose se l'avouer, bien peu sont ceux qui, heureux (?) possesseurs d'une console, continuent d'en tirer profit. On estime que les deux tiers des micros de cette catégorie ne servent pas ! C'est que, tout bien réfléchi, il y a peu d'usage pour un ordinateur dans la famille : les tâches professionnelles ne sont pas possibles (ou rendues très difficiles), et le papier crayon est toujours plus rapide, plus sûr et plus simple ! Une fois que l'on a fait le tour des succédanés de *Space Invaders*, *Pac-Man*, *Frogger* et autres jeux d'action, on ne tarde pas à découvrir les limites de la machine. La gestion du budget familial n'en sort guère améliorée, la programmation ne permet somme toute que de petits exercices et les ressources pédagogiques sont vite épuisées par des logiciels médiocres, tous organisés sur le bon vieux principe du questionnaire à choix multiples plus ou moins amélioré. Quant à la sacro-sainte "initiation" on en a vite fait le tour : un Minitel offre plus ! La famille s'est dépêchée de ranger l'ordinateur "familial" au placard.

Sauvé par l'école ? Ultime secours au micro "familial", l'Ecole. Déjà introduit massivement aux Etats-Unis et en Angleterre (mais quasi inconnu dans les écoles japonaises !), l'ordinateur est en passe de conquérir nos établissements scolaires, grâce, notamment, au plan Informatique pour tous (soyez

"branchés" et dites "IPT"), lancé par notre Premier ministre. Ce phénomène faisait l'objet d'une analyse pertinente dans un article récent de *Science & Vie* (n° 814, juillet 85), où Bruno Lussato se montrait assez critique. La familiarisation avec le clavier, disait-il est une fausse route, à l'heure où les ordinateurs se dotent de "souris", d'écrans tactiles et autres technologies "conviviales". Quant à la programmation, il faisait remarquer qu'elle n'offrait guère d'intérêt pour le grand public. Comme le proclame Apple dans sa publicité, apprendre le basic aujourd'hui revient à apprendre le morse au moment où le téléphone se répand...

Le réveil est brutal : ce qui se murmurait se dit maintenant tout haut, et nul mieux que Jean-Louis Gassée, ex-P-DG d'Apple France, promu depuis peu à l'état-major de la firme américaine, n'a su dire, dans le langage imagé qui est le sien, ce que ressentent nombre de gens : « Il y a aussi peut-être une réaction des utilisateurs non passionnés par l'informatique à une sorte de terrorisme culturel (...) qui revenait à dire : « si t'as pas un ordinateur, tu vas être idiot, perdre tes cheveux, ta femme, tes affaires, ta bagnole et ton job ». » (interview à *Libération* du 21-6-85). Car c'était peut-être là le mobile profond d'un tel achat...

Quel avenir ? Voilà un constat bien sévère, dira-t-on. Or les ventes de 84 ont été catastrophiques aux Etats-Unis et, au moins, décevantes en France. Les Américains font un bilan amer de cette courte aventure. Lancée en 81 (par Texas Instruments), la micro "familiale" n'aura vécu que trois ans... Et le pionnier fut le premier à se retirer. IBM, arrivé bon dernier sur un marché qui lui était inconnu, avec une machine décevante, mal adaptée et chère, a joué les dindons de la farce. L'échec du PC Junior, retiré après quelques mois de ventes chaotiques aux USA, ne représente guère qu'un accroc pour la firme de Boca Raton,

(suite du texte page 159)

TV : QUELS CANAUX POUR LA 5^e ?

LA SATURATION DE NOTRE RESEAU

DE TELEVISION n'empêche pas l'implantation d'autres chaînes. Voici comment la technologie permet à la 5^e chaîne — et à celles qui suivent — de se faufiler entre les quatre autres.

Actuellement débute les programmes de notre cinquième chaîne de télévision. Ces émissions reçues d'emblée par 28 millions de foyers (et probablement 32 millions lorsque le réseau aura sa configuration finale) nécessitent de nouveaux canaux. Il faudra aussi, ultérieurement, prévoir un autre réseau capable de desservir 16 millions de foyers pour la mise en place de la future sixième chaîne. Ce qui n'est pas sans poser quelques problèmes dans un espace hertzien dont on dit, depuis longtemps, qu'il est saturé. Il faut toutefois observer que cette saturation procède essentiellement du brouillage des émetteurs entre eux. Ainsi peut-on imaginer qu'en réduisant ces brouillages, il serait possible de libérer des canaux. Voyons donc quels types de brouillage interviennent et comment les limiter.

Le brouillage co-canal, tout d'abord. Derrière cette appellation se cache une évidence : à savoir qu'il est impossible de placer, pour une zone donnée, deux émetteurs sur la même fréquence. En effet, on le conçoit aisément, un téléviseur, ne recevrait alors qu'un mélange des deux programmes. Un émetteur puissant condamne ainsi son canal sur un rayon de 400 km environ. Seule la polarisation de l'émission et l'usage d'antennes émettrices directives, comme

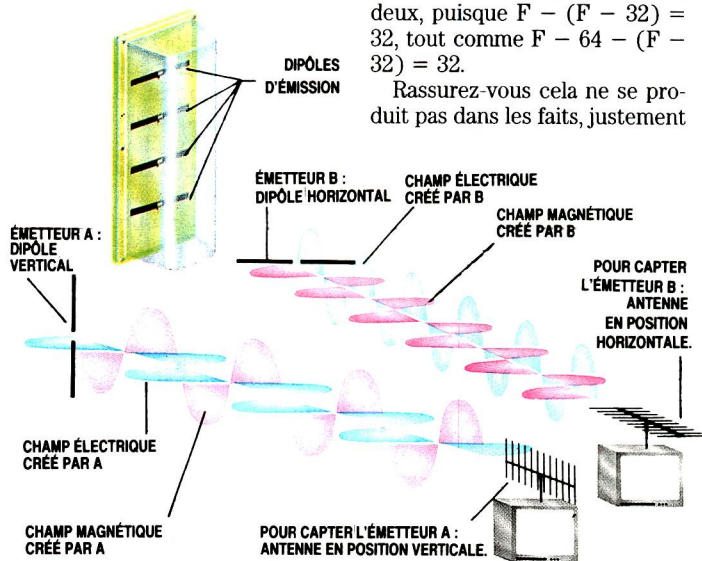
nous le verrons plus loin, permettent de réduire cette distance mais en aucun cas de l'annuler.

Le brouillage entre canaux adjacents est un autre obstacle. Ce brouillage est lié au principe même d'émission utilisé et à la manière dont le téléviseur traite le signal reçu. Par exemple, si sur une même zone sont placés un émetteur sur le canal 25 et un sur le canal 24 ; le signal son du canal 24 viendra brouiller le signal image du canal 25. Donc impossible d'émettre sur tous les canaux théoriquement disponibles. Si ces deux

derniers points étaient seuls à considérer, les choses seraient relativement simples : on pourrait, sur une zone, installer un émetteur tous les deux canaux, soit 23 émetteurs puisque nous disposons de 47 canaux (21 à 68). Cependant deux autres données aggravent le problème.

Le brouillage entre canaux dits conjugués : ce type de brouillage est également inhérent au procédé de réception des téléviseurs. Pour que vous puissiez regarder une émission émettant sur une fréquence F MHz, votre poste lui "mélange" une autre fréquence ($F - 32$ MHz) produite par son oscillateur interne (l'oscillateur local). Il obtient ainsi toujours un signal de 32 MHz, le seul qu'il sache traiter. Or, en France les canaux de télévision sont répartis tous les 8 MHz. Résultat : deux émetteurs distants de 8 canaux se brouilleront (soit F MHz et $F - 64$ MHz). Pourquoi ? Parce que le téléviseur ne saura pas faire la différence ; il les captera tous les deux, puisque $F - (F - 32) = 32$, tout comme $F - 64 - (F - 32) = 32$.

Rassurez-vous cela ne se produit pas dans les faits, justement



parce que les émetteurs s'arrangent pour ne pas occuper des canaux distants de cet écart fatidique (d'où une limitation du nombre de canaux disponibles pour une région donnée). Notons qu'avec une bonne sélectivité des téléviseurs ce phénomène n'existerait pas; en effet, leur tuner devrait sélectionner la fréquence à recevoir et donc ignorer la présence d'une émission située 9 canaux plus bas. Le problème pourra pourtant, dans la plupart des cas, être résolu par polarisation des émissions et utilisation d'antennes directrices (voir plus loin).

Le brouillage provoqué par les récepteurs proches.

L'oscillateur local, qui produit, nous venons de le voir, une fréquence $F - 32$ MHz pour vous permettre de regarder la chaîne émettant sur F MHz, brouillera le programme de votre voisin si celui-ci a choisi, justement, de regarder la chaîne émettant 4 canaux avant la vôtre, soit sur $F - 32$ MHz. Donc pas d'émetteurs distants de 4 canaux non plus, pour éviter ce risque, même s'il ne concerne que les téléviseurs reliés à une même antenne collective. Ce phénomène peut cependant être éliminé en intercalant entre le téléviseur et la descente d'antenne collective un préamplificateur d'antenne (2).

C'est en prenant en considération ces quatre causes de brouillage ensemble que l'espace hertzien français est qualifié de saturé.

La solution tient dans deux techniques, qui sont d'ailleurs utilisées par TDF pour la mise en place des nouvelles chaînes, permettant de libérer le réseau dans la plupart des régions. Il s'agit de la polarisation des émissions et de l'utilisation d'antennes directrices.

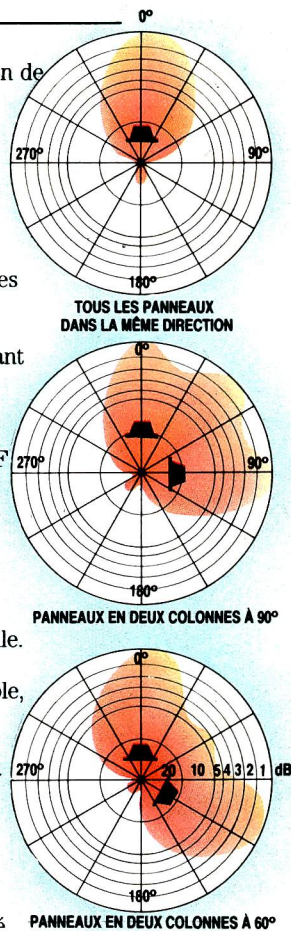
● La polarisation des émissions. Comme les rayonnements lumineux, les ondes radioélectriques comportent un champ électrique et un champ magnétique. On peut donc les polariser comme cela se fait en optique.

Dans ce dernier cas, en modifiant l'orientation de verres polarisants, il est possible de recevoir ou non la lumière issue d'une source lumineuse polarisée. De même en télévision, on peut séparer deux émetteurs par choix de leur polarisation. Rappelons que l'antenne d'un émetteur est composée de deux barres métalliques de longueur précise disposées sur un même axe. Un dipôle d'émission est ainsi constitué. Si ce dipôle est placé dans le champ horizontal, le champ magnétique produit par l'émission sera également horizontal. Si, par contre, le dipôle est placé verticalement, le champ électrique créé sera vertical. Même phénomène à la réception: si le mât de l'antenne est monté horizontalement elle recevra bien les émissions issues du dipôle horizontal et peu celles du dipôle vertical. L'inverse est également vrai pour une antenne de réception montée dans un plan vertical (**dessin page de gauche**). Cette opération permet donc d'établir une "pré-sélection" de l'émetteur choisi et donc de réduire la distance d'interaction de deux émetteurs placés sur un même canal et, pratiquement, d'éliminer les interférences entre émetteurs conjugués.

● Antennes directives et puissance apparente rayonnée (PAR). En fait un émetteur n'utilise jamais une antenne à un seul dipôle, notamment en raison de la puissance à dissiper, mais toute une série de dipôles regroupés en panneaux émissifs. L'orientation de ces panneaux les uns par rapport aux autres sur le mât d'émission influence la directivité de l'ensemble; à savoir la répartition dans l'espace de l'émission (**dessin ci-contre**). De plus le fait de concentrer la puissance de l'émetteur sur une petite zone a pour effet de lui donner une puissance apparente beaucoup plus élevée (tout comme une ampoule électrique éclairera plus vivement une zone donnée lorsqu'elle est placée dans un réflecteur). Cette opération pré-

sente donc deux avantages: réduction de la puissance de l'émetteur pour une couverture déterminée et absence d'émissions vers des zones périphériques, d'où réduction des risques de brouillage des autres émetteurs. C'est donc en mettant à profit ces deux techniques, jusqu'à présent peu employées, que TDF pourra mettre en service les deux réseaux à venir sans pour autant devoir réaménager le plan de fréquence actuelle. Réaménagement qui, bien que possible, n'irait pas sans poser problèmes aux téléspectateurs. La majeure partie des points noirs pourrait ainsi être supprimés. Sur Strasbourg, dont on a beaucoup parlé, par exemple,

cinq canaux seraient utilisables. Qui plus est, après amélioration de l'émetteur principal, il serait possible de supprimer le réémetteur du Belvédère et de libérer ainsi d'autres canaux. De même pour Belfort, où cinq fréquences au moins seraient disponibles. Seul l'extrême sud-est de la France offrait encore quelques difficultés fin 1985, en raison de la présence de nombreux émetteurs italiens. Il n'y a pas si longtemps, TDF devait systématiquement demander à la RAI (télévision italienne) une autorisation avant l'implantation de chaque nouvel émetteur, autorisation régulièrement refusée. Pour notre cinquième chaîne, TDF changea de tactique; au lieu d'envoyer ses demandes à la RAI, elle les confia à M. Berlusconi. Là une réponse favorable fut obtenue dans les 48 heures.

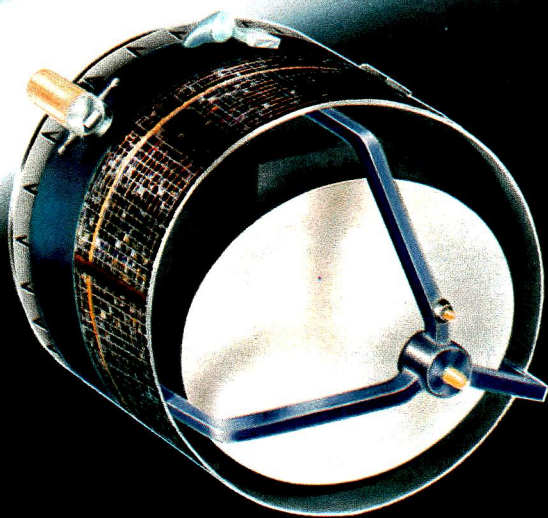


d'émission et de réception des signaux hertziens, voir *Science & Vie* n° 803, p. 102, il y est question de radio, mais les principes sont les mêmes en télévision.

(2) Normalement, son rôle est de renforcer les signaux reçus dans des zones de faible réception (vallée encaissée, voisinage d'immeubles hauts, etc.), mais ses

circuits actifs interdisent, en outre, tout retour de signaux du téléviseur vers le réseau collectif à travers la prise d'antenne.

MISSION SUICIDE POUR "GIOTTO"



SI TOUT VA BIEN, LA SONDE FRANCAISE

NE SE PULVERISERA qu'à quelques centaines de kilomètres du noyau de la comète de Halley.

Entre temps, elle devrait nous en avoir quand même appris sur la visiteuse.

Halley a un noyau très petit, peut-être 15 km de diamètre, mais *Giotto*, la sonde, devrait pouvoir le détecter. Elle devrait même prendre une photo couleurs toutes les 4 secondes de cette boule de glace et de poussières, diffusées, celles-ci sous l'effet du Soleil.

De bonnes photos ? A 500 km

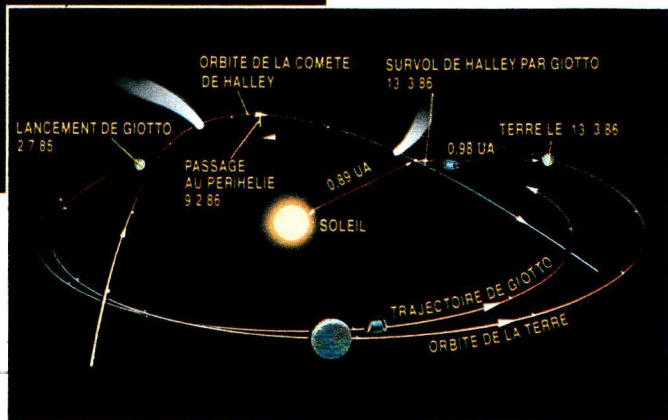
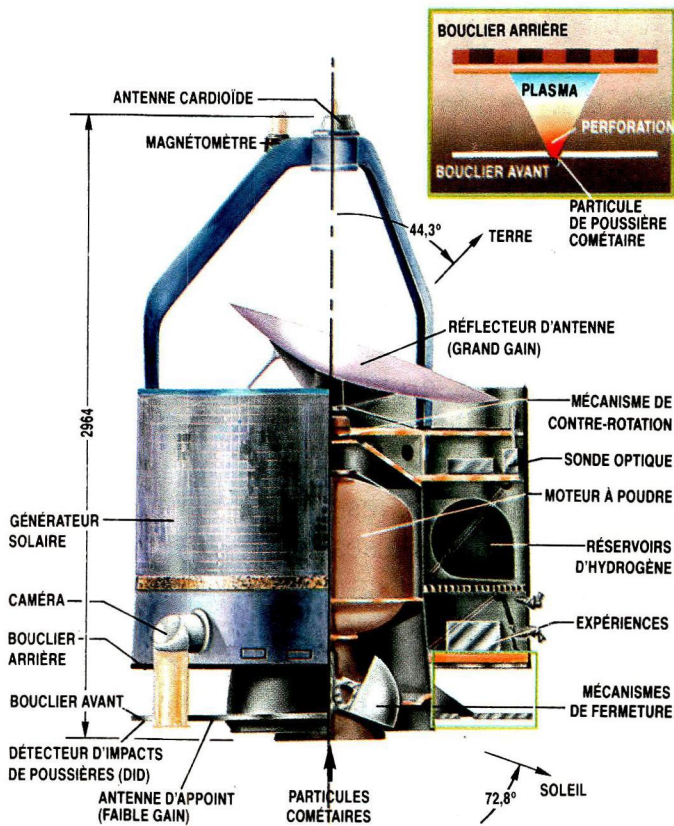
de la visiteuse, la résolution sera de 10 m, ce qui équivaut à peu près à photographier de Paris un camion qui se trouve à Poitiers. Mais, si près du but, la densité des particules qui n'ont pas encore atteint leur vitesse d'échappement peut produire un brouillard opaque. Peut-être apprendra-t-on quand même quelque chose sur la forme et les variations du noyau, et peut-être

aussi verra-t-on quelques points chauds, ceux qui sont responsables des émissions plus denses de poussières et de gaz dans la chevelure.

Giotto, équipée de spectromètres de masse, devra aussi déterminer la composition chimique et isotopique des constituants neutres, des ions et des particules de poussière de Halley, par l'analyse des processus physiques et chimiques en cours dans l'atmosphère de la comète. Elle étudiera l'action du plasma du vent solaire sur l'ionosphère de Halley et l'onde de choc, ainsi que la queue.

Pour tout cela, *Giotto* porte 58 kg d'appareils destinés à 10 expériences, plus des détecteurs

Pourra-t-on "voir" le noyau de la comète. La réponse dépend essentiellement du comportement des deux boucliers chargés de protéger la sonde des particules cométaires (en haut, à droite).



d'impact et une sonde optique qui mesureront et la masse et la distribution des particules de poussières là-bas.

Dans la nuit du 13 au 14 mars, à 1 h du matin, heure de Paris, toutes les données obtenues seront transmises vers la Terre en 4 h de temps réel, à la vitesse de 40 Kbits/sec, à travers 150 millions de km. Au mieux, nous n'aurons plus de photos au-delà

du point d'approche maximal de la comète: tout le monde s'attend à ce que *Giotto*, qui se rapprochera du but à 69 km/sec, soit détruite par les poussières. A cette vitesse, la force d'impact d'une particule d'un dixième de gramme est telle que celle-ci peut traverser une plaque d'aluminium de 8 cm. Blinder la sonde en conséquence eût plus que doublé son poids. On a préféré

un bouclier d'une cinquantaine de kilos en deux feuilles: quand une poussière traverse la première, elle se vaporise et son plasma inoffensif se répand au-dessus de la deuxième, qui protège la sonde.

URSS, Japon et USA ont aussi lancé des engins pour étudier Halley, ou bien ont affecté certains, déjà en orbite, à son observation. En voici la liste:

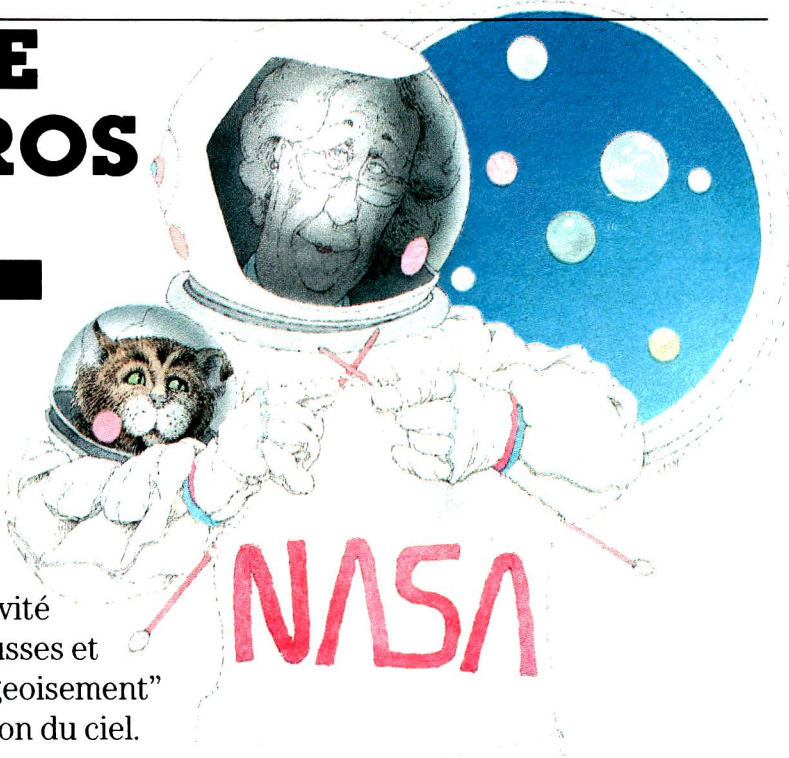
AGENCE	PROJET	DATE DE SURVOL	DISTANCE DE SURVOL (km)
ESA (EUROPE) INTERKOSMOS (URSS)	Giotto	13-3-86	500
	Vega 1	6-3-86	10 000
	Vega 2	9-3-86	10 000
ISAS (JAPON)	Sakigake	11-3-86	7 MILLIONS
	Planet-A	8-3-86	200 000
NASA (USA)	Ice	28-3-86	32 MILLIONS

Cette nuit du 13 au 14 mars sera la nuit inaugurale du Musée des sciences et des techniques de La Villette, elle sera retransmise sur FR3. Le programme sera interrompu pour diffuser les images "giottesques" de Halley, via le centre de l'ESA à Darmstadt, en RFA. « Etoile de neige... ».

L'ÉTOFFE DES HÉROS

FEMMES MURES ET SEDENTAIRES

peu sportifs ayant atteint la cinquantaine seront les candidats les plus sûrs à la vie en cabines spatiales. Plus dangereux que les météorites : les malaises physiques, l'ennui, l'agressivité et la nourriture insipide. Russes et Américains révisent "bourgeoisement" leurs idées sur la colonisation du ciel.



L'apesanteur et ses troubles physiques et nerveux, le manque de place, la promiscuité, les problèmes d'hygiène, le bruit, les mauvaises odeurs, l'éloignement de la famille et des amis, le manque de distractions, les accès d'humeurs des uns et des autres sont autant d'inconvénients qui ne simplifieront pas la vie sur une station orbitale. On commençait à s'en douter, mais on ne s'attendait guère au profil des astronautes futurs que révèle une grosse étude de la NASA : pas des athlètes, pas des jeunes non plus, mais des sédentaires d'âge mûr, et des femmes en particulier !

Vivre en apesanteur (1), l'étude citée, se fonde pour ces précisions sur toutes les expériences réalisées sur les astronautes à bord des vaisseaux spatiaux et les résultats des simulations des conditions de vie dans l'espace, ainsi que les études sur l'existence en milieu isolé (sous-marins, plates-formes pétrolières, camps polaires).

On ne renonce pas aisément à une adaptation de 35 millions d'années au champ de gravité terrestre. L'apesanteur entraîne toute une série de perturbations physiologiques qui modifient les performances de l'individu.

Dès l'arrivée dans l'espace, la masse sanguine se déplace vers la partie supérieure du corps.

C'est la fameuse "tête pleine" qui s'associe aux "jambes de poulet". Il s'agit plus d'une redistribution de la masse sanguine avec, en particulier, augmentation des débits sanguins cérébraux régionaux et une recapture du sang périphérique par le système vasculaire pulmonaire. En effet depuis les travaux sur le cœur artificiel (*Science & Vie* mai 1985), on connaît bien mieux le rôle de réservoir sanguin des vaisseaux pulmonaires.

Leurs qualités d'élastance et de résistance, très différentes de celles des autres gros vaisseaux de l'organisme, leur confèrent ce rôle exacerbé en microgravité. Il en résulte un œdème de la face, traduit par des bouffissures, et du cerveau, visible au

fond de l'œil.

Il faut quatre à six semaines pour s'y adapter complètement. Et comment ? Par une réduction du volume de sang en circulation, une déshydratation et une diminution du volume des jambes. Puis, n'ayant plus à vaincre la gravité pour distribuer le sang dans tout le corps, le cœur bat moins vite et sa taille diminue.

Autre conséquence : la charge que doit supporter le squelette étant réduite, les os sont sous-utilisés, ce qui entraîne des pertes importantes de calcium, d'azote et de phosphore. Tout cela fait que la coordination entre l'œil et la main est moins bonne, que la puissance de serrage des mains diminue, et plus particulièrement de la main non dominante.

Comme le tonus musculaire décroît, les réflexes sont moins rapides et le travail physique devient plus pénible.

Parallèlement, le système vestibulaire, situé dans l'oreille interne et qui commande l'équilibre, le sens de l'orientation et

celui du mouvement est perturbé. Ainsi, dans l'espace, le sens de la verticale disparaît alors que, sur Terre, il est en permanence contrôlé par les systèmes intertiels de l'oreille interne et les informations oculaires. Les informations de l'oreille interne et des yeux que le cerveau reçoit sont incohérentes. D'où malaises, hallucinations, désorientation, états nauséux, vomissements, bref ce mal de l'espace bien proche de celui de l'air.

Deux à quatre jours suffisent cependant à atténuer ces troubles, et il faut quatre à huit semaines pour que l'adaptation soit totale. Bien que ces symptômes soient aigus, le mal de l'espace gêne relativement peu les performances physiques des astronautes. Mais il diminue leur entrain; toutes les tâches semblent fastidieuses, et plus les vols spatiaux deviendront routiniers, plus ce phénomène s'accroîtra.

Enfin, les observations effectuées lors de vols soviétiques suggèrent que l'acuité visuelle et la vision des couleurs diminuent durant les premiers jours des missions.

Des expériences qui ont été faites sur l'équipage de *Vostok 2* et *Soyouz 9* indiquent une réduction de 25 % en moyenne dans la perception de l'intensité des couleurs, avec des seuils plus élevés en ce qui concerne le violet, le vert et le bleu. On a également noté une diminution dans la perception des contrastes.

On a cherché des remèdes à ces différents maux. Des médicaments diffusés directement dans le système sanguin peuvent soulager les nausées; des casques spéciaux limitant les mouvements de la tête ont aussi été essayés avec succès à bord de *Salyout 6*.

A bord de *Soyouz 38*, le cosmonaute cubain Arnoldo Mendez a par ailleurs essayé des "bottes" capables de produire une pression de 8 000 pascals (ou 80 millibars) aux pieds, qui donnent l'impression de se trou-

ver sur la terre ferme. L'étude de la NASA propose de décorer l'intérieur de la cabine spatiale d'images comportant un "haut" et un "bas" caractérisés.

Afin de maintenir les membres de l'équipage en forme et pour éviter la perte du tonus musculaire et les mollets de coq, les spécialistes suggèrent un programme de gymnastique draconien et quotidien.

Reste que l'efficacité de ces exercices semble pour le moment douteuse. Lorsque les cosmonautes soviétiques Beregovoy et Lebedev revinrent sur Terre, après un séjour de 211 jours à bord de *Salyout 7*, ils furent incapables de marcher durant une semaine tant leurs muscles étaient flasques; leur rééducation dura des semaines. Pourtant ils avaient respecté à la lettre leurs séances de gymnastiques.

Le sport n'est donc pas utile dans l'espace, d'autant plus que les personnes les plus athlétiques font sans doute les plus mauvais astronautes. Jusqu'à présent, les volontaires aux voyages interplanétaires subissaient un entraînement intensif avant le départ et les responsables des programmes spatiaux sélectionnaient les candidats les plus solides et les plus jeunes de préférence à des gringalets d'âge mûr. Ils avaient sans doute tort: les athlètes ne résistent pas mieux que les autres à l'accélération des décollages, ni à la vie les pieds en l'air, et ils sont beaucoup plus sensibles à une réduction du niveau d'oxygène. Lors de certains tests d'immersion la tête en bas, tous les athlètes s'évanouissent, alors qu'aucun des individus non sportifs ne connaît la même mésaventure. Durant la mission Skylab, les deux membres de l'équipage dont la condition physique avait été notée comme "excellente" au départ réagirent moins bien que le troisième, dont la forme physique avait été jugée comme "moyenne"...

Autre surprise: dans l'espace, la jeunesse n'est pas un atout! Au contraire; les sujets entre 40 et 55 ans résistent mieux que les

plus jeunes aux accélérations brutales. Parallèlement, les personnes âgées d'une cinquantaine d'années perdent moins que les jeunes leurs capacités cardiorespiratoires lorsqu'elles sont soumises à des périodes prolongées d'inactivité. De plus, leur système cardiovasculaire résiste mieux aux effets de l'apesanteur⁽²⁾, et elles semblent moins sensibles au mal de l'espace.

A quoi attribuer ces "qualités"? Le corps plus âgé et peu entraîné aux activités sportives est probablement moins sensible aux variations de l'environnement qu'un corps jeune, bien réglé et parfaitement en harmonie avec notre écosystème.

Depuis peu, des femmes font partie des équipes spatiales. Avantage: comme elles pèsent moins, elles consomment moins de nourriture et moins d'oxygène.

Bien qu'elles soient, en général, plus sensibles aux perturbations de leur système cardiovasculaire — elles s'évanouissent plus facilement — elles récupèrent plus vite des effets de l'accélération. De plus, selon une étude de 5 ans menée par l'Ames Research Center de la NASA (Mountain View, Californie), les femmes s'adaptent mieux, physiquement et moralement, à un manque total d'exercice tel que celui qui est de rigueur dans le ciel.

Il va donc être indispensable de réviser les programmes d'entraînement et de sélection des astronautes... en faveur (qui sait?) des femmes d'âge mûr.

L'aspect psychologique de la vie dans l'espace comporte aussi des contraintes. Pour que la promiscuité n'engendre pas de frictions, les stations orbitales devront être conçues de façon à ménager l'espace "vital" de chacun.

Les différentes études sur le sujet démontrent que le volume minimal indispensable à l'homme dépend de la durée de

(2) Etude faite sur des sujets de 46 à 55 ans d'une part, et 34 à 44 ans d'autre part.

son confinement et du nombre d'individus présents. Ainsi, 1,43 m³ par personne est suffisant si la durée du séjour n'excède pas 2 jours, alors qu'il faut au minimum 7,36 m³ si la mission dure environ un mois, et ce chiffre grimpe à 17 m³ par personne pour des voyages excédant deux mois. Une autre étude démontre que plus il y a de gens à bord, plus l'espace individuel doit être important.

A l'intérieur de l'habitacle quatre "zones" bien distinctes doivent être aménagées: une pour le travail (expériences et conduite du véhicule), une autre pour les activités en groupe (repas, entraînement sportif, jeux, etc.), une troisième pour les "communs" (sanitaires, rangement, buanderie, etc.), et la dernière pour les activités "personnelles" (repos, lecture, isolement, rangements personnels, etc.).

Pas commode de garantir l'intimité au prix du mètre carré céleste! Mais si on n'y parvient pas, il y aura de l'agressivité dans l'air. C'est que les astronautes finissent par être susceptibles.

Ainsi, ils n'aiment pas être surveillés par des équipes à Terre. A bord d'*Apollo 7*, les membres de l'équipage ont ainsi débranché les capteurs qui fournissaient au sol des informations sur leurs fonctions physiologiques! A bord de *Soyouz 36*, l'équipage a aussi coupé le lien radio avec le sol.

A bord de *Skylab 4*, l'équipage a "boudé", parce que les techniciens au sol écoutaient leurs conversations. En règle générale, au fur et à mesure que l'isolement se prolonge, le groupe devient de plus en plus agressif vis-à-vis de la Terre... Et il faudra en tenir compte dans les communications avec le sol.

A redécorer donc, la navette spatiale et les cabines soviétiques qui sont d'un blanc de clinique et d'un aspect austère (si fort prisé, cela vaut la peine de le souligner, par certains "designers" terriens!). L'équipage de *Skylab* s'est plaint de la monotonie de son habitacle.

Ces soucis d'aménagement peuvent sembler frivoles, mais c'est un fait que les astronautes souffrent du manque de repères, qui permettrait une meilleure accoutumance.

Lors des repas, les membres de l'équipage de *Skylab* ont refusé de flotter au-dessus de la table pour rejoindre leurs places et il préféreraient, pour aller s'asseoir, se contorsionner derrière des confrères ou attendre qu'une place proche se libère. Les premières stations orbitales n'auront rien d'un "3 pièces-cuisine".

L'inconfort des installations sanitaires et le bruit sont notables. Le bruit, (en particulier celui des appareils de service) diminue la vigilance et altère l'estimation du temps et la coordination des deux mains. Il fait monter la tension et l'humeur. On estime que son niveau ne doit pas dépasser 45 décibels. Or, dans les cabines spatiales, durant le lancement et la rentrée dans l'atmosphère, le niveau sonore atteint 120 à 130 dB (mais les astronautes sont alors protégés par leur casque) et, durant les vols *Apollo*, il se situait entre 65 et 70 dB. Sur *Skylab*, ce niveau atteignait 43 dB dans les zones de repos et 60 dB dans les zones de travail.

Les mauvaises odeurs peuvent également être gênantes et les matériaux utilisés à l'intérieur des cabines spatiales sont testés à la NASA à cet égard. Mais que fera-t-on s'il y a des animaux à bord? Les membres de la mission *Skylab* se sont plaints des odeurs des cages des primates et des rats.

Restent la nourriture et les loisirs. En ce qui concerne la première, le problème se complique du fait que le goût change dans l'espace. Certains plats semblent plus fades, d'autres trop salés, alors que leurs assaisonnements avaient paru parfaits avant le départ. Ce fut l'un des griefs du cosmonaute

Grechko lors de la mission *Soyouz 26*. Mais lorsque les séjours sont courts (inférieurs à 15 jours), et les journées de travail chargées, les astronautes attachent peu d'importance aux repas, qui apparaissent plutôt comme une corvée.

En revanche, dès que les missions traînent en longueur, la durée des repas s'allonge aussi et la qualité de la nourriture prend une importance considérable. Ainsi, les hommes isolés durant de longues périodes, prennent deux fois plus de temps que les autres pour déjeuner et une bonne partie de leur solde est dépensée pour l'amélioration de l'ordinaire.

Le problème des loisirs est plus complexe. Pour le moment, il n'est pas aigu, parce que dans les voyages courts, le travail prend le pas sur les autres activités.

Mais lorsque les séjours dans l'espace deviendront routiniers, les loisirs prendront plus d'importance. Quels loisirs? Les préférences semblent aller à la TV, à la vidéo et à la musique. La préférence est marquée pour les distractions où l'on est seul. En matière de films, une étude soviétique révèle un penchant pour les films d'évasion et d'horreur, qui seraient anti-dépressifs. Les jeux de dés et de carte, n'ont pas la faveur, parce que les équipes isolées tendent à repli sur soi, peut-être pour réduire les risques de conflit. Les jeux électroniques, les échecs sur ordinateur ont plus de faveur, de même que la compétition avec des "étrangers".

A bord de *Soyouz 9*, les cosmonautes ont joué aux échecs avec des partenaires au sol. On leur retransmettait aussi des concerts et des journaux télévisés. Le jardinage semble devoir être populaire: les Soviétiques l'ont pratiqué à bord de *Salout 7*; ils ont planté et récolté avec plaisir des oignons, du persil et de la bourrache...

Qui se plaindra encore de l'ennui des banlieues-dortoirs? Les urbanistes du ciel ont du pain sur la planche! ■



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

Comment obtenir une MÉMOIRE ÉTONNANTE en quelques semaines

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

Les spécialistes des problèmes de la mémoire sont formels : cela vient du fait que les premiers appliquent (consciemment ou non) une bonne méthode de mémorisation alors que les autres ne savent pas comment procéder. Autrement dit, une bonne mémoire, ce n'est pas une question de don, c'est une question de méthode. Des milliers d'expériences et de témoignages le prouvent. En suivant la méthode que nous préconisons au Centre d'Études, vous obtiendrez de votre mémoire (quelle qu'elle soit actuellement) des performances à première vue incroyables. Par exemple, vous pourrez, après quelques jours d'entraînement facile, retenir l'ordre des 52 cartes d'un jeu que l'on effeuille devant vous, ou encore rejouer de mémoire une partie d'échecs. Vous retiendrez aussi facilement la liste des 95 départements avec leurs numéros-codes. Mais, naturellement, le but essentiel de la méthode n'est pas de réaliser des prouesses de ce genre mais de donner une mémoire parfaite dans la vie courante : c'est ainsi qu'elle vous permettra de retenir instantanément les noms des gens avec lesquels vous entrez en contact, les courses ou visites que vous avez à faire (sans agenda), l'endroit où vous ranger vos affaires, les chiffres, les tarifs, etc. Les noms, les visages se fixeront plus facilement dans votre mémoire : 2 mois ou 20 ans après, vous pourrez retrouver le nom d'une personne que vous rencontrerez comme si vous l'aviez vue la veille. Si vous n'y parvenez pas aujourd'hui, c'est que vous vous y prenez mal, car tout le monde peut arriver à ce résultat à condition d'appliquer les bons principes.

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

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

GRATUITS 1 brochure + 1 test de votre mémoire

Découpez ce bon ou recopiez-le et adressez-le au Service M14V
Centre d'Études, 1 avenue Stéphane-Mallarmé, 75017 PARIS.

Veuillez m'adresser le livret gratuit "Comment acquérir une mémoire prodigieuse" et me donner tous les détails sur l'avantage indiqué. Je joins 3 timbres pour frais.

(Pour pays hors d'Europe, joindre cinq coupons-réponse.)

MON NOM
(en majuscules SVP)

MON ADRESSE

Code postal Ville

Changez vos rencontres!



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

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

Votre questionnaire vous attend. Demandez-le vite !

Ce progrès scientifique est l'œuvre d'une équipe de psychographologues expérimentés. Démontré par un succès de 30 ans, il a été diffusé spontanément plus de 300 fois par la Presse, à la Radio et à la Télévision.

Ion International

Institut de Psychologie fondé en 1950
PARIS - BRUXELLES - GENEVE

opp

BON GRATUIT



Veuillez m'envoyer gratuitement et sans engagement, sous pli cacheté et neutre, mon questionnaire et votre brochure de 24 pages en couleurs "Pour un Couple Nouveau".

M., Mme, Mlle

Prénom Age

Adresse

■ ION FRANCE (SV 15) - 94, rue Saint-Lazare, 75009 PARIS - Tél. (1) 45.26.70.85+

■ ION MIDI-AQUITAINE (SVM 15) - 16, rue Nungesser et Coli - 31300 TOULOUSE - Tél. 61.59.48.58

■ ION BELGIQUE (SVB 15) - Rue du Marché-aux-Herbes 105, Boîte 21 - 1000 BRUXELLES - Tél. 511.74.30

■ ION SUISSE (SVS 15) - 12, rue de la Corratierie CP 283-1211 GENEVE 11 - Tél. (022) 28.01.7778

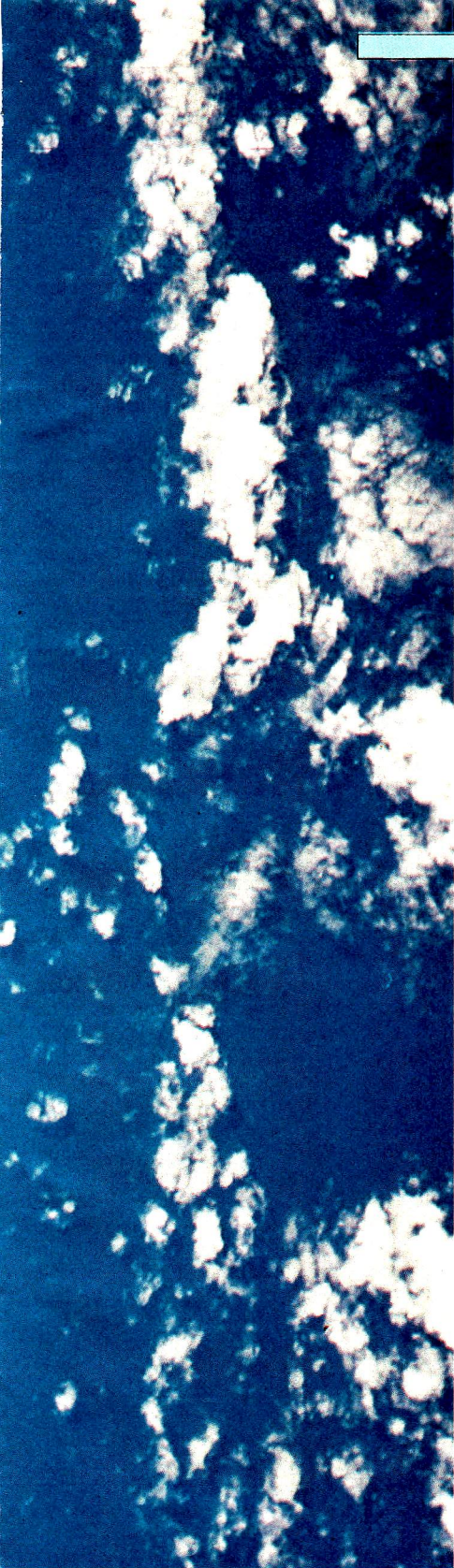
ET SI LA NAVETTE DEVAIT SE POSER "AUX VACHES"...



Vu de la navette, depuis l'espace, l'aéroport de l'île de Pâques (flèche). C'est l'un de ses trente terrains de secours.

TOUS LES CAS IMAGINABLES DE PANNES OU D'ACCIDENTS

avaient été prévus. Sauf, sans doute, la catastrophe qui s'est produite le 28 janvier. A chaque cas sa parade. Si une panne survenait par exemple au-dessus du Pacifique Sud, le vaisseau pourrait se poser sur l'île de Pâques, où une piste (flèche rouge) est prévue pour elle...



Challenger a explosé en plein vol 74 secondes après son lancement. Il semblerait que l'explosion soit due à un joint de l'un des segments du "booster" à poudre qu'on n'aurait pas vérifié. Conséquences : sept morts, une navette perdue, les prochains tirs retardés jusqu'à l'été.

Un mois avant l'accident, *Science & Vie* avait préparé pour son numéro de février un article — nous ne savions pas combien il était prémonitoire — sur les multiples menaces qui guettent chacune des missions de cet engin. Les exigences du planning avaient fait retarder sa parution. Nous le publions aujourd'hui, tel qu'il a été écrit avant la catastrophe. Le ton pourra surprendre par son détachement, puisque ce travail d'anticipation n'a pas été entrepris sous l'emprise de l'émotion qui entoure maintenant le plus grand, sinon le premier désastre de l'espace⁽¹⁾. Mais ce compte-rendu à froid, dont la plus dramatique des hypothèses n'était pas encore devenue réalité, n'en a sans doute que plus de valeur.

Des tuiles isolantes qui se décollent du bouclier de protection thermique. Le feu qui prend dans les piles à combustible à réserve d'ergols. Un des cinq principaux ordinateurs de bord qui se met à cafouiller. Des crises qui apparaissent sur le métal. Un défaut de climatisation au fréon qui rend la cabine invivable. Un moteur-fusée qui flanche. Le bras télémanipulateur qui se bloque. Des pneus qui crèvent au contact de la piste.

Ce sont des réalités déjà vécues par les équipages. Le monde s'est fasciné pour les toilettes bouchées de *Discovery* : un banal incident de plomberie prend des proportions dramatiques quand sept hommes sont coincés dans 70 m³ en orbite au tour de la Terre.

Il n'y a pas pénurie d'éventualités malheureuses dans la carrière à répétition d'une navette, destinée à être en grande partie

récupérable et réutilisable pour une longue succession de vols.

Le premier accident, survenu l'été dernier à *Challenger* avec sept hommes à bord — la perte d'un des moteurs principaux —, s'inscrit dans une impressionnante série d'événements riches en émotions. Le sort n'a pas encore mis à exécution une de ses pires menaces : la dépressurisation subite causée par un météorite ou des débris d'engin spatial qui crèveraient l'enceinte de l'orbiteur. Mais le catalogue des accidents possibles est infini.

Toute mise sur orbite de la navette se déroule idéalement de la façon suivante. Une fraction d'instant avant le décollage, c'est la mise à feu des trois principaux moteurs-fusée (SSME) à l'arrière de l'orbiteur⁽²⁾, les propulseurs à hydrogène liquide les plus puissants jamais réalisés, dont chacun développe une poussée dans le vide de 207 tonnes. Après trois secondes environ, ils atteignent 109 % de leur poussée nominale au sol, soit 170 t de poussée unitaire. C'est alors qu'on allume les deux fusées à poudre, ce qui porte instantanément la poussée totale à 2 940 tonnes. Cette opération est irréversible ; le fonctionnement des boosters (les "pous-seurs", ou propulseurs auxiliaires), ceux-ci une fois allumés, devient pratiquement incontrôlable. Avec leur 500 t de propergols solides, ils fournissent l'essentiel de la force nécessaire au décollage. Au sol, ils servent également de support à l'ensemble du véhicule, qui pèse plus de 2 000 tonnes.

Dès que les boosters se mettent à cracher le feu par les tuyères, on relâche les mâchoires d'ancrage qui les retiennent, en même temps que l'engin tout entier, sur le pas de tir. La navette décolle. Les boosters achèvent leur combustion au bout de 2 minutes 12 secondes, à 45 km d'altitude, et sont largués au-dessus de l'Atlantique.

L'engin continue sous la seule poussée de ses moteurs prin-

Photo NASA

viétiques : Dobrovolski, Volvov et Patsayev.

(2) L'orbiteur est la partie véritablement réutilisable de la navette. Long de 37 m, il est doté d'une aile delta de 24 m d'envergure. Son fuselage abrite à l'avant la

cipaux, l'accélération étant progressivement réduite à 3 g. Six minutes 30 secondes après l'envol, filant à 15 fois la vitesse du son, la navette sacrifie un peu d'altitude, passant de 130 à 120 km. Le Johnson Space Center à Houston commande alors l'extinction des moteurs principaux; 50 m/s seulement restent à fournir pour atteindre la vitesse de satellisation, soit 7 800 m/s. Peu après, les contrôleurs à terre ordonnent l'éjection, au-dessus de l'océan Indien, du réservoir extérieur, long de 70 m et d'une capacité de 703 t de propergols, qui alimentait les moteurs en hydrogène et en oxygène liquides. Ce récipient gigantesque possède une structure légère: 35 t pour une masse en charge de 738 t et un volume de 2 000 m³. C'est lui, pourtant, qui au départ sert d'armature à la navette, soutenue sur son dos. L'opération de largage accomplie, quelques corrections de trajectoire, au moyen de deux petits moteurs de manœuvre, amènent la navette sur son orbite.

La phase retour est plus délicate encore. La navette endure une décélération aérodynamique qui, en moins d'une heure, l'amène de 28 000 à 385 km/h; après sa plongée hypersonique dans l'atmosphère et son freinage violent par l'air, il lui faut atterrir très exactement sur la piste prévue. Pour affronter les températures de rentrée (1 500 à 2 300 °C) dans la couche atmosphérique, l'engin est caparaçonné d'une armure thermique faite de 34 250 tuiles isolantes en silice ou, pour les éléments les plus exposés, en fibre de carbone. Une protection qui pèse 7,2 tonnes.

Voilà comment se passe le voyage quand tout va bien. C'est-à-dire sur le papier. Certes, la probabilité théorique d'un contretemps tragique reste statistiquement mince. Même et surtout depuis le 28 janvier ce qui s'est produit ne se reproduira plus. Les navettes américaines ont déjà totalisé plus de

85 millions de kilomètres sans pertes humaines, un record que peuvent lui envier tous les autres modes de transport. Officiellement, leur fiabilité est de 99,99 % plus quelques millièmes, chiffre d'ailleurs contesté par certains responsables de la NASA.

Moins de 0,01 % de risque...

mais sur un engin de cette complexité, et dans un milieu aussi hostile que celui où il est appelé à évoluer, cela représente quand même un pari hasardeux. Sans compter l'imprévisible. On l'a vu.

Dans les premières minutes de vol, la principale menace reconnue provient des boosters, dont l'énorme poussée est disproportionnée à celle des moteurs-fusée principaux, et dont on maîtrise très mal l'action après leur mise à feu. Ces grands propulseurs, qui fonctionnent à plein régime pendant toute la phase précédant leur largage, voisinent avec les 703 tonnes de propergols liquides transportés dans le réservoir extérieur: le carburant et le combustible dont la réaction explosive fournit la poussée des trois SSME. La déflagration de ce biergol pulvériserait instantanément le vaisseau spatial, et engendrerait une boule de feu d'un kilomètre de diamètre, empoisonnant l'atmosphère de ses émanations toxiques.

La NASA avait connu l'avant-goût d'un tel désastre. En janvier 83, on découvre des fissures atteignant 2 cm de long sur les moteurs principaux de *Challenger*, dont l'une affecte un circuit de refroidissement où passe de l'hydrogène liquide. Cette substance hautement combustible aurait bien pu, au contact de l'oxygène de l'air, déclencher l'incendie de la navette pendant les 20 premières secondes de vol. Deux mois plus tard, l'examen met au jour une autre fissure, cette fois sur un circuit d'hydrogène.

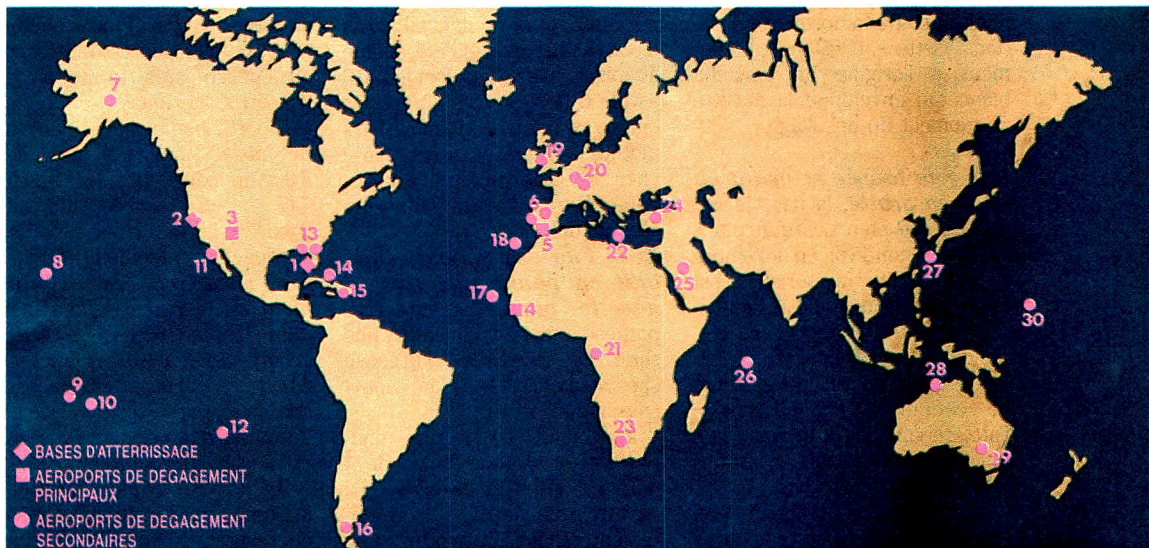
On mesure les conséquences énormes que peut avoir la moindre négligence, exprimée en fractions de millimètre, pour un appareil qui travaille à la

limite du possible. Ces fissures, situées sur des parties peu accessibles des moteurs, avaient échappé au contrôle par rayons X effectué à la suite d'une réparation. N'a-t-on pas constaté, un an plus tard, que des vannes étaient montées à l'envers sur la plateforme de lancement où une navette était déjà dressée.

En août 1983, Daniel Brandestein, pilote du huitième vol de la navette, confirme les révélations faites à la télévision *NBC* par un officiel anonyme de la NASA: la tuyère de l'un des boosters était sévèrement corrodée. Si le défaut n'avait été diagnostiqué avant la mission, le métal se serait percé en moins de quinze secondes après le décollage, donnant naissance à une torche de gaz incandescents qui aurait très certainement conduit à l'explosion de l'engin. Même sans cela, ce jet de flamme craché latéralement par la tuyère devait faire basculer la navette en début de trajectoire; l'officier de sécurité, surveillant le fâcheux déroulement des choses de son poste de Cap Canaveral Air Force Station, pas loin du Kennedy Space Center, et estimant que cette navette complètement désorientée pouvait s'écraser sur une région habitée, n'aurait pas eu d'autre choix que de télécommander sa destruction. « La navette était à un quart de pouce du désastre », titrera le *Times* de Londres.

Ce n'aurait pas été la première fois qu'on lance à distance l'ordre à un engin spatial de s'autodétruire. Jusqu'ici, il ne s'est agi que de fusées non habitées. Le 13 septembre 77, le lanceur américain emportant le satellite européen *OTS 1* a dû se «saborder» — on avança un instant la thèse du sabotage. Huit ans plus tard, jour pour jour, on faisait éclater *Ariane* en plein vol, sa trajectoire se révélant erratique. La même procédure est inscrite dans le programme français d'avion spatial *Hermès*: « Le risque de devoir tout faire sauter est admis », dit Pierre Marx, chargé du projet *Ariane V* au Centre national d'études spa-

TRENTE TERRAINS DE SECOURS AUTOUR DE LA TERRE



tiales (CNES). Sur la navette, cette tâche sinistre serait accomplie par des cordons explosifs courant le long des boosters et du grand réservoir extérieur.

Bien des doutes existent, dans l'esprit des ingénieurs mêmes de la NASA, quant à la sécurité des propergols solides utilisés dans les boosters, notamment à cause de leur sensibilité au froid. Le comportement de ces poudres est générateur d'inquiétants phénomènes vibratoires et de modifications préoccupantes de la pression interne des moteurs.

Si une explosion accidentelle devait menacer avant le décollage, en plein compte à rebours, et dans la mesure où l'alerte serait donnée à temps pour que l'équipage pût s'échapper, la NASA a ménagé à ses hommes une chance de survie. Les sièges éjectables ont été supprimés dès le deuxième vol ; l'habitacle, sur deux étages, renferme aujourd'hui sept passagers, et peut en contenir dix en cas de nécessité — impensable, dans ces conditions exigües, de déclencher un "feu d'artifice" humain en éjectant simultanément un tel monde de la cabine. On a donc réservé aux astronautes une sortie de secours, un sas qu'ils peuvent ouvrir pour accéder à la tour de lancement et se précipiter dans

les cinq nacelles métalliques accrochées à un câble, le long duquel, en déserrant le frein à main, ils se laisseront dévaler en catastrophe sur 375 m de hauteur. Au terme d'une chute contrôlée de 35 secondes, ils trouveront refuge dans un bunker souterrain ou dans un caisson blindé, si du moins le sort veut bien surseoir à l'explosion le temps qu'il faut.

Sans recourir tout à fait à cet exercice d'acrobatie, la NASA a quand même ordonné, avec un certain empressement, l'évacuation *in extremis* de *Discovery*, le 26 juin 84. Suite à une contamination du lubrifiant, une valve sur un des moteurs principaux s'ouvre avec du retard, des flammes apparaissent à la base de la navette. Moins de quatre secondes avant l'allumage définitif des boosters — le point de non retour —, les ordinateurs décident d'éteindre les SSME et de stopper tout. L'équipage débarque dans un ordre parfait mais avec quelques signes de nervosité.

Des problèmes sont apparus au décollage dès le premier lancement de la navette, le 12 avril 81 ; il s'agissait du *STS 1* (*Space Transport System*), avec Young et Crippen aux commandes. L'onde de choc, produite par le jet de feu issu des moteurs,

Si la navette devait se poser d'urgence, selon son altitude au moment de la panne, elle pourrait se diriger sur l'un des aéroports suivants, où des équipes de spécialistes sont prêtes à l'accueillir :

1. Kennedy Space Center, à Cap Canaveral, en Floride.
2. Base Edwards, en Californie.
3. Base de White Sands, dans le Nouveau-Mexique.
4. Aéroport de Dakar-Yoff, au Sénégal.
5. Base de Rota, en Espagne (OTAN).
6. Aéroports de Moron et de Saragosse, en Espagne.
7. Base de Eilsen, en Alaska.
8. Base de Hickam, dans l'île d'Honolulu, à Hawaï.
9. Aéroport de Papeete, à Tahiti.
10. Aéroport de l'île de Hao, en Polynésie française.
11. Base de Moses Lake, en Californie.
12. Aéroport de Mataverí, dans l'île de Pâques.
13. Aéroports de Miami et d'Orlando, en Floride.
14. Aéroport de Nassau, aux Bahamas.
15. Aéroport de Saint-Domingue, en République dominicaine.
16. Aéroport de Rio Gallegos, en Argentine.
17. Aéroport Amílcar Cabral, aux îles du Cap Vert.
18. Aéroport de Las Palmas, aux Canaries.
19. Base RAF de Brize-Norton, en Grande-Bretagne.
20. Aéroports de Francfort et Bonn-Cologne, en RFA.
21. Aéroport de Kinshasa, au Zaïre.
22. Aéroport de Suda Bay, en Crète.
23. Aéroport de Hoedspruit, en Afrique du Sud.
24. Aéroport de Diyarbakir, en Turquie.
25. Aéroport de Riyad, en Arabie saoudite.
26. Aéroport de Diego Garcia, dans l'archipel Chagos.
27. Base de Kadena, dans l'île d'Okinawa.
28. Aéroport de Darwin, en Australie.
29. Aéroport de Sydney, en Australie.
30. Base de Guam, dans les îles Mariannes.

frappa le béton nu du pas de tir et remonta l'engin sur toute sa hauteur, y causant des trépidations inquiétantes, déstabilisant le régime des moteurs, déplaçant un élevon de 15 cm et détachant une quantité de tuiles de protection thermique. La NASA a ré-

solu le problème en arrosant le sol avec 300 000 litres d'eau à la minute, ce qui amortit les vibrations. Cette eau est essentiellement à l'origine du panache blanc qui enveloppe la navette au moment du décollage.

Une fois lancée et avant sa mise en orbite, la navette risque encore bien des difficultés. Lors du second vol, en novembre 81, une bulle mystérieuse est apparue dans une pile à combustible, faisant redouter l'imminence d'une explosion. D'ailleurs, deux de ces générateurs de courant s'enflammeront à l'atterrissage de *Challenger*, le 8 décembre 83, sans toutefois causer de dégâts graves.

Mais la source potentielle majeure de surprises reste les trois grands moteurs-fusée, du fait de leur extraordinaire complexité. Ces organes de propulsion sont réutilisables d'un vol à l'autre, en principe pour une cinquantaine ou même une centaine de missions. Sur les 10 millions de pièces que compte la navette, chaque SSME à lui seul en comporte 70 000, dont le quart ont été redessinées et remplacées au moins une fois. Ce sont des monstres mécaniques dont le fonctionnement défie virtuellement les lois de la résistance des matériaux. La turbopompe qui les alimente chacun en hydrogène liquide, travaille sous une pression de 510 atmosphères ; à titre de comparaison, le dispositif homologué, sur la future fusée européenne *Ariane V*, opérera sous 150 atm seulement. Pour la navette, les vitesses d'éjection sont telles que l'oxygène brassé par les turbopompes forme des bulles qui, en frappant les parois du système, y creusent des trous de 6 mm, soit le tiers de l'épaisseur. L'intensité de ce phénomène, dit de cavitation, est doublée lorsqu'on augmente la puissance du moteur de 4 % seulement. On est donc ici aux confins du tolérable.

Tous les organes de ces moteurs font l'objet d'une miniaturisation extrême. En tant qu'éléments récupérables de la na-

vette, les SSME doivent pouvoir se prêter à des dizaines de mises à feu au cours de leur vie. L'un d'eux, le 2010, a déjà été allumé 40 fois au banc d'essai, et le 2013 a volé 6 fois. Soumis à pareilles épreuves, même en usine, des moteurs ont explosé en série chez le constructeur, Rocketdyne, retardant le programme de plus de deux ans.

Et si l'un des moteurs tombait en panne une fois la navette partie ? Cette hypothèse a inspiré à la NASA une série de mesures d'urgence spectaculaires : le plan *Abort* (mission avortée).

Imaginons l'extinction inopinée d'un moteur moins de 4 minutes après le décollage. La navette vole trop bas, trop lentement, pour atteindre son orbite uniquement sur sa lancée. Elle devra alors revenir à son aire de départ, manœuvre appelée RTLS (*Return to Launch Site*) et dont certains astronautes estiment qu'elle ne leur laisserait pas plus de 30 % de chances d'en réchapper. On largue les boosters, si ce n'est déjà fait. On continue la montée jusqu'à 120 km d'altitude, de façon plus abrupte que prévu, avant d'effectuer un tête-à-queue savant pour rebrousser chemin. Descente à l'altitude 60 km, où l'on se débarrasse du réservoir de propergols au-dessus de l'Atlantique. Retour en vol plané pour un atterrissage "normal". A chaque lancement, une centaine de techniciens de Cap Canaveral attendent aux abords de la piste, prêts à intervenir si la situation *Abort* se produisait.

Les 4 minutes qui suivent l'envol constituent le délai critique de cette manœuvre ; après, il est trop tard pour faire marche arrière. Incapable à la fois d'atteindre son objectif dans l'espace et de rejoindre sa base au sol, la navette est dès lors contrainte d'atterrir ailleurs, sur une piste de fortune. Cette rentrée héroïque, sinon glorieuse, suit une trajectoire ballistique qui traverse l'Atlantique. Les navettes qui décollent de la

base militaire de Vandenberg, en Californie, effectuent leur retour au-dessus du Pacifique. La NASA propose, aux pilotes de ces engins désémbarqués, trente points d'atterrissage dans le monde : aéroports homologués, pourvus de pistes suffisantes — les 3 000 m exigés par les Boeing 747 —, de moyens adéquats d'aide à la navigation, et d'un service d'incendie compétent.

Les aéroports de dégage-ment de la navette sont indiqués sur notre carte page 93. Un accord passé avec la France en 84 autorise la navette à se poser sur l'aéroport de Papeete, à Tahiti, et dans l'île de Hao, une escale sur la route de Mururoa.

Eventualité la plus favorable, le pilote du véhicule en détresse cherchera à se poser sur la base bien équipée d'Edwards, qui occupe un lac asséché de Californie, ou sur celle de White Sands, dans le Nouveau-Mexique. Cependant, si elle devait soudainement décrocher de son plan de vol normal, la navette n'aurait qu'une "fenêtre" de onze heures sur vingt-quatre pour rallier l'ouest des Etats-Unis, étant donné son mouvement orbital par rapport à la rotation terrestre.

Les astronautes admettent qu'ils préféreraient se "crasher" sur terre américaine, où « l'organisation des secours et les traitements médicaux d'urgence sont plus au point qu'ailleurs ».

Du côté Atlantique, il existe une abondance de sites. Les plus importants sont, pour l'Europe, la base de l'OTAN à Rota en Espagne, et pour l'Afrique, l'aéroport de Dakar-Yoff au Sénégal, encore que ce dernier, pour bonne que soit sa situation géographique, n'offre pas les conditions idéales — vents de sable, piste médiocre — pour la rentrée en catastrophe d'un vaisseau spatial. Autres lieux retenus : les aéroports de Saragosse, de Bonn-Cologne, de Francfort et, en Floride, d'Orlando et de Miami. A chaque vol de navette, des techniciens de la NASA sont à pied d'œuvre dans ces endroits pour y assister

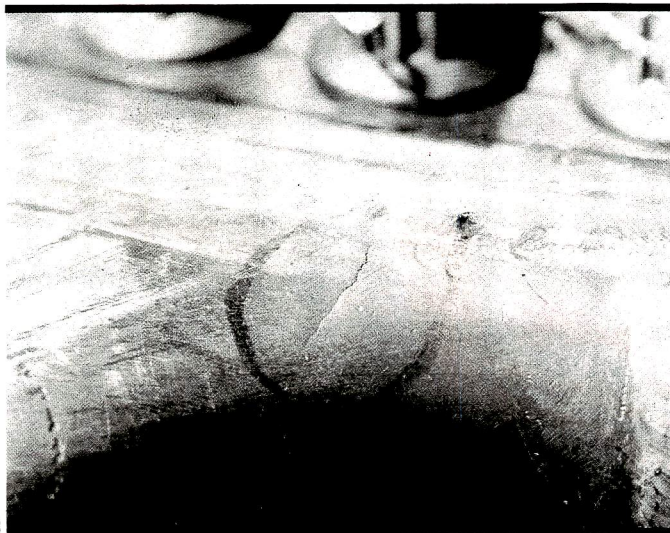
au besoin le véhicule en perdition lors de son atterrissage. Ils tendent l'oreille dans la crainte d'entendre le double bang supersonique qui annoncerait son retour inopiné sur Terre.

Le dernier vol de *Columbia* a été différé alors que ce vieux vétéran de l'espace, rappelé en service, était déjà prêt à partir et que les astronautes attendaient depuis cinq heures, sanglés sur leur siège. Raisons météorologiques : le temps était trop mau-

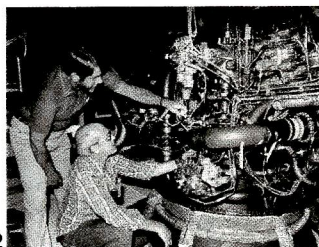
objections au projet quand Washington fit mine de se tourner vers les îles Fidji et de reporter son choix sur l'aéroport de Nandin, le plus important du Pacifique central. L'atterrissage forcé d'une navette serait en effet une manne providentielle pour l'économie locale, provoquant l'afflux de milliers de techniciens, journalistes, touristes, et attirant sur l'endroit en question l'attention de tous les médias du monde.



1



3



2

LES PÉPINS ET LA ROUTINE

Le 28 février 1983, il avait fallu démonter le moteur principal n° 2 (1) pour réparer une fuite d'hydrogène dans le système d'allumage (2). Peu de temps avant, les techniciens de la NASA avaient décelé une fissure de 1,5 cm de long dans la tuyère du moteur principal de "Challenger" n° 1 (3).

vais, non seulement à Cap Canaveral, mais sur les deux principaux aéroports de dégagement de l'Atlantique, en Espagne et au Sénégal.

La navette pourrait au besoin amerrir, mais elle est un piètre hydravion. Elle a une bonne flotabilité au repos, mais sa vitesse à l'arrivée dans l'eau (190 nœuds, soit 352 km/h) crée un problème de décélération abrupte qui risque de tout bouleverser à l'intérieur et de projeter violemment les équipements de la soute vers la partie habitée de l'avant. Prévoyante, la NASA a cependant placé à bord un raideau de sauvetage.

Plus récemment, l'agence spatiale américaine a gagné le droit d'utiliser l'aéroport Mataverí, sur l'île de Pâques, malgré l'opposition très vive des écologistes chiliens. Le gouvernement de Santiago a vite levé ses premières

On imagine la scène, telle que la NASA en a déjà anticipé les détails. La navette, un de ses moteurs en moins, au terme d'un périple scabreux, se pose avec difficulté, mais avec succès, sur ce bout de terre isolé, de 162,5 km². Arrivé en fin de piste, le pilote coupe le contact, débranche les nombreux systèmes d'alimentation et de commande. L'équipage débarque, prenant bien soin de tout verrouiller derrière lui. Car on a abordé ici dans un territoire très différent des installations de la NASA ou de l'US Air Force, consignées au grand public. Déjà les autorités chiliennes ont mis en place un cordon de police autour du monstre volant, pour en écarter la foule. Certes, les spectateurs locaux ne sont pas terriblement encombrants : l'île compte seulement 2 050 habitants. Et les gens de la NASA déjà sur place ne

forment qu'un contingent modeste au regard des centaines de techniciens qui, dans des circonstances normales, accueillent la navette à son retour sur le sol américain.

Mais déjà on annonce l'arrivée de 70 hommes du commando d'intervention rapide de la NASA, composé de spécialistes de tous les aspects technologiques de l'engin, et comprenant les représentants des industries qui ont participé aux phases les plus importantes de sa construction. Cette équipe de choc est maintenue en alerte durant chaque vol, prête à se rendre n'importe où dans le monde en moins de cinq heures.

Le gros des troupes, cependant, sont les curieux, professionnels et amateurs. Arrivée en masse des envoyés de la presse internationale, tous médias confondus, avec un extraor-



Jusqu'à l'accident de "Challenger" survenu le 28 janvier 1986, 4 exemplaires de la navette ont été construits depuis le lancement du programme en 1970 : "Columbia" (6 vols), "Discovery" (6 vols), "Challenger" (8 vols) et "Atlantis" (2 vols). Les industriels américains suivants ont été responsables de sa fabrication sous le contrôle de la NASA :

- Rockwell (l'"Orbiter")
- Grumman (contractant de Rockwell pour les ailes de l'"Orbiter")
- McDonnell Douglas (contractant de Rockwell pour les supports de fixation des lanceurs et du réservoir extérieur)
- McDonnell Douglas (support)
- Rocketdyne (moteurs principaux de l'"Orbiter")
- Thiokol (fabrication des lanceurs à poudre)
- USBI (assemblage et récupération des lanceurs à poudre)
- Martin Marietta (réservoir extérieur).

DIMENSIONS

- Longueur hors tout : 56,1 m (contre 70,66 m pour un Boeing 747).*
- Hauteur : 23,34 m (19,33 m).
- Longueur du réservoir extérieur : 47 m.
- Diamètre du réservoir extérieur : 8,38 m.
- Longueur des lanceurs à poudre : 45,46 m.
- Diamètre des lanceurs à poudre : 3,70 m.
- Envergure : 23,79 m (59,64 m).
- Hauteur au sol : 17,27 m (19,33 m).
- Hauteur hors tout : 23,34 m.

MASSE

- Masse totale au lancement : 2 040,8 tonnes.
- Masse de l'Orbiter vide : 74,844 tonnes (165,3 t).
- Masse de la charge utile en orbite basse : 29,478 tonnes (57 t).
- Masse du réservoir extérieur plein : 756,441 tonnes.
- Masse d'un seul des deux lanceurs à poudre : 589,670 tonnes.

POUSSÉE

- Poussée totale au décollage : 28 590 KN, soit 2 914,33 tonnes (206,8 t x 4).
- Poussée d'un des 3 moteurs principaux : 1 670 KN, soit 170,10 tonnes.
- Poussée d'un des 2 lanceurs à poudre : 11 790 KN, soit 1 202,02 tonnes.

PERFORMANCES

- Charge utile : 29,485 tonnes à 185 km d'altitude ; 11,340 tonnes à 500 km d'altitude (orbite inclinée à 55°) ; 14,515 tonnes à 185 km (orbite polaire).

ÉQUIPAGE

- 7 personnes : 1 commandant de bord, 1 pilote, 5 astronautes appartenant à deux catégories : les spécialistes de mission et les spécialistes de charges utiles.

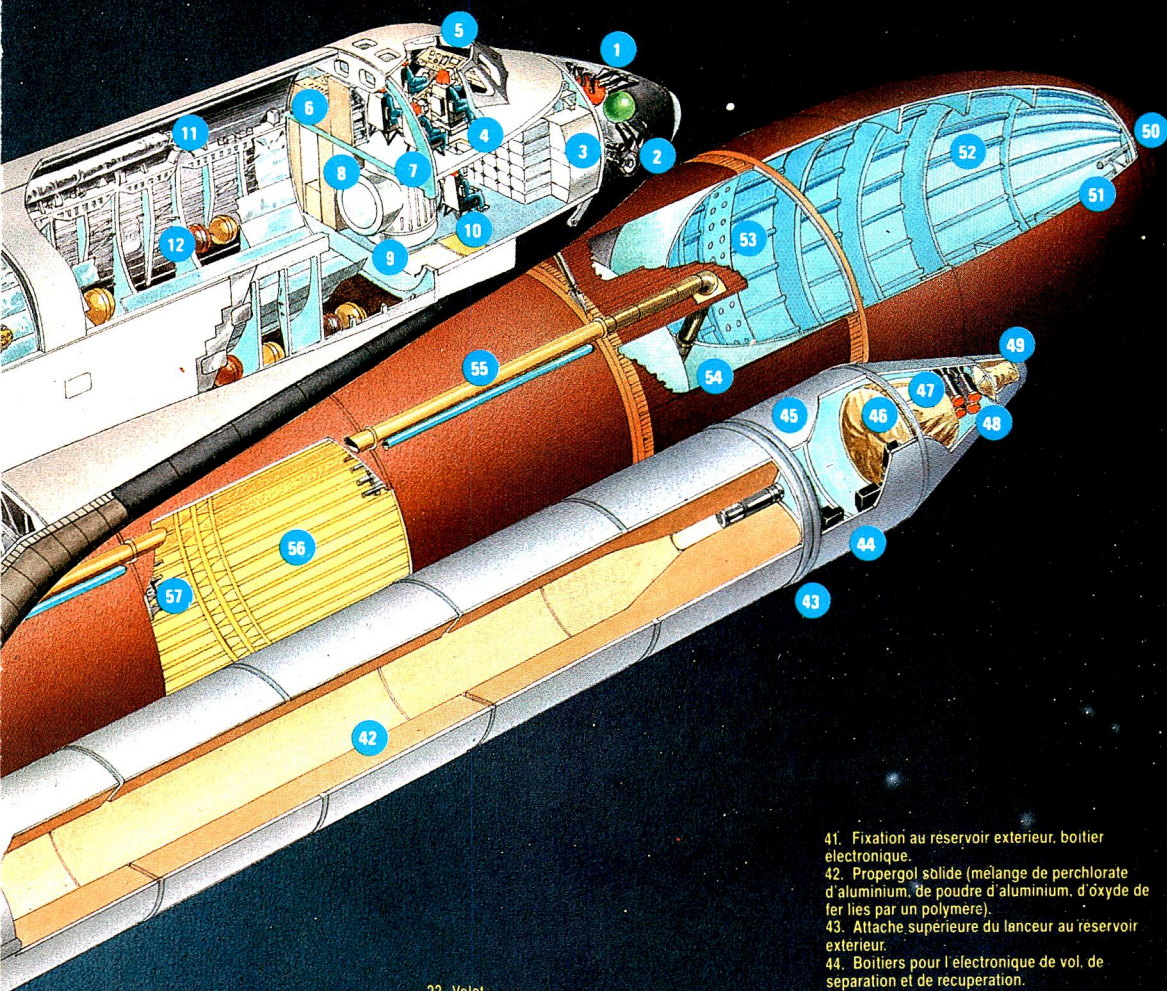
* Les chiffres entre parenthèses ci-après sont ceux du Boeing 747, donnés comme ordre de grandeur.

LA NAVETTE SPATIALE

L' "ORBITER"

1. Moteurs du système de contrôle d'assiette (SCA).
2. Train d'atterrissage avant.
3. Fixation supérieure au réservoir extérieur.
4. Poste de pilotage.
5. Tableau de bord.
6. Tableau de contrôle de rendez-vous et d'arrimage en soute.
7. Moteurs du système de contrôle d'assiette (SCA).
8. Moteurs du système de contrôle d'assiette (SCA).
9. Moteurs du système de contrôle d'assiette (SCA).
10. Moteurs du système de contrôle d'assiette (SCA).
11. Moteurs du système de contrôle d'assiette (SCA).
12. Moteurs du système de contrôle d'assiette (SCA).
13. Moteurs du système de contrôle d'assiette (SCA).
14. Moteurs du système de contrôle d'assiette (SCA).
15. Moteurs du système de contrôle d'assiette (SCA).
16. Moteurs du système de contrôle d'assiette (SCA).
17. Moteurs du système de contrôle d'assiette (SCA).
18. Moteurs du système de contrôle d'assiette (SCA).
19. Moteurs du système de contrôle d'assiette (SCA).
20. Moteurs du système de contrôle d'assiette (SCA).
21. Moteurs du système de contrôle d'assiette (SCA).
22. Moteurs du système de contrôle d'assiette (SCA).
23. Moteurs du système de contrôle d'assiette (SCA).
24. Moteurs du système de contrôle d'assiette (SCA).
25. Moteurs du système de contrôle d'assiette (SCA).
26. Moteurs du système de contrôle d'assiette (SCA).
27. Moteurs du système de contrôle d'assiette (SCA).
28. Moteurs du système de contrôle d'assiette (SCA).
29. Moteurs du système de contrôle d'assiette (SCA).
30. Moteurs du système de contrôle d'assiette (SCA).
31. Moteurs du système de contrôle d'assiette (SCA).
32. Moteurs du système de contrôle d'assiette (SCA).
33. Moteurs du système de contrôle d'assiette (SCA).
34. Moteurs du système de contrôle d'assiette (SCA).
35. Moteurs du système de contrôle d'assiette (SCA).
36. Moteurs du système de contrôle d'assiette (SCA).
37. Moteurs du système de contrôle d'assiette (SCA).
38. Moteurs du système de contrôle d'assiette (SCA).
39. Moteurs du système de contrôle d'assiette (SCA).
40. Moteurs du système de contrôle d'assiette (SCA).
41. Moteurs du système de contrôle d'assiette (SCA).

1. Moteurs du système de contrôle d'assiette (SCA).
2. Train d'atterrissage avant.
3. Fixation supérieure au réservoir extérieur.
4. Poste de pilotage.
5. Tableau de bord.
6. Tableau de contrôle de rendez-vous et d'arrimage en soute.



7. Sas.
8. Compartiment électronique.
9. Rangement modulaire.
10. Aire de repos.
11. Bras télémanipulateur.
12. Réservoirs de LH_2 (hydrogène liquide) et de LO_2 (oxygène liquide) pour les piles à combustible.
13. Porte de la soute.
14. Radiateur.
15. Charge utile (ici le satellite TDRSS-2).
16. Train d'atterrissage principal.
17. Bord d'attaque en tuiles de carbone.
18. Tuiles d'isolation thermique.
19. Fixation inférieure au réservoir extérieur.
20. Alimentation en LH_2 - LO_2 .
21. Elevon.

22. Voilet.
23. Tuyère moteur principal.
24. Bouclier thermique.
25. Système d'alimentation.
26. Roulement pour l'orientation de la tuyère.
27. Collecteur d'admission LH_2 - LO_2 .
28. Accouplement orbiter-réservoir extérieur.
29. Réservoirs de pressurisation.
30. Réservoir de comburant du système de manœuvre orbital (SMO).
31. Réservoir de comburant du SMO.
32. Réservoir de carburant du SMO.
33. Réservoir de carburant du SMO.
34. Réservoir d'hélium du SMO.
35. Tuyères du SCA.
36. Tuyère du moteur de manœuvres orbitales (poussée = 2,72 tonnes).
37. Gouvernail et aérofreins.

LANCEUR À POUDRE

38. Tuyère et dispositifs d'orientation du lanceur à poudre.
39. Moteurs de séparation de 9,9 tonnes de poussée chacun.
40. Jupe.

41. Fixation au réservoir extérieur, boîtier électronique.
42. Propergol solide (mélange de perchlorate d'aluminium, de poudre d'aluminium, d'oxyde de fer liés par un polymère).
43. Attache supérieure du lanceur au réservoir extérieur.
44. Boîtiers pour l'électronique de vol, de séparation et de récupération.
45. Jupe.
46. Parachute principal.
47. Moteurs de séparation de 9,8 tonnes de poussée chacun.
48. Parachute primaire.
49. Coiffe.

RÉSEROIR EXTÉRIEUR

50. Soupape de sécurité du réservoir de LO_2 .
51. Coiffe.
52. Réservoir de LO_2 (528 473 litres à -183°).
53. Dispositif anti-retour de l'oxygène.
54. Section inter-réservoir.
55. Alimentation LO_2 .
56. Réservoir LH_2 (1 432 161 litres à -254°).
57. Longérons.
58. Prise ombilicale.
59. Lignes électriques.

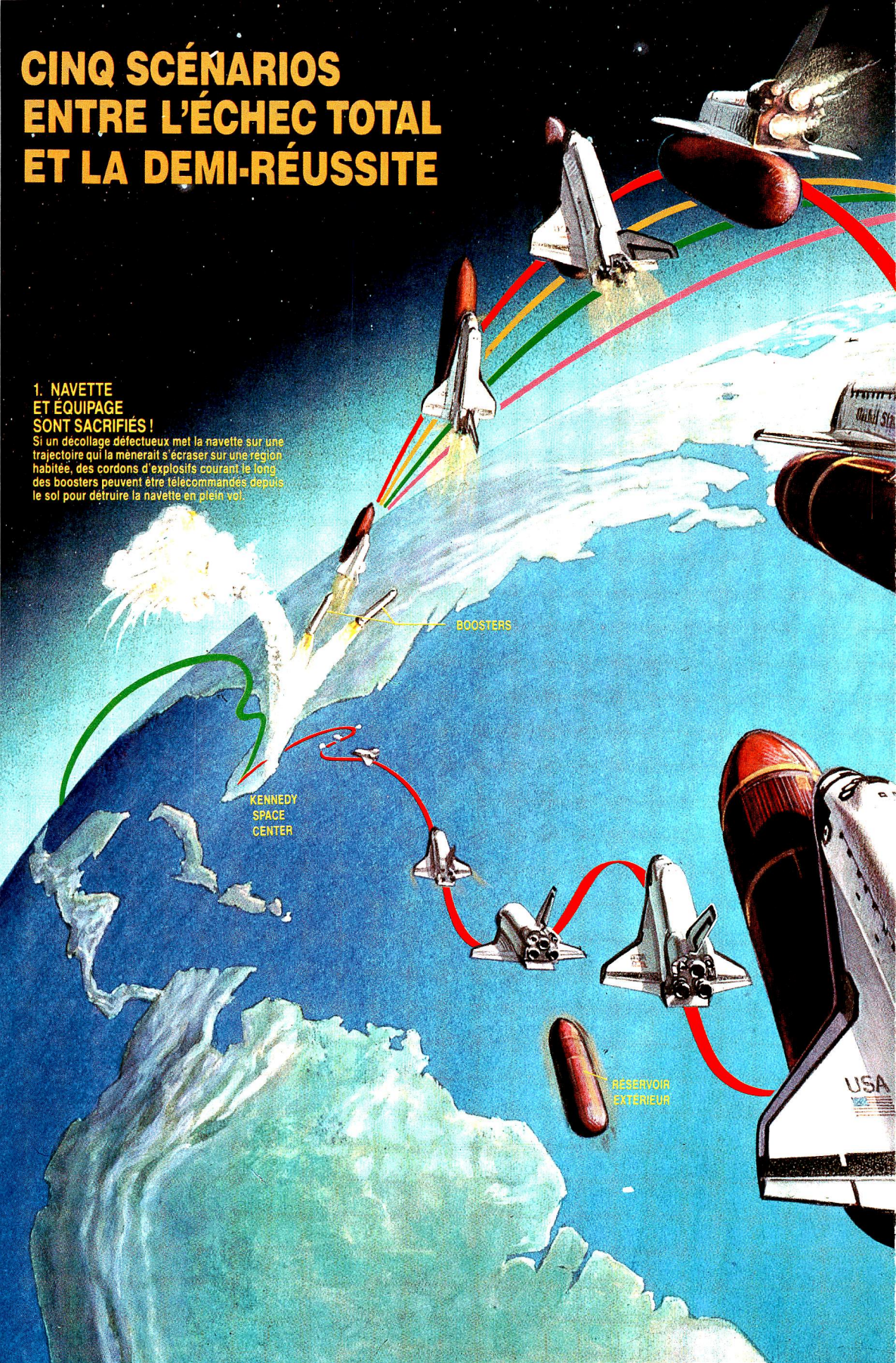
PAD DE LANCEMENT À CAP KENNÉDY

60. Paratonnerre.
61. Bras de purge du LO_2 .
62. Structure fixe de service.

CINQ SCÉNARIOS ENTRE L'ÉCHEC TOTAL ET LA DEMI-RÉUSSITE

1. NAVETTE ET ÉQUIPAGE SONT SACRIFIÉS !

Si un décollage défectueux met la navette sur une trajectoire qui la mènerait s'écraser sur une région habitée, des cordons d'explosifs courant le long des boosters peuvent être télécommandés depuis le sol pour détruire la navette en plein vol.



A detailed diagram illustrating the emergency abort procedures for a Space Shuttle. The background is a map of the Atlantic Ocean and parts of Africa and Europe. A large shuttle is shown in the bottom left, ascending. A red line traces a path from the shuttle, looping around the Earth and back to the launch site. A yellow line traces a path from the shuttle, looping around the Earth and back to the launch site. A green line traces a path from the shuttle, looping around the Earth and back to the launch site. A blue line traces a path from the shuttle, looping around the Earth and back to the launch site. The diagram is divided into four numbered sections, each with a title and a description of the procedure. The sections are: 1. RETOUR AU SITE DE LANCEMENT (Return to Launch Site), 2. RETOUR AU SITE DE LANCEMENT (Return to Launch Site), 3. SAUT DE PUCE TRANSATLANTIQUE (Transatlantic Flea Jump), and 4. UN TOUR DU MONDE POUR RIEN (One Lap of the World for Nothing).

2. RETOUR AU SITE DE LANCEMENT

Si un moteur principal tombe en panne dans l'espace peu après le décollage, la navette pivote sur elle-même, perd de l'altitude jusqu'à opérer sa rentrée atmosphérique puis regagne la piste d'atterrissage du Kennedy Space Center.

3. SAUT DE PUCE TRANSATLANTIQUE

Si la panne d'un moteur survient plus haut dans l'espace et plus loin du Kennedy Space Center, l'aéroport de décollage le plus indiqué est alors Dakar-Yoff, au Sénégal, où une équipe d'urgence est en alerte prête à l'accueillir. C'est la manœuvre "Abort transatlantique".

4. UN TOUR DU MONDE POUR RIEN

Si la panne se produit alors que la navette a suffisamment de vitesse et d'altitude pour accomplir une manœuvre "Abort après une révolution" autour de la Terre, elle retourne se poser chez elle, c'est-à-dire à la base Edwards, à White Sands ou au Kennedy Space Center. C'est plus simple et plus rassurant pour tout le monde.

AÉROPORT DE SARAGOSSE (ESPAGNE)

AÉROPORT DE DAKAR-YOFF (SÉNÉGAL)

RENTÉE ATMOSPHÉRIQUE DU RÉSERVOIR EXTERIEUR AU-DESSUS DE L'Océan ATLANTIQUE

5. ORBITE PLUS BASSE MAIS MISSION MAINTENUE

Ici, la navette a atteint une bonne altitude, même si elle est plus basse que prévu. Elle peut continuer sa mission. Pareille situation, dite "Abort to orbit" s'est produite en juillet dernier ; il a été nécessaire, bien entendu, de larguer les propulseurs en surplus (puisque la navette n'est pas allée aussi haut que prévu) pour bien réussir la mise sur orbite.

RENTÉE ATMOSPHÉRIQUE
DU RÉSERVOIR EXTERIEUR
AU-DESSUS DE L'Océan INDIEN

динаire déploiement de matériels d'enregistrement et de transmission. Afflux de touristes accourus des quatre points cardinaux vers ce prestigieux parc naturel aux statues monumentales : foule parsemée d'un bon nombre d'agents de sécurité américains et, on le devine, d'un nombre à peu près égal d'espions venus du froid, les uns et les autres voyageant incognito, bien entendu. Tout cela fait le bonheur du Chili ; ses hôtels s'emplissent, ses transports travaillent à pleine capacité, ses entreprises de service perdent leur souffle et gagnent des fortunes à assurer la logistique de ce Barnum de l'ère spatiale.

Une des satisfactions (et non la moindre), pour le Chili, sera de traiter ces *gringos* tombés du ciel, sinon tout à fait en immigrants clandestins, du moins comme des étrangers tout venant. Car il faudra mettre l'équipage de la navette en situation régulière. Voilà de quoi mobiliser l'administration du pays ; il conviendra de vacciner les astronautes comme l'exige la police des frontières, de vérifier la validité de leurs permis de conduire internationaux, bref, de satisfaire à toutes les exigences de la bureaucratie. On ne pénètre pas sur un territoire souverain, fût-ce par la voie du cosmos, sans s'acquitter des formalités d'usage.

En visite à Djakarta, l'astronaute Robert Parker expliquait récemment que la NASA prend soin, avant chaque vol, de faire délivrer à ses équipages des visas d'entrée et de sortie pour de nombreux pays où ses hommes risqueraient, à défaut de papiers en règle, d'être l'objet des pires tracasseries officielles. Les Nations unies ont bien adopté l'accord du 22 avril 68 qui oblige les Etats à secourir les astronautes tombés sur leur sol. C'était l'époque où les équipages d'*Apollo* apprenaient à monter à chameau avant d'aller sur la Lune, en prévision d'un atterrissage forcé dans le désert. Mais on peut toujours craindre aujourd'hui que des astronautes

échoués en pays hostile ne deviennent des otages politiques.

Revenons au scénario de l'île de Pâques. Des avions-cargo de l'US Air Force, en alerte sur la base d'Edwards, s'envolent immédiatement vers la Polynésie orientale. Ils emportent la version réduite, aérotransportable, du convoi chargé d'effectuer au sol les premières interventions techniques sur la navette après chaque atterrissage normal : purge des gaz toxiques émis par les moteurs, injection d'azote liquide dans les circuits de refroidissement, dégel des canalisations quand la température l'impose. Cinq véhicules en tout, dont un préposé à l'extirpation des astronautes de leur habi-

tacle, s'ils ne parvenaient à se dégager seuls. Toutes ces opérations prennent du temps ; une dizaine de jours pour la vidange des réservoirs de propergols.

Le pont aérien qui s'établit de Californie à l'île de Pâques comprend vingt-cinq avions-cargo Lockheed C5A et quatorze C-141. Ce trafic va durer plus de deux semaines. (Si la navette devait se poser dans un site imprévu des Etats-Unis, c'est un convoi ferroviaire de quarante-et-un wagons qui irait à son secours).

Au troisième jour, sur l'aéroport Mataverí, commence l'égrenage d'une longue *check-list*, tandis que les terrassiers chiliens coulent en toute hâte, à côté de la navette, des fondations de béton (ne pas oublier le permis de construire). Au dixième jour, en effet, arrive la pièce maîtresse : une grue à deux palans, servant accessoirement de paratonnerre, appareil de levage indispensable à l'ouverture des portes de la soute, laquelle contient la charge utile pouvant peser jusqu'à 29,5 tonnes (c'est là où a pris place en 83 et 85 le laboratoire spatial européen *Spacelab*). Auparavant, un technicien contortionniste s'y est introduit en se faufilant par la trappe du train d'atterrissage principal droit, afin de constater l'étendue des dégâts. La navette transporte peut-être des satellites, que l'échec de sa mission l'a empêchée de mettre en orbite. Une fois la soute ouverte et leurs innombrables raccords électriques déconnectés, la grue va les extraire avec une infinie délicatesse, valeur oblige : 80 millions de dollars pièce. Il faut démonter les antennes, emballer les autres parties sensibles dans des boîtiers de protection. Une semaine passera à les redresser à la verticale et les installer sur un berceau spécialement conçu. L'extraction d'un gros satellite demande un mois.

Dans l'intervalle, au vingt-troisième jour, on a retiré les moteurs et tout ce qui est démontable, pour alléger la na-

vette. Elle va en effet retourner aux Etats-Unis en avion. Ou plutôt, à dos d'avion, car on va la charger sur le dessus du Boeing 747 qui lui sert de monture quand elle ne voyage pas "de ses propres ailes". Or, ce transporteur ne peut emporter sur ses épaules que 70 t, avec des escales prévues tous les trois quarts d'heure ; le ravitaillement en vol s'imposerait pour l'île de Pâques.

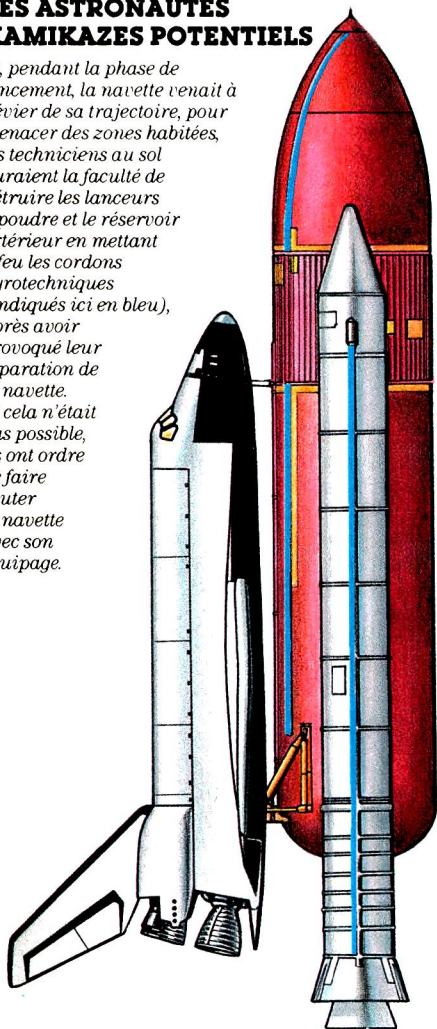
Ces opérations dureraient au moins huit semaines, en supposant une bonne météo. Le coût ? Encore inestimé mais à coup sûr exorbitant. La récupération d'une navette et de son chargement dans une zone de fortune, reviendrait à peu de chose près au prix même de leur construction. A tel point que la société Western Union, spécialisée dans les communications, et propriétaire du satellite *Westar 6*, n'a rien voulu avoir affaire avec son sauvetage quand il est tombé en panne dans l'espace. Les Européens n'ont même pas trouvé un assureur prêt à garantir leur *Spacelab*. Or, dans le cas d'un atterrissage forcé de la navette, un satellite ne sortirait pas indemne de l'aventure. Né dans des salles blanches à l'atmosphère dépoussiérée et ultracontrôlée, il serait ici abandonné à tous les vents, dans quelque hangar mal adapté à un fret aussi précieux.

Destiné aux conditions de l'espace, le satellite artificiel est une création fragile en milieu terrestre. Surtout dans ces circonstances d'exception. Sans électricité — donc sans climatisation —, il ne supportera pas des températures supérieures à 14°C pendant plus d'une semaine. La soute de la navette résiste à 50°C, une pauvre protection contre le climat sénégalais, par exemple. Les dégâts occasionnés par la fumée sont irréparables, comme l'a constaté en mars dernier la société Intespace de Toulouse, au cours du montage de *Telecom 1B*, après qu'un incendie se fût déclaré dans un atelier voisin.

La NASA étudie actuellement

LES ASTRONAUTES KAMIKAZES POTENTIELS

Si, pendant la phase de lancement, la navette venait à dévier de sa trajectoire, pour menacer des zones habitées, les techniciens au sol auraient la faculté de détruire les lanceurs à poudre et le réservoir extérieur en mettant à feu les cordons pyrotechniques (indiqués ici en bleu), après avoir provoqué leur séparation de la navette. Si cela n'était pas possible, ils ont ordre de faire sauter la navette avec son équipage.



les plans d'un dôme gonflable de 100 m de diamètre, et qui emmoufflerait dans son air purifié la navette et sa marchandise.

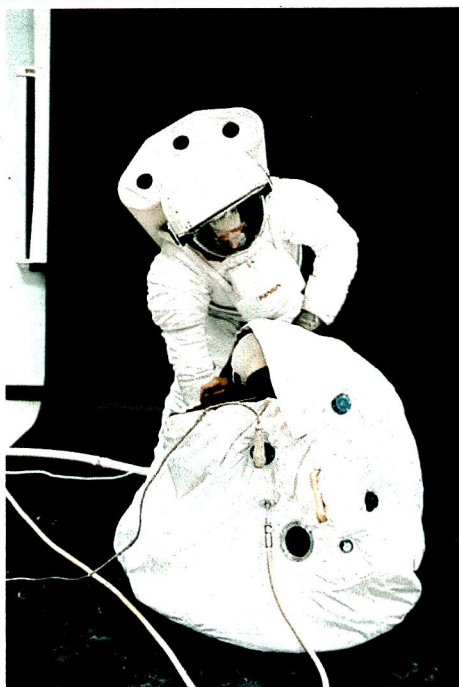
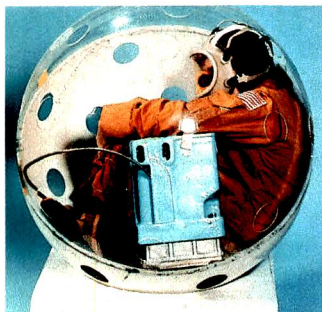
Le scénario "fictif" du naufrage a été, une fois, très près de se réaliser pour de bon. La catastrophe fût frôlée le 29 juillet dernier par *Challenger*, quelques minutes après le décollage, lorsqu'un thermomètre à résistance de platine livra de fausses mesures qui amenèrent la coupure du moteur n°1 par les ordinateurs de bord. Il semble qu'il y ait eu alors, chez le pilote, un moment de confusion dans l'interprétation des ordres reçus du sol. Une nouvelle panne de capteur de température, sur le moteur n°2, a failli entraîner l'extinction automatique de ce dernier, ce que l'équipage a réussi à éviter de justesse en débranchant le disjoncteur qui aurait commandé la coupure. La navette était alors assez haut et volait assez vite pour atteindre, avec deux moteurs, une orbite certes plus basse que celle prévue mais d'où elle a pu finalement amorcer une rentrée normale. Si le moteur n°1 s'était arrêté 33 secondes avant, *Challenger* aurait dû inaugurer la fameuse procédure d'atterrissage forcé sur un terrain de dégagement.

La navette est arrivée sur orbite avec 86 secondes de retard. Elle a été obligée de larguer prématurément son réservoir, risquant ainsi de faire s'écraser 35 t d'aluminium sur un point d'une ligne continentale passant, notamment, par la France, la Suisse et la Grèce. Déjà, lors du lancement de *Spacelab 1*, fin 83, la NASA avait dû dérouter légèrement la navette pour éviter l'éjection très peu diplomatique du réservoir sur l'URSS. C'est du moins ce qu'on dira après coup, pour maquiller, sous un prétexte de bonnes relations Est-Ouest, l'effolement qui se serait emparé passagèrement des contrôleurs de Houston, lesquels envisagèrent un court instant de faire poser l'engin, et de surcroît la nuit, sur l'île grecque d'Heraklion, qui n'a jamais figuré

parmi les sites répertoriés.

Chaque fois, jusqu'ici, les automatismes de contrôle ont compensé l'indécision momentanée de l'homme, ou alors, à l'inverse, l'intervention humaine a pu rattraper *in extremis* les fautes de la machine. On frémit devant la perspective d'une défaillance simultanée du cerveau et de la matière.

Plus les missions de la navette se multiplient (3), plus les probabilités tendront vers la survenue effective d'un accident grave. Les derniers ennuis de *Columbia*, dont le lancement a été reporté sept fois, semblent vouloir nous rapprocher de cette échéance critique. Problèmes avec les fusées d'appoint. Pannes



LE COCON SPATIAL

En cas de dépressurisation brutale de la navette en orbite, les astronautes peuvent attendre des secours en se mettant dans leurs sacs individuels de sauvetage dotés d'un nécessaire de survie minimal.

de valve du circuit d'oxygène liquide. Emballément d'une pompe de moteur d'orientation de tuyère, 14 secondes avant le "go" final. Chaque partie remise éprouve un peu plus les nerfs de l'équipage. La fusée européenne *Ariane* ne connaît pas un sort beaucoup plus heureux, comme en témoignent les deux retards de lancement de *SPOT*.

Les navettes sont appelées à transporter, pour le compte de clients civils ou militaires, des charges utiles de plus en plus lourdes, ce qui conduit à rechercher à tout prix des moyens de réduire le poids de l'engin lui-même; la tentation est forte, craignent certains ingénieurs de la NASA, de sacrifier des organes de sécurité à ce besoin d'allègement.

Dès avril 1983, pour le sixième vol de la navette, on a diminué l'épaisseur de l'enveloppe d'acier des boosters pour obtenir un

gain de deux tonnes. On a encore retranché cinq tonnes en amenuisant les parois du réservoir principal. La Lloyd's de Londres, l'assureur de la NASA, s'est dès le début élevée contre cette dangereuse tendance, qui a amené l'agence spatiale américaine à retirer de sa navette cinq tonnes de capteurs et autres dispositifs de mesure et de contrôle, jugés inutilement encombrants. La sécurité risque à la longue de faire les frais de la sanglante rivalité qui oppose le programme spatial américain à celui de l'Europe et dont l'enjeu économique est énorme.

Alors que nous entrons en 1986 dans l'étape véritablement opérationnelle de l'exploitation de l'espace, et que le vol extraterrestre devient de plus en plus banalisé, les signes augurent peut-être des temps peu tranquilles pour les astronautes de demain. ■

(3) 15 lancements sont programmés pour 1986. Il y a eu 24 vols jusqu'ici.

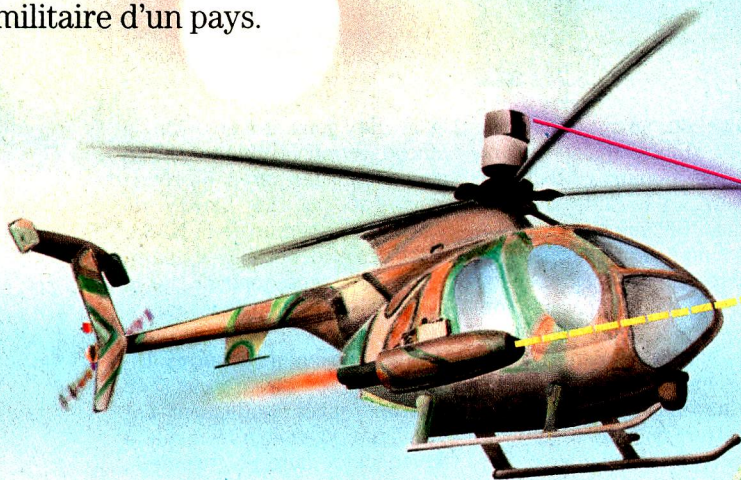
L'HÉLICOPTÈRE

LA MEILLEURE ARME ANTICHAR

L'AFFAIRE WESTLAND, EN GRANDE-BRETAGNE, CONFIRME,

si besoin en est que l'hélicoptère de combat figure désormais au cœur des préoccupations des Etats. Il tient du char par sa puissance de feu, et de l'aéronef par sa mobilité et son aptitude à franchir les obstacles. Non seulement il révolutionne toutes les données tactiques de l'engagement terrestre, mais il occupe désormais une place de premier plan dans le potentiel militaire d'un pays.

Ce n'est pas avec des libellules que l'on combat des monstres d'acier. Telle aurait pu être, il y a à peine une dizaine d'années, la réponse d'un chef d'état-major à qui l'on aurait suggéré d'utiliser des hélicoptères pour arrêter des colonnes de chars. A cette époque, dans l'esprit des militaires, la meilleure arme antichar était le... char (au besoin équipé de missiles *ad hoc*). L'hélicoptère, lui, était cantonné dans les missions logistiques : débarquement de commandos, transport de blessés, etc., et il n'était pas



par Serge BROUSSELIN

question de l'engager en première ligne, et surtout pas contre des blindés.

Depuis, les choses ont bien évolué. Au point que les responsables des forces armées de la plupart des grands pays se sont pris d'une véritable passion pour les hélicoptères, considérés désormais comme des pièces maîtresses de la panoplie antichar. A cela trois raisons :

- Les réticences manifestées par les pouvoirs politiques à employer des moyens nucléaires, fussent-ils tactiques (c'est-à-dire de faible puissance et de faible portée), pour s'opposer à des systèmes d'armes conventionnels tels que les chars. Avoir recours au nucléaire, c'est ouvrir la boîte de Pandore, s'engager dans un processus d'escalade dont on ne devine que trop l'aboutissement.

Les militaires, eux, n'ont pas les mêmes appréhensions. Certains considèrent même que les projectiles à rayonnement renforcé, plus connus sous le nom de bombes ou obus à neutrons, sont l'arme antichar par excellence. D'autres cependant, et non des moindres, puisque l'on trouve parmi eux le général américain Bernard Rogers, commandant en chef des forces de l'OTAN en Europe, pensent que, malgré l'énorme supériorité numérique des forces blindées so-

viétiques sur le théâtre européen, il est possible de stopper une éventuelle offensive de leur part avec des moyens conventionnels, et notamment avec des hélicoptères de combat.

- Les progrès remarquables réalisés en matière de "visionique" (néologisme utilisé par les spécialistes pour désigner l'ensemble des techniques de visualisation : radar, procédés optiques, intensificateurs de lumière, etc.). Il est possible aujourd'hui, grâce à ces progrès, de détecter et d'identifier une cible — un char — de jour comme de nuit, et cela à des distances allant jusqu'à 4 000 mètres.

- Les qualités intrinsèques de l'hélicoptère : sa mobilité, sa discrétion et sa puissance de feu.

Arrêtons-nous un instant sur ses qualités de discrétion et les conséquences opérationnelles qui en découlent. Un système d'arme, on le sait, est d'autant moins vulnérable qu'il est plus apte à échapper à la détection adverse. Or, on a pu démontrer, notamment au cours de manœuvres, que, de tous les systèmes, l'hélicoptère est certainement celui qui possède les plus fortes chances de survie en opération.

Son aptitude à tirer parti de tous les "masques" du terrain et à opérer, s'il le faut, de brusques dégagements, lui permet en effet de se soustraire très facilement aux yeux de l'ennemi. Déceler sa présence lorsqu'il est tapi en embuscade à la lisière d'une forêt,

suspendu à quelques mètres au-dessus du sol, mais ne dépassant jamais la cime des arbres, est pratiquement impossible à toute unité traditionnelle plus habituée à scruter le ciel et à surveiller le sol. Seuls des avions de reconnaissance pourraient le débiter, à condition encore qu'ils soient équipés de capteurs sensibles aux infrarouges, et donc capables de détecter la chaleur dégagée par le moteur.

Des appareils de reconnaissance munis de radars ne feraient-ils pas tout aussi bien l'affaire ? Non, car les radars sont beaucoup moins performants quand ils sont pointés vers le sol que lorsqu'ils "regardent" le ciel. La raison en est simple : il est beaucoup plus facile de localiser une cible qui se détache sur le "vide" du ciel que de la repérer au milieu des échos parasites renvoyés par tous les objets métalliques présents sur le sol.

Dans un proche avenir, certes, l'emploi de radars capables de sélectionner les signaux en fonction de l'effet Doppler permettra de distinguer plus aisément les cibles mobiles des éléments perturbateurs fixes, mais ce n'est pas pour autant que les héli-

PÉRISCOPE ET RAYON LASER

Dissimulé derrière un monticule ou un bosquet, "Hughes 500", le plus petit des hélicoptères de guerre, ne laisse dépasser que son mât d'observation et de visée. Celui-ci dirige sur le char à détruire un faisceau laser. Le copilote décoche alors un missile "Tow" qui rejoint automatiquement le faisceau et le suit jusqu'à atteindre inmanquablement sa cible. Ce "périscop" équipe un certain nombre d'hélicoptères de guerre modernes. Il loge des équipements qui varient dans leur principe d'un appareil à l'autre (voir pages suivantes).



coptères deviendront plus vulnérables. Il sera en effet toujours aussi difficile de surprendre des appareils dans lesquels l'un au moins des membres de l'équipage a pour mission de surveiller en permanence le ciel et de donner l'alerte dès qu'apparaît un avion ennemi.

En cas de menace, le pilote a deux solutions : ou bien il se pose aussitôt en un endroit où sa machine sera peu visible et pratiquement indétectable (parce qu'immobile, moteur arrêté) ; ou bien il profite de sa plus grande maniabilité pour effectuer des virages serrés et échapper constamment à la visée du chasseur lancé à ses trousses, de

sorte que, même s'il est touché par le faisceau radar de ce dernier, l'écho sera beaucoup trop furtif pour qu'un missile puisse être tiré avec des chances de succès.

Ouvrons ici une parenthèse pour signaler qu'il existe une autre école qui apprécie différemment la vulnérabilité, ou plutôt la relative invulnérabilité des hélicoptères. Un certain nombre d'experts pensent en effet qu'une aviation spécialement adaptée à la chasse aux "hélicos", c'est-à-dire capable d'effectuer des virages très serrés, de voler à faible vitesse et de tirer des missiles sous fort dépointage, pourrait se montrer

plus les uns les autres. Dans ce contexte, toutefois, les hélicoptères demeureront moins vulnérables que des systèmes comme les avions ou les chars, car ils sont moins bien "situés" sur le champ de bataille. »

Ce manque de "situation", qui en définitive constitue un avantage, provient du fait que les hélicoptères ont un double domaine d'évolution, à la fois aérien et terrestre. En d'autres termes, ils ne sont ni plus ni moins qu'un prolongement vertical du combat terrestre, ou, si l'on préfère, une manière de mener ce combat en trois dimensions et à 250 km/h. En conséquence, la seule façon de mettre un terme à leur relative invulnérabilité, c'est de les combattre sur leur propre terrain, avec leurs propres moyens. D'où l'apparition récente d'hélicoptères antihélicoptères, c'est-à-dire d'appareils équipés d'un armement air-air (canons et missiles) et spécialement conçus pour la chasse aux hélicoptères de combat.

Mais n'anticipons pas et voyons plutôt pourquoi les hélicoptères ont fait d'aussi rapides progrès au cours de ces dernières années, au point d'être à peu près unanimement considérés aujourd'hui comme un système d'arme majeur. En réalité, si leur évolution frappe autant l'esprit, c'est essentiellement parce que, jusqu'à une date récente, ils accusaient une bonne dizaine d'années de retard sur la plupart des autres avions militaires.

Actuellement, seuls les hélicoptères de dernière génération, tels les Apache (construits par la firme américaine Hughes) et les A-129 Mangouste (fabriqués par le groupe italien Agusta) ont comblé ce retard. Tous les autres, même s'ils sortent d'usines au nom aussi prestigieux que Sikorsky, Westland, MBB ou Aérospatiale, ne sont guère que des machines civiles habillées de kaki. Dans certains cas, il est vrai, la reconversion est assez réussie (c'est le cas notamment du Dauphin Hot

VISER SANS ÊTRE VU...



Le "BO 105" allemand (1) est doté d'un mât comprenant un dispositif d'imagerie infrarouge permettant de "voir" la nuit. Cet appareil tire des missiles "Hot" ou "Milan" filoguidés. Le tireur (copilote) doit garder en permanence la cible dans son viseur pour permettre au système, grâce au fil qui le relie au missile de transmettre à ce dernier les données qui le conduiront sur la cible.

Le "HAC-3G" franco-allemand, l'hélicoptère de demain" (2) sera doté d'un missile antichar de 3^e génération. Le système de visée lui donne la direction approximative du char repéré, et le missile le prend en chasse grâce à son autodirecteur autonome (à ondes radar ou infrarouges) qui porte en mémoire l'image des chars ennemis.

particulièrement efficace à la fois pour "lever" et pour abattre les appareils embusqués. Telle est, semble-t-il, l'opinion du général Mery, ancien chef d'état-major des armées ; tel était en tout cas, il y a deux ans, le point de vue de l'état-major de la *Luftwaffe*, qui projetait même d'assigner cette mission à ses Alphajet.

Refermons cette parenthèse sur un autre son de cloche. Évoquant l'avenir de l'hélicoptère et sa place sur un théâtre d'opérations, un ancien commandant de l'ALAT (aviation légère de l'armée de terre) française confiait récemment : « Dans les dix années à venir, la complexité, la sophistication et la technicité des systèmes d'armes iront croissant, mais en même temps ils se neutraliseront de plus en

... OU TIRER PLUS VITE QUE SON OMBRE



3



4

L'Apache américain (3) doit, lui, se découvrir entièrement pour attaquer, car son système de détection de cible et de visée se trouve dans le nez de l'appareil (et non au-dessus du cockpit, comme ci-contre). Dès qu'un char ennemi est repéré, il est "marqué" par un faisceau laser, puis un missile "Hellfire" est tiré. La manœuvre dure à peine quelques secondes, et l'appareil peut rapidement quitter sa position pour éviter de s'exposer à être repéré et abattu par l'adversaire. Le missile, lui, aura entre temps rejoint le rayon pour s'"accrocher" à la cible-char jusqu'à l'impact destructeur. L'Apache est également doté d'engins d'appui au sol et de combat air-air. C'est le nec plus ultra en matière de polyvalence.

Le **"Mangouste A-129 italien"** (4) fonctionne sensiblement de la même manière.

Vénus français); jamais cependant les modifications introduites n'ont conféré à ces appareils le niveau technologique des avions militaires de pointe.

Aujourd'hui, pour qu'un hélicoptère accède au "standard" avion, il faut qu'il réunisse les caractéristiques suivantes :

- Que, dès sa conception, il bénéficie d'une grande intégration au niveau de l'architecture des systèmes. En clair, cela signifie que les différents instruments — capteurs ou organes de commande — liés aux fonctions essentielles de l'appareil — pilotage, navigation, acquisition d'objectifs, surveillance et alerte en cas de menace — doivent être capables de dialoguer entre eux de façon continue.
- Que l'architecture des systèmes dont il vient d'être

question soit organisée autour d'une centrale de liaison (on dit un "bus de liaison") bidirectionnelle, c'est-à-dire qui permette aux informations de transiter dans les deux sens. Exemple : dans un système bidirectionnel, les données relatives à la vitesse fournies par l'anémomètre sont transmises régulièrement au pilote automatique, mais ce dernier a également la possibilité d'interroger à tout moment l'anémomètre afin d'opérer les corrections nécessaires.

Sur les avions civils, pour des raisons d'économie, le bus de liaison est généralement unidirectionnel ; d'où la nécessité de doubler les câblages si l'on veut que les instruments puissent dialoguer entre eux. Le bus bidirectionnel apporte donc, outre une plus grande souplesse de fonctionnement, un réel gain de poids.

- Que la transmission des ordres de pilotage s'effectue, comme c'est le cas sur les avions modernes, par des commandes de vol électrique (CDVE) ou, mieux encore, par des commandes de vol optique (CDVO). Ces dernières, on le sait, présentent l'avantage d'être absolument insensibles à toutes les perturbations d'origine électromagnétique (parasites naturels, foudroiement, brouillage provenant de contre-mesures électroniques, champ électrique produit par une explosion nucléaire, etc.).

- Enfin, que l'ensemble des informations utiles à l'équipage soient présentées sur des écrans de visualisation cathodique ou sur des collimateurs semi-réfléchissants (également appelés "viseurs tête haute" — qui inscrivent ces informations sur la vitre, devant les yeux du pilote), solution qui améliore dans des proportions considérables les conditions de navigation à très basse altitude, particulièrement la nuit ou par visibilité réduite, ainsi que le suivi de la situation tactique, c'est-à-dire la surveillance combinée du sol et du ciel.

L'Apache américain et l'A-129 italien répondent à ces quatre

critères, et en cela on peut dire qu'ils ont atteint un niveau d'évolution technologique comparable à celui d'appareils militaires comme le F-15, le F-16, le "Tornado" ou le mirage 2000. L'un et l'autre sont des hélicoptères qui ont été pensés et construits en fonction de leur mission, et non pas adaptés à cette mission par adjonction d'éléments hétérogènes, si perfectionnés soient-ils.

Cela dit, si l'"Apache" et l'A-129 sont pour le moment les seuls hélicoptères de dernière génération effectivement en service, ils ne tarderont pas à être rejoints par d'autres appareils, tant sont nombreux les projets et les programmes en préparation à l'Est comme à l'Ouest. Du côté soviétique, par exemple, citons l'hélicoptère de combat MI-28 Havok et l'hélicoptère chas-

Côté occidental, précisément, même si l'on possède actuellement avec l'Apache et l'A-129 une certaine avance, on ne s'endort pas sur ses lauriers. Là aussi les programmes audacieux prolifèrent, au point qu'ils commencent à poser de sérieux problèmes aux militaires. A en croire un spécialiste que nous avons interrogé, ces derniers éprouveraient quelques difficultés à exploiter opérationnellement toutes les possibilités offertes par les nouvelles machines. « Comme c'est souvent le cas, explique notre interlocuteur, la technologie a devancé la doctrine d'utilisation. Ainsi les militaires disposent aujourd'hui d'hélicoptères qui sont capables de combattre de nuit, alors qu'eux-mêmes ne sont pas encore exercés au combat nocturne. » Ce décalage n'est pas



seur d'hélicoptères Kamov Hokum, dont les vitesses d'évolution sont respectivement de 300 et de 350 km/h. Ces deux machines viendront renforcer la gamme déjà impressionnante des appareils utilisés par les forces du Pacte de Varsovie, et dont le MI-24 Hind est à ce jour le fleuron le plus redoutable... et le plus redouté des états-majors occidentaux.

propre aux Français : en 1982, aux Etats-Unis, le directeur du programme Apache se posait déjà des questions sur « la meilleure façon d'intégrer l'hélicoptère à la manœuvre ».

Mais laissons les militaires régler leurs problèmes d'emploi et revenons aux projets occidentaux en cours, et notamment au programme HAP-HAC-PAH, l'un des plus ambitieux qui aient été

URSS : L'ANTI-CHAR ANTI- AÉRIEN



Avec leur "MI 24—"HIND" (1), les Soviétiques disposent d'un hélicoptère de lutte anti-char doté de missiles "AT-2 Swatter" filoguidés (comme le Hot ou le Milan du BO 105, voir page 630). Son système de visée s'apparente à celui de l'Apache américain (voir page 000). Le "Hind" est également armé pour l'appui-protection avec des tubes lance-roquettes air-sol.

Le futur "MI 28-Havoc" (2). D'après les éléments dont disposent les experts occidentaux, il sera en mesure de s'attaquer aux chars (avec ses deux tubes lance-missiles), mais aussi aux avions ennemis. Il emporte à cet effet 4 engins de combat air-air. Il sera engagé en coordination avec le MI 24.

mis sur pied dans le cadre de la coopération franco-allemande.

C'est en juin 1983 que Français et Allemands décidaient de fabriquer en commun un hélicoptère de combat de "haut de gamme". S'il existait bien à l'époque une réelle volonté politique de coopération, on ne peut pas dire qu'il y avait identité de vue sur le type de machine à construire. Au contraire, les di-

vergences étaient telles que, jusqu'à la ratification de l'accord, nombreux furent les observateurs qui étaient convaincus que l'abandon du fameux char de combat franco-allemand serait suivi de celui de l'hélicoptère des années 90.

Les Allemands, fascinés par cette fantastique machine à tuer qu'est l'Apache AH-64, souhaitaient pouvoir disposer d'un appareil similaire, à vocation polyvalente, c'est-à-dire apte aussi bien à la lutte antichar qu'à la chasse aux hélicoptères et à l'appui tactique (soutien de l'armée de terre, détection des infiltrations, destruction d'objectifs au sol). Les Français, pour leur part, estimaient qu'une trop large polyvalence était préjudiciable à l'efficacité au combat. Mieux valait selon eux des hélicoptères plus spécialisés, par

conséquent plus légers, plus agiles et moins coûteux.

On eût pu trouver un terrain d'entente en réalisant deux types d'appareils. Mais alors par lequel commencer ? Les Français, qui possèdent déjà une certaine capacité antichar avec les hélicoptères Dauphin et Gazelle équipés de missiles HOT, donnaient la priorité à un appareil d'appui tactique et de protection antihélicoptère. Les Allemands, eux, préféraient que l'on débutât par la version antichar. Finalement, après des mois de discussions, de quasi-ruptures et de négociations de la dernière chance, on parvint à se mettre d'accord : à partir d'une version de base, le groupe allemand MBB et l'Aérospatiale s'engageaient à développer non pas deux, mais trois hélicoptères différents. Ainsi naquit la programme HAP-

HAC-PAH dont nous avons parlé plus haut.

Dès 1992, le groupement d'intérêt économique Eurocopter livrera à la France les premiers des 72 HAP (hélicoptères d'appui-protection) prévus par le programme. Suivra, à partir de 1995, la version HAC-3G (hélicoptère antichar de troisième génération), qui sera produite à 140 exemplaires. Les Allemands, eux, verront leurs desirs exaucés puisqu'ils recevront à partir de 1993 une version relativement polyvalente, à la fois antichar, appui et protection, baptisée PAH-2 (sigle correspondant à une terminologie germanique). Le PAH-2 sera fabriqué à 212 exemplaires.

Les Allemands sont donc parvenus à leurs fins : avoir une machine qui ressemble à celle qu'ils considèrent comme le modèle des hélicoptères de combat de demain : l'Apache américain. Mais pourquoi cet engouement pour un appareil certes efficace, mais lourd (plus de 4,5 tonnes à vide) et particulièrement coûteux du fait de la diversité de ses missions ?

En fait, ce qui, dans l'hélicoptère construit par la firme Hughes, fascine les militaires allemands — et ceux de quelques autres pays aussi ! —, c'est un double système baptisé TADS/PNVS (*Target Acquisition Designation Sight/Pilot Vision System*). Ce système de navigation de nuit et de tir sur imagerie infrarouge est actuellement le plus évolué au monde, et les Allemands voudraient bien l'acquérir pour en équiper leurs PAH-2.

Un bref descriptif du TADS/PNVS donnera une idée de la manière dont est conçu et fonctionne un système moderne de lutte antichar jour-nuit. Tout d'abord, ainsi que nous le laissons entendre plus haut, l'ensemble TADS-PNVS est constitué de deux éléments indépendants : le TADS, qui est module d'acquisition et de désignation de cible, et le PNVS, qui est un dispositif permettant le pilotage et la navigation de nuit

ou par mauvaise visibilité. Sur le plan tactique, disons que le PNVS est utilisé par le pilote, et le TADS par le copilote-tireur.

A cet ensemble de navigation et de tir est associé un système de guidage laser. Celui-ci fonctionne de la manière suivante : lorsqu'une cible est repérée et identifiée comme ennemie, l'équipage la "marque" en dirigeant sur elle un rayon laser. Il ne reste plus alors qu'à procéder au tir de destruction : les missiles décochés par l'hélicoptère rejoignent automatiquement le rayon laser et y restent accrochés jusqu'à l'impact.

Gâce au PNVS, l'appareil peut voler par tous les temps, aussi bien de nuit qu'au milieu du plus épais brouillard, naturel ou artificiel. La caméra infrarouge à grand champ par l'intermédiaire de laquelle le paysage défile sous les yeux du pilote avec une netteté absolument stupéfiante, est montée sur une tourelle à très large débattement (90° de part et d'autre de l'axe longitudinal de l'appareil ; 45° vers le bas et 20° vers le haut).

Voilà donc les principales caractéristiques du double système optronique que les Allemands aimeraient monter sur leur version du futur hélicoptère de combat. Nous disons "aimeraient", car, selon certaines informations dignes de foi, l'adoption du TADS/PNVS pourrait leur poser quelques problèmes lorsque le missile antichar actuellement étudié par le consortium tripartite franco-germano-britannique EMDG (Euromissile Dynamics Group) sera devenu opérationnel. Il semble en effet que le système TADS/PNVS ait été conçu spécifiquement pour le tir du missile antichar Hellfire, dont est doté l'Apache, et que son adaptation au tir du futur missile européen AC-3G (antichar de troisième génération, capable de reconnaître les formes) ne pourrait se faire qu'au prix de très nombreuses

modifications.

Si nous avons cru bon de nous attarder ainsi sur le TADS/PNVS, ce n'est pas tant parce que ce système est actuellement unique au monde, que parce qu'on en retrouve les éléments et les principes dans tous les autres systèmes en cours d'étude en Europe — et probablement en Union soviétique. Les Français, par exemple, préparent pour l'horizon 90 un dispositif encore plus performant, mais de conception identique.

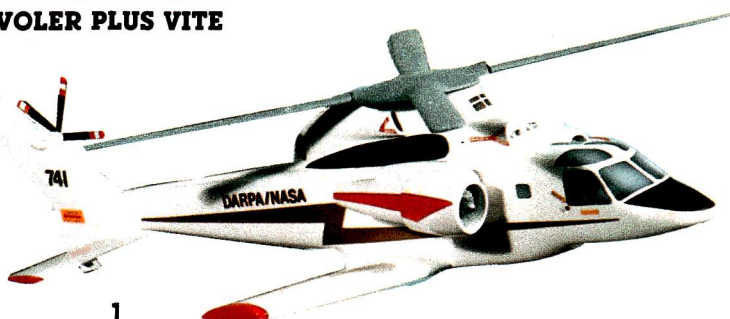
Le seul point qui divise les différents bureaux d'études qui travaillent sur ces matériels de visionique, c'est l'emplacement des systèmes de visée. Sur l'Apache, comme sur la maquette du futur PAH-2 allemand, les systèmes en question sont montés dans le nez de l'appareil, solution qui a l'avantage de ne pas perturber l'équilibre de la machine et de ne pas altérer ses capacités de manœuvre. En revanche, cette disposition présente un sérieux inconvénient. En effet, pour tirer ses missiles, l'hélicoptère en embuscade derrière un relief est contraint de prendre de la hauteur, et donc de se découvrir, s'exposant ainsi aux feux d'un adversaire généralement peu distant.

Pour ne pas avoir à affronter de tels risques, les militaires français ont opté pour une autre solution. Elle consiste à monter le système de visée au-dessus du rotor, dans l'axe de celui-ci. Cette technique, qui reprend le principe du périscope de sous-marin, permet à l'hélicoptère de profiter de tous les masques du terrain et de voir sans être vu. Malheureusement, elle a, elle aussi, son revers, dans la mesure où un tel placement perturbe la stabilité de l'appareil et nuit à sa maniabilité.

Bref, on peut dire que les Allemands privilégient la manœuvrabilité au détriment de l'invulnérabilité, et que les Français, eux, ont fait le choix inverse.

Une fois de plus, donc, nos voisins d'outre-Rhin s'alignent sur les choix faits par nos alliés d'outre-Atlantique. Quant aux

TROIS MACHINES HYBRIDES POUR VOLER PLUS VITE



choix français, curieusement, ils semblent se rapprocher des options soviétiques. En effet, on a un peu trop hâtivement comparé le MI-24 Hind à l'Apache et conclu que l'état-major soviétique s'était lui aussi engagé dans la voie de la polyvalence. En réalité, il n'en est rien. A preuve les deux nouveaux hélicoptères que les Russes s'apprêtent à mettre en service et qui paraissent l'un et l'autre avoir été optimisés pour des missions bien précises: le MI-28 Havok pour la lutte contre les blindés lourds, et le Kamov Hokum pour le combat air-air et la chasse aux hélicoptères.

S'il fallait tirer une conclusion à propos de tout ce qui se prépare actuellement de par le monde en matière d'hélicoptères de combat, on pourrait dire que,

s'il est certain que ce type d'appareils est appelé à jouer un rôle extrêmement important en cas de conflit (certains envisagent même de l'utiliser comme plate-forme de défense anti-aérienne contre les avions lents), son intégration sur le théâtre d'opérations n'est pas encore parfaitement définie.

Cette difficulté à préciser une doctrine d'emploi provient du fait que l'hélicoptère évolue dans ce que l'on pourrait appeler un "espace terrestre", c'est-à-dire dans les airs mais en même temps tout près du sol, de façon à se noyer le plus possible dans le paysage et à échapper ainsi à la fois aux engins terrestres et aux engins proprement aériens.

C'est pour augmenter encore leur champ d'action que les Américains étudient des appa-

La lenteur en vol horizontal des hélicoptères étant un sérieux handicap pour des appareils destinés au combat, les constructeurs américains étudient diverses solutions à ce problème. Entre autres : le "X Wing RSRA" (1) et le "LHX" (2), qui utiliseraient leur pale pour le vol vertical et un ou deux réacteurs pour le vol horizontal ; quant au "XV 15" (3), bimoteur à hélice d'allure tout à fait conventionnelle pour le vol horizontal, il basculerait son aile de 90° pour les décollages-atterrissages et le vol stationnaire.

reils hybrides, mi-hélicoptères, mi-avions, qui auraient l'aéromobilité des premiers et la vitesse des seconds. Les machines auraient des pales pour le décollage et le vol stationnaire, et des ailes et de puissants réacteurs pour les vols de croisière et de repli. La France avait aussi, un moment, envisagé le développement de ce type d'appareil ; mais le projet en a été abandonné autant par choix tactique que pour des raisons budgétaires. ■

Grand Prix 1985 de la Publicité Presse Magazine : bravo Benetton, bravo Eldorado !



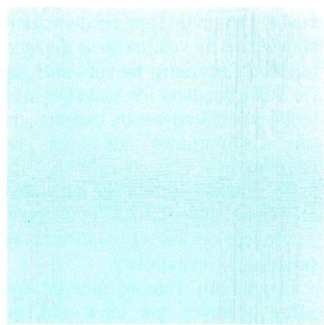
Un jury de 40 professionnels, composé de publicitaires, d'industriels et d'éditeurs a primé la campagne Benetton, en la désignant comme la meilleure campagne publicitaire en presse magazine pour 1985. Cette campagne a été

sélectionnée parmi 171 autres campagnes présentées par 41 agences de publicité et choisie par sondage à l'appréciation de 10 000 lecteurs.

Bravo Benetton, bravo Eldorado, bravo les magazines.

A.P.P.M.

Association pour la Promotion de la Presse Magazine



ENVIRONNEMENT

LES PEINTURES INSECTICIDES : UN ESPOIR POUR LES ASTHMATIQUES

On connaît les peintures insecticides développées par la société Sogeref Artilin (47450 Colayrac-Saint-Cirq, tél. 53 87 51 65) : la surprise est que ces peintures, à l'efficacité et à l'absence de nocivité reconnues par le ministère de la Santé, seraient également efficaces contre les arthropodes des maisons comme les acariens. Or ceux-ci constituent l'une des causes les plus fréquentes de l'asthme.

Le fait a d'abord été constaté par la société, qui a accumulé les témoignages d'asthmatiques guéris et a pensé à une explication indirecte du phénomène, imaginant qu'il provenait de la substitution des insecticides de diffusion (plaquettes ou bombes) par sa peinture de contact. Ne respirant plus d'émanations toxiques, le malade voyait les

(suite du texte page 114)

ENVIRONNEMENT

(suite de la page 113)

effets de son allergie disparaître.

L'explication scientifique est venue ultérieurement. Faisant tester depuis deux ans, par l'INRA, ces peintures sur des insectes classiques, le responsable de Sogeref-Artelin, le professeur Jacques Roux, directeur général de la Santé et le Dr Gilbert Martin Bouyer, conseiller technique à la direction générale de la Santé, ont supposé que les peintures insecticides pouvaient également agir sur les acariens. Aussitôt l'INRA a étendu ses recherches et aujourd'hui le Dr Bernard Mauchamp, chargé de recherches au laboratoire de Phytopharmacie, constate : « Nos essais préliminaires ont montré que les aca-

riens étaient tués après des temps variables de contact avec les peintures. Ces essais ont été réalisés à l'air libre pour éviter tout risque de concentration de vapeurs de matière active dans un volume où se déplaceraient les acariens. Le rôle joué par les acariens dans les maladies d'allergie aux poussières de maisons justifie l'importance de ces recherches. »

Un nouveau protocole d'un an a été signé avec l'INRA pour poursuivre ces essais et confirmer les premières constatations.

Une affaire d'autant plus intéressante à suivre que tous ceux qui souffrent d'asthme se défendent actuellement contre les acariens à l'aide de bombes coûteuses, d'emploi répétitif et de faible rémanence.

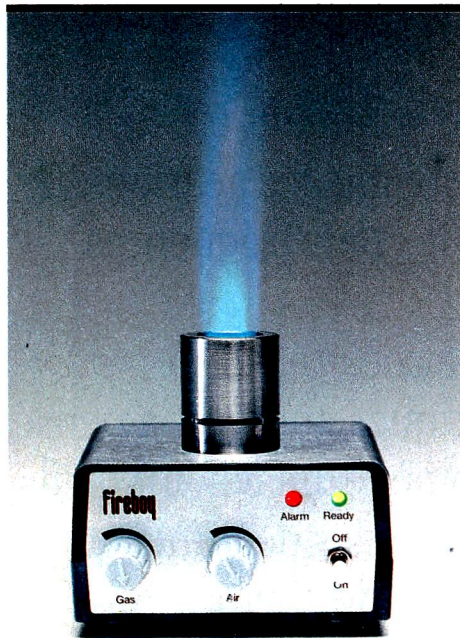
■ **Filiale commerciale commune créée aux Etats-Unis** par DITT (Développement, Innovation, Transfert de Technologie), filiale d'Electricité de France, et APEX (Appui-Promotion-Exportation), filiale de la Confédération générale des SCOP, pour promouvoir et assurer l'exportation de produits techniques et savoir-faire développés par les SCOP, en mettant à profit l'expérience américaine de DITT (50 accords de concessions de licences en trois ans, activités d'assemblage industriel en hydro-électricité).

Les deux partenaires estiment qu'une entreprise étrangère ne peut aujourd'hui exporter avec succès sur le marché américain que si elle bénéficie d'une implantation permanente. Or il n'y a pas une PME/PMI française sur 100, SCOP ou non, qui en ait les moyens financiers et humains (DITT S.A., 11 bis rue d'Aguesseau, 75008 Paris, tél. (1) 47 64 36 51).

LABORATOIRES

BEC BUNSEN DE SÉCURITÉ

Le "Fireboy" présenté par Technomara (5 av. Reu-de-Foresta, 95160 Montmorency, tél. (1) 39 64 43 44), n'a rien d'un simple bec Bunsen. On l'allume et on l'éteint d'un seul geste. On peut aussi prédéterminer le temps d'allumage : il s'éteindra automatiquement.



Ne fonctionnant que le temps désiré, la dissipation d'énergie et la condensation sont minimales. La forme et la hauteur sont étudiées pour permettre de travailler confortablement "coudes en appui". Tous les contrôles se trouvent en façade de l'appareil, et deux voyants de sécurité signalent le bon fonctionnement ou les défaillances.

La sécurité de fonctionnement contrôlée par microcircuit, est particulièrement élaborée : il n'y a pas de veilleuse, l'allumage est électronique ; si la flamme ne s'allume pas, la sécurité ferme l'arrivée de gaz. En cas d'extinction accidentelle, de coupure de courant, ou de surchauffe, le gaz est coupé instantanément.

L'allumage est commandé à l'aide d'une touche à effleurement, ou d'une pédale. Le Fireboy offre trois modes de fonctionnement : l'instantané, où la flamme brûle tant que la commande, pédale ou touche sensible, est actionnée ; la pédale, où seule celle-ci actionne l'allumage ; le mode pause, où une commande allume la flamme et la suivante l'éteint, une temporisation réglable l'éteignant en cas d'oubli.

Muni d'un jeu de buses, le Fireboy peut être alimenté au butane ou au propane, aussi bien qu'au gaz de ville ou au gaz naturel. C'est un nouvel auxiliaire précieux pour le bactériologiste.

■ **Gestion piscicole des lacs et retenues artificielles.** Edité par l'INRA (268 p., 16 x 24, 135 F, diffusion Service des publications, route de St-Cyr, 78000 Versailles), cet ouvrage dresse le cadre d'une gestion piscicole construite sur des bases scientifiques suffisamment simples pour en permettre l'accès à un large public. Quatre grands chapitres : gestion hydraulique et écologique des plans d'eau non vidangeables, connaissance des peuplements, gestion halieutique (gestion de la ressource aquatique, déroulement de la fraie des principaux poissons lacustres, etc.), enfin gestion des petits plans d'eau et leur insertion dans le contexte écologique et socio-économique.

■ **Mélangeur-malaxeur** des produits liquides ou pâteux pour les secteurs industriel et professionnel mis au point par Bosh (distribution FBC, 50 rue Ardoin, B.P. 67, 93 402 Saint-Ouen Cedex, tél. (1) 42 23 60 60). L'outil, équipé d'un puissant moteur (puissance absorbée 1 150 W, puissance débitée 670 W), n'a besoin d'être équipé que d'un agitateur adapté au produit. Le malaxeur a deux vitesses : 400 tr/min (pour les produits pâteux) et 920 tr/min (pour les produits liquides). Il peut fonctionner soit en marche continue, soit par intermittence, pour les travaux délicats. Le réglage de la vitesse est progressif, ce qui facilite le moment où l'on plonge l'outil dans le produit à malaxer.

INCENDIES

UN COUPE-FEU ORIGINAL

Présenté par 3M (boulevard de l'Oise, 95006 Cergy-Pontoise Cedex, tél. (1) 30 31 61 61), ce système coupe-feu, le "Fire Barrier" est constitué d'une gamme de produits flexibles et intumescent, c'est-à-dire qui s'expandent sous l'effet de la chaleur, empêchant la propagation de l'incendie et de ses effets directs, en obturant les ouvertures dans les cloisons et les planchers.

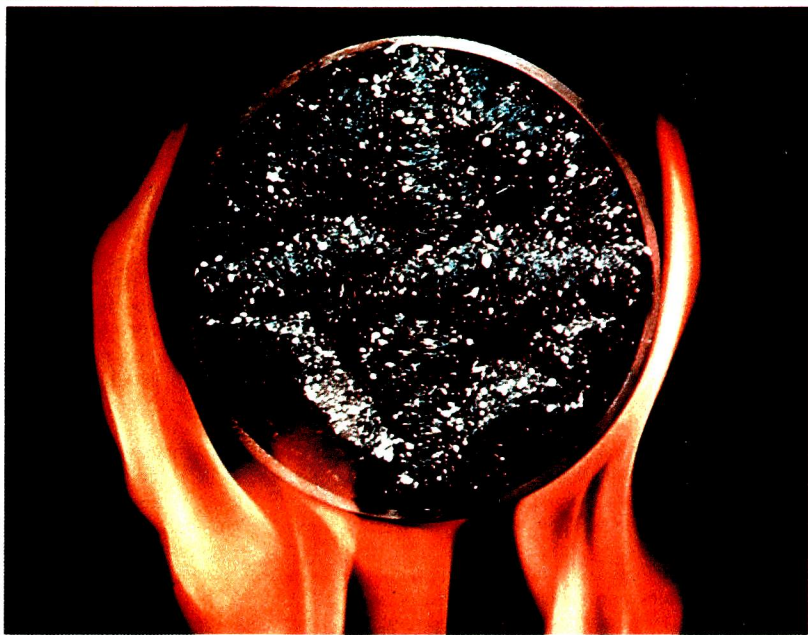
A base d'élastomères, ces produits s'expandent à partir de 120°, d'une façon omnidirectionnelle. Cette expansion, qui varie selon les conditions environnementales, représente de 5 à 11 fois le volume original du produit. Soumis à la chaleur, celui-ci forme un bouchon carbonisé qui bloque le passage de l'air, des flammes, des fumées, des gaz toxiques et corrosifs et confine l'incendie et ses effets dans le local d'origine.

Le Fire Barrier se présente sous la forme de mastics (en pots et en

cartouches), mais aussi de bandes, de plaques, etc.

Tous ces matériaux ne nécessitent aucun outillage spécifique. Conformables et flexibles, ils répondent à la quasi-totalité des cas de figure qui

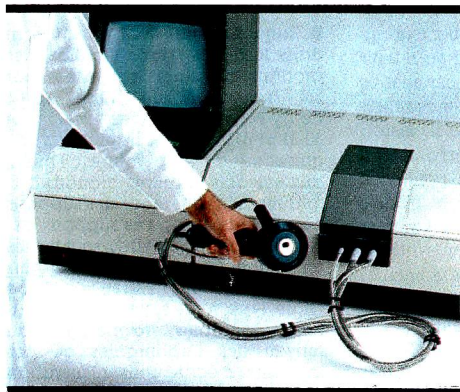
peuvent se présenter et sont même utilisables pour les canalisations en PVC. Entièrement démontables, ils permettent le passage de nouveaux câbles ou canalisations, qu'ils protègent ensuite.



FRESQUES

UN OUTIL POUR LES RESTAURER SANS LES DÉGRADER

Une nouvelle étape vient d'être franchie dans la technologie de restauration des fresques, grâce à la mise au point par Perkin-Elmer (1 rue Franklin, BP 67, 78391 Bois-d'Arcy; tél. (1) 34 60 61 62) d'un instrument analytique d'une extrême sensibilité: "la sphère d'intégration externe".



Ce dispositif, rattaché à un spectrophotomètre, est lié à une unité micro-informatique. Il permet de calculer les coordonnées trichromatiques, sans prélever d'échantillons de pigments ou de plâtre et dégrader les peintures murales.

Dans le cadre de cette découverte, l'Institut central de restauration italien a récemment entrepris la rénovation d'une chapelle du XV^e siècle, la chapelle Brancacci à Florence. La direction des opérations a été confiée à l'Institut de recherche sur les ondes électromagnétiques (IROE).

Deux experts, le Dr Mauro Bacci, chercheur en chimie au Centre national de recherche et Roberto Carla, ingénieur spécialisé en informatique, ont été nommés responsables de ce projet.

L'utilisation de la sphère d'intégration externe permet aux experts de l'IROE de recueillir des centaines de spectres de couleurs. Les spectres réfléchis de ces pigments purs sont

placés sur ordinateur, ce qui permet d'identifier les pigments utilisés par les artistes et de rendre ainsi leur beauté originale aux œuvres.

L'opération est laborieuse; l'IROE se heurte, en effet, à deux problèmes majeurs: la nature granuleuse des pigments qui rend difficiles les mesures de lumière réfléchie, et l'oxydation du plâtre sur lequel les fresques ont été peintes.

La partie la plus ambitieuse de ce projet demeure l'analyse statistique par ordinateur des spectres des enduits les plus endommagés, indispensable à une restauration de la couleur originale.

Mais l'enjeu de cette nouvelle technologie est immense. Les historiens d'art seront maintenant à même, non seulement d'identifier le travail d'un artiste, mais aussi les matériaux utilisés par celui-ci.

Prolonger la vie des œuvres d'art, voire les faire renaître, entre dans le domaine du possible.

LES VOIX DU RAIL

«**L**e train n°3015, en provenance de Paris, est entré en gare, quai n°2». Annonce banale mais dont l'intonation singulière surprendra sans doute le voyageur qui débarque en gare de Reims. Qu'il ne s'étonne pas : c'est une voix synthétique qui l'énonce.

Depuis 1981, la SNCF s'est lancée dans l'étude de la synthèse et de la reconnaissance vocale par ordinateur. Et c'est en gares de Reims, des Invalides, du boulevard Victor à Paris, de Tours, qu'elle teste la valeur de ces techniques. Pour la société nationale, dont le souci est d'améliorer et de rentabiliser le service public, le traitement de la parole a des applications réelles. Ainsi pour les annonces-voyageurs, seules les grandes gares possèdent un système d'annonces automatiques enregistrées sur bandes magnétiques. Pour chaque gare et à chaque changement de service, c'est-à-dire 2 fois l'an (services d'été et d'hiver), une série d'annonces nécessite une semaine d'enregistrement par une speakerine généralement empruntée au milieu radiophonique. En comptant les frais d'achat et d'entretien des magnétophones, voilà un système bien coûteux, dont la conception interdit en outre toute modification conjoncturelle. La synthèse vocale permet au contraire une grande souplesse d'utilisation. Un retard ou un incident ? Il suffit d'en taper l'annonce sur le clavier du micro-ordinateur relié au synthétiseur. C'est aussi simple que la dactylographie.

Chaque gare, même la plus petite, pourra être équipée d'un tel appareillage plus ou moins sophistiqué, pour un coût variant de 50 000 à 600 000 F.

Au PC (poste de commandement) de Reims, où s'opère la régulation du trafic ferroviaire, la SNCF expérimente un autre système de traitement de la parole : le "trainphone". C'est un dispositif d'annonce de la position des trains au régulateur. Des capteurs situés sur les voies, reliés à une horloge et à un synthétiseur vocal, communiquent directement au régulateur l'heure et le lieu de passage des trains. Une version améliorée, le "supertrainphone", encore à l'étude, permettra en plus l'identifi-

cation des trains. Sans quitter des yeux sa carte de trafic, le régulateur de Reims entre en contact téléphonique avec les gares de son secteur simplement en prononçant leur nom dans un micro-cravate. L'ordinateur qui a reconnu sa voix et compris sa demande compose automatiquement le numéro adéquat. 50 postes différents sont ainsi connectés au compositeur vocal. Si le correspondant ne décroche pas, l'ordinateur annonce : «ici la secrétaire électronique, veuillez nous excuser, la gare X ne répond pas». Pour un usage professionnel, l'intérêt de la communication parlée est essentiellement ergonomique. La parole, dite ou entendue, libère le regard et les mains de l'opérateur et facilite le rapport homme/machine : c'est un moyen de communication plus naturel, familier et spontané, voire plus rapide qu'une instruction frappée sur le clavier ou lue sur l'écran.

Quoique complémentaires et relevant de techniques proches, synthèse et reconnaissance vocales ne se développent pas au même rythme. Il est en fait beaucoup plus facile de faire parler la machine que de la faire entendre et comprendre. Pour synthétiser la parole on procède en 2 temps : tout d'abord la phase d'apprentissage où la machine analyse la voix d'un locuteur, la code, et stocke dans ses mémoires les signaux numérisés. La parole véhicule non seulement des informations concernant sa signification objective mais aussi des données sur l'accent, le rythme, l'intonation. Le débit d'informations contenu dans la parole est tel qu'il nécessiterait, si on voulait toutes les stocker, 300 000 bits par seconde soit, pour 4 à 5 minutes, une mémoire informatique d'une dizaine de mégaoctets. Ceci est techniquement inconcevable. Aussi doit-on ne retenir et coder que quelques paramètres bien choisis qu'un algorithme recherchera au cours de l'analyse. Il existe 3 méthodes d'analyse correspondant à 3 types de synthèse : la prédiction linéaire qui s'appuie sur le modèle mathématique du conduit vocal et par laquelle on obtient une synthèse par mots ; la synthèse par phonèmes (son élémentaires) ou par diphonèmes (couples de phonèmes) : à partir de quelque 1 200 diphonèmes recensés dans la langue française, qu'on assemble comme on assemble

des dominos, n'importe quel mot ou phrase peut être reconstitué ; enfin la modulation par impulsions codée qui consiste à échantillonner le signal électrique correspondant à l'onde acoustique d'une parole, en le mesurant à intervalles réguliers (8 000 fois par seconde). La voix reproduit est d'excellente qualité mais le message énoncé est obligatoirement identique à celui enregistré. On ne peut pas fabriquer de nouvelles phrases comme dans les deux cas précédents.

La reconnaissance vocale, quant à elle, pose d'avantage de problèmes. Jusqu'à ce jour il n'existe pas de système capable de reconnaître à la fois n'importe quelle voix et d'interpréter des phrases élaborées. Les appareils les plus au point, dits monolocuteurs, nécessitent une phase d'apprentissage durant laquelle ils analysent, codent et stockent des mots ou des phrases prononcés par un locuteur. Pour la reconnaissance proprement dite la machine devra analyser de nouveau chaque parole, la comparer avec les informations mémorisées avant de poursuivre son travail. En résumé, la machine ne reconnaît que la voix de son maître. Encore faut-il que celui-ci ne soit pas enrhumé, nerveux ou qu'un bruit extérieur ne vienne perturber l'émission vocale. Le système testé au PC de Reims offre un taux de reconnaissance de 98 % malgré l'ambiance bruyante de la cabine de régulation. Ceci laisse présager une extension des dispositifs à d'autres régulateurs et d'autres applications comme la commande vocale des itinéraires dans les postes d'aiguillage.

■ **Étiquettes adhésives garantissant dans le temps, l'identification des produits industriels proposées par 3M (boulevard de l'Oise, 95006 Cergy-Pontoise Cedex, tél. (1) 30 31 61 61). Elles résistent aux UV, aux écarts de température, à l'huile, aux solvants et autres produits chimiques. A la différence des supports papier classiques, ces supports polyester, aluminium, vinyl, sont traités en surface pour recevoir en plus d'une large impression de base (sigle, type, n° de série) des informations variables rapportées au moyen des imprimantes ou des machines à écrire utilisant un ruban encreur mis au point spécialement.**

MANUTENTION

CAILLEBOTIS PORTEURS ANTICORROSION



De très nombreuses industries sont confrontées aux problèmes de la corrosion. Tel atelier encourt des risques de

projection d'acides, tel autre met en œuvre des oxydants violents ou bien encore doit stocker des produits chimiques dangereux. Depuis longtemps on fait appel aux caillebotis traditionnels qui sont des treillis de lattes protégeant les sols, mais ces treillis répondent mal aux impératifs de résistance mécanique (pour supporter des chariots, par exemple) en même temps qu'à ceux d'une résistance chimique aux agents de corrosion.

Réalisés en résine polyester armée de fibres de verre, les nouveaux caillebotis Allibert offrent un maximum de sécurité grâce à une excellente résistance aux liquides les plus corrosifs et aussi une plus grande légèreté. D'une forte résistance mécanique, grâce à la trame continue des fils de verre, ils résistent à une charge de 700 ou 1 300 kg/m², selon

les versions. Antidérapants, des grains de silice étant noyés dans la masse pendant leur fabrication, ces caillebotis autorisent une meilleure adhérence, même en milieu mouillé. Amagnétiques et non-conducteurs, ils offrent une bonne isolation électrique et thermique.

D'une grande simplicité de mise en place et d'entretien, les caillebotis sont livrés par plaque de 2,5 m², ou découpés sur mesures à partir de ces panneaux, ce qui facilite la pose et réduit les coûts d'installation. Ils existent en 5 versions : avec 2 formes de maille (rectangulaire pour utilisation piétonne, ou carrée, pour charges lourdes), et 3 types de résine, selon l'utilisation envisagée (Allibert Manutention, département cuves, Le Doublon, 11 avenue Dubonnet, 92407 Courbevoie Cedex, tél. (1) 47 74 42 12).

ENFANTS

UN SYSTÈME ANTI-ESCAPADES

Malgré son nom de "Baby-keep" (garde-bébé), ce nouveau système est d'étude et de réalisation entièrement françaises (société ATEM, 43 rue des Noyers, 93230 Romainville, tél. (1) 48 43 32 52).

Remplaçant barrières, portes électriques, tourniquets, portes spéciales dont les poignées sont disposées à 1,70 m du sol pour interdire la sortie des enfants — ce qui pose des problèmes de sécurité en cas d'incendie — il s'adresse aux crèches, aux maternités, aux hôpitaux et cliniques, aux piscines et centres aérés.

Le principe : Baby-keep analyse grâce à des capteurs infra-rouges à réflexion directe tout passage des personnes qui se présentent devant lui sur une distance réglable de 0,20 à 1,50 m et une hauteur de 0,20 à 1,40 m.

Ces capteurs transmettent au microprocesseur de l'appareil les informations qu'ils reçoivent et celui-ci en déduit si un enfant, seul ou accompagné, vient de passer, que cet enfant soit suivi ou précédé d'un adulte. L'alarme ne se déclenche en effet pas immédiatement, mais attend quel-

ques instants pour savoir si le ou les enfants sont avec un adulte. Si le doute n'est plus possible, le Baby-keep émet à titre d'alarme l'un des 24 airs de musique qu'il a en mémoire et, s'il s'agit d'un endroit à haut risque, un puissant signal sonore. Le personnel de garde reconnaît ainsi, lorsque le système se déclenche, le lieu et l'urgence de l'intervention nécessaire.

A titre d'exemple, un étage d'un hôpital où 3 Baby-keep ont été installés ; le premier surveille la sortie de la chambre où se trouvent des enfants convalescents, lors de la mise en service il a été programmé sur "Popeye" et ne fonctionne que la nuit.

Le second protège l'accès de la salle où le personnel entrepose produits d'entretien ou médicaments, il est programmé sur la "Panthère rose".

Enfin, le dernier appareil garde jour et nuit la sortie de l'hôpital ; si elle est franchie un puissant "buzzer" signale au personnel de garde qu'il faut intervenir rapidement. Bien entendu, les différents systèmes peuvent être mis en veille ou bien

coupés à volonté suivant les horaires et les circonstances.

Chaque appareil coûte environ 10 900 F TTC.



LES INNOVATIONS ET LES TECHNIQUES ET PROCÉDÉS NOUVEAUX PRÉSENTÉS DANS CETTE RUBRIQUE NE SONT PAS ENCORE EXPLOITÉS SUR LE MARCHÉ FRANÇAIS. IL S'AGIT D'OPPORTUNITÉS D'AFFAIRES, QUI SEMBLERENT 'BONNES À SAISIR' POUR LES ENTREPRISES INDUSTRIELLES ET COMMERCIALES FRANÇAISES. COMME L'ENSEMBLE DES ARTICLES DE SCIENCE & VIE, LES INFORMATIONS QUE NOUS SÉLECTIONNONS ICI SONT ÉVIDEMMENT LIBRES DE TOUTE PUBLICITÉ. LES SOCIÉTÉS INTÉRESSÉES SONT PRIÉES D'ÉCRIRE À 'DES MARCHÉS À SAISIR' C/O SCIENCE & VIE, 5 RUE DE LA BAUME, 75008 PARIS, QUI TRANSMETTRA AUX FIRMES, ORGANISMES OU INVENTEURS CONCERNÉS. AUCUN APPEL TÉLÉPHONIQUE NE POURRA ÊTRE PRIS EN CONSIDÉRATION.

CLAVIER À CODE PASSE-MURAILLE

Quoi

Ce clavier à code est le seul au monde à fonctionner derrière et à travers toute paroi et toute porte en bois, aluminium, vitre blindée, etc. On ne peut ainsi ni le neutraliser, ni le casser, ni le dégrader.

Comment

Comme tout clavier à code, celui-ci permet la commande de tout système électronique: contrôle d'accès, alarme, ronde de vigile, commande de moteurs en milieu corrosif. Sa supériorité vient de ce qu'il est placé à l'intérieur d'un local et commandé de l'extérieur. Inaccessible, il devient inviolable.

L'idée de base: l'utilisation d'un simple aimant en forme de clé. Le champ magnétique de l'aimant traverse la paroi pour actionner la touche électronique du clavier, placé



à l'intérieur du local; l'utilisateur restant à l'extérieur et ne pouvant y avoir accès: ce sont la vitre, la porte, le mur qui protègent le clavier.

Le fonctionnement est parfaitement simple: il suffit de présenter la clé aimantée devant les chiffres du code préalablement programmé. Pour une porte en bois, un autocollant de ce clavier sera apposé à l'extérieur. En cas de composition d'un code erroné, le brouillage est automatique.

Marché

Ce nouveau système, breveté en France et à l'étranger, supprime définitivement les quatre inconvénients majeurs des claviers traditionnels: vandalisme, neutralisation, manque de fiabilité, oxydation. Il n'est pas plus cher que les systèmes classiques. Il a reçu le prix "mention spéciale" au concours de l'innovation du dernier Batimat. La firme qui l'a conçu cherche à céder des licences sur l'étranger et à trouver des distributeurs sur la France.

UN AGRAINOIR-NOURRISSEUR AUTOMATIQUE

Quoi

Mis au point pour la chasse, l'élevage, l'aviculture, mais aussi, sous réserve de modifications de détail, pour la pisciculture, cet appareil distribue automatiquement, de façon dosée et temporisée, tout type d'aliments: granules, maïs, blé, orge, etc.

Comment

L'agrainoir-nourrisseur se présente sous la forme d'un silo métallique



aérien à fond tronconique, d'une contenance de 500 ou 1 000 litres. Il est posé sur trois pieds métalliques de 2,15 m de haut, dont l'un constitue une échelle d'accès à l'orifice supérieur pour l'approvisionnement. Commandé par une horloge électronique programmable à quartz et un temporisateur, son moteur fonctionne à 800 tours/minute et est alimenté par une batterie de 12 volts, 30 ampères. Il distribue par éjection circulaire les aliments dans un rayon réglable de 5 à 18 mètres. La programmation de l'appareil permet 96 distributions par 24 heures, soit une toutes les 15 minutes, qui sont dosées suivant le nombre et l'importance des bêtes à nourrir. Moteur, programmation et temporisation sont disposés dans un boîtier étanche qui les protège contre tout dommage: animaux ou intempéries, le matériel pouvant fonctionner par des températures allant de -25 °C à +50 °C.

Marché

Principaux avantages du procédé: une considérable amélioration de la compétitivité dans le domaine de

l'élevage grâce au dosage de la distribution des aliments et à une économie de main-d'œuvre. Par exemple, pour agrainer le gibier dans une chasse, il faut jusqu'ici, que deux hommes se déplacent au moins trois fois par semaine à l'aide d'un véhicule. L'appareil réduit ce déplacement à une fois par mois, ce qui outre le gain de temps, apporte une économie de kilomètres et de véhicules.

Pour qui

L'entreprise responsable cherche des distributeurs et des licenciés en France comme à l'étranger.

Comment passer dans cette rubrique.

Si vous avez conçu une innovation ou un produit nouveau, adressez à « Des marchés à saisir » un descriptif de votre invention le plus clair possible, en vous inspirant de la présentation que nous avons adoptée pour cette rubrique. Joignez-y une copie de votre brevet et une photo ou un schéma de votre prototype. Enfin faites preuve de patience et de tolérance: nous ne pouvons présenter toutes les inventions, et celles que nous publions doivent être d'abord étudiées par notre service technique.

INFORMATIQUE

UN LOGICIEL
POUR
RECHERCHER
LES PHOTOS
SUR
VIDÉODISQUE

Mettre une photothèque sur vidéodisque n'est plus une nouveauté. Depuis plusieurs années, le vidéodisque sert en effet au stockage de dizaines de milliers d'images par face, ce groupage permettant ensuite une recherche sans manipulation des épreuves photographiques ou des diapositives. Toutefois, cette opération prend un temps, plus ou moins long, malgré la rapidité du lecteur à laser pour rechercher les images sur la piste. Le disque, en effet, peut contenir 54 000 images !

Pour faciliter cette recherche et surtout pour qu'elle soit plus efficace, une entreprise française, Logiciel Plus (39 avenue de Choisy, 75013 Paris, tél. (1) 45 83 33 99), a imaginé un logiciel d'exploitation de photothèque sur vidéodisque.

Pour ce faire, les 54 000 images sont indexées chacune en 22 thèmes, pris parmi 12 000 mots-clés.

A partir de cette programmation, un micro-ordinateur peut rechercher toutes les images d'un même mot. Le principe est simple. Une photo, par exemple une vue de plage, peut toujours être classée sous diverses rubriques : plage, eau, mer, baignade, côte d'Azur, etc. Ainsi le logiciel permettra-t-il de faire défiler sur l'écran du téléviseur de lecture, toutes les photos indexées à "plage" ou à "mer" ou à toute autre rubrique.

Et il ne faudra pas plus d'une seconde pour que la première vue apparaisse sur l'écran. Les autres suivront, autorisant une comparaison rapide et un choix.

■ **Premier Salon européen du design à Nancy, du 9 au 13 avril. Réservé aux professionnels, il doit faire connaître design, graphisme et communication aux PME, le plus souvent ignorantes en la matière (Parc des expositions, BP 593, 54009 Nancy, tél. 83 51 09 01).**

BÂTIMENT

COFFRAGE : LE MEILLEUR RAPPORT
RÉSISTANCE-POIDS

Facilité de manutention, de montage et d'assemblage, de stockage sur chantier, de transport et d'entretien, le nouveau coffrage à couler du béton modulaire de chez Noé (rue de l'Equerre, ZA de Béthune, 95310 Saint-Ouen-l'Aumône, tél. (1) 30 37 92 47), est

constitué d'un cadre muni d'un raidissement aluminium et d'une peau coffrante en contre-plaqué de 15 mm en bouleau finlandais.

Il est disponible en plusieurs tailles : hauteur 2,65 m, largeur 0,25 ou 0,50 m et pèse 22 kg dans la version de base.

La liaison des panneaux entre eux se fait par 2 brides de serrage sur la hauteur, qui peuvent se placer en tout endroit sur la périphérie du coffrage, permettant ainsi l'assemblage de panneaux décalés.

Le système de blocage par un excentrique permet un serrage rapide par un seul coup de marteau. L'entretoisement, limité à deux entretoises sur la hauteur, est le plus limité que l'on puisse trouver dans tous les coffrages.

Ce nouveau coffrage pour mur est manuel, puisque le plus grand panneau pèse moins de 44 kg, il peut être assemblé en grandes bandes (élément pour couler du béton) légères. Sa résistance, de 50 kN/m², en fait le panneau le plus performant du marché dans le rapport résistance/poids.

SOUDURE

UN CASQUE PLUS SUR

L'originalité de ce casque de protection, le "Blocus Weldone R", fait en polyamide, matière légère, résistante et indéformable, comportant en outre une ouverture de ventilation, réside dans l'intégration d'un système exclusif qui permet au soudeur de commander à distance — et avec la main qui tient la torche ou le porte-électrode — l'abaissement ou le relevage instantané du verre filtrant protégeant les yeux du soudeur.

Ceci grâce à un petit moteur, à l'intérieur de l'écran, relié par une fiche et un fil à un boîtier fixé sur la torche ou le porte-électrode. Ce boîtier comporte un levier qui permet au soudeur d'actionner le moteur, donc de commander les mouvements du verre.

Un simple geste — pousser le levier du doigt — et le soudeur est ainsi instantanément protégé visuellement, avant l'apparition de l'arc, tandis que la main qui ne tient pas la torche ou le porte-électrode reste totalement libre, ce qui diminue également les risques.

Au total, une meilleure sécurité, moins de fatigue, plus de confort, une meilleure qualité de chaque soudure : les professionnels y trouvent leur compte.

Pour tout renseignement : Sté Gérin, 70 cours Tolstoï, 69100 Villeurbanne, tél. 78 68 94 50. ■



CASUS BELLI

1^{er} magazine des jeux de simulation



...Et si un Dragon détruisait votre cité, que feriez vous ?
Tous les deux mois : des scénarios, des idées pour vos jeux de Rôle préférés. Les nouveautés du jeu de simulation, de l'aventure à l'historique, des conseils et des aides de jeu. Et toute l'actualité, les tournois, les nouveaux clubs...

En vente chez la plupart des marchands de journaux. 20 F.

ART ET SCIENCE : LA PENDULE ASTROLABE

Il y a seulement 15 ans, ce qui vraiment n'est pas loin, en matière d'horlogerie il y avait les montres suisses, et le reste ; d'un côté des marques prestigieuses, Rolex, IWC, Oméga, Movado ou Jaeger, de l'autre pas un nom connu. Aujourd'hui il y a les Japonais, Seiko et Citizen en tête, et la montre suisse, en anglais *swiss watch* et par contraction Swatch. Déjà imitée et copiée, y compris dans les pays asiatiques, la Swatch a été à la lecture de l'heure ce que la pointe Bic a été à l'écriture : un passage d'une époque à une autre.

Le crayon Bic permet d'écrire commodément sur tout support normal, pour un prix très faible, avec un outil agréable à la main, parfaitement fiable et capable de résister à toute une classe maternelle. La Swatch offre exactement le même type d'agréments : amusante à regarder, elle donne l'heure juste pour pas cher, ne craint ni les chocs, ni l'eau de mer, ni les mains enfantines et a été adoptée d'emblée par tous : directeurs et coursiers, écolières et play-boys, coiffeuses et diplomates.

Une belle revanche de l'industrie suisse qui s'apprête maintenant à prospérer au Japon. Il faut dire que la chute avait été verticale : il y a 10 ans, les Suisses avaient produit 110 millions de montres et les Japonais 100 millions ; 5 ans plus tard, 30 millions pour la Suisse et 120 millions pour le Japon ; cette année 50 millions d'un côté et 150 millions de l'autre : l'écart qui était de 4 à 1 est aujourd'hui de 3 à 1, grâce à la Swatch.

Des deux côtés, les producteurs en ont conclu sans peine que la montre classique allait

AVEC LE QUARTZ, RÉVEILS, MONTRES ET HORLOGES SONT DEVENUS à la fois très

précis et très bon marché. Et si la présentation peut expliquer certains prix forts, il est mieux de les justifier en donnant non seulement l'heure, mais aussi les phases de la Lune, la position du Soleil, le signe zodiacal et le retour des éclipses.



Dominant le bronze doré ciselé à la main, l'heure ordinaire n'est là que pour le quotidien et les données astronomiques figurent sur le grand cadran : heure sidérale, hauteur du Soleil, phases de la Lune, repère zodiacal, longueur du jour, et même retour du saros.

descendre la pente à vive allure.

Et, de même qu'il y a d'une part le crayon à bille et de l'autre le super-stylo plume or massif, corps en laque de Chine et capuchon d'ivoire, il va rester, d'un côté, la montre en plastique et,

de l'autre, la super-montre qui reste à définir. Une chose est sûre déjà : le boîtier ne peut plus se contenter d'être en acier inoxydable. Ou il est en or, ou il est en acier et or, ou il est en titane — on peut se demander

pourquoi il n'est pas en platine puisque ce métal est redescendu maintenant à peu près au même prix que l'or.

Seule la Rolex peut se permettre de rester en acier inox simple, avec un mouvement mécanique à balancier, parce que c'est pratiquement la seule montre qu'on puisse plonger dans l'océan tous les jours sans qu'elle en souffre jamais : cela se sait, et cela se paye. D'autres font bien le boîtier en inox, mais revêtu de résine synthétique à usage astronautique, ou de céramique, ou de carbure de tungstène (il avait même existé un boîtier en tungstène pur, le métal le plus dur par nature et aussi l'un des moins commodes à travailler). Ne parlons pas du décor, bracelet, cadran, aiguilles, poussoirs et autres, tout doit justifier que le prix soit au moins 10 fois celui de la montre en plastique pour donner exactement la même heure.

Rares sont les domaines où le fabricant peut découvrir ce "grand quelque chose" qui fera de sa montre un outil à part. Il reste encore à éliminer la trotteuse sautillante, qui rappelle trop la démarche des personnages au temps des vieux films muets, mais il faudrait pour cela mettre un moteur synchrone qui consomme plus que le moteur pas à pas ; personne n'a encore tenté l'aventure — pourtant le temps se déroule en continu et non en saccades : la montre actuelle en donne donc toujours une idée fausse.

On peut aussi améliorer la précision ; les montres à quartz habituelles bougent de 3 à 5 secondes par mois, soit près d'une minute par an. C'est très peu, mais on peut faire mieux encore : il y a un an, la firme suisse Longines a mis sur le marché une montre dont la dérive ne dépasse pas 1 s par mois, soit au plus 12 s par an. C'est là un résultat plutôt remarquable, obtenu en neutralisant le

plus grand ennemi de la précision des montres à quartz : les variations de température. En fait, c'est une montre à double quartz : l'un qui sert d'oscillateur de référence, et l'autre qui sert à déceler les variations de température et en corrige constamment les effets en agissant sur la

pendant longtemps il s'est agi d'objets soignés et coûteux, alors qu'aujourd'hui n'importe quelle pendule de cuisine achetée au Prisunic local donne l'heure exacte pour un prix dérisoire. Là aussi, les fabricants d'horloges ont vu s'effondrer complètement les ventes de la catégorie



fréquence de l'oscillateur.

Il a donc fallu adjoindre au circuit diviseur habituel, qui ramène les 32 768 Hz du quartz à une impulsion par seconde après 15 divisions par 2, un microprocesseur qui intervient sur ces divisions en cas d'avance ou de retard ; il y a en pratique une permanente remise à l'heure. Si tout va bien, cette montre est au moins cinq fois plus précise que les modèles standard, lesquels finissent toujours par varier assez largement au bout de quelques années. Nous n'avons encore jamais rencontré de mouvements qui tiennent réellement la seconde par semaine pendant longtemps. Autant dire que la seconde par mois nous semble quelque chose d'assez fantastique si cette précision résiste au temps.

Mais, après avoir joué sur la présentation et sur la stabilité de la mesure, il reste peu de paramètres permettant aux fabricants de concurrencer la montre en plastique. Ajoutons que le même processus s'est appliqué aux pendules et aux réveils ;

moyenne, et ne restaient plus en course que les réveils à quartz en plastique ou les pendules dorées à l'or fin, ciselées à la main et présentées comme des œuvres d'art.

Mais, pour tout dire, le quartz ne permettait plus d'exposer à travers des facettes en verre toute une cascade d'engrenages, de ressorts, de cliquets et de balanciers. Alors il restait deux voies pour sortir de l'ordinaire : soit revenir à la tradition, mais avec tous les raffinements que permet la technique aujourd'hui, soit garder le quartz comme élément régulateur pour lui faire afficher non seulement l'heure, mais aussi les mouvements de la Terre ou de la Lune. La première formule est celle des horloges comtoises, toujours appréciées, ou des réveils à quatre faces en verre aussi appelés pendules d'officier.

Chose agréable, c'est la société française l'Épée, installée, près de Montbéliard dans le Doubs, qui détient plus de la moitié du marché mondial de ces pendules de voyage. Fabriquées

pièce par pièce à la main, conformément aux modèles du siècle passé, mais assemblées et ajustées avec la précision de la technologie actuelle, ces pendules sont d'abord des objets d'art qui, en plus, donnent l'heure ou sonnent le lever matinal. Dans ce mouvement visible de tous les

On se rapproche ainsi des horloges astronomiques comme on peut en voir dans les cathédrales de Strasbourg et de Beauvais, ou au musée des Arts et Métiers à Paris. Celles-là donnent tout, y compris le mouvement des planètes, mais elles sont également sans prix. Ajoutons que leur volume les rend intransportables. Mais, en se limitant à quelques données astronomiques essentielles, on peut réaliser une horloge tout à fait hors du commun, parfaitement précise grâce au quartz, et qui est en fait un objet d'art.

Le premier phénomène astronomique qu'on peut ajouter sur un cadran n'est autre que la succession continue des phases de la Lune. Il y a toutefois un pro-

blème: alors que le temps moyen est parfaitement défini par des multiples entiers à partir de la seconde avec une minute de 60 secondes, une heure de 60 minutes et un jour de 24 heures, soit 86 400 secondes par jour, la révolution synodique de la Lune (intervalle entre le retour de deux nouvelles lunes) se fait en 29,5305881 jours moyens. Encore n'est-on pas très sûr de la dernière décimale mais, pousserait-on le calcul plus loin qu'on trouverait seulement d'autres chiffres à ajouter sans jamais arriver au bout.

En vérité, l'intervalle entre deux phases de la Lune exprimé en secondes est irrationnel, ce qui est bien ennuyeux parce que les engrenages, eux, ne donnent



2



3

côtés, tout a été poli, vérifié, vernis avec un soin méticuleux. La production est de l'ordre de 10 000 pièces par an, et le prix est à la hauteur de la qualité: 3 000 F pour le modèle le plus simple, et plutôt 6 000 pour la

taille standard. La seconde voie a été suivie par un autre fabricant français, Hour Lavigne, qui détient un quasi-monopole sur le marché mondial. Il s'agit cette fois d'associer la précision intrinsèque du régulateur à quartz avec une tradition horlogère ancienne mais délicate, qui consiste à indiquer non seulement l'heure, mais aussi la hauteur du Soleil, la position et les phases de la Lune, le lever et le coucher du Soleil, le temps sidéral, la date, les saisons, la configuration Terre-Soleil-Lune qui indique les éclipses, et enfin les signes du zodiaque.



CŒUR DE QUARTZ ET MAINS D'ARTISTES

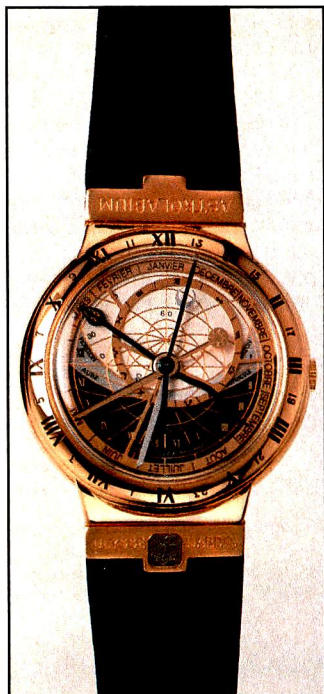
Au départ, il n'y a que des plaques de laiton finition horlogère et des outils dont la plupart sont encore des outils à main (1). Les machines sont là pour pointer, percer, fraiser et tailler les découpes, mais c'est à la main que tout sera ajusté (2). Et le graveur n'a aussi que ses mains pour dessiner le cadran et les cercles divisés (3) qui seront ensuite dorés puis vernis après passage dans les bains (4). Enfin il faut assembler tous les éléments (5) qui constitueront la partie mécanique et décorative de la pendule astrolabe. Et pour donner la précision propre à l'horlogerie actuelle, c'est un boîtier à quartz avec moteur électrique pas à pas qui sera l'unité motrice.



5

que des rapports de nombres entiers: sur une roue dentée, il n'y a pas de demi-dent, ou de fraction de dent. Le rapport de démultiplication est donc toujours le quotient de deux nombres entiers, par exemple 37/17 ou 36/12 ou 122/13 ou tout ce qu'on veut d'autre — à condi-

L'industrie suisse n'a pas voulu être de reste dans cette recherche, et c'est la firme Ulysse Nardin de Le Locq, qui a mis sur le marché une montre astrolabe permettant de garder au poignet toutes les données astronomiques.



tion de ne pas abuser dans les chiffres: aucun engrenage n'a des milliers de dents. On notera tout de suite que si le rapport 36/12 correspond à 3 (quand le premier fait 1 tour, le second en fait 3 et réciproquement) le quotient 37/17 donne 2,17647088... et 122/13 donne 9,3846153846...

On peut donc trouver des combinaisons d'engrenages qui vont approcher avec une précision suffisante les 2551442,81... secondes que compte une lunaison. Il y a seulement là une recherche arithmétique assez classique qui fournit toujours la fraction correspondant à une valeur décimale finie donnée. Tout le travail des concepteurs d'horloges astronomiques consiste à décomposer cette première fraction en un produit de fractions simples correspondant

à des couples d'engrenages dont le plus grand ne dépasse pas une centaine de dents. Il y a là un tour de main à la fois arithmétique et mécanique qui n'est pas donné à tous, et les bonnes combinaisons ne sont pas nombreuses. Quand un ingénieur en avait trouvé une, il était bien souvent copié.

Si l'on excepte les grandes horloges astronomiques des cathédrales ou des musées, qui comportaient des cascades de pignons approchant de très près la durée d'une lunaison, les instruments plus petits se contenaient d'une combinaison moins rigoureuse. Arrondie à la minute inférieure, la lunaison vaut 29 jours 12 heures 44 minutes, soit en décimal 708,75 heures. Une formule courante consiste à placer derrière le cadran principal un disque comportant quatre lunes qui se présenteront tour à tour devant une fenêtre taillée en demi-cercle. A ce moment, le rapport de démultiplication par rapport à l'aiguille des heures devient $708,75 \times 4 = 2835$.

L'erreur est d'une minute par lunaison, soit moins de trois minutes par saison de trois mois. Comme on évalue la pleine lune à peine à un jour près, on voit qu'il faut des années avant qu'un observateur très pointilleux puisse déceler une minime erreur entre ce qu'il voit dans le ciel et ce qu'indique le cadran. Le même système peut être simplifié avec un disque à deux lunes, et c'est cette formule qu'on trouve sur les montres. Notons que ces montres qui indiquent les phases lunaires existent depuis bien longtemps, mais elles ont été remises au goût du jour par Seiko et aujourd'hui beaucoup d'autres fabricants ont suivi.

A partir du moment où on souhaite indiquer non seulement les phases de la Lune, mais aussi le mouvement du Soleil, le temps sidéral ou la position réelle dans l'espace des trois corps Soleil-Terre-Lune, il faut poursuivre les calculs d'engrenage pour arriver à une combinaison beaucoup

plus complexe. C'est pourtant ce qu'a fait Hour Lavigne dans le but de proposer une horloge vraiment complète présentée de surcroît comme une œuvre d'art. Curieuse entreprise que cette petite société française qui exporte les trois quarts de sa production et dont l'usine est située en plein Paris, pour être exact dans le cinquième arrondissement entre le Jardin des Plantes le Muséum et l'Ecole normale supérieure.

Fondée en 1849 par Charles Hour, elle connaît un rapide développement qui amène le fondateur à prendre comme associé son beau-frère Hubert Lavigne. Initiative généreuse mais mal récompensée puisque le beau-frère ne tarde pas à faire la loi dans la maison avant de renvoyer le fondateur (à l'époque, licenciement sans préavis ni indemnités...). La prospérité se poursuivra sans faille jusqu'en 1930, date à laquelle la crise économique oblige l'usine à fermer ses portes. L'activité ne reprendra qu'en 1946 avec la production de modèles de style. La vraie innovation apparaît en 1965 avec la création de l'horloge dite astrolabe, en souvenir de cet instrument ancien fait de cercles gradués et de réglettes mobiles qui servait à mesurer la hauteur d'un astre au-dessus de l'horizon et à déterminer les latitudes.

Une équipe composée d'un dessinateur, d'un graveur, d'un monteur en bronze et de plusieurs techniciens réalise ces pièces à l'unité, chaque modèle étant limité à quelques exemplaires. Pour faire une horloge de ce type, il faut au moins 70 heures de travail pour les modèles les plus simples, ce qui explique que la production ne dépasse guère 200 pièces dans l'année. Il est vrai aussi qu'il s'agit d'un matériel d'exception, non seulement sur le plan technique, mais aussi du point de vue décoratif.

Pour avoir visité l'usine, et connaissant assez bien ce qu'est le travail manuel, nous devons déjà reconnaître que le dessina-

teur et le graveur sont des as dans leur domaine. Et à voir la qualité du travail, les autres techniciens sont du même niveau. Les pièces fondamentales, axes, engrenages, leviers, renvois, paliers et autres sont bien sûr taillées à la fraiseuse et au tour, mais les leviers ou les renvois sont ensuite retouchés à la lime fine jusqu'à l'ajustage parfait. Tous les autres éléments, supports, cadrans, aiguilles, colonnes, flèches et autres sont faits un par un, gravés, polis, dorés et enfin vernis.

Cette seule opération, qui consiste à recouvrir la dorure d'un vernis transparent très dur, a nécessité des recherches prolongées et un tour de main bien spécial pour trouver, et le produit, et la manière de l'étendre et de le durcir. Mais le résultat est là : ce vernis protège l'éclat de l'or pendant des années sans qu'il y ait besoin d'un quelconque entretien. En fait il s'agit d'un travail artisanal de haute classe qui réclame un solide talent dans les doigts, soutenu par des années d'expérience et une grande patience.

Comme nous l'avons dit, la grande nouveauté a consisté à garder un affichage décoratif de style tout en prenant à la technique actuelle ce qu'elle a de meilleur dans la mesure du temps : l'oscillateur à quartz. Un balancier actionné par des ressorts ou des poids est sans doute beaucoup plus joli, mais vraiment peu précis par rapport aux normes actuelles.

Le boîtier à quartz, qui est le moteur de tout l'ensemble, est la pièce la moins chère d'une pendule astrolabe. Il est très facile de le changer en bloc en cas de défaillance, ou de le remplacer par un module encore plus précis dès que progresse la technique des régulateurs à quartz. En ce sens, la pendule est adaptative.

Par contre la partie affichage fait appel à la technique classique de la cascade d'en-

grenages. Il en faut ici une bonne douzaine dont les divers couplages permettent d'assurer aussi bien les phases de la Lune que le temps sidéral, la position du Soleil dans l'écliptique ou la rotation du grand axe de l'orbite lunaire. Le plus petit pignon a 37 dents, le plus grand 205 ; entre les deux, 40, 53, 64, 69, 79, 80, 86. Le produit des quotients de ces diverses dentures suffit à assurer avec l'approximation voulue tous les mouvements célestes affichés, y compris le retour du saros qui demande pourtant 18 ans ; celui qui regarde l'horloge le jour de ses 20 ans devra attendre d'atteindre 38 ans avant de retrouver la même configuration.

Pour être juste, la lecture du cadran demande quelques notions de repérage astronomique, et nous allons rappeler brièvement les données les plus simples. Pour commencer, le Soleil vu de la Terre décrit au cours de l'année un grand cercle sur le fond des étoiles : c'est l'écliptique, ligne céleste fictive sur laquelle se succèdent des configurations étoilées chères aux astrologues : Poisson, Bélier, Taureau, Gémeaux, etc. Ce grand cercle définit un plan qui est aussi le plan de l'orbite terrestre.

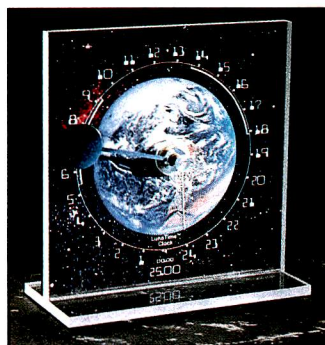
En second lieu, l'observation du ciel étoilé montre que toutes les étoiles semblent tourner autour d'un axe allant sensiblement de l'étoile polaire à la Croix du Sud : c'est l'axe du monde, qui est évidemment parallèle à l'axe nord-sud de la Terre. Le plan perpendiculaire à cet axe coupe la sphère céleste selon un grand cercle qui est l'équateur céleste ; le plan de l'écliptique et le plan de l'équateur se coupent suivant une droite qui donne la direction du point vernal, ou point γ . Ce point est important, car il sert à définir la position des étoiles fixes, et la durée du jour sidéral.

Revenons à notre pendule astrolabe. Pour commencer elle donne l'heure légale, ce qui est utile mais d'intérêt trop quotidien. Elle donne aussi la position de la Lune et les phases,

grâce à une petite sphère qui tourne autour de son axe. Une autre aiguille, portant un soleil, fournit l'heure locale, qui n'est pas l'heure légale tant s'en faut — en été deux heures de décalage sur une ligne moyenne Le Havre-Bordeaux. Ajoutons que l'heure locale qui indique le midi



Deux horloges originales réglées non pas sur le Soleil, mais sur la Lune : la première indique les marées, la seconde le temps lunaire (midi quand la Lune est au zénith).



vrai (point culminant du soleil) varie d'est en ouest, et n'est pas du tout la même à Brest ou à Strasbourg.

Cette même aiguille solaire montre dans quelle constellation du zodiaque se trouve le Soleil, grâce à un cercle gravé portant les 12 signes. Ce cercle est mobile et porte une pointe qui indique le temps sidéral ; celui-ci consiste à diviser en 12 heures le jour sidéral, qui est l'intervalle de temps séparant le retour au méridien d'une même étoile (le méridien est le cercle que découpe sur la sphère céleste le plan formé par la verticale du lieu et la direction du pôle nord).

Comme le Soleil parcourt le zodiaque étoilé pendant l'année, le jour sidéral est plus court que le jour moyen (il vaut 23 heures 56 minutes 4,09 secondes). Le

(suite du texte page 160)

TÉLÉPHONEZ VOS PHOTOCOPIES

LE TELECOPIEUR EST EN PASSE DE

DEVENIR UN APPAREIL aussi indispensable

que le téléphone ou la machine à écrire. Nous avons testé pour vous huit modèles récents.

Le temps n'est plus très éloigné où le téléphone servira autant à transmettre les images que la voix. Cette forme de transmission est en effet en forte progression dans les entreprises. En France, le parc des télécopieurs qui est proche de 30 000 unités aura doublé à la fin de 1986 et les experts pensent que la croissance se poursuivra à un rythme moyen de 30 % par an. Aux Etats-Unis, le parc atteint déjà près de 400 000 télécopieurs et il approche 500 000 au Japon.

La télécopie permet aujourd'hui de transmettre en quelques minutes des manuscrits, des schémas, des photocopies. Demain la transmission de photos en couleurs sera possible avec une bonne définition. Actuellement la couleur pose des problèmes de durée de la transmission et de prix de revient. Mais les grandes firmes de photo et d'électronique (Kodak, Fuji, Sony, Hitachi, Canon) ont réalisé des prototypes d'appareils de transmissions des photos en couleurs. Le premier modèle dont la commercialisation a été annoncée pour le second semestre de 1986 est le Fujix Photo TV de Fuji.

Le procédé Fujix est conçu, avant tout, pour permettre aux amateurs de passer leurs photos sur un téléviseur. A cet effet, ces photos seront tout d'abord transférées sur une disquette magnétique de 6 cm de diamètre environ (disquette aujourd'hui standardisée après accord de

plus d'une centaine de constructeurs). Cette disquette peut recevoir 48 photos en couleurs. Celles-ci pourront être diffusées sur téléviseur au moyen d'un lecteur ressemblant à un petit magnétoscope (prix annoncé : 2 500 à 3 000 F). Mais il sera aussi possible d'utiliser le lecteur de disquettes avec une imprimante donnant alors une copie sur papier. Et, grâce à un autre appareil, le modem Fujix, chaque image pourra être transmise par téléphone et imprimée chez le correspondant équipé du même matériel. Le modem utilise un signal d'analyse de l'image traité numériquement.

Les télécopieurs disponibles actuellement pour le noir et blanc sont des appareils simples qui n'exigent aucune installation particulière. Il suffit de les raccorder à une prise de téléphone. Bien entendu, ici encore, il faut que le correspondant soit aussi équipé. C'est une nécessité qui n'est pas plus contraignante que le téléphone, qui exige aussi que les correspondants soient tous possesseurs d'un combiné.

Pour la transmission des images, il existe divers standards sur lesquels nous reviendrons. Indiquons simplement ici que chacun d'eux dépend du niveau de sophistication du matériel mais que tout appareil haut de gamme, donc équipé d'un procédé de transmission rapide, peut recevoir le codage provenant d'un appareil moins perfectionné. L'achat d'un matériel bas de gamme ne sera donc pas pénalisant, sauf pour le temps de

passage.

La transmission d'une page par téléphone s'effectue suivant cinq phases : l'analyse optique, le codage en signaux électriques, la transmission proprement dite, le décodage et l'impression du facsimilé.

L'analyse du document. Chaque point de la feuille à transmettre est analysé. Pour cela le télécopieur est équipé d'un dispositif de balayage horizontal ligne par ligne. Chaque ligne est analysée avec une résolution de 5 à 8 points par millimètre. L'espace entre chaque ligne est extrêmement faible, de 3 à 8 par millimètre suivant le type d'appareil. Au total, le document est donc analysé avec 1 976 000 points au minimum. Ce procédé est finalement très proche de l'analyse en télévision. Seule la finesse du balayage diffère. Sur les appareils récents la conversion optique-électrique est assurée par une matrice à transfert de charge (matrice DTC). Elle joue donc un rôle comparable à celui du type analyseur d'une caméra vidéo. Le signal ainsi obtenu est codé pour être envoyé sur la ligne téléphonique.

Le codage. En premier lieu les informations du signal électrique sont comprimées. En effet, une feuille dactylographiée, par exemple, comporte beaucoup plus de zones blanches que noires. Transmettre chaque point de la feuille allongerait donc énormément le temps de transmission sans pour autant apporter d'informations utiles à la restitution du document. Seules les zones de transition de contraste, du blanc vers le noir ou du noir vers le blanc, seront donc transmises. Rappelons que la finesse du point d'analyse fait qu'un caractère dactylographié recouvre toujours un très grand nombre de points. Sa forme est donc sans importance et l'analyse des zones de transition de contraste est suffisante pour assurer sa restitution.

La transmission. Deux techniques seront utilisées pour transmettre le signal codé par téléphone. L'une est réservée

MARQUE	TYPE	GROUPE DE TRANSMISSION	RÉSOLUTION	DURÉE DE LA TRANSMISSION	NOS REMARQUES
THOMSON	THOMFAX 3200	GROUPE 2 ET GROUPE 3	<ul style="list-style-type: none"> • EN GROUPE 2 : 5 POINTS PAR mm, 3,85 LIGNES PAR mm. • EN GROUPE 3 : 8 POINTS PAR mm, 3,85 LIGNES PAR mm ; • HAUTE RÉOLUTION : 8 POINTS PAR mm, 7,7 LIGNES PAR mm. 	<ul style="list-style-type: none"> • 30 SECONDES EN GROUPE 3 ET LIAISON A 9 600 BAUDS. • 3 MINUTES EN GROUPE 2. 	<ul style="list-style-type: none"> • APPAREIL DE BUREAU HAUT DE GAMME. • RÉCEPTEUR AUTOMATIQUE D'APPELS. • GROUPE DATE-HEURE AVEC ACCUSÉ DE RÉCEPTION. • COUPE-PAPIER AUTOMATIQUE. • CHARGEUR DE DOC. CAPACITÉ 30 PAGES. • ENVOI DIFFÉRÉ, ENVOIS MULTIPLES. • NUMÉROTATION ABRÉGÉE GRÂCE À UNE MÉMOIRE D'UNE CAPACITÉ DE 40 NUMÉROS.
	CT 320 OU FACTEL 5320	IDENTIQUE AU THOMFAX 3200			
ALCATEL	CT 200	GROUPE 2 ET GROUPE 3	<ul style="list-style-type: none"> • EN GROUPE 2 : 5 POINTS PAR mm, 3,85 LIGNES PAR mm. • EN GROUPE 3 : 8 POINTS PAR mm, 3,85 LIGNES PAR mm. 	<ul style="list-style-type: none"> • 2 MINUTES EN GROUPE 3 ET LIAISON A 2 400 BAUDS. • 3 MINUTES EN GROUPE 2. 	<ul style="list-style-type: none"> • APPAREIL DE BUREAU. • RÉCEPTION AUTOMATIQUE D'APPELS. • ACCUSÉ DE RÉCEPTION. • PRISE V 24 RS 232 C POUR UTILISATION EN TANT QU'IMPRIMANTE INFORMATIQUE OU COPIE D'ÉCRAN.
3M	9140	GROUPE 2 ET GROUPE 3	<ul style="list-style-type: none"> • EN GROUPE 2 : 3,85 POINTS PAR mm, 3,85 LIGNES PAR mm. • EN GROUPE 3 : 7,7 POINTS PAR mm, 3,85 LIGNES PAR mm. 	<ul style="list-style-type: none"> • 2 MINUTES EN GROUPE 3 ET LIAISON A 2 400 BAUDS. • 3 MINUTES EN GROUPE 2. 	<ul style="list-style-type: none"> • APPAREIL DE BUREAU. • ACCUSÉ DE RÉCEPTION. • SÉLECTION AUTOMATIQUE DE LA VITESSE DE TRANSMISSION.
	9165	GROUPE 2 ET GROUPE 3	<ul style="list-style-type: none"> • EN GROUPE 3 : 7,7 POINTS PAR mm, 3,85 LIGNES PAR mm. • POSITION FINE : 7,7 POINTS PAR mm, 7,7 LIGNES PAR mm. • HAUTE RÉOLUTION : 7,7 POINTS PAR mm, 15,4 LIGNES PAR mm. 	<ul style="list-style-type: none"> • 30 SECONDES EN GROUPE 3 ET LIAISON A 9 600 BAUDS. • 2 MINUTES EN GROUPE 2. 	<ul style="list-style-type: none"> • APPAREIL DE BUREAU HAUT DE GAMME. • GROUPE DATE-HEURE AVEC ACCUSÉ DE RÉCEPTION. • RÉDUCTION DU FORMAT. • RÉGLAGE DU CONTRASTE. • IDENTIFICATION DE L'UTILISATEUR. • BATTERIES DE SECOURS. • COPIE LOCALE. • CHARGEUR AUTOMATIQUE, CAPACITÉ 50 PAGES.
CANON	FAX 31	GROUPE 2	<ul style="list-style-type: none"> • 5 POINTS PAR mm, 3,85 LIGNES PAR mm. 	<ul style="list-style-type: none"> • 3 MINUTES. 	<ul style="list-style-type: none"> • APPAREIL DE BUREAU, MODÈLE ÉCONOMIQUE. • CHARGEUR CAPACITÉ 10 DOCUMENTS. • RÉCEPTION AUTOMATIQUE D'APPELS. • RÉGLAGE DU CONTRASTE. • FONCTION PHOTOCOPIE.
	FAX 510	GROUPE 2 ET GROUPE 3	<ul style="list-style-type: none"> • EN GROUPE 3 : 8 POINTS PAR mm, 7,7 LIGNES PAR mm. 	<ul style="list-style-type: none"> • 15 SECONDES EN MODE CBT NON STANDARD. • 30 SECONDES EN GROUPE 3 ET LIAISON A 9 600 BAUDS. • 3 MINUTES EN GROUPE 2. 	<ul style="list-style-type: none"> • APPAREIL DE BUREAU HAUT DE GAMME. • COUPE-PAPIER AUTOMATIQUE. • CHARGEUR AUTOMATIQUE DE DOCUMENTS. • RÉDUCTION DU FORMAT. • RÉCEPTION AUTOMATIQUE D'APPELS. • APPEL SÉLECTIF.
RANK XEROX	295	GROUPE 2 ET GROUPE 3	<ul style="list-style-type: none"> • EN GROUPE 3 : 8 POINTS PAR mm, 3,85 LIGNES PAR mm. • HAUTE RÉOLUTION : 8 POINTS PAR mm, 7,7 LIGNES PAR mm. • EN VITESSE RAPIDE : 8 POINTS PAR mm, 2,89 LIGNES PAR mm. 	<ul style="list-style-type: none"> • 30 SECONDES EN GROUPE 3 ET LIAISON A 9 600 BAUDS. 	<ul style="list-style-type: none"> • APPAREIL DE BUREAU HAUT DE GAMME. • CHANGEMENT DE VITESSE DE TRANSMISSION AUTOMATIQUE EN FONCTION DE LA QUALITÉ DE LA LIGNE TÉLÉPHONIQUE. • CHARGEUR DE DOCUMENTS, CAPACITÉ 30 PAGES. • COUPE-PAPIER AUTOMATIQUE. • GROUPE DATE-HEURE AVEC ACCUSÉ DE RÉCEPTION.

aux appareils dits du "groupe 2" (matériels simples, peu coûteux), l'autre à ceux du "groupe 3" (matériels haut de gamme). Pour le groupe 2 la

transmission est analogique. Tous les télécopieurs actuels acceptent ces signaux. Le temps de transmission d'une page est d'environ 3 minutes.

En groupe 3, la transmission est numérique. Elle s'effectue comme sur un modem (modulateur-démodulateur informatique), à 2 400 bauds (bits par seconde). Le temps de transmission est alors de une ou de deux minutes suivant le type d'appareil. Notons que certaines machines, telles que le Thomfax 3200, peuvent transmettre à une vitesse de 9 600 bauds, le temps de transmission tombe alors à 30 secondes. C'est le système le plus moderne qui soit homologué et le parc d'appareils capables de l'utiliser s'accroît sans cesse.

Un dernier procédé est en cours de mise au point ; il sera utilisé pour les machines du "groupe 4". Cette norme concernera essentiellement des télécopieurs utilisant des réseaux spécialisés numériques à très grande vitesse.

Le décodage. Le télécopieur récepteur capte le signal transmis. Son codage consiste simplement à effectuer les opérations inverses et à reconstituer le signal électrique capable de piloter l'unité d'impression.

L'impression. Dans la quasi-totalité des cas, elle se fait grâce à une tête thermique comparable à celle utilisée sur les machines à écrire électroniques portatives. L'emploi de papier thermo-sensible reste donc indispensable. Les déplacements de la tête d'impression sont synchronisés avec ceux de la matrice d'analyse du télécopieur d'émission grâce à des signaux de synchronisation transmis par la ligne téléphonique.

Si, lors de la réception, une erreur de transmission (le plus souvent due à la ligne téléphonique) est détectée, un message d'erreur est émis et une nouvelle transmission est demandée.

Outre ces caractéristiques, les télécopieurs ont des possibilités annexes telles que réémission automatique en cas d'occupation ou d'erreur de transmission, envoi différé (durant la nuit, par exemple), envoi automatique vers plusieurs correspondants, etc. ▲

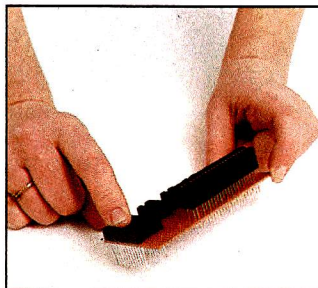
LE "HARD" N'EST PAS SI DUR QU'IL EN A L'AIR

Dans cette nouvelle rubrique nous tenterons de vous initier, tout en vous proposant des réalisations simples, à une technique chargée de faire le lien entre informatique et électronique ; nous nous attacherons dans ces lignes à faire "converser" un micro-ordinateur familial avec le monde extérieur ; pour cela nous réaliserons ce que les spécialistes nomment des "interfaces".

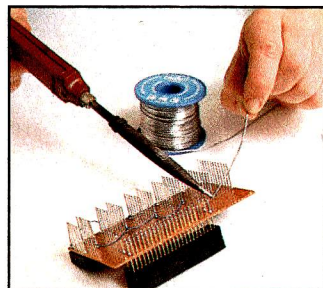
En effet, la plupart des micro-ordinateurs font fortement penser à ces vieux sages capables d'analyser

de faire mieux avec leur appareil. Sa mise en œuvre est pourtant simple et ne requiert pas plus de connaissances — même plutôt moins —, que celles indispensables à la réalisation d'un montage à transistors.

Comme nous l'avons dit, hormis son écran et son clavier, un "micro" n'a aucun moyen de communiquer avec son environnement. Cependant, pour peu qu'on lui indique l'évolution de la température, il pourra parfaitement déterminer l'heure optimale de mise en route du chauffage. Si, sur un circuit ferroviaire miniature l'ordina-



Mettre d'abord en place les supports sur la plaque...



... effectuer les soudures de fixation...

dans ses moindres détails un problème complexe, mais totalement dépourvus de moyens d'action sur le monde où ils vivent. Nous tenterons de donner des "jambes" à cette grosse "tête" qu'est votre ordinateur et d'en faire autre chose qu'un "machin" tout juste bon à afficher des résultats.

Cette technique, le plus souvent qualifiée de "hard", manque souvent aux informaticiens en herbe désireux

teur connaît en permanence la position de chaque train il pourra décider de la position à adopter pour les aiguillages ainsi que de la vitesse de chaque convoi afin d'éviter un accident. Les possibilités d'applications informatiques sont ainsi multipliables à l'infini. Seulement voilà rien n'indique à la machine ce qui se passe autour d'elle, sinon vous-même par l'intermédiaire du clavier. C'est donc cette lacune que nous avons choisi

APPRENEZ À DOMESTIQUER VOTRE ORDINATEUR FAMILIAL

Si les travaux de calcul occupent la majeure partie du temps de fonctionnement d'un ordinateur, il est une autre partie, totalement négligée sur les appareils familiaux, qui permet de les faire communiquer avec le monde extérieur. Dans de très nombreuses applications (robotique, contrôle de trafic, gestion de centrale de chauffage, télécommande, traitement d'images...) l'ordinateur travaille sur des données provenant de capteurs et peut, après calcul ou décision, envoyer directement ses ordres.

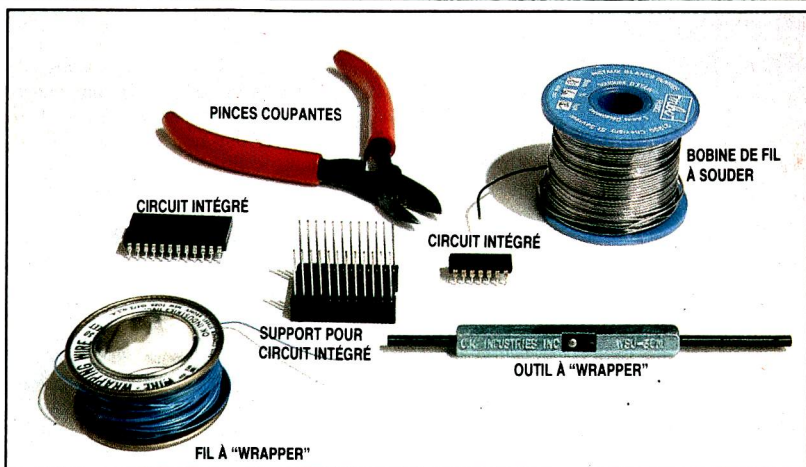
Les micro-ordinateurs familiaux

"vivent" dans une "bulle", limitée au clavier et à l'écran. Ils sont donc coupés de leur environnement.

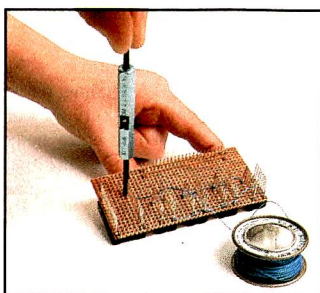
Science & Vie tentera de leur redonner "vie" en proposant chaque mois cette rubrique, "informatique pratique", permettant la réalisation d'interfaces. Dès lors, bien d'autres applications que le classique jeu d'arcade ou la gestion du budget pourront être envisagées. Une technologie que bien des informaticiens en herbe souhaitaient voir aborder et que, jusqu'à présent, ils considéraient souvent, à tort, comme complexe.

de combler.

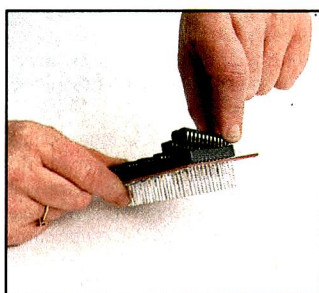
Contrairement à notre rubrique "Informatique amusante", les montages que nous vous proposons ici ne seront pas liés à un appareil précis mais à toutes les machines comportant la même unité centrale. Afin d'être aussi polyvalentes que possibles nos interfaces pourront être adaptées à tout micro-ordinateur fonctionnant autour d'un micro-processeur Z-80. Ce circuit intégré est très largement utilisé dans les machines à usage domestique et équipe notamment tous les appareils MSX, la gamme Amstrad, la gamme Laser, le ZX 81, le ZX Spectrum, le Commodore 128, etc.



...puis adapter le fil sur "l'outil à wrapper".



Fixer ensuite le fil sur la broche du support...



... et enficher les circuits intégrés.

Ci-dessus, le détail du matériel de base, indispensable à la confection des interfaces que nous vous proposerons chaque mois dans cette nouvelle rubrique. Ci-contre, les étapes préliminaires à la réalisation de tout interface.

Comme, pour ces réalisations, la quasi-totalité des composants employés sera des circuits intégrés, nous n'utiliserons pas de plaquette de câblage classique, car le nombre de connexions conduirait vite à un inextricable enchevêtrement de fils.

Nous emploierons donc le "wrapping", procédé qui a deux avantages.

En premier lieu les circuits intégrés seront montés sur un support enfichable; il sera donc éventuellement possible de les réutiliser pour une autre application sans devoir les désolder. D'autre part, comme nous le verrons plus loin, de petits fils isolés seront utilisés pour réaliser les connexions et n'auront pas besoin d'être soudés pour un parfait contact électrique.

Pour établir une liaison il suffira donc de repérer point de départ et point d'arrivée sans avoir à se soucier du trajet suivi par le fil; d'où une grande simplification du câblage. Dès lors, pour pouvoir mener à bien ce dernier, il faudra simplement disposer d'un schéma où l'ensemble des contacts sera numéroté. Cette solution permettra donc de présenter des

schémas clairs et précis. Ensuite, libre à vous de disposer sur la plaque les circuits, dans l'ordre qui vous conviendra. Mais voyons à présent comment réaliser un câblage en wrapping.

Il faudra, en premier lieu, se procurer une plaquette spéciale pour wrapping. Celle-ci est, comme les plaques classiques, percée de trous; mais ces derniers ne sont pas reliés entre eux par des bandes cuivrées. Seule une petite pastille, ou courte bande, entoure chaque trou de manière à pouvoir souder le support pour circuit intégré en lui assurant une bonne fixation mécanique.

L'ensemble des supports sera donc mis en place. Notons qu'il sera inutile de souder chacune de leurs broches. Quatre points de soudures, placés à chaque coin, suffiront largement à assurer une bonne fixation. Il en sera de même pour la fixation du connecteur venant s'enficher sur la sortie de "bus" du micro-ordinateur si la réalisation en nécessite un. Ces divers éléments mis en place, le câblage pourra commencer. Pour cela il faudra repérer avec soin deux points à relier. Un morceau de fil d'une

longueur de quatre centimètres, supérieure à celle nécessaire pour établir la liaison sera coupé puis dénudé sur deux centimètres à chacune de ses extrémités. La première extrémité sera enfilée dans "l'outil à wrapper" puis enroulée autour de la broche désirée. La même opération sera effectuée sur l'autre extrémité du fil au second point de contact; la liaison électrique sera ainsi établie.

Attention! Lors du câblage, la plaque est retournée, il faudra donc en tenir compte pour bien respecter la numérotation des broches de chaque circuit intégré. Une fois ce câblage terminé, les divers composants seront enfichés dans les supports et le montage sera prêt à fonctionner. Il sera inutile de tenter de parfaire les contacts en soudant les fils.

Comme nous le voyons, cette technique de câblage est particulièrement simple à mettre en œuvre et ne demande qu'un peu de soin. Une fois le montage terminé il sera possible de l'habiller d'un boîtier de dimensions adéquates. Le mois prochain nous vous proposerons donc notre première réalisation.

Henri-Pierre PENEL Δ

UN PENDULE SOLAIRE

Il y a maintenant 400 ans, Galilée leva les yeux aux ciel dans la cathédrale de Pise et le lustre qui se balançait doucement à la clé de voûte attira si brusquement son attention qu'il en oublia ses dévotions : il venait de découvrir ce qu'on appelle en physique l'isochronisme des petites oscillations ; c'était en 1583 et il n'avait que 19 ans. Il est donc le premier à avoir remarqué que le pendule est un régulateur du temps. Nul doute que des millions de gens aient constaté avant lui que n'importe quelle masse pendue au bout d'un fil se balance d'avant en arrière si on la lance un peu, mais le trait de génie c'est justement d'avoir remarqué que ces aller-retour se faisaient dans des temps égaux.

Il faut ajouter aussi que Galilée était par ailleurs occupé par l'astronomie et l'invention de la lunette, et il ne publiera ses découvertes relatives au pendule qu'en 1638. C'est un autre astronome, mais hollandais cette fois, Huyghens, qui eut l'idée d'appliquer le pendule aux horloges, ou plus exactement d'en faire l'organe régulateur en 1657. De ce jour date l'usage de considérer comme une pendule une horloge réglée par un pendule — mais il est incorrect de parler d'une pendule à quartz.

Aujourd'hui, les horloges à balancier sont devenues vraiment peu courantes, sauf chez les antiquaires et quand on parle de pendule on pense facilement radiesthésie, usage auquel Galilée n'avait sans doute pas pensé. Mais, outre le fait qu'il a été le régulateur de temps le plus utilisé, le pendule est aussi à la base de l'étude des mouvements oscillants, de la mesure de la pesanteur terrestre et d'une grande série d'études expérimentales en physique. Dans sa version la plus simple, le pendule est une petite boule de métal dense suspendue au bout d'un fil fin et long. Mais ce peut être aussi le balancement d'une chaîne au bout d'une grue, d'une cloche dans une église, d'une bille oscillant d'un bord à l'autre au fond d'un bol, ou d'un contrepoids se balançant autour d'un axe.

D'une manière encore plus générale, une boule au bout d'un long ressort, une masse perchée en haut

d'une mince tige souple, ou un balancier avec un ressort en spirale comme on en trouve dans les montres ou les réveils sont encore des pendules. Pour notre part, nous en resterons au pendule le plus classique, celui constitué d'une masse pendant au bout d'une tige. Pour tout dire, ce modèle élémentaire pose déjà nombre de problèmes théoriques et pratiques. Sa propriété la plus intéressante, celle qu'avait découverte Galilée et qui est utilisée dans les horloges, c'est l'isochronisme des petites oscillations. Cette dénomination un peu ésotérique recouvre simplement le fait que le pendule repasse périodiquement par la verticale dans des intervalles de temps égaux, à condition que l'amplitude du mouvement soit faible, ou constante.

On découvrit assez vite en effet que si on écarte le pendule de la verticale d'un angle important, par exemple 45°, l'intervalle entre deux passages à la verticale est plus long que si l'écart avait été de quelques degrés. De toute manière, et comme tout le monde a pu le constater, un pendule mis en mouvement finit toujours par s'arrêter tout seul au bout d'un temps plus ou moins long : on dit que les oscillations sont amorties dans le temps ; à chaque passage il remonte un peu moins haut jusqu'au moment où il finit par s'immobiliser à la verticale.

Une mesure précise des temps de balancement montre que la période (intervalle de temps entre deux passages à la verticale effectués dans le même sens) diminue peu à peu à mesure que l'amplitude décroît et finit par se stabiliser quand celle-ci n'est plus que de quelques degrés. La formulation mathématique de cette propriété mène à bien des difficultés car, si les lois de la mécanique permettent bien d'établir l'équation du mouvement ($g \sin x = -l \, d^2x/dt^2$) celle-ci est une équation différentielle du second ordre n'ayant pas de solution algébrique simple. Il faut recourir aux intégrales elliptiques et aux fonctions de Legendre, qui ne seront découvertes qu'en 1780, pour avoir la solution sous forme d'une série convergente.

Pour les petits angles, on confond le sinus avec l'arc et on obtient sans peine la formule que connaît tout bachelier $T = 2\pi \sqrt{l/g}$. Pour réaliser un pendule dont la période ne dépende pas de l'amplitude du balan-

cement, il faut faire rouler une bille dans une cuvette taillée en cycloïde, ce qui n'est vraiment pas très commode à réaliser — mais les fraiseuses commandées par calculatrices y parviennent mieux aujourd'hui. Et si on veut à tout prix garder une bille au bout d'un fil, il faut que le point d'attache ait un peu la forme d'un V inversé, les jambages du V étant courbés en développée de cycloïde : c'est le pendule de Huyghens.

La plus célèbre expérience menée avec un pendule simple est celle de Foucault en 1851 au Panthéon ; les lois de la mécanique montrent que le plan d'oscillation d'un pendule reste fixe par rapport aux étoiles. Comme la Terre tourne par rapport à la voûte céleste, on doit donc voir la pièce où a été installé le pendule tourner par rapport à celui-ci ; c'est bien ce que montra le physicien Foucault, apportant ainsi une preuve directe de la rotation de la Terre sur elle-même.

Citons encore le pendule gyroscopique, le pendule réversible et le pendule conique qui n'est autre qu'un pendule simple lancé obliquement par rapport à la verticale ; la bille pendue au bout du fil décrit alors une ellipse, ou même un cercle si certaines conditions initiales ont été respectées. Ce type de pendule était utilisé comme régulateur dans les horloges de précision, comme on peut en voir au musée des Arts et Métiers à Paris. Le régulateur se balançant en rond par rapport au plan horizontal a l'avantage d'entraîner les rouages de l'horloge selon un mouvement continu comme l'écoulement du temps, au lieu du sautiller habituel.

L'importance théorique du pendule vient de ce que son mouvement périodique — et sinusoïdal pour les très petites amplitudes — est de même nature que celui des vibrations mécaniques, des champs oscillants ou des courants alternatifs. Toute force s'exerçant comme celle de la pesanteur selon une loi de la forme $m \cdot m'/d^2$, donc celles des champs magnétiques et électriques, mène à des mouvements pendulaires. C'est ainsi qu'on peut faire un balancier oscillant horizontal (donc soustrait à l'action de la pesanteur) dont la force de rappel n'est plus fournie par un ressort en spirale, mais par un aimant.

Du point de vue pratique, nous l'avons dit, le pendule était l'organe vital de toutes les horloges. Il a pourtant un inconvénient majeur : sa lon-

gueur augmente avec la température; or sa période dépend de sa longueur. Il fallut donc trouver le moyen de pallier ce défaut en utilisant plusieurs tiges faites de métaux différents pour assurer la suspension de la lentille massive constituant la boule du balancier. C'est ainsi qu'on rencontre souvent un ensemble de tiges en acier et en laiton disposées de telle façon que leurs dilatations respectives se compensent. On utilise aussi un cylindre en laiton pendu au bout d'une tige en alliage invar (acier à 36 % de nickel) ou un

bution de cette énergie, elle était assurée par un système d'échappement avec une roue à rochet qui faisait tic-tac.

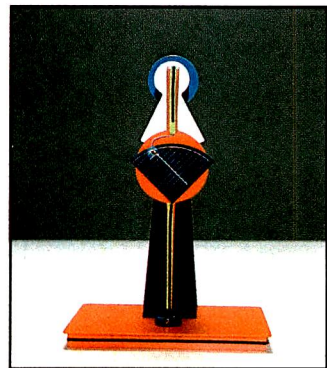
Plus tard, on remplaça l'énergie des poids ou des ressorts par l'énergie électrique, mais en modifiant complètement le système: la petite impulsion qui relance le balancier à chaque oscillation ne vient plus de la roue à rochet, mais directement d'un électro-aimant. Il faut pour cela un contact mobile, faute de quoi le balancier resterait collé contre l'aimant; ce contact va amener le courant aux bobinages juste le temps nécessaire, puis se trouvera coupé par le mouvement du pendule. Le seul point faible des pendules électriques venait de cet interrupteur qui finit par s'oxyder à la longue sous l'action conjuguée de l'air ambiant et de la chaleur dégagée par les étincelles.

Grâce aux progrès de la technique, le pendule qu'a dessiné M. Courbier et que nous proposons aujourd'hui s'est débarrassé de cet inconvénient. De plus, la source d'énergie n'est autre que la lumière solaire qu'une

cellule transforme en courant électrique. Notre instrument est donc totalement autonome le jour à condition qu'il n'y ait pas trop de nuages.

Donc, au lieu d'alimenter l'électro-aimant avec une batterie extérieure, nous avons choisi d'embarquer à la fois la source d'énergie et le moteur. L'innovation a même été poussée plus loin en équipant le balancier de son propre contact mobile, sous la forme d'un interrupteur — ou relais — ILS (interrupteur à lame souple) commandé par des aimants fixes. Ce genre de relais se présente sous la forme d'un petit cylindre de verre contenant deux lames en acier. Sous l'influence d'un champ magnétique, les deux lames se courbent et viennent au contact l'une de l'autre.

L'avantage principal consiste à éviter l'oxydation des points de contact, puisque le tube est sous vide, et à limiter le freinage que ne manque pas de provoquer tout interrupteur mécanique. Le principe mis en œuvre est tout simplement l'action d'un champ magnétique à distance; on sait qu'un aimant attire et amène à lui tout élément en fer,



vase rempli de mercure au bout d'une tige en fer.

Bien entendu, quand on cherchait la plus haute précision possible, comme dans les observatoires, on installait les horloges dans des caves maintenues à température constante — et aussi à pression constante pour que la résistance de l'air dans le mouvement du balancier reste la même. En poussant très loin toutes les précautions de ce genre, on était arrivé à réduire à quelques centièmes de seconde par jour les variations des meilleures horloges. Aujourd'hui, bien sûr, les horloges atomiques ont complètement supplanté les systèmes à balancier.

Le second problème qui se posait avec ceux-ci, c'était l'entretien des oscillations. Tout mobile qu'on met en balancement finit par s'arrêter par suite des frottements au point d'attache et surtout de la résistance de l'air. Il faut donc redonner une petite impulsion à chaque oscillation, donc apporter à chaque fois un peu d'énergie pour compenser celle qui est perdue dans les frottements. La source d'énergie était fournie, soit par un poids qu'il fallait remonter à la fin de la journée (ou de la semaine) soit par un ressort. Quant à la distri-



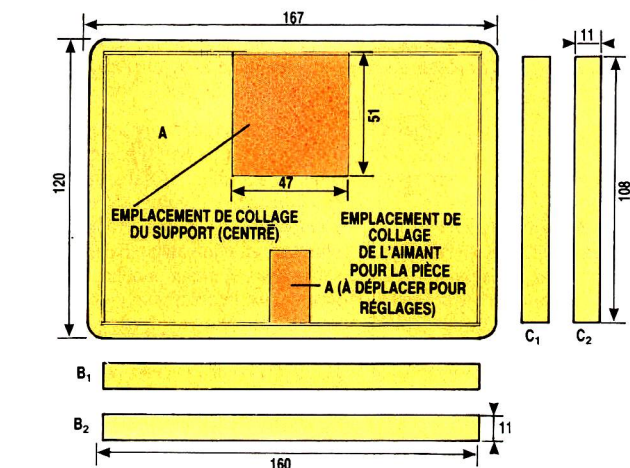


FIGURE 1

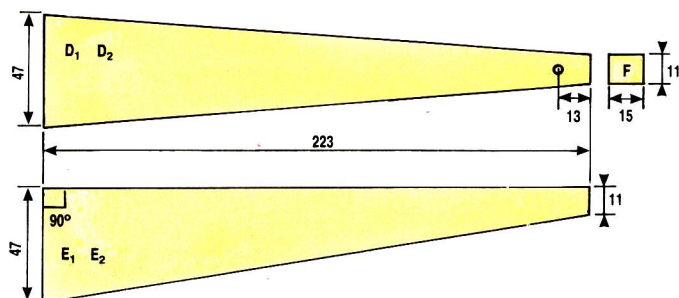


FIGURE 2

nickel ou cobalt un peu léger, mais il faut ajouter que cette action s'exerce non seulement dans l'air et dans le vide, mais aussi dans la plupart des liquides et à travers les solides para-diamagnétiques comme le cuivre, l'aluminium, le verre ou le bois.

L'attraction magnétique joue donc à travers le verre (mais pas à travers une enceinte en fer ou en nickel) et c'est ce qui permet de faire des ILS qui sont très couramment utilisés dans les systèmes de sécurité équipant les portes et fenêtres des locaux d'habitation, et aussi en modélisme. Dans notre pendule, pour que l'entretien des oscillations soit assuré, il faut que le contact se fasse au bon moment, ce qui demande un réglage des divers composants. Trois aimants sont utilisés dans ce montage : deux, logés à la partie supérieure, sont destinés à ouvrir ou fermer l'ILS.

Bien que le contact ne soit mis qu'au moment où le pendule se trouve sur la gauche, il s'est avéré nécessaire d'ajouter un aimant compensateur afin d'assurer la fermeture

de l'ILS. Le troisième aimant, composé en réalité de deux aimants associés, est disposé sous le socle ; son emplacement précis est à déterminer par tâtonnements. C'est lui qui crée le champ magnétique dans lequel se déplace la bobine située dans la partie inférieure du pendule. Il agit par répulsion lorsque cette bobine, parcourue par un courant en provenance de la photocellule, est mise sous tension par la fermeture du relais ILS.

La construction de cet ensemble intégré réclame, outre le polystyrène propre à cette rubrique et les outils pour le découper, des éléments comme les cellules ou les aimants qu'il est peu commode de réunir séparément. Aussi peut-on se procurer tous les composants nécessaires à ce montage en écrivant à : Pierron Entreprise, BP 609, 57206 Sarreguemines cedex, et en joignant un chèque de 159 F.

Le matériel suivant sera envoyé pour cette somme, franco de port et d'emballage :

- 3 feuilles de polystyrène de 2 mm d'épaisseur ;

- 1 feuille de polystyrène de 1,5 mm d'épaisseur ;
- 1 feuille de polystyrène de 1 mm d'épaisseur ;
- 4 cellules solaires 80 mA ;
- 1 tige métallique \varnothing 2 mm ;
- 1 tube métallique de diamètre intérieur 2 mm ;
- 2 aimants ferrite 13 \times 12 \times 9 mm ;
- 2 aimants ferrite 42 \times 12 \times 9 mm ;
- 1 mètre de fil de cuivre 0,2 mm ;
- 1 ILS, interrupteur à lame souple ;
- 1 rondelle de 2 mm.

La construction commence par le socle, **figure 1** qui est fait en polystyrène de 2 mm. Il suffit de tracer, marquer et découper les 5 pièces A,

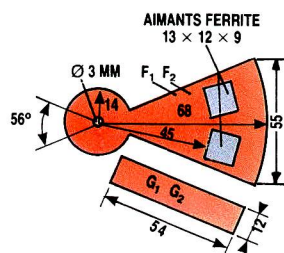


FIGURE 3

LA PIÈCE F, SERA DÉCOUPÉE DANS DU POLYSTYRÈNE DE 2 MM D'ÉPAISSEUR. F2 DANS DU POLYSTYRÈNE DE 1 OU 0,5 MM D'ÉPAISSEUR.

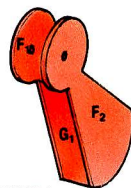


FIGURE 4

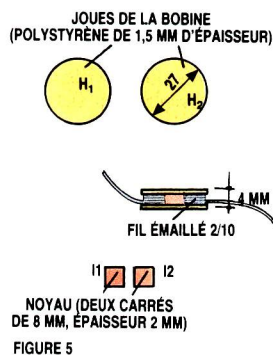
B1, B2, C1 et C2 selon le plan indiqué. On ne collera pas tout de suite l'élément inducteur, constitué des deux aimants de 42 \times 12 \times 9 mm destinés à être collés sous la pièce A.

La colonne, **figure 2** est faite des pièces D1, D2, E1, E2 et F. Les éléments E1 et E2 sont des trapèzes rectangles et on veillera à la qualité de leurs angles droits. Après avoir percé deux trous à la partie supérieure de D1 et D2 (en s'assurant de leur alignement) on assemblera le tronc de pyramide et on le collera sur A.

La chappe, **figure 3 et 4**, est faite des quatre parties F1, F2, G1, G2 ; elle est destinée à contenir les deux ai-

mants de $13 \times 12 \times 9$ mm collés sur leur plus petit côté. En réalité, comme les aimants ne comportent pas de repérage visible de leur polarité, il faudra procéder par essais, jusqu'à obtenir un franc déclenchement de l'ILS, ce qui ne pourra se faire qu'après avoir construit le balancier. Pour l'instant il ne faut donc ni fermer la chappe, ni coller les aimants.

Remarquons également que les pièces F_1 et F_2 ont la même forme, mais l'une (F_1) est en polystyrène de 1,5 ou 2 mm d'épaisseur, tandis que l'autre est plus mince (1, ou mieux 0,5 mm). Si l'on ne dispose pas de ces épaisseurs, on pourra tout simplement découper F_2 dans du bristol. Cette réduction de l'épaisseur est



rendue nécessaire par la loi qui régit l'intensité d'un champ magnétique : cette intensité diminue avec le carré de la distance, donc très vite. Or, ici, la distance à considérer est celle qui sépare les aimants et l'interrupteur à lames souples.

Il reste maintenant à construire le balancier, qui est la partie la plus importante de notre montage. La partie active du système est une bobine dont la **figure 5** montre la fabrication. Après avoir rassemblé les deux joues en polystyrène de 1,5 mm d'épaisseur sur le noyau constitué par deux carrés de 8 mm de côté en polystyrène de 2 mm, on percera les deux disques avec une aiguille chauffée afin d'y introduire et d'en faire sortir les deux extrémités du fil émaillé qui constitue le bobinage — fil en cuivre de 0,2 mm de diamètre. On l'enroulera soigneusement jusqu'à ce qu'il remplisse la bobine ; les fils sortant auront environ 10 cm de long.

La tige du balancier sera construite en polystyrène de 1,5 mm d'épaisseur en se reportant au plan

donné **figure 6**. Bien entendu, avant de le terminer, on installera l'ILS et on fera le câblage selon les indications de la **figure 7** (hormis la cellule photo-électrique) ; les liaisons se feront par soudure. Pour que le pendule terminé ait un aspect soigné, il est souhaitable de percer des trous avec une aiguille chauffée afin de dissimuler les fils de liaison à l'intérieur de la tige du balancier.

L'interrupteur à lame souple, dont le détail est donné **figure 8**, sera fixé, soit avec de la colle cyano-crylate, soit tout simplement avec un morceau de ruban adhésif. Ce faisant, on veillera à disposer les lames, de telle façon que leur largeur soit dans le plan d'oscillation et qu'elles se présentent donc face aux aimants

fixes, et non par leurs tranches. Les photocellules doivent délivrer au moins, sous un éclairage normal (lumière du Soleil ou lampe de 100 W à 10 cm) un courant de 250 mA sous 0,45 V. Peu importe la forme, seule compte la surface. Pour le prototype illustré ici, nous avons utilisé un quart d'une cellule de 10 cm qui convient parfaitement, tout comme les 4 cellules plus petites qui sont proposées dans la liste du matériel.

Selon le type de cellule — ou de cellules car il est possible de monter en parallèle des éléments plus petits — on découpera un support comme indiqué **figure 9** sur lequel on la (ou les) fixera. La meilleure solution consiste à les immobiliser après soudure avec deux ou trois morceaux

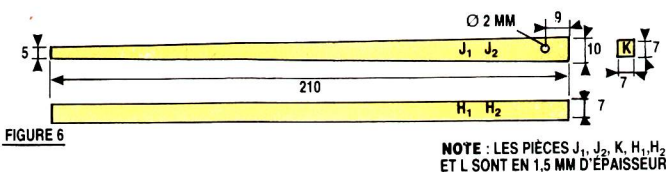


FIGURE 6

NOTE : LES PIÈCES J_1 , J_2 , K, H_1 , H_2 ET L SONT EN 1,5 MM D'ÉPAISSEUR

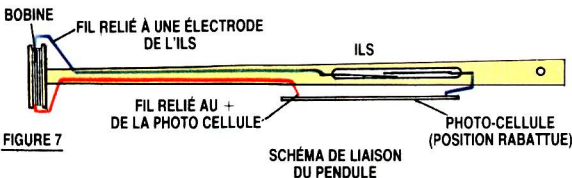


FIGURE 7

SCHEMA DE LIAISON DU PENDULE

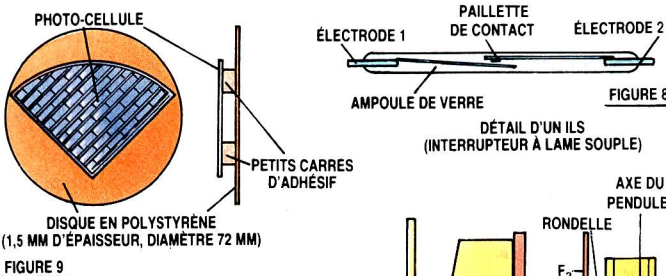


FIGURE 9

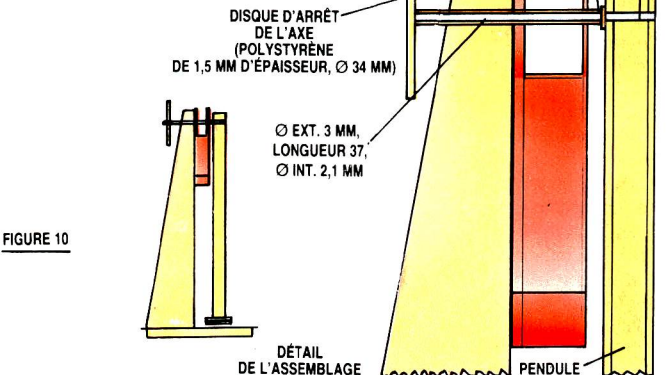


FIGURE 10

DÉTAIL DE L'ASSEMBLAGE

d'adhésif épais double face. Notons que les photocellules sont chères et aussi fragiles que du verre ayant même épaisseur. En conséquence on veillera, en les soudant, à ne pas appuyer sur leur surface lorsqu'elle est en porte-à-faux. Avant de passer à l'assemblage et au réglage, il restera à découper un disque de 44 mm de diamètre et 2 mm d'épaisseur destiné à servir d'arrêt d'axe.

On introduira ensuite, dans les trous percés sur la colonne, un tube en laiton de 37 mm de long avec un diamètre extérieur de 3 mm, et intérieur de 2 mm. On ne le collera pas pour l'instant. On fixera provisoirement les deux aimants dans la chappe (avec du ruban adhésif), et on fera la même opération pour la pièce F_2 avec deux ou trois points de colle en se reportant à la **figure 4**. Une tige de 2 mm de diamètre sera ensuite introduite dans le passage prévu au sommet du balancier.

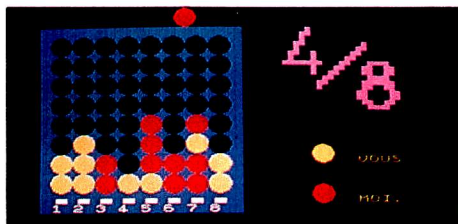
On assemblera les pièces comme indiqué **figure 10**, en n'oubliant pas la rondelle; il faut donc coller la colonne sur son emplacement (pièce A) en veillant à la libre oscillation du balancier (prévoir des cales). A la moindre sollicitation, le balancier doit osciller et l'on doit entendre deux déclics au passage de l'ILS devant les aimants. Si ce n'est pas le cas, on déplacera ou on inversera les deux aimants situés dans la chappe jusqu'à entendre franchement ce double déclic. Ces réglages terminés, on immobilisera le tube dans la colonne, l'axe dans le balancier et les deux aimants de la chappe en instillant un peu de colle cyanocrylate; on collera la pièce F_2 et on glissera à force le disque d'arrêt d'axe (**figure 10**) en laissant un très léger jeu latéral.

Il restera maintenant à placer le socle sur une surface plane, sur laquelle on aura posé les deux aimants inducteurs, et à disposer en face de la cellule une lampe de 10 W, si l'on ne peut disposer du plein Soleil. On lancera le pendule et, si tout va bien, son oscillation sera entretenue indéfiniment par la lumière. Sinon on déplacera le socle, ou on inversera les aimants. Ceux-ci seront collés en place dès que tout sera parfait, et on disposera alors d'un pendule intégrant à la fois sa source d'énergie et son répartiteur, formule tout de même plus scientifique qu'une boule au bout d'un fil.

Renaud de La TAILLE Δ

JOUONS AU 4 SUR 8

Le jeu de 4 sur 8 est une adaptation, au Spectrum, du "Force 4". Il s'agit d'un jeu de stratégie dont les règles, rappelons-les, sont les suivantes. Sur une grille verticale, chaque joueur viendra déposer à son



Le premier joueur alignant quatre pions horizontalement, verticalement ou en diagonale a gagné.

tour un pion de couleur. Chaque pion tombera donc au fond de la grille, dans la colonne choisie, à moins qu'un pion déjà présent ne vienne l'arrêter dans sa chute.

Le but est simple. La grille comporte huit cases horizontales et huit verticales. Le premier des deux joueurs qui aura aligné quatre pions, soit horizontalement, soit verticalement, soit en diagonale sera déclaré vainqueur.

Dans notre cas le Spectrum sera l'adversaire et jouera avec les pions rouges. Vous disposerez des pions jaunes pour le battre. Le nombre de pions et la durée de la partie sont illimités; notons par ailleurs que, dans bien des cas, l'ordinateur demandera un délai de réflexion relativement long avant de jouer son pion. Ce règlement établi, passons à l'écriture du programme.

La ligne 1 permettra un départ automatique du jeu après son chargement depuis la cassette. Nous mémoriserons ensuite les données nécessaires à la redéfinition des caractères graphiques dans quatre chaînes DATA (lignes 20 à 50). Leur implantation en mémoire sera assurée par les lignes 60 à 90. Notons que le symbole représenté à la ligne 80 correspond à la touche A en mode graphique. Il est conseillé de taper le programme jusqu'à la ligne 90 incluse, puis de demander RUN de manière à ce que, par la suite, les caractères frappés au clavier soient conformes à ceux présentés par le listing.

Vient ensuite la page de présentation. Le sigle 4/8 sera réalisé en utilisant les jetons graphiques stan-

dard du spectrum (touches 1 à 7 en mode graphique). Puis un pion jaune et un rouge seront affichés pour vous rappeler votre couleur (lignes 210 à 230). La présentation du jeu pourra alors commencer sur la grille préalablement tracée par la sous-routine des lignes 1000 à 1060. Nous initialiserons donc l'ensemble des variables nécessaires tant à la présentation que, par la suite, au déroulement du jeu.

Dans cette phase d'initialisation nous commencerons par mémoriser l'état d'occupation de l'ensemble des cases de la grille, en créant un tableau par l'instruction DIM de la ligne 300).

C sera employée pour faire jouer chaque participant alternativement, "Page" permettra de savoir si le jeu a débuté ou non, "D" sera utilisée pour déterminer la colonne où sera lâché le pion et "CP" en mémorisera la couleur. Notons que la dernière rangée du tableau créé par DIM sera remplie de "1" (boucle des lignes 320 à 330). Ceci indiquera à l'ordinateur le moment où un pion à atteint le fond de la grille.

Enfin, dès qu'une touche du clavier sera enfoncée, le programme sortira de la page de présentation grâce à la présence des lignes 500 et 580. Dès lors la grille sera vidée de son contenu, de nouveau par utilisation de la sous-routine 1000, ainsi que le tableau (ligne 605), et de nouvelles variables seront initialisées. "CT" permettra à la machine de savoir combien de pions d'une même couleur sont alignés; "G" prendra la valeur 1 dès que 4 pions seront alignés et déterminera donc le gagnant, "XP" prendra une valeur correspondant à l'état d'occupation de la case sur laquelle porte l'analyse, et "CG" indiquera à l'ordinateur qu'un pion placé sur cette case lui permettra de gagner la partie.

Trois autres variables seront utilisées pour accélérer l'étude d'emplacement optimal à laquelle se livre la machine après chaque coup.

"Deb" indique le nombre de coups joués depuis le début de la partie; s'il est insuffisant pour permettre l'alignement de quatre pions il est évident que les sous-routines de contrôle pourront être abrégées. "ACC" est lié à Deb et confirme, pour les lignes horizontales du tableau, que tout contrôle est inutile. "EV" vérifie le nombre de pions empilés sur la plus haute des colonnes. En effet si celui-ci reste inférieur à

quatre, il est inutile de pratiquer un contrôle sur les diagonales; encore un cas de simplification.

Le jeu commence donc en ligne 705 ou l'ordinateur demande si vous voulez commencer. En fonction de la réponse, "C" prendra la valeur 0 ou 1, ce qui déterminera l'ordre de départ de la séquence alternée entre les joueurs. Si la réponse est oui, la colonne choisie devra être précisée

puis "CP" prendra la valeur correspondant aux pions jaunes et le programme se rendra à la sous-routine 1300 pour simuler le déplacement horizontal du pion, puis en 1100 pour simuler sa chute. Ensuite, après avoir indiqué "ATTENDEZ JE REFLECHIS", l'ordinateur exécutera la sous-routine 2000, chargée jusqu'à la ligne 2255 d'étudier toutes les combinaisons possibles pour gagner, pour

vérifier si vous avez gagné ou non et, auquel cas, déterminer quelle sera la colonne à jouer pour avoir un maximum de chances soit de vous bloquer, soit de gagner.

Pour le déroulement du jeu, "C" se chargera d'alterner les coups et les trois sous-routines (1300, 1100 et 2000) seront, comme précédemment, reprises les unes après les autres.

Si "G" prend la valeur 1, en fonc-

```

1 SAVE "4/8" LINE 10
10 BORDER 0: PAPER 0: INK 8: B
RIGHT 1: CLS
20 DATA 3,15,63,63,127,127,255
255
30 DATA 192,240,252,252,254,25
4,255,255
40 DATA 255,255,127,127,63,63,
15,3
50 DATA 255,255,254,254,252,25
2,240,192
60 RESTORE 20
70 FOR I=0 TO 31
80 READ X: POKE USR "4"+I,X
90 NEXT I
97 REM =====
=
88 REM Page de presentation
99 REM =====
=
100 GO SUB 1000
110 INK 3: PAPER 0
120 PRINT AT 3,21: "
130 PRINT AT 4,21: "
140 PRINT AT 5,21: "
150 PRINT AT 6,21: "
160 PRINT AT 7,21: "
170 PRINT AT 8,21: "
180 PRINT AT 9,21: "
190 PRINT AT 10,21: "
"
200 PRINT AT 11,21: "
=
210 INK 8: PRINT AT 15,24: "
AT 16,24: "
220 INK 2: PRINT AT 19,24: "
AT 20,24: "
230 INK 4: PRINT AT 16,28: "VOUS
"AT 20,28: "MOI,"
300 DIM P(9,8)
310 LET C=0
320 FOR I=1 TO 8
325 LET P(9,I)=1
330 NEXT I
335 LET PAGE=0
400 LET D=1+INT (RND*8)
410 LET C=(C+1)*(C<>1)
420 IF C=1 THEN GO TO 500
425 LET CP=6: GO SUB 1300
430 GO SUB 1100
500 IF INKEY$("<") THEN GO TO 60
505 IF C=0 THEN GO TO 585
510 LET CP=2: GO SUB 1300
570 GO SUB 1100
575 IF PAGE=1 THEN GO TO 100
580 IF INKEY$("<") THEN GO TO 60
585 GO TO 400
600 GO SUB 1000
605 DIM P(9,8)
610 FOR I=1 TO 8
615 LET P(9,I)=1
620 NEXT I

```



```

625 LET CT=0
630 LET G=0
635 LET CD=0
640 LET XP=0
645 LET CG=0
650 LET DES=0
655 LET POC=0
660 LET EU=0
700 IF INKEY$("<") THEN GO TO 70
0
705 INK 8: PRINT AT 0,0: "VOULEZ
-VOUS COMMENCER? (O-N)"
710 IF INKEY$="" THEN GO TO 710
715 LET C=(INKEY$="O")
730 LET C=(C+1)*(C<>1)
735 IF C=1 THEN GO TO 790
740 INK 4: PRINT AT 0,0: "VOTRE
COLONNE S,V,P,? (de 1 à 8)"
745 LET D=(CODE INKEY$)-48
750 IF D<1 OR D>8 THEN GO TO 74
5
755 PRINT AT 0,0: "
"
760 LET CP=6: LET EU=EU+(EU<7)
765 GO SUB 1300
770 GO SUB 1100: LET D=0
775 INK 8: PRINT AT 0,0: "
ATTENDEZ JE REFLECHIS.
780 GO SUB 2000
785 IF G=1 THEN BEEP 1,1: INK 8
: PRINT AT 0,0: " BRAVO: VOUS
AVEZ GAGNE ! " : PAUSE 500: GO
TO 100
790 IF C=0 THEN GO TO 730
800 IF D<>0 THEN GO TO 810
805 LET D=INT (RND*8)+1
810 IF P(1,D)<>0 THEN GO TO 805
815 LET CP=2: GO SUB 1300
820 GO SUB 1100: LET D=0
825 GO SUB 2000
830 IF G=1 THEN BEEP 1,1: INK 2
: PRINT AT 0,0: " DESOLE: MAIS
J'AI GAGNE ! " : PAUSE 500: GO
TO 100
900 GO TO 730
1000 PAPER 0: INK 1
1035 PRINT AT 3,0: "
"
1010 FOR I=4 TO 18 STEP 2
1020 PRINT AT I,0: "
"
1030 PRINT AT I+1,0: "
"
1040 NEXT I
1050 PAPER 7: PRINT "
"
1055 PRINT " 1 2 3 4 5 6 7
"
1060 PAPER 0
1060 RETURN
1100 IF P(1,D)<>0 THEN GO TO 120
0
1110 PAPER 1: INK CP
1120 FOR U=1 TO 8
1130 IF P(U,D)=0 THEN PRINT AT (
2*U)+2, (2*D)-1: "
"AT (2*U)+3, (
2*D)-1: "

```

tion du dernier pion joué, le programme affichera soit "BRAVO VOUS AVEZ GAGNE!". Soit: "DÉSOLÉ MAIS J'AI GAGNE".

Un maintien de l'affichage, assuré par l'ordre PAUSE 500 de la ligne 830, permettra de contrôler le résultat puis le programme reviendra sur la page de présentation de manière à se préparer pour une nouvelle partie.

La frappe ne doit pas poser de

problème à condition de bien utiliser les mots-clés du Spectrum. Son adaptation sur ZX 81 est possible. Pour cela, il faudra ignorer les lignes 10 à 90 incluse ainsi que toutes les instructions INK, BEEP, PAPER, et remplacer les symboles graphiques redéfinis par des jetons standard du ZX 81.

L'utilisation de ce programme est également extrêmement simple. Après avoir tapé RUN le Spectrum

indiquera "START TAPE AND PRESS ANY KEY" pour en effectuer une sauvegarde sur cassette. Puis la page de présentation sera affichée. Il suffira de taper une touche pour que le jeu débute et l'ordinateur vous demandera alors, chaque fois que vous aurez à jouer, de préciser votre colonne.

A vous de trouver toutes les nombreuses variantes de ce jeu.

Henri-Pierre PENEL Δ

```

1135 BEEP .003 10-U: BEEP .003,1
4-U
1140 IF P(U+1,D)<>0 THEN LET P(U
,D)=CP: LET V=8
1145 INK 0: IF V<3 THEN PRINT AT
(2*U)+2,(2*D)-1)" "AT (2*U)+3
,(2*D)-1)" "INK CP
1150 NEXT U
1155 PAPER 0
1190 GO TO 1210
1200 PRINT AT 0,0)" "IMPOS
SIBLE.
1205 LET PAGE=1
1210 RETURN
1300 INK CP
1305 FOR E=29 TO (2*D)-1 STEP -1
1310 PAUSE 1: PRINT AT 1,E)" "
AT 2,E)" "
1320 NEXT E
1325 PRINT AT 1,E+1)" "AT 2,E+
1)" "
1330 RETURN
1987 REM =====
1988 REM controle colonnes
1999 REM =====
2000 IF EV<3 THEN GO TO 2039
2005 FOR H=1 TO 8
2006 LET CT=0: LET CO=0: LET CG=
0: LET DEB=0
2010 FOR U=8 TO 3-EV STEP -1
2011 LET XP=P(U,H)
2015 LET CT=(CT+(XP=CP))*(XP<>0
AND XP=CP)
2016 LET CO=(CO+(XP=6))*(XP<>2)
2017 LET CG=(CG+(XP=2))*(XP<>8)
2018 LET DEB=DEB+(XP<>0)
2019 IF CT=4 THEN LET G=1
2020 NEXT U
2021 IF CO=3 THEN LET D=H
2022 IF CG=3 THEN LET D=H
2028 IF DEB>3 THEN LET ACC=1
2030 NEXT H
2035 IF G=1 THEN RETURN
2036 REM =====
2037 REM controle lignes
2038 REM =====
2039 IF EV<2 THEN RETURN
2040 FOR V=8-EV TO 3
2045 LET CT=0: LET CO=0: LET CG=
0
2050 FOR H=1 TO 8
2051 LET XP=P(U,H)
2055 LET CT=(CT+(XP=CP))*(XP<>0
AND XP=CP)
2056 LET CO=((CO+1)*(XP=6))*(XP<
>2)
2057 LET CG=(CG+1)*(XP=2)*(XP<7
8)
2060 IF CT=4 THEN LET G=1
2065 IF H=8 THEN GO TO 2075
2070 IF (CO<1) AND (D=0) AND (P(
U,H+1)=0) AND (P(U+1,H+1)<>0) TH
EN LET D=H+1
2071 IF (CG=3) AND (P(U,H+1)=0)
AND (P(U+1,H+1)<>0) THEN LET D=H
+1
2075 IF H<3 THEN GO TO 2085
2080 IF (CO<1) AND (P(U,H-2)=0)
AND (P(U+1,H-2)<>0) THEN LET D=H
-2
2081 IF (CG=3) AND (P(U,H-2)=0)
AND (P(U+1,H-2)<>0) THEN LET D=H
-2
2085 NEXT H
2090 NEXT U
2095 IF G=1 OR ACC=0 THEN RETURN
2097 REM =====
2098 REM controle diagonales
2099 REM =====
2100 FOR I=4 TO 8
2105 LET CT=0: LET CO=0
2110 FOR J=1 TO I
2115 LET CT=(CT+1)*(P(I-J+1,J)=C
P)
2116 LET CO=(CO+1)*(P(I-J+1,J)=6
)
2120 IF CT=4 THEN LET G=1
2121 IF CO=3 THEN LET D=J
2125 NEXT J
2130 NEXT I
2135 IF G=1 THEN RETURN
2140 FOR I=1 TO 5
2145 LET CT=0: LET CO=0
2150 FOR J=1 TO 8-I
2155 LET CT=(CT+1)*(P(J+I-1,J)=C
P)
2156 LET CO=(CO+1)*(P(J+I-1,J)=6
)
2160 IF CT=4 THEN LET G=1
2161 IF CO=3 THEN LET D=J
2165 NEXT J
2170 NEXT I
2175 IF G=1 THEN RETURN
2180 FOR I=1 TO 5
2185 LET CT=0: LET CO=0
2190 FOR J=1 TO 8-I
2195 LET CT=(CT+1)*(P(J+I-1,8-J)
=CP)
2196 LET CO=(CO+1)*(P(J+I-1,8-J)
=6)
2200 IF CT=4 THEN LET G=1
2201 IF CO=3 THEN LET D=J
2205 NEXT J
2210 NEXT I
2215 IF G=1 THEN RETURN
2220 FOR I=4 TO 8
2225 LET CT=0: LET CO=0
2230 FOR J=1 TO 12-I
2235 LET CT=(CT+1)*(P(J,J+I-4)=C
P)
2236 LET CO=(CO+1)*(P(J,J+I-4)=6
)
2240 IF CT=4 THEN LET G=1
2241 IF CO=3 THEN LET D=J
2245 NEXT J
2250 NEXT I
2255 RETURN

```


POINTS À LA LIGNE

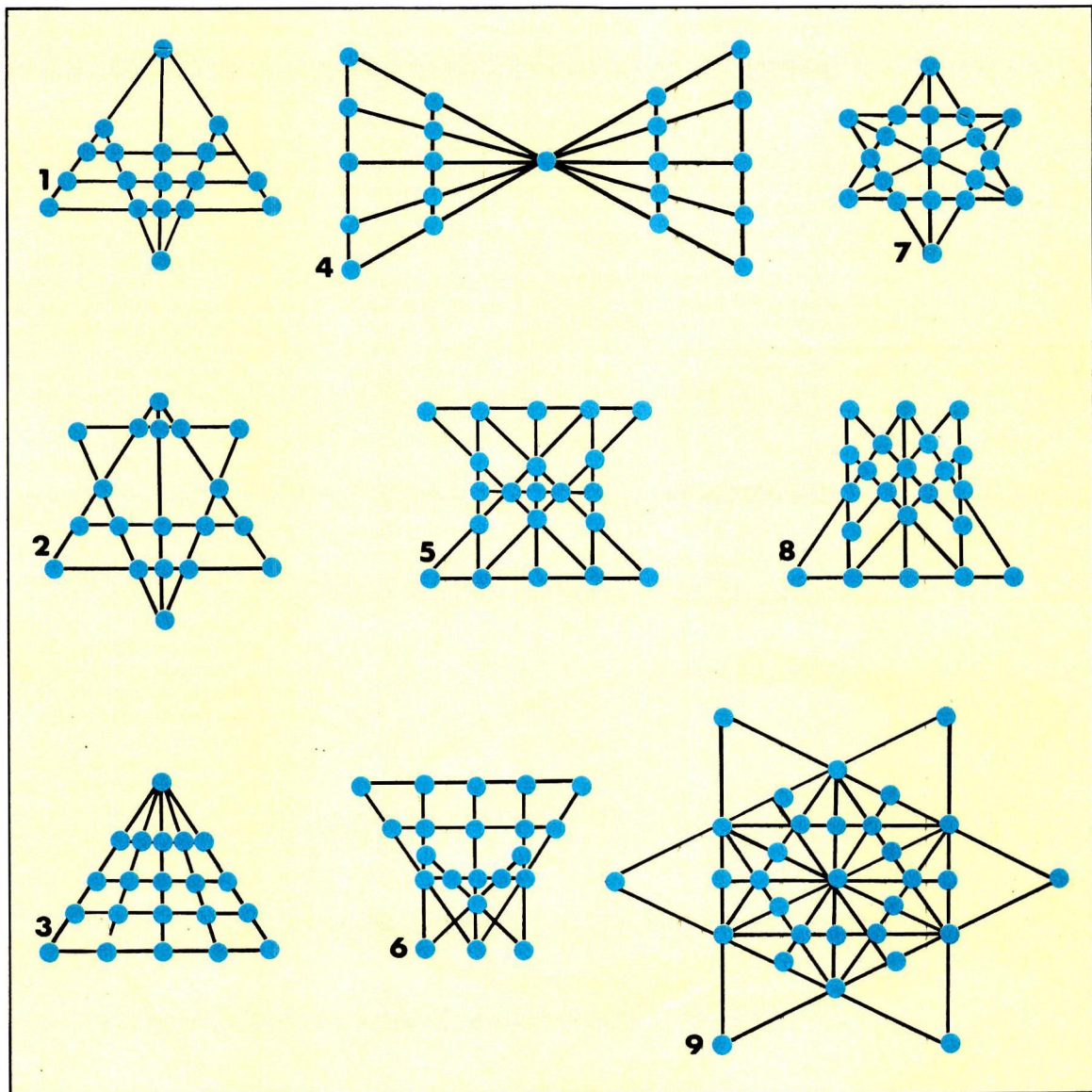
Un papier, un crayon, une règle et vous partez dans une curieuse science en cours de construction : celle des points et de leurs alignements dans un plan. Rassurez-vous : aucun théorème n'y est encore connu, les théories y sont inexis-

tantes et tout chercheur — vous, en particulier — y est un pionnier. On n'y trouve que des figures et des résultats, dont la plupart sont agréables à regarder, et souvent difficiles à retrouver.

L'intérêt, et le drame tout à la fois, de ce domaine est qu'il ne s'est révélé, jusqu'à présent, d'aucune utilité autre qu'esthétique et logique. Le but jusqu'ici poursuivi est donc purement conventionnel, et il vous appar-

tient, éventuellement, de vous fixer des buts différents et nouveaux.

Un de nos buts a donc été, naïvement et classiquement, de tenter de réaliser ce qui apparaissait comme le plus difficile : choisissant, par exemple, les alignements de cinq points, disposer le plus grand nombre de points possible sur le plus petit nombre d'alignements possible. En termes numériques : obtenir les plus hautes valeurs possibles pour le rap-



port PSL (points sur lignes). Un autre but évident serait l'inverse : les hautes valeurs du rapport LSP.

C'est au premier but que s'est intéressé Christophe Joubert, qui nous

envoie neuf très belles figures, où il dépasse quatre fois la remarquable valeur de 2,3.

Saurez-vous atteindre ou dépasser ces résultats ? Que sauriez-vous faire

avec des alignements de 6 points et plus ?

Comment faire avancer cette science des points et des lignes ?

Pierre BERLOQUIN Δ

UN AMPLIFICATEUR POUR CASQUE

Nous vous proposerons de réaliser ce mois-ci un amplificateur pour casque. Il est surtout destiné aux micro-ordinateurs. En effet, lors de la programmation des sons il est inutile de faire profiter vos voisins de vos recherches en connectant l'ordinateur sur une chaîne hi-fi. Cependant les hauts-parleurs montés d'origine sur le micro ne sont pas d'une qualité suffisante pour permettre de juger correctement du résultat.

D'autre part ce montage, très simple, pourra être utilisé pour nombre d'autres applications ou une écoute sur casque sera souhaitée.

Notre montage pourra être réalisé soit en version mono- soit en version stéréophonique. Il sera réalisé autour d'un quadruple amplificateur opéra-

tionnel; un LM124 ou équivalent. Pour la version mono, deux solutions pourront être envisagées; soit un montage stéréo dont les deux entrées seront raccordées, soit, comme nous le verrons plus loin, l'utilisation d'un seul étage préamplificateur et raccordé aux deux étages de sorties.

Le composant que nous avons retenu pour réaliser ce montage n'est pas vraiment destiné à piloter un casque d'écoute. Cependant il se compose, comme nous l'avons dit plus haut, de quatre cellules amplificatrices, chacune d'entre elles pouvant délivrer une puissance suffisante pour l'un des écouteurs d'un casque. Chaque cellule aura donc un rôle bien précis. Deux d'entre-elles seront utilisées comme étage de sortie (une pour chaque écouteur du casque) et les deux autres seront employées en tant que préamplificateur.

Ces quelques précisions apportées étudions, dans ses grandes lignes, notre réalisation.

Rappelons que, pour pouvoir fonctionner, tout amplificateur opérationnel doit disposer d'une tension de référence égale à la moitié de celle comprise entre ses bornes d'alimentation.

Comme, dans notre cas, cette dernière n'est pas précise (de 4,5 à 25 volts) nous déterminerons la tension de référence à l'aide de deux résistances de valeur égale. Cette tension nous permettra de polariser chaque

pré-amplificateur. Nous utiliserons pour chacun l'une des cellules du LM124. Son gain en tension sera fixé par le rapport des résistances qui lui seront associées.

Dans le cas d'une réalisation stéréophonique, le gain de la cellule de la voie gauche sera égal au rapport de R_4 sur R_3 et pour celle de droite à celui de R_6 sur R_5 ; soit environ 3 dans chaque cas.

Deux condensateurs, placés sur l'entrée de chaque cellule, C_1 et C_2 , permettront d'assurer le maintien de la polarisation des pré-amplificateurs lors de leur raccordement au micro-ordinateur.

Les étages de sortie seront directement attaqués, et donc polarisés, par les pré-amplificateurs. Ces derniers n'auront pas de gain en tension et ne se chargeront que de l'adaptation en puissance des signaux.

Un condensateur de 100 microfarads, placé sur leur sortie, évitera que le casque soit traversé par du courant continu issu de la polarisation du montage.

Comme nous pouvons le constater, cette réalisation reste extrêmement simple et ne demande que peu de composants. De plus, bien des sources d'alimentation pourront être utilisées.

Une simple pile pour lampe de poche pourra suffire (4,5 volts) ainsi que toute autre source, à condition que la tension fournie soit bien continue et comprise entre 4,5 et 25 volts. Notons que le courant consommé par ce montage reste faible. Il sera donc possible de l'alimenter directement depuis de l'ordinateur sans perturber le fonctionnement de ce dernier.

Précisons cependant que dans bien des cas la qualité médiocre du filtrage de l'alimentation de la machine pourra introduire des ronflements dans le casque; l'idéal reste donc une alimentation sur pile, dont l'autonomie ne vous pénalisera en rien.

Le câblage de cet amplificateur

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 Francville, 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.

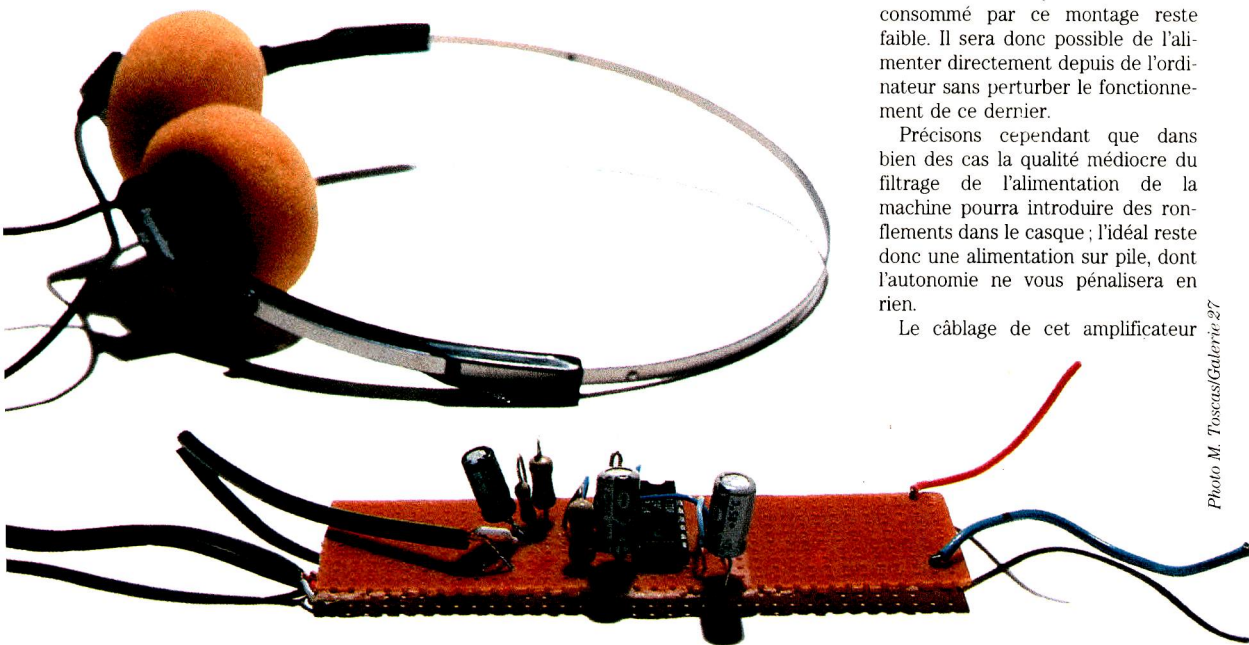


Photo M. Toscas/Galerie 27

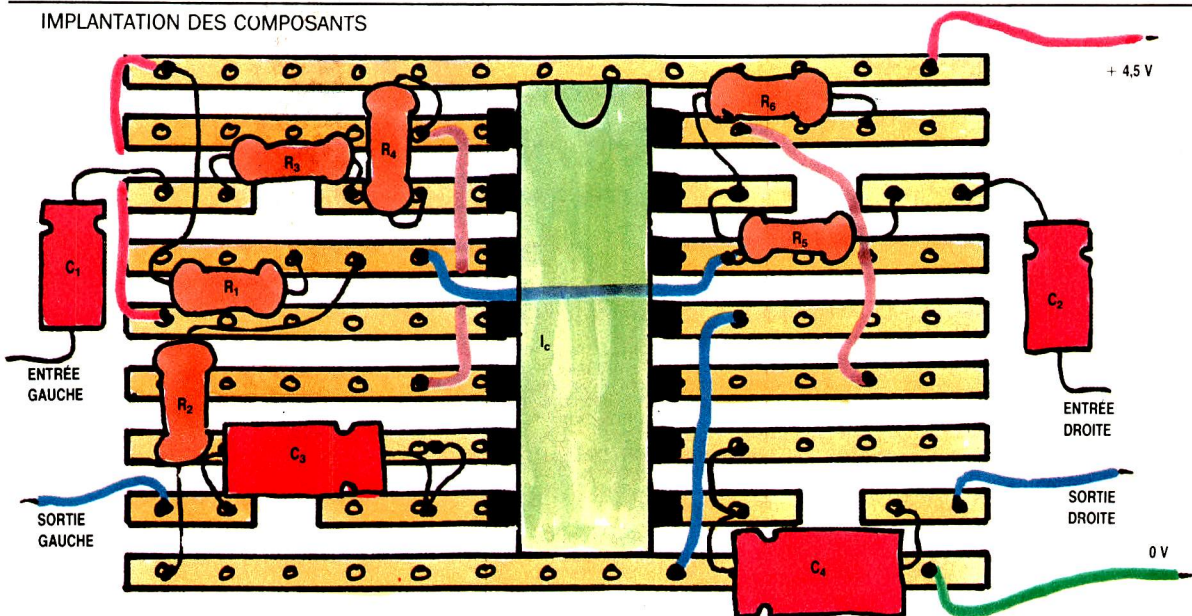
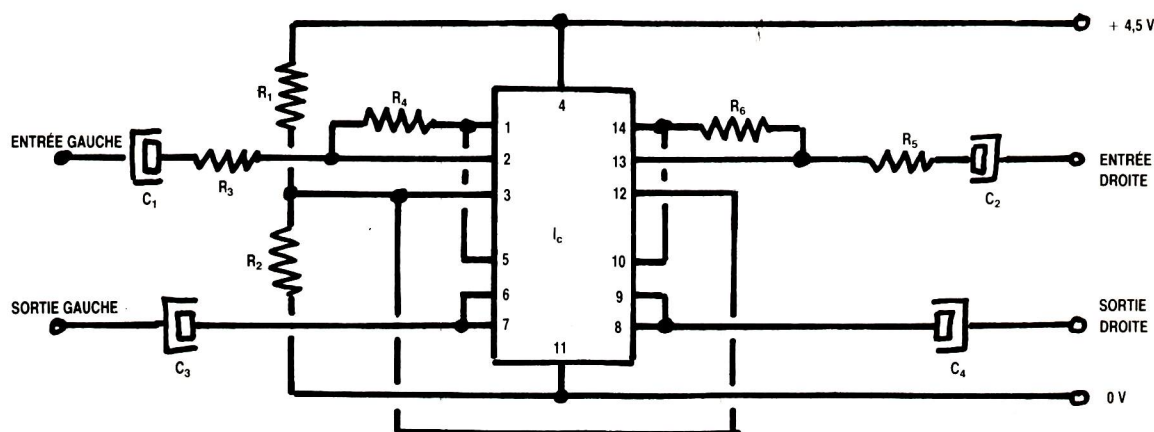


SCHÉMA ÉLECTRIQUE



reste également accessible à tous en raison du faible nombre de composants employés. Il faudra cependant prendre soin de bien couper les bandes conductrices de la plaquette

de câblage sous le circuit intégré et veiller à respecter la polarité des condensateurs.

Pour une réalisation stéréophonique il faudra suivre notre schéma de câblage.

Dans le cas d'un montage monophonique le câblage des broches 12, 13 et 14 pourra être ignoré et il suffira alors de relier la broche 10 à la broche 1. Notons que cette solution n'est préconisée que dans le cas où vous désireriez économiser quelques composants. Le plus sage reste, malgré tout, d'effectuer le montage en stéréo et de relier entre elles ses deux entrées.

Pour adapter cet amplificateur il faudra vous procurer la fiche corres-

pondante. Sur Amstrad, par exemple, il s'agit d'une fiche jack stéréo, sur Spectrum d'une jack mono, sur Oric d'une Din, etc.

Consultez donc votre fascicule d'utilisation avant d'acheter, chez votre détaillant, la fiche en question. Vous pourrez également ainsi prendre connaissance de son brochage.

Enfin, dans notre cas, nous avons directement soudé les fils du casque sur la plaquette de câblage; rien cependant ne s'oppose au câblage d'une fiche Jack stéréo femelle qui serait d'un modèle identique à celui que nous avons utilisé pour le casque de votre walkman.

Henri-Pierre PENEL Δ

NOMENCLATURE

IC = LM 124 OU ÉQUIVALENT

C₁ = 4,7 MICROFARADS

C₂ = 4,7 MICROFARADS

C₃ = 100 MICROFARADS

C₄ = 100 MICROFARADS

R₁ = 4,7 KILOHMS (JAUNE, VIOLET, ROUGE, OR)

R₂ = 4,7 KILOHMS (JAUNE, VIOLET, ROUGE, OR)

R₃ = 22 KILOHMS (ROUGE, ROUGE, ORANGE, OR)

R₄ = 68 KILOHMS (BLEU, GRIS, ORANGE, OR)

R₅ = 22 KILOHMS (ROUGE, ROUGE, ORANGE, OR)

R₆ = 68 KILOHMS (BLEU, GRIS, ORANGE, OR)

L'INVERSION MATRICIELLE

Les mathématiciens "purs" ont la fâcheuse tendance à croire que leur science n'est utile qu'à elle-même, dans la mesure où le plaisir qu'apporte son étude justifierait à lui seul sa pratique.

Heureusement, il y a beaucoup de mathématiciens qui n'hésitent pas à descendre de leur tour d'ivoire et qui s'intéressent de temps à autre à l'application des mathématiques sous un aspect plus concret.

John, ou Janos von Neumann (1903-1957), considéré comme l'homme de science le plus universel de notre siècle et génial mathématicien, ne disait-il pas qu'une discipline mathématique qui s'éloigne trop de sa source empirique, non seulement tend à devenir de l'art pour l'art, mais, de plus, risque de dégénérer en se ramifiant et en donnant lieu à des branches insignifiantes truffées de détails et de complexité ?

Le moins que l'on puisse dire de lui c'est qu'il donna l'exemple de façon magistrale puisque, entre autres, il participa à la réalisation des tout premiers ordinateurs (on lui doit notamment le concept de calculatrice programmable), étudia la prédiction du temps, aida à formaliser la mécanique quantique, travailla à la description des flux neuronaux et, dernier exemple, fut avec O. Morgenstern le créateur de la théorie des jeux.

Il existe cependant une branche des Mathématiques qui, de l'avis de tous les scientifiques, est considérée comme la plus inutile. Nous faisons allusion à la théorie des nombres, discipline qui hésite à se ranger entre l'algèbre et l'analyse. Heureusement pour elle, la plupart sont d'accord pour admettre qu'il s'agit également de la plus belle.

Voici maintenant un outil mathématique fort prisé des ingénieurs et des scientifiques en général, utile au même titre que la théorie des groupes, les équations différentielles ou les nombres complexes : les matrices.

Plusieurs définitions existent mais la plus élémentaire considère une matrice comme un rectangle de nombres :

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

La dimension d'une matrice peut-

```

10 REM PROGRAMME D'INVERSION DE MATRICES A COEFFICIENTS REELS PAR LA M
   METHODE D'ECHANGE DE GAUSS-JORDAN
20 REM
30 HOME : VTAB 8: PRINT "*** CALCUL DE L'INVERSE D'UNE MATRICE ***: PRINT

40 INPUT "QUEL EST L'ORDRE DE LA MATRICE ?":N
50 DIM MA(N,N),MB(N,N),EC(N),EL(N)
60 PR = 1E - 8:MI = 1E - 30
70 REM
80 REM ENTREE ET VALIDATION DES DONNEES
90 REM
100 FOR J = 1 TO N
110 PRINT : PRINT "INTRODUCTION DE LA COLONNE n°:J:" :
120 FOR I = 1 TO N
130 PRINT : PRINT "M( ;I) , ;J: INPUT " = ? ":MA(I,J)
140 MB(I,J) = MA(I,J)
150 NEXT I
160 NEXT J
170 PRINT : INPUT "VOULEZ-VOUS VOIR DEFILER LES ELEMENTS DE LA MATRICE
   ? (O/N) ":R$: PRINT
180 IF R$ = "N" THEN GOTO 280
190 FOR J = 1 TO N
200 PRINT : PRINT "COLONNE n°:J:" :
210 FOR I = 1 TO N
220 PRINT "M( ;I) , ;J: " = "MA(I,J)
230 FOR K = 1 TO 70
240 A = SIN (1)
250 NEXT K
260 NEXT I
270 NEXT J
280 PRINT : INPUT "VOULEZ-VOUS MODIFIER UN ELEMENT ? ":R$
290 IF R$ = "N" GOTO 350
300 PRINT : INPUT "n" DE LIGNE ? ":I
310 PRINT : INPUT "n" DE COLONNE ? ":J
320 PRINT : PRINT "VALEUR ACTUELLE = "MA(I,J)
330 PRINT : INPUT "NOUVELLE VALEUR = ? ":MA(I,J):MB(I,J) = MA(I,J)
340 GOTO 280
350 REM
360 REM CALCUL DE L'INVERSE DE MA
370 REM
380 DET = 1: FOR LC = 1 TO N
390 MAX = MI
400 FOR I = LC TO N
410 FOR J = LC TO N
420 A = MA(I,J)
430 IF ABS (A) < = MAX THEN GOTO 450
440 IM = I:JM = J:MAX = ABS (A)
450 NEXT J
460 NEXT I
470 IF MAX < = MI THEN GOTO 500
480 PRINT : PRINT "LE DETERMINANT ETANT NUL, LA MATRICE N'EST PAS INVER
   SIBLE ": PRINT : PRINT
490 END
500 PIVOT = MA(IM,JM):DET = DET * PIVOT
510 EL(LC) = IM:EC(LC) = JM
520 IF IM = LC THEN GOTO 560
530 FOR J = 1 TO N
540 A = MA(IM,J):MA(IM,J) = MA(LC,J):MA(LC,J) = A
550 NEXT J
560 IF JM = LC THEN GOTO 600
570 FOR I = 1 TO N
580 A = MA(I,LC):MA(I,LC) = MA(I,JM):MA(I,JM) = A

```

être quelconque, et ses éléments entiers, réels ou complexes. Il existe même des matrices infinies, que l'on peut rencontrer par exemple en mécanique quantique pour décrire les niveaux énergétiques d'un électron ou, en astronomie, pour traiter les perturbations du mouvement de la Lune.

Sans aller aussi loin, et sans vouloir non plus faire de cours, même résumé, de la théorie des matrices (nous renvoyons le lecteur intéressé par ses rudiments aux ouvrages de l'enseignement secondaire, section algèbre linéaire), nous allons nous attacher à considérer le problème de l'inversion d'une matrice, sous l'angle de l'analyse numérique afin de trai-

ter le problème de manière efficace sur un ordinateur. Disons quand même que l'origine des matrices remonte au milieu du siècle dernier et qu'elle doit être attribuée à W.R. Hamilton (1805-1865), J.J. Sylvester (1814-1897) et à A. Cayley (1821-1859), même si elles existaient avant de façon sous-jacente, notamment dans les problèmes de résolution de systèmes d'équations, où Gauss, tel M. Jourdain qui ignorait faire de la prose, en utilisait les résultats fondamentaux sans le savoir, au début du XIX^e siècle.

Ses applications sont extrêmement variées, allant de la physique à la linguistique en passant par l'ingénierie, les statistiques, la psycholo-


```

590 NEXT I
600 REM
610 REM TRANSFORMATION DE LA MATRICE MA
620 REM
630 FOR I = 1 TO N
640 IF I = LC THEN GOTO 720
650 R = MA(I,LC) / PIVOT
660 FOR J = 1 TO N
670 IF J = LC THEN GOTO 710
680 DD = MA(I,J) - R * MA(LC,J)
690 IF ABS(DD) < ABS(MA(I,J)) * PR THEN DD = 0
700 MA(I,J) = DD
710 NEXT J
720 NEXT I
730 REM
740 REM TRANSFORMATION DE LA LIGNE ET DE LA COLONNE DU PIVOT
750 REM
760 FOR K = 1 TO N
770 MA(K,LC) = MA(K,LC) / PIVOT
780 MA(LC,K) = -MA(LC,K) / PIVOT
790 NEXT K
800 MA(LC,LC) = 1 / PIVOT
805 NEXT LC
810 REM
820 REM PERMUTATION DES LIGNES ET DES COLONNES CONCERNÉES
830 REM
840 FOR L = 1 TO N
850 K = N - L + 1
860 PL = EL(K)
870 IF PL = K THEN GOTO 910
880 FOR I = 1 TO N
890 A = MA(I,K) : MA(I,K) = MA(I,PL) : MA(I,PL) = A
900 NEXT I
910 PC = EC(K)
920 IF PC = K THEN GOTO 960
930 FOR J = 1 TO N
940 A = MA(K,J) : MA(K,J) = MA(PC,J) : MA(PC,J) = A
950 NEXT J
960 NEXT L
970 REM
980 REM AFFICHAGE DU RESULTAT
990 REM
1000 HOME : VTAB 5: PRINT "AFFICHAGE DE LA MATRICE INVERSE, COLONNE PAR COLONNE": PRINT
1010 FOR J = 1 TO N
1020 PRINT "COLONNE n°";J;":": PRINT
1030 FOR I = 1 TO N
1040 PRINT : PRINT I;".*":MA(I,J)
1050 FOR K = 1 TO 20: A = SIN(1): NEXT K
1060 NEXT I
1070 PRINT : PRINT "TAPEZ UNE TOUCHE ";: GET R$: PRINT
1080 NEXT J
1090 PRINT : PRINT "LE DETERMINANT EST EGAL A ";DET: PRINT : INPUT "VOU LEZ-VOUS MODIFIER CERTAINS ELEMENTS DE LA MATRICE POUR UN NOUVEAU CALCUL ?":R$
1100 IF R$ = "O" THEN GOTO 1120
1110 END
1120 FOR I = 1 TO N
1130 FOR J = 1 TO N
1140 MA(I,J) = MB(I,J)
1150 NEXT J
1160 NEXT I
1170 GOTO 170

```

gie, l'anthropologie, la recherche opérationnelle ou la génétique.

On peut définir sur les matrices des opérations apparemment réservées aux nombres telles l'addition, la soustraction, la multiplication, et d'autres qui lui sont spécifiques. Il existe même des langages informatiques comme l'APL (*A Programming Language*) pour lesquels les unités élémentaires de traitement sont les matrices et qui les manipulent comme le Basic ou le Fortran le font des nombres.

Maintenant, voici une matrice M :

$$M = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 4 \\ 2 & 1 & 0 \\ -2 & 2 & 3 \end{pmatrix}$$

carée, d'ordre 3 car elle comporte 3

lignes et 3 colonnes.

Voici la matrice I :

$$I = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

dite matrice unité car si on la multiplie avec n'importe quelle matrice carrée d'ordre 3 en appliquant les règles du produit des matrices, on retrouve cette dernière matrice. Ainsi, $M \times I = I \times M = M$. Problème : existe-t-il une matrice M' telle que $M \times M' = I$? La réponse est oui, et

$$M' = \frac{1}{27} \begin{pmatrix} 3 & 8 & -4 \\ -6 & 11 & 8 \\ 6 & -2 & 1 \end{pmatrix}$$

M' est l'inverse de M.

En notant n l'ordre d'une matrice carrée, l'inversion est facilement réa-

lisable à la main si n ne dépasse pas 4, mais devient un vrai travail de Romain dès que n atteint 7 ou 8. Ci-après, nous donnons la méthode d'échange de Gauss-Jordan, très performante et idéale pour être appliquée sur ordinateur.

Principe de la méthode

Etant donnée la matrice

$$M = (a_{ij})$$

$$1 \leq i \leq n$$

$$1 \leq j \leq n,$$

supposée inversible, on considère deux vecteurs artificiels $X = (x_i)$ et $Y = (y_i)$ ($1 \leq i \leq n$), avec lesquels nous fabriquons le système (artificiel) :

$$(I) \begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n + y_1 + 0 + \dots + 0 = 0 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n + 0 + y_2 + \dots + 0 = 0 \\ \dots \\ a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \dots + a_{nn}x_n + 0 + 0 + \dots + y_n = 0 \end{cases}$$

qui peut se résumer à :

$MX + IY = 0$ (I matrice unité d'ordre n) et qui, après multiplication par l'inverse de M, soit M^{-1} , aboutit à :

$$IX + M^{-1}Y = 0 \quad (1)$$

Par une transformation convenable des équations ci-dessus, on va s'efforcer d'arriver au système équivalent :

$$(II) \begin{cases} x_1 + 0 + \dots + 0 + b_{11}y_1 + b_{12}y_2 + \dots + b_{1n}y_n = 0 \\ 0 + x_2 + \dots + 0 + b_{21}y_1 + b_{22}y_2 + \dots + b_{2n}y_n = 0 \\ \dots \\ 0 + 0 + \dots + x_n + b_{n1}y_1 + b_{n2}y_2 + \dots + b_{nn}y_n = 0, \end{cases}$$

c'est-à-dire, en posant

$$B = (b_{ij})$$

$$1 \leq i \leq n$$

$$1 \leq j \leq n,$$

$$\text{à } IX + BX = 0.$$

Cette équation, comparée à l'égalité (1), équivaut à $B = M^{-1}$.

Ecrivons maintenant la transformation :

• Divisons la première équation du système (I) par a_{11} , on obtient

$$x_1 + \frac{a_{12}}{a_{11}}x_2 + \dots + \frac{a_{1n}}{a_{11}}x_n + \frac{y_1}{a_{11}} + \dots + 0 = 0.$$

• Retrançons cette équation, multipliée par a_{21} , à la deuxième :

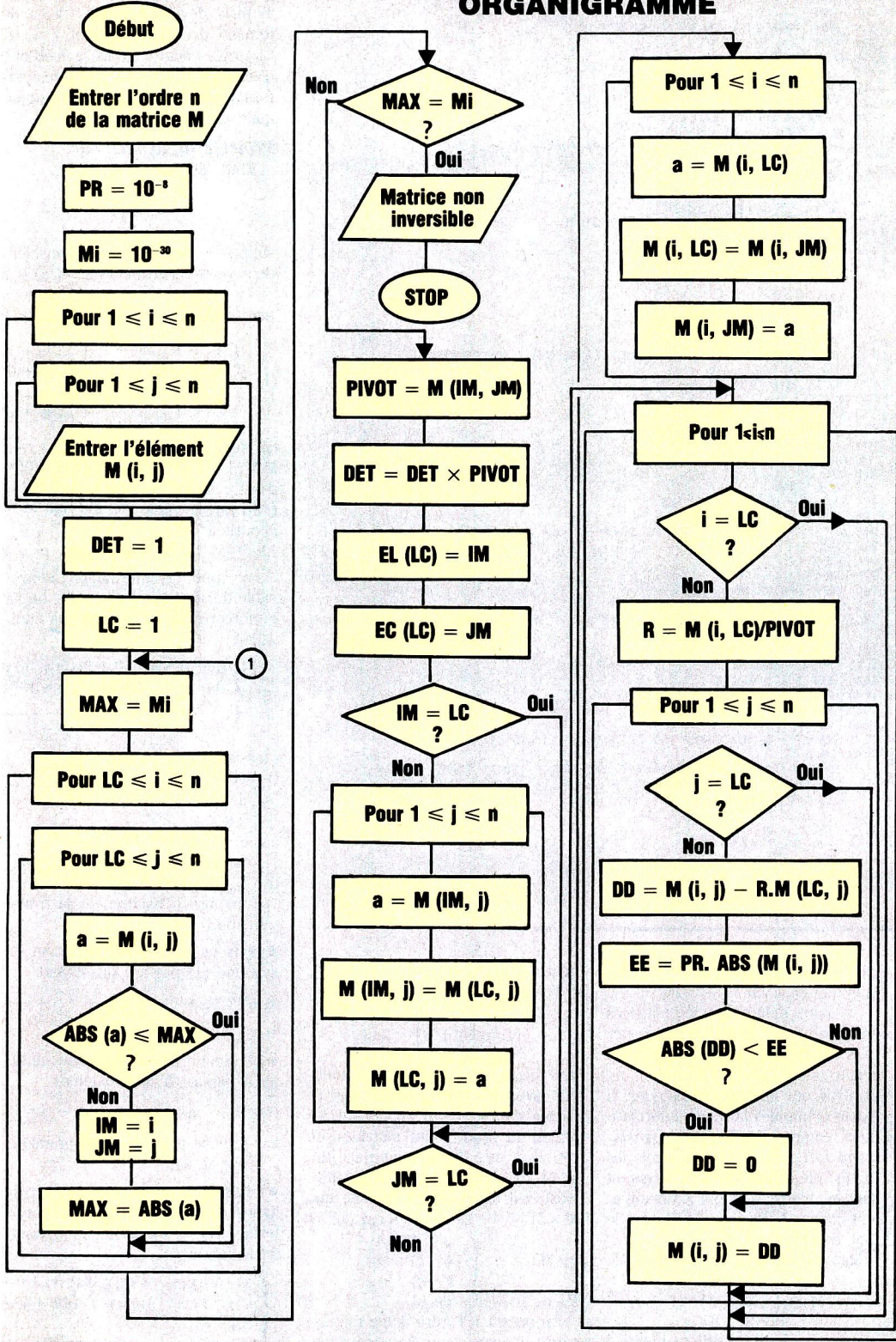
$$0 + (a_{22} - a_{21} \frac{a_{12}}{a_{11}})x_2 + \dots + 0 = 0,$$

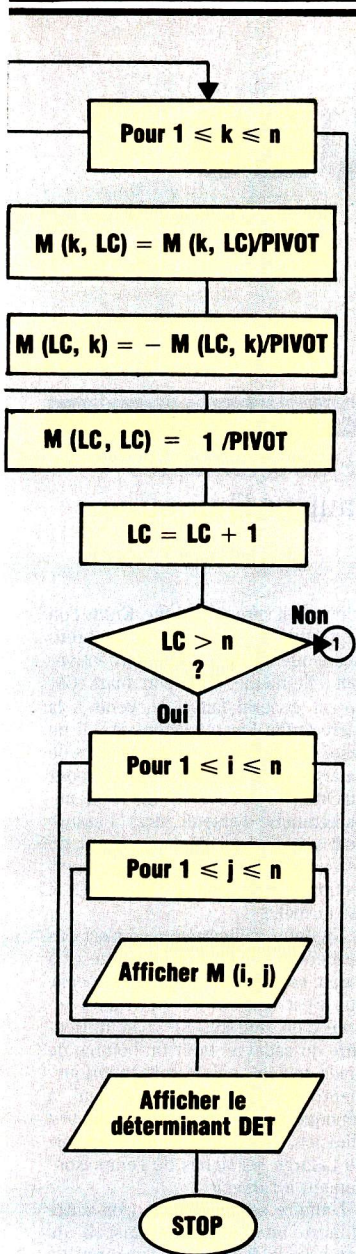
a_{11} s'appelle pivot de cette première transformation.

• Faisons de même avec les autres lignes : seule la première portera le terme x_1 et on aboutira à un système de la forme :

$$\begin{cases} x_1 + c_{12}x_2 + \dots + c_{1n}x_n + d_{11}y_1 + 0 + \dots + 0 = 0 \\ 0 + c_{22}x_2 + \dots + c_{2n}x_n + d_{21}y_1 + y_2 + \dots + 0 = 0 \\ \dots \\ 0 + c_{n2}x_2 + \dots + c_{nn}x_n + d_{n1}y_1 + 0 + \dots + y_n = 0 \end{cases}$$

ORGANIGRAMME





On divisera ensuite la deuxième ligne par c_{22} de façon à faire apparaître x_2 puis, on retranchera la ligne-résultat des autres (en la multipliant à chaque fois par le bon coefficient). Au bout de n opérations on aboutira au système (II) avec en résultat la matrice B. Gauss utilisait dès 1823 un procédé similaire pour résoudre les équations linéaires, que nous avons vues dans le numéro de mars 85. Notons encore une fois que les vecteurs (x_i) et (y_i) n'ont pas de valeur réelle (le "micro" les ignore), mais servent à asseoir les calculs.

Pour accroître la précision de ces derniers, utilisons la notion de pivotage maximal. Ainsi, on ne divisera pas la première équation par a_{11} directement mais, par un jeu de permutation de lignes et de colonnes, on va présenter en première ligne devant x_1 le coefficient a_{ij} le plus grand en valeur absolue, qui deviendra ainsi le premier pivot. La même procédure sera répétée n fois, à chaque transformation. Cette apparente barbarie est justifiée dans la mesure où la règle suivante est appliquée: à chaque permutation de lignes i_1 et i_2 dans le système (permutation que l'on enregistre soigneusement) on permutera les colonnes j_1 et j_2 de la matrice résultat. De même, à chaque permutation des colonnes j_1 et j_2 du système correspondra une permutation des lignes j_1 et j_2 de la matrice résultat. De plus, ces permutations s'effectueront dans l'ordre inverse où elles ont été enregistrées. Ce n'est qu'avec cette règle que l'on obtiendra l'inverse de la matrice de départ.

Remarquons maintenant qu'il n'est pas nécessaire d'occuper la mémoire de notre "micro" avec les deux matrices (a_{ij}) et (b_{ij}) . En effet, pendant le calcul les vecteurs

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ x_2 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix}, \dots, \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix}$$

apparaissent dans le système au fur et à mesure que les vecteurs

$$\begin{pmatrix} y_1 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ y_2 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix}, \dots, \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix}$$

disparaissent, et le nombre d'éléments intéressants est constamment égal à $n \times n$, qu'une seule matrice d'ordre n suffit à contenir. C'est là où l'on

s'aperçoit que cet algorithme est à la fois rapide et économe de mémoire.

Terminons en signalant aux initiés que la théorie démontre assez facilement que le produit des n pivots qui apparaissent au cours du calcul est égal au déterminant de la matrice.

Description du programme pour Apple IIc

Après l'entrée des données, colonne par colonne, qui s'effectue lignes 30 à 160, le programme offre la possibilité de faire défiler les éléments de la matrice à inverser (lignes 170 à 270), la ligne 240 répétée 70 fois faisant office de boucle de temporisation et laissant à l'utilisateur le temps de détecter une éventuelle anomalie. Suit, lignes 280 à 340, la partie permettant de corriger une éventuelle erreur ainsi repérée.

MA est la matrice à inverser et, comme elle sera constamment transformée tout au long du calcul jusqu'à devenir la matrice inverse, nous l'avons recopiée dans le tableau MB de même dimension pour une éventuelle réutilisation en fin de programme. Lignes 380 à 960 le programme procède à l'inversion de la matrice MA en suivant fidèlement l'ordre des calculs indiqué dans l'organigramme.

Les vecteurs EL et EC enregistrent respectivement les permutations des lignes et des colonnes. Lignes 1000 à 1090 le résultat est affiché colonne après colonne, toujours avec une petite temporisation de façon à permettre au lecteur de suivre facilement le défilement des valeurs et de le suspendre au moyen d'un CTRL/C, dans le cas où le nombre d'éléments serait trop grand. En tapant CONT suivi de RETURN, l'affichage se poursuivra. Enfin, le déterminant sera affiché et, si le lecteur veut réutiliser la matrice de départ MB pour la modifier avant un nouveau calcul, les instructions 1120 à 1160 recopieront MB dans MA.

Les constantes PR et MI ont été choisies de façon à minimiser les erreurs d'arrondi qui peuvent se produire au cours du calcul.

L'ordre de la matrice à inverser pourra atteindre 56, ce qui est quand même beaucoup, mais l'exemple vu plus haut suffira à tester le programme. Un exemple complet d'utilisation en résistance des constructions avec la méthode des éléments finis peut faire l'objet d'un prochain article, de façon à illustrer l'intérêt de la méthode de Gauss-Jordan.

Daniel FERRO ▲

ARSENIC ET VIEILLES TOQUES

CE N'EST PAS D'AUJOURD'HUI QUE LES RAPPORTS D'EXPERTS SONT CONTRADICTOIRES.

Quand leurs techniques étaient simples, autrefois, leur tâche ne l'était guère plus qu'aujourd'hui où ces techniques sont devenues plus complexes.

En janvier 1840, Charles Lafarge meurt au terme d'une agonie atroce, où dominent les vomissements, les troubles nerveux, et la soif constante, signes classiques de l'empoisonnement à l'arsenic. Tout accuse sa femme, née Marie Cappelle, jeune, belle, bien née et possédant du bien. Marie Lafarge, c'est de notoriété publique, n'aime pas son mari, avec lequel elle n'a eu aucun commerce. Elle exècre aussi le manoir délabré du Glandier, où son mariage l'a contrainte. Le 3 septembre 1840 son procès s'ouvre à Tulle : ce sera l'un des plus célèbres de toute l'histoire judiciaire.

Laure Adler offre un récit de plus de l'affaire Lafarge, dans *L'amour à l'arsenic* (1), titre d'ailleurs assez mal choisi, car justement il y avait de l'arsenic, mais pas d'amour. Femme, elle témoigne à Marie Lafarge une compréhension que l'on comprend. Journaliste, elle ne néglige cependant aucun détail accablant pour son héroïne et, ce qui est encore plus intéressant, elle rapporte clairement, quoique succinctement, le débat d'experts suscité par le procès.

Les premiers experts dignes de ce nom, ce sont les Dubois père et fils, qui affirment n'avoir trouvé aucune trace d'arsenic dans les viscères de Lafarge, conclusions opposées à celles de leurs maladroits prédécesseurs Massénat, Bardon et Lespinasse, qui prétendent en avoir trouvé, bien que leur expertise ait été arrêtée par une erreur. Mais ici commence l'affaire médico-légale proprement dite. La chromatographie en phase gazeuse n'est pas née, elle ne

sera découverte qu'en 1931 ; mais elle a un précurseur, c'est la méthode de Marsh. Pour la détection de l'arsenic, quand on fait agir de l'acide sulfurique sur le zinc, au sein d'une solution arsénicale, l'arsenic se transforme entièrement en hydruure gazeux et se dégage avec un excès d'hydrogène. On enflamme cet hydrogène au bout du tube de Marsh où se fait la réaction, et l'on éteint la flamme sur une surface froide : puis on retire de celle-ci l'arsenic métallique.

Massénat, qui mène la première commission d'experts, prétend fonder sa conclusion positive sur le fait qu'il a trouvé dans le tube de l'appareil de Marsh un précipité floconneux jaune soluble, grand révélateur d'arsenic dans l'arnmoniaque ; grosse erreur : car il prétend aussi qu'il a trouvé la notion de cette "preuve" dans les écrits du célèbre toxicologue Orfila. Orfila le dément publiquement : il n'a jamais rien écrit de tel. La conclusion de Massénat étant pulvérisée et celle des Dubois étant négative, Marie Lafarge devrait être acquittée.

Mais l'avocat général ne l'entend pas de cette oreille-là. Trop de présomptions pèsent sur Marie Lafarge. D'abord, elle a fait acheter de l'arsenic en grandes quantités, juste avant le début et ensuite durant toute la maladie de son mari, pour exterminer, dit-elle, « un peuple de rats ». Puis Eyssartier, le pharmacien qui est allé au chevet de Lafarge, a trouvé à deux reprises sur la table de chevet du malade une poudre blanche qu'il a fait brûler et qui a dégagé, comme le fait l'arsenic, une

odeur d'ail caractéristique. Enfin, l'on a retrouvé de l'arsenic dans des breuvages que Marie Lafarge confectionnait elle-même pour son mari. Cet avocat général fait donc venir à la barre Orfila, savant incontesté. Il ne reste plus grand-chose du cadavre de Lafarge, mais toutefois assez pour qu'Orfila trouve un demi-milligramme d'arsenic, dont il assure qu'il ne vient ni de la terre ; ni du cercueil. Orfila, disons-le aussi, a perfectionné l'appareil de Marsh. Et il est formel.

Un demi-milligramme, ce n'est pas beaucoup, mais il faut dire que cela paraît considérable quand on pense que c'est la quantité qu'Orfila a retirée d'un seul kilo de chair musculaire du cadavre. Pour un homme de poids moyen, cela ferait théoriquement quelque 35 mg, ce qui, à l'époque paraît anormal. Par ailleurs, clinicien, Orfila identifie dans l'agonie de Lafarge les signes de l'empoisonnement à l'arsenic.

L'affaire se corse quand un autre chimiste intervient ; c'est Raspail, qui conteste la fiabilité de l'appareil de Marsh et qui affirme que cet appareil peut donner des taches d'antimoine susceptibles d'être confondues avec des taches d'arsenic. De plus, il estime que les symptômes de la maladie de Lafarge peuvent être aussi ceux d'une gastrite aiguë ou d'un choléra.

Raspail arriva trop tard au procès. Ce fut l'opinion d'Orfila qui prévalut. Marie Lafarge fut condamnée aux travaux forcés à perpétuité et, quand elle fut libérée, sa fin ne fut guère enviable : elle fut exposée à la haine atroce de la population.

(suite du texte page 146)

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

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 :
(Pour les enfants signature des parents)

Adresse _____ Tél. _____

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**

● Si cet envoi me convient, je le conserverai et vous m'envoyez le solde du cours à raison d'un envoi en début de chaque mois, les modalités étant précisées dans le premier envoi gratuit.

☐ **INITIATION A L'ELECTRONIQUE POUR DÉBUTANTS**

☐ **ELECTRONIQUE DIGITALE ET MICRO-ORDINATEUR**

☐ **TELEVISION NOIR ET BLANC ET COULEURS**

● 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.

On ne peut guère dépasser de nos jours le stade de l'impression quand on reprend l'affaire. Il semble bien que quelqu'un ait quasiment "sau-poudré" Lafarge d'arsenic. Mais Orfila avait tort d'être aussi affirmatif qu'il le fut, car, un peu plus d'un siècle plus tard, on sait que le corps humain contient normalement en moyenne 10 mg d'arsenic et il est des gens qui ne se portent pas plus mal de consommer quelque 400 mg par semaine de trioxyde solide d'arsenic. L'arsenic fut abondamment utilisé comme fortifiant dès le XVIII^e siècle et l'avocat général, Decous, qui tenait que la dose la plus infinitésimale d'arsenic dans le corps de Lafarge eut prouvé la culpabilité de sa veuve, était un présomptueux fanatique.

Raspail, lui, avait raison d'être réservé sur les utilisations de l'appareil de Marsh en médecine légale, non tant parce que l'appareil n'était pas fiable, mais parce que l'arsenic se répartit dans le corps de façon difficile à évaluer, ce qu'il ne pouvait alors savoir. On se reportera pour plus de détails aux excellents numéros publiés en 1974 par les Archives internationales Claude Bernard sur le thème "Justice et vérité".

Il n'y avait donc pas de preuves scientifiques à l'époque que Marie Lafarge eût empoisonné son mari. La vérité ? Il semble que ce soit Gustave Flaubert qui en ait eu l'intuition la plus juste. L'affaire Lafarge lui inspira *Madame Bovary*, histoire d'un mariage provincial pénible. Mais dans le roman, c'est elle-même qu'Emma empoisonne...

Gerald MESSADIE

ÉLISABETH ANTÉBI
ET DAVID FISHLOCK

LE GÉNIE DE LA VIE

Hologramme, album ill. n. & coul., 240 p., 440 F

Un livre, plutôt une mine de connaissances, de témoignages, d'anecdotes. Le lecteur glisse d'une idée à l'autre et d'une découverte à la suivante, sans ennui ni effort. Dans chaque événement scientifique décrit dans cette véritable encyclopédie de la cellule vivante et de son exploitation par l'homme, réside l'enjeu d'une prise de pouvoir potentielle. E. Antébi et D. Fishlock, la première française et le second américain, sont déjà renommés pour leur œuvre de vulgarisation de la science et des mécanismes de la société moderne. Ils se sont visiblement amusés à nous en livrer là quelques clefs.

L'ouvrage est international ; seize

articles de directeurs de recherches de diverses nationalités soutiennent le texte des deux auteurs, écrit à la manière d'un conte et cautionné par six conseillers scientifiques japonais, américains et français. Le format du livre, 31 x 23,5 cm, valorise l'illustration, fournie et agréable.

Mais *Le génie de la vie*, c'est avant tout les astuces que celle-ci met en œuvre pour se bricoler elle-même, se défendre, se nourrir... Le livre décrit pourquoi et comment on peut détourner ces astuces à notre profit, en modifiant le programme établi après des siècles d'évolution naturelle.

Les métaphores sont explicites. Ainsi, la cellule est une cité ouvrière ; le code génétique est une syntaxe complexe basée sur un alphabet très simple, à quatre lettres ; les enzymes sont des petits chimistes industriels ; les anticorps monoclonaux sont des missiles à tête chercheuse ; le cancer est l'affolement d'une cellule, les hormones excitent les troupes tandis que les vaccins préviennent contre l'envahisseur ; les gènes sauteurs confèrent aux bactéries des résistances nouvelles à des antibiotiques, etc.

Des ferments millénaires aux édulcorants les plus nouveaux, des découvertes les plus anciennes aux manipulations les plus récentes, tous les progrès de la biologie sont dévoilés à la lumière des passions qui les ont fait naître et des intérêts économiques qu'ils mettent en jeu. Ainsi, l'on y découvre que la première conférence de presse à avoir court-circuité le protocole scientifique traditionnel, à savoir la publication préalable dans une revue spécialisée, ne fut pas celle du 29 octobre 1985, où des médecins de l'hôpital Laennec révélèrent des résultats de la cyclosporine dans le traitement du SIDA. Déjà, le 16 janvier 1980, la presse économique donnait le pion à la presse scientifique avec l'annonce, au Boston Park Plaza Hotel, par deux biologistes de renom, du clonage de l'interféron-alpha, molécule tenue pour antivirale.

Les rôles de chacun, du chercheur isolé à la firme géante, sont d'ailleurs souvent rapprochés de façon saisissante, aussi bien dans le temps que dans l'espace. Si bien qu'une découverte semble souvent relever bien plus d'une nécessité que du hasard.

Mais si, dans la vie, tout paraît étroitement et naturellement imbriqué, dans les annales scientifiques, il n'en est apparemment pas de même. *Le génie de la vie* nous

montre bien que le puzzle est loin d'être terminé. Beaucoup de pièces restent dans l'ombre et l'acquisition d'une nouvelle pièce bouleverse parfois complètement la construction antérieure. Ainsi, le code génétique ne paraît plus aussi universel qu'avant ; les êtres unicellulaires que sont les bactéries n'ont pas les mêmes gènes que les êtres pluricellulaires comme l'homme.

Ce livre, qui n'est pas à prendre au pied de la lettre (du code génétique, s'entend, si l'on se réfère à une petite lettre G qui n'est pas à sa place, p. 57), réunit certainement initiés et profanes dans le plaisir de la lecture utile.

Marie-Laure MOINET

RENÉ BOUILLOT

MINOLTA 7 000

Paul Montel, 192 p., 99 F

Les fonctions automatisées du Minolta 7000. Les facteurs d'exposition. Anatomie du boîtier. Comment utiliser les divers modes d'exposition. Objectifs interchangeables. Les accessoires. Le flash électronique. Utilisation, préparation et entretien du Minolta 7000. La prise de vue. Les grands thèmes photographiques. La photomacrographie. Le laboratoire.

Depuis quelques années, les éditeurs semblent se substituer aux constructeurs pour publier le mode d'emploi détaillé de leurs appareils reflex, souvent bien compliqués il est vrai. Dernier-né de ces livres : « Minolta 7000 », consacré à l'avant-dernier modèle de la marque japonaise (qui, depuis, a lancé le Minolta 9000). L'auteur reprend la technique photographique conventionnelle, mais l'adapte aux impératifs du 7000. Comment, avec cet appareil informatisé, à multi-automatismes et à mise au point automatique, faire du paysage, du portrait, des natures mortes ? Comment photographier la neige, la nuit ? Comment photographier de très près ou de très loin ? Comment se passer ou corriger les programmes d'asservissement du diaphragme, de l'obturateur et de la mise au point pour obtenir la photo souhaitée ? Bref, comment régler un appareil qui par définition ne devrait pas l'être puisqu'il est automatique ?

Les possesseurs de Minolta 7000 trouveront une réponse à tous les problèmes posés par ce matériel. Le livre, finalement, apparaît comme un bon guide, clair et très complet.

Roger BELLONE

(suite du texte page 148)

ARMÉE DE TERRE INFORMATION

UN AVENIR!



BROCHURE SUR DEMANDE
BUREAU CENTRAL DES ENGAGÉS SV
37 - BD PORT ROYAL
75998 PARIS ARMÉES



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 4428.
35, rue Collange 92303 Paris - Levallois. Tél. : 42 70 81 88.

BON D'INFORMATION

à découper ou recopier et renvoyer à

L. & A. service 4428. 35, rue Collange 92303 Paris-Levallois.
Veuillez m'adresser gratuitement et sans engagement votre documentation complète.

NOM :

Prénom :

Adresse :

UN LIVRE GRATUIT



**Découvrez
la formidable
joie de n'être
plus timide**

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

Vous Réussissez mieux dans votre profession. Vous éliminez la peur d'être jugé. Vous vous sentez progressivement plus sûr de vous. Votre confiance en vous augmente ; votre autorité personnelle s'affirme. Les gens supérieurs ne vous impressionnent plus. Vous apprenez à vous faire respecter. Vous obtenez plus facilement un emploi, de nouvelles responsabilités. Vous apprenez à Agir. Vous apprenez comment ne plus rougir.

Vous évoluez à l'aise dans l'existence ; vous cherchez les contacts au lieu de les fuir. Vous rompez votre solitude et vous apprenez comment vous faire beaucoup d'amis.

Vous avez enfin une vraie vie affective. Vous ne redoutez plus l'autre sexe. Votre vie sentimentale s'épanouit. Vous êtes heureux.

La vérité sur la timidité : la timidité n'est pas une maladie mais un comportement acquis.

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

Une Méthode anti-timidité sérieuse et efficace est née au cours de plusieurs années de réflexion et d'expérimentation. Elle est différente de TOUT ce qui a été proposé jusqu'ici.

Maintenant c'est facile pour vous. Au cours des années, vous avez acquis de mauvais réflexes. Guidé pas à pas, de façon méthodique, vous faites le tour de toutes vos difficultés et réedifiez vos comportements. Des exercices programmés concrets vous entraîneront à l'aisance sociale.

Renvoyez ce bon à MAURICE OGIER

Institut Français de la Communication Service T96.193.2
6, rue de la Plaine, 75020 Paris, France. M^o Nation.

BON POUR UN LIVRE GRATUIT

à renvoyer à Maurice OGIER

Institut Français de la Communication, Service T96.144.2
6, rue de la Plaine, 75020 Paris, France.

Pour la Belgique : 1, quai du Condroz, 4020 Liège

Je désire recevoir gratuitement le livre de Maurice Ogier "Comment sortir de la timidité et devenir pleinement vous-même", sans aucun engagement ni démarchage, par poste sous pli confidentiel.

Voici mon adresse permanente : ☐ M. ☐ Mme ☐ Mlle

Nom

Prénom

Adresse

Code

Ville

Pour l'Afrique, joindre 2 coupons-réponse.

T96.193.2

T96-193

THIERRY BRETON

VATICAN III

Robert Laffont, 307 p., 89 F

Il est bien rare que des ingénieurs, des scientifiques choisissent le biais du roman pour parler d'un sujet qui leur tient à cœur et évoquer les conséquences politico-sociales des technologies de pointe. Il est encore plus rare, qu'ayant choisi cette voie difficile de la fiction, ils réussissent leur entreprise et parviennent à écrire un livre au rythme vif où l'intrigue soit menée de main de maître et où les bases scientifiques et techniques sur lesquelles reposent tout le roman soient rigoureusement exactes. Il en va ainsi du dernier livre de Thierry Breton, ingénieur, P-DG d'une petite société d'informatique et auteur de *Vatican III*.

Après une longue enquête dans l'univers des télécommunications, Thierry Breton s'est aperçu que les satellites qui tournent sur l'orbite géostationnaire et retransmettent la voix ou les images, pouvaient devenir de formidables outils au service de la politique. Trois satellites seulement suffisent pour arroser toute la planète et distribuer partout les émissions en provenance d'un seul point du globe. Et les ordinateurs de la 5^e génération sur lesquels travaillent d'arrache-pied les Japonais devraient permettre de traduire simultanément les programmes TV en plusieurs langues.

C'est à partir de ces deux constatations que Thierry Breton a bâti son roman : Le Vatican, sous l'impulsion d'un jésuite, chef de file de l'Eglise moderniste et informaticien hors pair, a décidé de rassembler les 700 millions de catholiques du Monde par l'intermédiaire du tube cathodique. Comment ? En utilisant justement les satellites géostationnaires et les ordinateurs de la 5^e génération pour traduire instantanément les messages du Pape et les émissions à l'idéologie chrétienne et les diffuser sur toute la planète. Ainsi les frontières disparaîtront, et ce formidable réseau de communication entre tous les évêchés du globe recréera un « continent logique et idéologique » où se trouveront réunis l'ensemble des fidèles.

Voilà les grandes lignes du plan Arcade, plan secret évidemment, que les Lybiens et les Soviétiques vont tenter de réduire à néant, pour éviter le renouveau de la puissance chrétienne. Roman de géopolitique et de

haute technologie, *Vatican III* sous couvert d'intrigues, d'espionnage, pose tous les problèmes que devront affronter les Etats face aux progrès de l'informatique et des télécommunications. Aujourd'hui, le moindre recoin du globe peut être atteint par les messages en provenance des satellites. Les Etats se protègent en interdisant l'utilisation sur leur territoire des antennes paraboliques de réception, mais puisque la technologie existe, pendant combien de temps encore pourront-ils imposer cet embargo ?

Françoise HARROIS-MONIN

LES LINE ET

EDWARD RICCIUTI

LE MONDE DES FÉLINS

Audubon-Larousse, album ill. n. & coul., 256 p., 345 F

Cet ouvrage frappe d'emblée par la qualité des illustrations et de l'impression, et nul doute que sa séduction se fondera essentiellement dessus. Le texte, lui, laisse beaucoup à désirer, non tant par la valeur de ses informations, à peu près correctes (la panthère des neiges n'est pas *Panthera uncia*, mais *Leo uncia*, genre dont elle est le seul représentant), mais en raison de sa lourdeur. Le métier de traducteur est bien difficile, certes, mais une bonne traduction, c'est quand même plus agréable que celle qui nous est offerte et qui fourmille de redondances et d'impropriétés.

On se demande ainsi comment comprendre un paragraphe tel que celui-ci (p. 170) : « Depuis le XIX^e siècle, l'homme a relégué le jaguar en Amérique latine et l'a fait disparaître des parties les plus septentrionales de son domaine. A l'époque historique, le félin vivait encore du sud-ouest des Etats-Unis jusqu'à l'Argentine et, auparavant, il s'était avancé en direction du centre des Etats-Unis, atteignant même la Floride à l'est. Avant le début du XX^e siècle, il était repoussé au sud de la frontière américaine et, de nos jours, il est bien rare qu'un individu s'égare dans l'extrême sud de l'Arizona. » Comment, si l'on se dirige vers le centre des Etats-Unis, c'est-à-dire le Kansas, l'Arkansas ou le Missouri, peut-on atteindre la Floride ? Qu'est-ce que "l'époque historique" ? Réléguer signifie exiler, y a-t-il eu des déportations de jaguars vers l'Amérique latine ? Ou bien veut-on dire que la chasse et l'industrialisation ont éliminé l'animal des Etats-Unis ? Ailleurs (p. 200), on lit à propos de la

panthère longibande qu'« on la tient souvent en captivité », ce qui laisse perplexe ; cela signifie-t-il qu'on peut l'apprivoiser ? Ou bien qu'elle survit bien dans les zoos ?

Mais à la décharge du traducteur, nous dirons que le texte anglais, que nous connaissons, était passablement... ligneux, c'est-à-dire que c'était de la langue de bois !

G. M.

DR DENIS CRONIN

ANXIÉTÉ ET DÉPRESSION

(COMMENT

LES SURMONTER ?)

Ed. Londeys, 176 p., 79 F

Si le Dr Cronin, un des plus célèbres psychiatres anglo-saxons, attaché au groupe Essex, un des principaux centres hospitaliers de Grande-Bretagne, a eu un aussi grand succès dans son pays avec ce livre, c'est amplement mérité.

Son ouvrage s'adresse à tous, et sûrement pas - c'est le travers usuel de ces livres - à la seule communauté psychiatrique.

Pas de jargon médical, mais des mots, un langage simple et clair. Cronin cite Thomas Szasz, psychiatre américain qui a dans les années soixante, remis en question le concept de la maladie mentale, dans un livre fameux *Le mythe de la maladie mentale*, où il affirmait que la psychiatrie a commis des erreurs...

Les chapitres s'intitulent : "Vous et votre névrose", "L'anxiété, ce mal qui mine", "Quand les frayeurs commandent". Vous y apprendrez ce qu'est l'acrophobie (peur des hauteurs), l'hydrophobie, la nosophobie (peur des maladies), la linonophobie (peur des cordes), la cryphobie (peur du gel), vous saurez exactement ce qu'est une personnalité hystérique (le mot *persona*, traduction du latin, désigne le masque derrière lequel se cachent les acteurs).

Dépression : un mot pour les météorologues et les économistes, qui recouvre n'importe quoi, de la morosité à l'état de mélancolie grave. Cronin cite, c'est la règle dans ce type d'ouvrages, des histoires, des cas cliniques : Tom l'hystérique, le patient ayant peur de traverser la route ; Georges, déprimé parce que sa promotion lui a fait atteindre son niveau d'incompétence ; Odile, l'anxieuse, frigide vaginiquement ; Charles l'ambitieux frustré... En vrac, Cronin cite Watson, le comportementaliste américain, Charcot, Freud et les autres.

Jean-Michel BADER

(suite du texte page 150)

LA DOULEUR EN DEROUTE

Elle connaît un énorme succès La Boutique du Dos, auprès de ceux qui ont des problèmes de... dos ! On y trouve sièges, lits, appareils, matériels et accessoires destinés à prévenir, à soulager, à empêcher le développement des douleurs d'origine vertébrale et autres, chroniques, articulaires et musculaires.

INCROYABLE ! IL FAIT DISPARAITRE LA DOULEUR

On l'essaie sur vous avant de vous le vendre puisque les micro-étincelles émises par les 16 électrodes du Piezor 3 D " balaient " la douleur et les inflammations en une minute quelle qu'en soit l'origine : rhumatisme, arthrose, névralgie, zona. Remarquable aussi dans le traitement du tennis-elbow. Inusable, sans branchement ni pile, c'est une invention brevetée, d'un médecin français.

Vendu en exclusivité à la Boutique du Dos. **690 F**

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.**

UN LIT CONÇU POUR SOULAGER VOTRE DOS...

Etudié par les rhumatologues, son matelas (latex aéré et laine) répond aux critères de " densité variable ". Posé sur un sommier-cadre à lattes, il permet le relevage en quatre positions de la tête et du pied et de la déclive intégrale sans cassure et également par commande électrique.

DES SIEGES ANATOMIQUES

Très beaux, peu encombrants, fixes ou réglables, ils permettent de longues heures de détente sans avoir mal au dos. Différents styles et grand choix de tissus.

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.

LA BOUTIQUE DU DOS

20, rue de Maubeuge
75009 PARIS

Tél. : (1) 42.80.43.28 (M^o Cadet)

9, rue Gubernatis
06000 NICE - Tél. : 93.62.52.22

COLLECTIF

QUI MANGE QUI ?*Balland, 640 p., 450 F***KONRAD LORENZ ET KURT L. MÜNDL****LA FORÊT :****ROYAUME EN DANGER***Stock, 190 p., 250 F*

Deux livres sur la nature, le premier, rédigé par 72 zoologistes, est une petite encyclopédie consacrée à 500 prédateurs et à leurs proies ; au total, 2 000 espèces sauvages sont évoquées, parmi lesquelles les insectes, les oiseaux, les mammifères, les reptiles, les poissons... dans leur lutte pour la vie dans le monde animal. « S'il n'y avait pas de carnivores, il y a longtemps que les végétariens auraient disparu », dit Jean Dorst dans la préface, en guise d'excuse vis-à-vis de ceux que ces carnages froisseraient. L'homme, principal prédateur, est souvent mentionné, mais seulement au détour d'un commentaire ; n'étant plus ni sauvage, ni mangé, sa lutte est d'un ordre différent. Lui mis à part, « tous les êtres vivants se dévorent entre eux », rappelle en avant-propos Pierre Pfeffer, directeur de recherches au CNRS, et le livre est là pour remettre en question la réduction de la prédation à une simple affaire de crocs. L'ouvrage est hérissé de griffes, de pinces et d'aiguillons, de tentacules et de mandibules, de gros plans propres à engendrer l'effroi. Son originalité principale est en effet dans le parti-pris de l'illustration, exclusivement appuyée sur des images, peintures et bandes dessinées, dont la force de suggestion est souvent saisissante.

Les superbes photos du second livre, également destiné à tordre le cou à la distinction fallacieuse entre "bonnes" et "mauvaises" bêtes, permettent plus d'échappées sur le rêve. Elles montrent les animaux en péril et accompagnent des textes, qui les situent dans leur milieu et dans leur présent menacé. Car le livre est aussi une critique (constructive parce qu'étayée) de ces "temps acides" dont K.L. Mündl, jeune collègue du prix Nobel, nous commente les effets sur les forêts de son enfance. « Demi-tour d'urgence », plaide-t-il en écho aux évocations de Lorenz, alarmé par la disparition des grands espaces naturels et la dégradation de la forêt et des eaux. Craignant que la parabole du Déluge et de l'Arche de Noé ne devienne réalité, les auteurs ont

réussi à illustrer merveilleusement la citation de Goethe en exergue au livre : « Découvre le détail pour t'émerveiller à la totalité ». Après l'éveil, reste le plus dur : la sauvegarde !

M.-L. M.**DENIS BUICAN****LA GÉNÉTIQUE ET L'ÉVOLUTION***Presses universitaires de France, coll. "Que sais-je ?", 124 p., 21,80 F*

Faire tenir dans les 124 pages d'un petit "Que sais-je ?" une histoire cohérente de la génétique, de l'évolution et des implications de la biotechnologie sur le monde de demain, c'est la gageure que Denis Buican, professeur à l'Université de Paris X-Nanterre, docteur ès-Sciences Naturelles et docteur ès-Lettres et Sciences Humaines, a fort bien soutenue dans cet ouvrage. On y retrouve, depuis les gemmules de Darwin jusqu'aux plasmides des manipulateurs génétiques, les étapes qui marquent l'ascension irrésistible d'une discipline scientifique qui transforme non seulement notre façon de penser, mais aussi notre façon de vivre.

La première partie décrit l'évolution de l'évolution depuis que le combat s'est engagé, dès le début du XIX^e siècle, entre le fixisme et l'évolutionnisme, jusqu'à la période actuelle, où la technologie génétique a réalisé une percée ponctuelle, laissant à la traîne les théoriciens, qui vacillent toujours entre la micro et la macro-évolution, entre les saltations et la continuité, et qui ne peuvent toujours pas expliquer (il ne faut pas leur en vouloir) pourquoi un crapaud a plus de gènes qu'un homme. Un exposé simple mais non simpliste, sans excès de vocabulaire ésotérique, résume les théories les plus récentes sur l'humanisation des primates, ainsi que des comparaisons pour le moins troublantes entre le génôme du chimpanzé et celui de l'homme, et l'hypothèse dite "adamique", qui réconcilie l'Ancien Testament avec la génétique nouvelle en postulant la transmission, grâce à l'inceste, d'un remaniement chromosomique à tous les descendants d'un couple unique qui aurait subi (soit par hasard, soit par nécessité) une providentielle mutation.

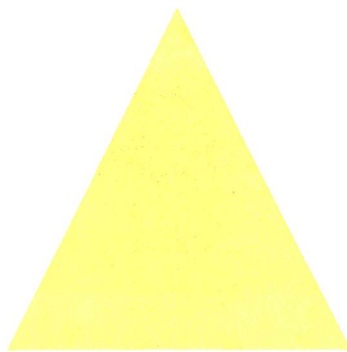
En quelques pages, l'auteur décrit, avec plus d'impartialité que la plupart des "spécialistes" : la sociobiologie, et sa remise en question du grand paradoxe du déterminisme et

du libre arbitre ; les idées sur l'inné et l'acquis, notamment dans le domaine de l'intelligence ; les conflits entre l'immobilité relative des structures sociales et la mobilité génétique ; les races et le racisme ; l'eugénique ; la cybernétique et son intrusion dans l'évolution de l'humanité ; le génie génétique, et la possibilité, peut-être la nécessité, de son intervention dans une "évolution dirigée" de diverses formes de vie, dont celle de l'homme.

Sans assimiler le "cerveau" électronique au cerveau humain, le Pr Buican constate que ce premier a déjà commencé à modifier le second, et que l'électronique peut créer une véritable pression sélective favorable à l'évolution du cerveau humain. « Les machines cybernétiques du futur aboliront, grâce à leur efficacité, le travail manuel brut et, avec lui, ce qui reste encore de la classe ouvrière et du prolétariat... Avec le prolétariat disparaîtront, probablement, les castes militaires et policières dans leur forme actuelle : en effet, leur force brute, voire brutale, d'hier et d'aujourd'hui sera dans le futur tout aussi efficace qu'une corne de rhinocéros contre un missile intercontinental lui tombant sur la tête... »

Ces considérations suggèrent que le travail, la surveillance et l'éventuelle paix armée de l'avenir seront du ressort des "cerveaux" électroniques, bien entendu contrôlés par les cerveaux humains. A eux de connaître un essor évolutif ou involutif. Le premier pouvant aboutir à l'avènement d'une "noocratie", d'une puissance accrue de l'esprit humain sur lui-même et sur l'environnement. A cette hypothèse évolutive fait contrepois une hypothèse involutive, celle de la "robocratie" qui peut favoriser l'apparition d'un type "humain" contrôlé par des robots manipulés par une oligarchie de "techniciens" dévoués à un pouvoir pyramidal. Ces deux hypothèses futurologiques, pour extrêmes qu'elles soient, semblent pourtant représenter les limites dans lesquelles l'homme va continuer son évolution pour aboutir quelque part entre le "sur-être" et l'"hyper-monstre". Alors seulement pourra-t-on répondre à une question fort intéressante — à savoir si l'homme méritera, *a posteriori*, l'épithète de sage qu'il s'attribue *a priori*, par deux fois, dans l'appellation latine de notre espèce... *Homo sapiens sapiens*...

Alexandre DOROZYNSKI



CINÉMA

UN FILM EASTMAN COLOR PLUS SENSIBLE ET PLUS FIN

Les émulsions dites "à grains T" (de tabulaire), jusqu'ici réservées à la photographie avec les films Kodacolor VR, font leur entrée dans le domaine du cinéma avec le lancement d'une pellicule négative couleur, l'Eastman Color 7292. Cette technologie, rappelons-le, consiste à produire des grains d'halogénure d'argent de structure plate, captant et retenant mieux les photons. De ce fait, la sensibilité de l'émulsion est augmentée sans accroissement de la granulation. Ces grains T, associés à de nouveaux formateurs de colorants à diffusion réduite, améliorent aussi la séparation des couleurs et leur finesse. Pratiquement, la nouvelle technologie permet de créer soit des émulsions de haute sensibilité à granulation apparente fine, soit des émulsions de sensibilité moyenne en réduisant

(suite du texte page 152)

CINÉMA

(suite de la page 151)

la granulation afin d'obtenir une pureté et une finesse de couleurs exceptionnelles.

L'Eastman Color 7292 est un film 16 mm destiné à la télévision ou à la réalisation de courts métrages. Il bénéficie de toutes les qualités apportées par les grains T. Ainsi, malgré sa sensibilité élevée de 320 ISO en lumière artificielle, il améliore la qualité des images par rapport à l'Eastman Color 7294 produit jusqu'ici et qu'il remplace. Le nouvel Eastman Color 7292 est compatible avec le type 7291, de moyenne sensibilité, et avec le futur système de télévision à haute définition à 1 125 lignes.

PHOTO

AGRANDISSEZ VOS DIAPOSITIVES SUR PAPIER

Pour tirer sur papier leurs diapositives en couleurs, les amateurs doivent utiliser un papier spécial comme l'Ektachrome 22, inversible, qui donne une épreuve positive à partir d'une image elle-même positive. Pour développer ce papier, la firme Photocolor vient de lancer le Chrome R, procédé en trois bains d'utilisation très souple.

Le fabricant affirme que le Chrome R se compose de produits relativement peu nocifs, peu agressifs et peu polluants. Ce procédé permet un traitement en 10 minutes à 30°C environ. Mais il peut aussi être utilisé à la température ambiante d'un appartement (20°C), ce qui est appréciable pour un utilisateur amateur (le temps de traitement est alors un peu plus long).

Les bains sont en kit de 1 et 5 litres. Le kit de 1 litre permet de traiter environ 40 épreuves de 13 x 18 cm et coûte moins de 100 F (Inter-Photo, 26 bis rue de la Cersaie, 94220 Charenton-le-Pont).

▲ **Participez à des fouilles archéologiques** aux Arcs-sur-Argens en avril ou mai. Conditions : VLAP, 3 rue Portalet, 83400 Hyères. Tél. 94 65 03 76.

PHOTO

APPAREILS JAPONAIS POUR KODAK



Après avoir abandonné depuis de nombreuses années la fabrication d'appareils 24 x 36, Kodak revient dans ce format avec une gamme de trois modèles compacts. Fabriqués par la firme japonaise Chinon, dans laquelle Kodak détient 10 % du capital, ces appareils sont conçus pour le grand public qui utilise des films négatifs en couleurs. Ainsi, le réglage de la cellule assurant l'automatisme de l'exposition ne descend-il pas en dessous de 100 ISO, ce qui interdit l'usage des films inversibles pour diapositives comme le Kodachrome (qui n'existe qu'en 25 ou 64 ISO).

Premier appareil proposé : le Kodak 35 EF. C'est le bas de gamme avec un objectif 4/35 mm à mise au point fixe. La cellule CdS (Sulfure de cadmium) sélectionne automatique-

ment un diaphragme parmi trois, selon la luminosité ambiante et la sensibilité de film affichée. La vitesse d'obturation est fixe, 1/125s. L'avance du film et le rebobinage sont manuels. L'appareil possède un flash électronique incorporé.

Le second appareil, le Kodak 35 AF-1 est plus perfectionné, l'objectif étant à mise au point automatique, de 1,30 m à l'infini, grâce à un détecteur infrarouge. L'automatisme d'exposition est programmé de 1/90 s à 1 : 4 jusqu'à 1/300 s à 1 : 16. Le réglage de la sensibilité du film est également automatique avec les cartouches de pellicule du type DX. L'entraînement du film est motorisé mais son rebobinage s'effectue manuellement.

Le dernier modèle, le Kodak 35 AF-2, possède un objectif lumineux, 2,8/35 mm et la mise au point automatique par infrarouge. La mémorisation de la mise au point est possible pour permettre le cadrage avant déclenchement. L'avance et le rebobinage du film sont motorisés et, tout comme l'AF-1, ce modèle possède un flash électronique incorporé. L'automatisme d'exposition reste identique à l'AF-1. Prix : EF : 600 F, AF-1 : 900 F et AF-2 : 1 200 F.

PHOTO

DES FILMS QUI AFFINENT LES COULEURS

Une fois de plus, les performances des émulsions photographiques en couleurs vont être améliorées. Deux fabricants, Agfa-Gevaert et Kodak, annoncent en effet le lancement de négatifs aux performances supérieures à celles de leur Agfacolor et Kodacolor actuels. Chez Agfa-Gevaert ce sont les Agfacolor XRi proposés dans la sensibilité de 100 ISO pour le format 24 x 36 et de 200 ISO pour les films en chargeur (types 110 et 126). Selon le fabricant, ces émulsions se caractérisent avant tout par une plus grande latitude d'exposition : 3 valeurs de diaphragme vers la surexposition et 2 valeurs vers la sous-exposition. De plus, ces films présentent une meilleure saturation des couleurs par rapport aux Agfacolor

précédents. L'Agfacolor XRi 100 en cartouche 135 est proposé en 12 ou 36 poses, ainsi que dans une version dite "Maxi 24 + 3", 27 poses vendues au prix de 24 poses.

Kodak lancera en mai prochain deux films Kodacolor Gold de 100 et 400 ISO. Comme les Kodacolor VR, ces émulsions font appel, d'une part, aux grains "T" (tabulaire) qui permettent une amélioration de la finesse des images, d'autre part, aux inhibiteurs de colorants qui empêchent la migration de ces colorants vers d'autres couches que la leur. Mais, avec les films Kodacolor Gold, ces inhibiteurs sont nouveaux et plus efficaces. Kodak précise que l'amélioration de la séparation des couleurs (le contraste des couleurs) atteint 40 %.

LOISIRS

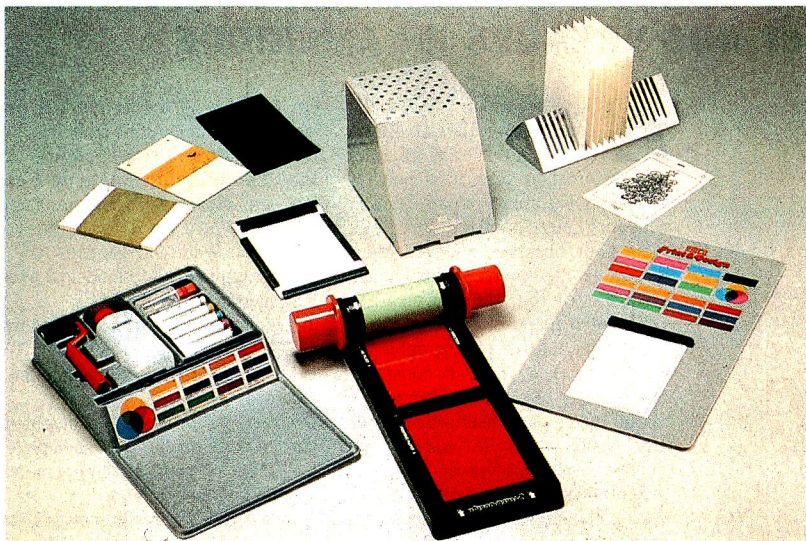
MINI-IMPRIMERIE COULEURS

L'imprimerie en couleurs entre dans la cellule familiale. Proposée par Rougier et Plé, cette imprimerie est très miniaturisée (le matériel peut tenir dans une petite valise) et à commande purement manuelle. Elle permet l'impression en quadrichromie (jaune, magenta, cyan et noir) de documents dont le format maximal est de $10,5 \times 14,8$ cm (cartes postales, cartes de visite ou d'invitation, notices diverses par exemple).

Les conditions d'utilisation de cette imprimerie sont des plus simples et à la portée des enfants de plus de 10 ans, les 4 couleurs devant être reproduites successivement en superposition.

Première opération, la sélection des couleurs. L'utilisateur reproduit sur un papier calque, à l'aide d'un feutre fourni avec le matériel, les parties du document qui devront être imprimées en cyan (bleu-vert). Ce calque est ensuite disposé dans un châssis-presse avec une plaque sensible. Puis la plaque est développée dans un révélateur spécial fourni avec le matériel. Elle est enfin montée sur la presse.

Seconde opération, l'encrage. L'encre d'imprimerie cyan est étalée sur une lame de verre. Un rouleau encreur est passé sur cette lame, puis sur la plaque d'impression. Celle-ci ne retient l'encre que dans



ses parties comportant le dessin.

Troisième opération : l'impression. Une carte à imprimer est disposée sur la presse en respectant des repères de positionnement ; le rouleau à imprimer est alors passé sur la carte, également en suivant des repères.

Plusieurs passages sont effectués afin d'obtenir la densité de couleurs souhaitée. La carte est ensuite retirée et mise à sécher.

Plusieurs cartes peuvent ainsi être successivement imprimées, la plaque devant alors être réencrée toutes les

5 ou 6 cartes.

Ces trois séries d'opérations sont répétées pour les autres couleurs (magenta, jaune et noir). Bien entendu, la même carte sert à imprimer les diverses couleurs en superposition. L'avantage de la mini-imprimerie Rougier et Plé, est qu'elle permet de travailler avec des clichés à l'endroit ; ainsi le dessin ou le texte à imprimer est-il directement repris sur le document gravé.

Prix : 765 F. Pour tous renseignements : Rougier et Plé, BP 46, 91122 Palaiseau. Tél. (1) 69 30 19 11.

TÉLÉVISION

UN MINI-TÉLÉVISEUR AVEC PRISE MAGNÉTOSCOPE

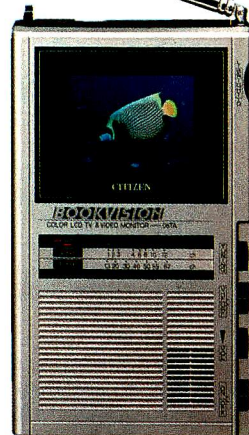
Dernier-né des téléviseurs couleurs de poche japonais, le Citizen Bookvision 05-TA, se distingue de ses concurrents : il peut être raccordé à un magnétoscope. Il sert alors de moniteur pour le contrôle des enregistrements.

De même, le Bookvision peut être branché à une caméra vidéo, se transformant ainsi en viseur en couleurs (alors que les viseurs électroniques sont habituellement en noir et blanc).

Bien entendu, ce récepteur reçoit

aussi les chaînes de télévision. Il est équipé d'un écran d'environ 10 cm. Prix : 2 000 F aux Etats-Unis.

Observons ici que la multiplication des téléviseurs miniatures japonais ne signifie pas que leurs ventes soient très importantes. En fait le marché est actuellement limité et les constructeurs ne produisent des récepteurs que pour les systèmes NTSC américain et japonais. Rien n'est produit en PAL pour l'Europe car, sur ce continent, les prévisions de ventes sont trop faibles.



DERNIÈRES OCCASIONS POUR TRAQUER LA COMÈTE : LE CONCOURS PHOTO LEITZ - SCIENCE & VIE ET NOS VOYAGES EN AMÉRIQUE

Elle est sur le départ. La comète se prépare en effet à nous quitter et il ne vous reste guère que deux mois pour la voir, la photographier et participer au concours Leitz-Science & Vie. Deux mois pour observer un événement que vous ne reverrez plus jamais puisqu'il ne se reproduira qu'en 2062.

Dès le 5 mars, et durant tout le mois, vous pourrez photographier la comète de Halley dans la constellation du Sagittaire, bas sur l'horizon le matin. Du 21 au 27 mars, elle devrait être visible vers le sud-est, 90 minutes avant le lever du Soleil. Sa magnitude sera faible, de l'ordre de 4, soit un peu moins que l'étoile polaire. Aux instruments, on devrait voir sa double queue. A partir du 20 avril elle sera à nouveau visible à la tombée de la nuit, un peu plus haut sur l'horizon sud-est/sud. Sa magnitude ira en diminuant. En mai elle sera très difficile à voir. Pour la photographier, utilisez au moins un téléobjectif de 200 mm de focale et un pied robuste. Toutes les focales plus longues sont préférables. Pour les poses de plus d'une minute un système équatorial est nécessaire. L'expérience des prises de vues de décembre et janvier nous permet aujourd'hui d'envisager un peu plus précis dans les temps de pose utilisables. Avec 4/400 mm la pose devrait être de l'ordre de 10 à 15 minutes. Essayez 6-10 et 14 minutes. Sans pied avec monture équatoriale vous devrez chercher à poser moins. Pour cela, utilisez un film de 1 600 ISO : la pose pourrait alors tomber à 1 minute. Le même résultat semble possible avec un négatif couleur de 1 00 ISO à cause de sa latitude d'exposition qui peut être de ± 2 diaphragmes. Il y a aussi la technique de l'hypersensibilisation du film qui est la plus intéressante car elle conserve la finesse de l'émulsion. Mais elle exige l'utilisation rapide de la pellicule. Un film Technical Pan Kodak de 25 ISO peut ainsi être exposé à 3 200 ISO. Il en est de même d'un Ektachrome. Vous pouvez acheter de telles pellicules en 24 x 36 chez Medas, 57 avenue Paul Doumer, 03200 Vichy. Mais attention,

ces films ne se conservant pas, les quantités livrables sont limitées.

Le concours Leitz-Science & Vie Photo de la comète de Halley sera clos le 30 avril prochain. Rappelons qu'il est doté de 20 prix offerts par Wild-Leitz France :

1^{er} prix : un Leica R4S modèle 2 avec Summicron 2/50 mm

2^e prix : un projecteur Leitz Pradovit 253 AF à infrarouge

Du 3^e au 5^e prix : des jumelles Leitz Trinovid

Du 6^e au 10^e prix : des flashes Metz Mecablitz de qualité professionnelle.

Du 11^e au 20^e prix : des équipements de développement Jobo.

Le détail de ces récompenses a été publié dans notre numéro 821 de février. Une erreur de composition fait que le 9^e et 10^e prix ont été omis. Ce sont deux flashes Metz BCT 4. Le jury se réunira après la mi-mai. Sa composition est la suivante :

- 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.

- M^{me} Michèle van Hollebeke, chargée de mission scientifique, à la Cité des sciences et des techniques de La Villette.

- M. Emilio Ortiz, ancien pilote à Air France, amateur d'astronomie, ayant découvert trois comètes dont la comète White-Ortiz-Borelli (1970-VI).

- M. Roger Bellone, notre spécialiste photo.

Les plus belles photos, certains de nos lecteurs pourront les faire avec nos voyages en Amérique du Sud (rappelons à ce propos que ceux qui auront photographié la comète dans des conditions plus difficiles, en novembre dernier, ou en France, ne seront pas défavorisés : le jury prendra en compte les diverses catégories de concurrents).

Science & Vie et FNAC-Voyages vous proposent tout d'abord une traversée de la Cordillère des Andes, soit du 26 mars au 7 avril, soit du 9 au

21 avril. Elle commencera par la vallée de Mendoza en Argentine, se poursuivra par les plateaux de San Juan caractérisés par la sécheresse et l'extrême pureté de l'atmosphère (très favorable à l'observation de la comète) et se terminera au Chili avec la visite de Santiago, Valparaiso et La Serena. Durant le voyage, les visiteurs seront reçus dans deux des plus grands observatoires américains : celui de Barreal en Argentine, géré par l'université de Yale (USA), et l'observatoire austral européen de La Silla au Chili. Prix : 18 000 F environ. Il comprend : transports, pension complète, prêts de matériel d'observation essentiellement par la firme Pentax. Pour la partie scientifique, les participants seront conseillés par notre collaboratrice Anna Alter, astrophysicienne. Le programme de ce voyage a été annoncé dans notre numéro de décembre dernier. Renseignements et inscriptions : FNAC-Voyages, 6 bd de Sébastopol, 75004 Paris. Tél. (1) 42 71 31 25.

Science & Vie et Daro-Voyages vous proposent ensuite un voyage plus court, pour voir la comète à Rio de Janeiro. Il se déroulera du 31 mars au 6 avril. Vous pourrez y observer la comète dans la région de Petropolis à 63 km de Rio. Prix : 8 500 F par personne, en chambre double ou 9 100 F en chambre individuelle (sans les repas de midi à Rio). Renseignements et inscriptions : Daro-Voyages, 22 rue Royale, 75008 Paris. Tél. (1) 42 60 34 29.

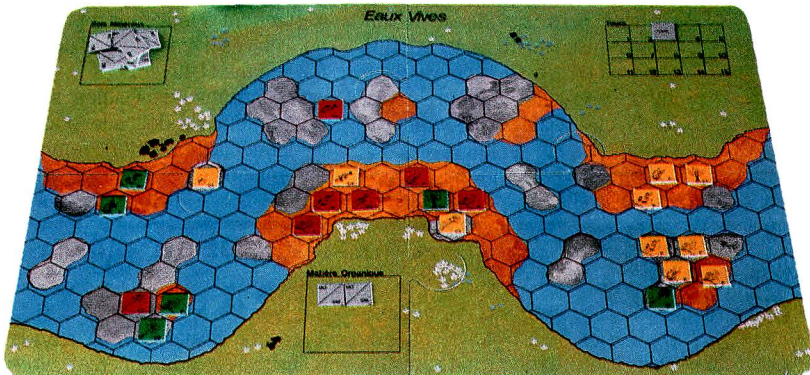
▲ **La Maison de l'astronomie** organise des cours mensuels suivis de stages pratiques qui portent sur l'utilisation des instruments (principes de fonctionnement...), l'observation (comment repérer les planètes...) et sur des notions d'astronomie (mouvements de la Terre, les phénomènes simples et leur interprétation : occultation, élongation, conjonction...). Lieu des cours et renseignements : Maison de l'astronomie, 33-35 rue de Rivoli, 75004 Paris. Tél. (1) 42 77 99 55.

ÉDUCATION

JOUER COMME POISSONS DANS L'EAU

Voici un jeu intelligent conçu pour sensibiliser les adolescents de plus de 12 ans à l'importance des problèmes écologiques et qui, pour cela, les fait participer à la vie d'un écosystème, le ruisseau. Le nom de ce jeu, "Eaux vives", le définit parfaitement, les joueurs (de 2 à 4) devant faire vivre et multiplier dans la rivière tous les maillons de la chaîne alimentaire symbolisés par des pions. Ceux-ci sont marqués et représentent, d'une part, des plantes (P) qui assimilent des sels minéraux (SM), eux-mêmes issus de la minéralisation de la matière organique (MO), d'autre part, des consommateurs primaires (C1), herbivores, et des consommateurs secondaires (C2), carnivores, ainsi que leurs prédateurs, les consommateurs tertiaires (C3), eux-mêmes pourchassés par les consommateurs quaternaires (C4). Tout acte de prédation, ainsi que la mort des plantes, s'accompagne de la production de matière organique, bouclant ainsi le cycle de la vie dans le ruisseau.

Les joueurs placent leurs pions dans des cases sur l'une des zones de ce ruisseau (dans le milieu du courant, sur les gravières, les rochers...), dessinées sur le plateau du



jeu. Chaque pion-consommateur se déplace selon son processus d'évolution dans la pyramide écologique. Les pions-plantes restant fixés à leur place d'origine, ne peuvent coloniser l'espace qu'en se reproduisant. Lorsque vient son tour, un joueur doit assurer la vie dans le ruisseau : chacun de ses pions doit se nourrir, se reproduire et de nouveaux pions peuvent s'implanter. Est gagnant, celui qui a le maximum de pions sur le plateau. Pour arriver à cette fin, les joueurs s'apercevront vite qu'ils doivent respecter un certain équilibre des pions, puisque le jeu est calqué sur l'équilibre biologique.

Quelques notions d'écologie sont rassemblées dans un petit fascicule annexe, rédigé par la Société nationale de protection de la nature. "Eaux vives", qui a été conçu et réalisé par de jeunes chômeurs que leurs affinités et leurs études en biologie ont conduit à la défense de l'écologie, a reçu une mention spéciale du jury au concours "Oscar 86 : La Villette", du jeu à caractère scientifique et technique. Prix : environ 160 F dans les magasins de jeux ou par correspondance 140 F + port (20 F), Frédéric Guerrier, 8 rue Ste Mèrme, 28000 Chartres. Tél. 37 21 44 36.

MAISON

DES CISEAUX EN CÉRAMIQUE



Utilisée en bijouterie, notamment sous forme de faux diamants appelés diamélites, la céramique est maintenant entrée sur le marché grand public. Une firme japonaise, en effet, produit depuis deux ans (mais l'importation en France ne débute qu'aujourd'hui) des ciseaux et des couteaux en

zircon, une céramique dont la dureté est proche de celle du diamant et la résistance égale aux métaux comme le titane. De plus elle est amagnétique caractéristique précieuse pour les monteurs de son qui peuvent ainsi couper leurs bandes magnétiques sans altérer l'enregistrement. De par ses propriétés cette céramique n'a pas besoin d'affûtage et les outils coupent aussi bien du papier, du carton que n'importe quelle sorte de tissu. Les ciseaux coupant du tissu présentés sur notre photo, sont un modèle professionnel (Arston CS 27) et peuvent couper du kelvar et des tissus de fibres de verre ou de carbone (prix : environ 3 600 F). Il existe également un modèle moyen de forme inhabituelle

Cemic 90 (950 F environ) et un petit modèle Arston CS 15 (185 F). Vendus par correspondance par la société Meker, 105-107 bd de Verdun, 92400 Courbevoie. Tél. (1) 43 33 31 81.

▲ **Le Musée de l'holographie** à Paris organise en mars et avril trois sortes de stages sur les techniques holographiques : Sensibilisation à ces techniques (4 heures, 250 F) ; Initiation à la réalisation d'hologrammes (un week-end, 1 600 F) ; Pratique de la réalisation d'hologrammes de types divers (une semaine, 4 250 F). Renseignements : Forum Holographie, Forum des Halles, BP 180, 75045 Paris, Cedex 1. ▲

FORCE 5 SUR LA PHYSIQUE

(suite de la page 23)

les temps de chute de 2 masses différentes à moins de 0,1 nanoseconde près si la distance parcourue est de 10 mètres. Une expérience de ce type va d'ailleurs être réalisée au bureau des poids et mesures à Sèvres par l'équipe du Pr Sekuma.

Comme cette théorie est originale, elle a suffisamment

remué le monde scientifique pour que de nombreuses équipes s'attachent à leur tour à prouver ou réfuter l'existence d'une 5^e force dans l'Univers.

Le fantôme de Galilée saura rapidement s'il doit aller hanter les iconoclastes qui ont remis sa loi en cause...

Sven ORTOLI ●

POUR SHELDON GLASHOW, PRIX NOBEL DE PHYSIQUE, LA 5^e FORCE C'EST LA 6^e



« La 5^e force, c'est la mienne, pas celle dont tout le monde parle ! Je m'explique : d'après les théories de la Grande Unification, le proton doit être mortel : mais il a la peau dure. Car on ne l'a jamais vu passer l'arme à gauche. Vous admettez que la mort de cette particule est indispensable pour confirmer mes théories et celles de mes collègues ! Enfin, on guette son dernier soupir un peu partout dans le monde et les expériences continuent. On avait calculé que sa durée de vie devait être comprise entre 10^{30} et 10^{32} ans. Mais aujourd'hui on pense qu'elle doit être beaucoup plus grande, peut-être supérieure à 10^{34} ans. Mais on ne désespère pas d'assister un jour à l'agonie d'un proton. Et la force qui sera responsable de sa mort est la 5^e force. Quant à la nouvelle, la 6^e force, elle montrerait que Galilée s'est trompé. Ce serait un désastre pour l'Italie. Mais rien n'est encore joué. Il faut réaliser de nouvelles expériences.

» Les données qui tendent à prouver que cette force existe datent de plus de 60 ans. Même si la manière dont on mesure la constante de la gravitation n'a pas beaucoup changé depuis la fin du XVIII^e siècle, il faudrait faire des expériences plus modernes, en mer profonde par exemple, pour ne pas être gêné par les différences de densité des roches : la densité de l'eau est, elle, uniforme et bien connue. Un gravitomètre sur la mer et un à 100 mètres de pro-

fondeur, et on serait fixé ! Si la force de gravité n'est pas la même c'est que cette force existe.

» Une telle expérience est nécessaire parce qu'on sous-estime la gravité lorsqu'on la mesure en laboratoire. En effet on ne distingue pas sa partie attractive de sa partie répulsive. Ce qu'on mesure c'est la résultante des deux. La force de gravité (attractive) devrait donc être plus grande, une fois la sixième force annulée.

» A notre échelle le changement serait imperceptible, puisque cette sixième force est mille fois plus faible que celle de la gravité. Mais à l'échelle de l'Univers, cela commencerait à compter. Avec une constante de la gravitation sous-évaluée, on aurait surestimé la masse de tous les corps célestes. Il faudrait enlever 1 % à leurs masses actuelles. Notre bonne vieille Terre "pèserait" quelque 60 milliards de milliards de tonnes et le Soleil 20 millions de milliards de milliards de tonnes de moins. Une bonne cure d'amaigrissement !

» La 6^e force est séduisante mais reste très spéculative. Elle n'existe probablement pas. Ce n'est pas pour autant qu'il ne faut pas vérifier son existence, au contraire. Les idées nouvelles s'avèrent souvent fausses. N'empêche qu'avant de les rejeter, il faut toujours procéder à de nombreuses vérifications. On ne sait jamais !

Propos recueillis
par Anna ALTER

MALINS COMME DES SINGES

(suite du texte page 153)

qu'elle maîtrisa bien ces 25 symboles, le Dr Matsuzawa entreprit de lui apprendre les chiffres de 1 à 5, en sélectionnant 5 objets et 5 couleurs.

En montrant d'abord à Aï un ou deux objets d'une même couleur, la guenon devait appuyer sur les touches 1 ou 2. Encore une fois, à bonne réponse, petite sucrerie, jusqu'à ce que le taux de réussite égale ou dépasse 90 % : en 4 h et 13 min, Aï sut distinguer le 1 du 2. Et, le lendemain, le dressage reprenait avec un symbole de plus. Pour parvenir à lui faire différencier les cinq premiers chiffres, il fallut 68 h et 21 min, soit 28 799 tentatives. D'ailleurs, pour corser un peu l'affaire, le maître demanda à l'élève d'identifier tout à la fois les objets, leur couleur et leur nombre : au terme de ce nouvel et bien rude entraînement, Aï réussit à se sortir des différentes combinaisons, en moins de 3 secondes, avec un taux d'erreurs inférieur à 3 %.

Les choses se sont gâtées depuis que le Dr Matsuzawa a décidé d'aller au-delà : le passage du 5 au 6 s'est soldé par plus de 63 % d'échecs... ce qui n'entame pas l'optimisme du chercheur japonais. Selon lui, Aï est fort capable de réellement compter, car il semble peu probable qu'elle se soit souvenue de toutes les combinaisons, tout en parvenant à les associer aux touches correspondantes sur le clavier.

Est-ce à dire que les singes sont dotés de structures cérébrales leur permettant de jongler avec les chiffres ? Avant de répondre de façon catégorique, les scientifiques voudront sans doute vérifier posément les expériences de leur collègue. En tout cas, voilà de quoi relancer le débat sur les capacités de nos cousins germaines, les chimpanzés, dont le patrimoine génétique est à 99 % semblable au nôtre. Mais c'est ce 1 % de différence qui fait l'Homme.

Françoise HARROIS-MONIN ●

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 3764
35, rue Collange 92303 Paris-Levallois.
Tél. : (1) 42 70 73 63.

DEVENEZ REPORTER JOURNALISTE

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

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

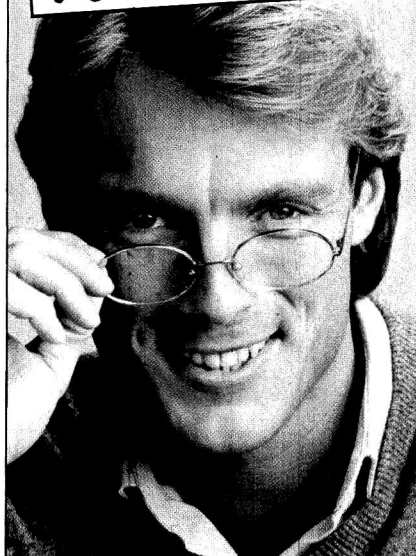
Demandez la documentation gratuite n° 17 à
UNIVERSALIS, 11, Faubourg Poissonnière, 75009 PARIS.
Pour la Belgique : 13, bd Frère Urban, 4000 Liège. Tél. 041/23.51.10

BON pour une documentation gratuite
sans engagement et sans frais.

à découper ou à recopier

NOM : _____
PRENOM : _____
ADRESSE : _____

Développez votre mémoire



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

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

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

Comment cela est-il possible ?

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

Pour la recevoir, il vous suffit de découper et de remplir le bon ci-dessous, et de le renvoyer à l'I.P.M. (Service L.603) - 40, rue Jules-Ferry - 59430 Saint-Pol-sur-Mer - Tél. (28) 60.96.47 (établissement privé).

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

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

Mon nom _____ Mon prénom _____

Mon âge _____ Mon adresse _____

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

**GRATUIT
ET SANS
ENGAGEMENT**



LES VOYANCES DU DOUBLE AVEUGLE

(suite de la page 49)

C'est alors seulement qu'on lui a communiqué, comme elle le demandait, la liste des établissements hospitaliers choisis pour les essais. L'un d'eux se trouve être celui du Dr Chevreil, à Bobigny, où ce médecin homéopathe a déjà pratiqué, en 1982, l'expérimentation sur *Opium 15 CH*, dont nous avons parlé, et que l'ouvrage de J.-J. Aulas considère comme grevée « d'un biais méthodologique majeur » ! On a aussi accordé à l'Académie les guillemets autour de la « loi de similitude »...

2° Alors qu'on ne connaîtra pas le résultat de ces expériences avant quelques mois, sinon avant plusieurs années, l'enseignement de l'homéopathie est en passe d'être officialisé et sanctionné par un diplôme inter-universitaire. Actuellement, quelques universités dispensent un tel enseignement et délivrent un diplôme, qui n'a d'ailleurs pas de

valeur officielle. C'est précisément le point sur lequel l'Académie de médecine avait pris, il y a longtemps déjà, une position très claire et très ferme : les médicaments homéopathiques devraient être soumis aux mêmes procédures de vérification que les autres produits pharmaceutiques.

Tant qu'il n'ont pas prouvé leur efficacité, les étudiants en médecine pourraient recevoir une information sur l'homéopathie, mais non un enseignement aboutissant à la délivrance d'un diplôme officiel. Les membres de l'Académie les plus sceptiques à l'égard de l'homéopathie se déclaraient à l'avance prêts à réviser leur position si des essais cliniques correctement menés leur donnaient tort.

Or que fait M^{me} Dufoix ? Exactement le contraire. Elle organise une expérimentation et elle prend des décisions — lourdes de conséquences — comme si le résultat en était connu à l'avance. Attitude qui, compte tenu des étrangetés déjà

mentionnées, achève de jeter le doute sur le sérieux de l'expérience en cours.

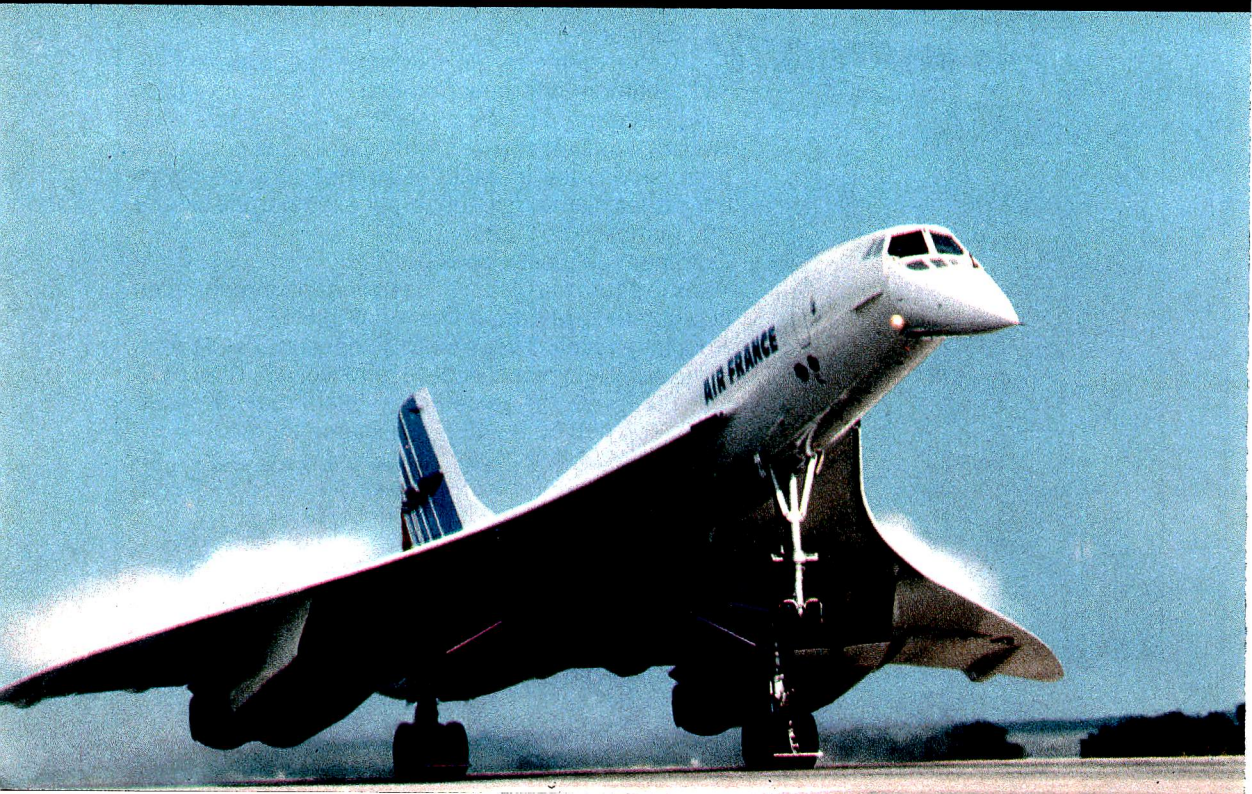
3° Ce n'est pas tout. La Fondation pour l'évaluation des thérapeutiques alternatives se voit ouvrir le vaste champ des médecines dites encore "douces" ou "parallèles" : iridologie, naturopathie, digitalogie, instinctothérapie, ostéopathie, do-in, facia-thérapie, guérison par le toucher, diagnostic astrologique, radiesthésie... on en passe.

M^{me} Georgina Dufoix assure qu'ainsi, on pourra séparer « les pratiques efficaces de celles qui ne le sont pas ». Si, comme pour l'homéopathie, on confie l'expérimentation des "médecines douces" à ceux-là même qui les pratiquent, cela mènera loin. Comme on lui demandait si elle pensait autoriser des non-médecins à poser des diagnostics et à prescrire des thérapeutiques, M^{me} Dufoix a répondu : « Pas pour le moment. »

À quand cette heureuse licence ?

Michel ROUZÉ ●

Nous sommes fiers



MICROS EN CRISE

(suite de la page 81)

mais marque un tournant dans l'évolution de ce marché.

L'Angleterre aujourd'hui, avec les déboires de Sinclair et d'autres constructeurs, la France demain, les déceptions du MSX japonais, tout cela fait réfléchir. Quand on sait que les ordinateurs familiaux sont en majorité achetés, ou plus précisément préconisés, par des adolescents (80 % des acheteurs ont entre 12 et 18 ans, aux Etats-Unis comme en Europe), on ne peut que s'inquiéter de tout retournement de goût : cette partie de la population est très sensible aux phénomènes de mode, et la micro familiale n'en est peut-être qu'une. L'année dernière, c'était l'ordinateur, cette année c'est le patin à roulettes. Les choses se posent en ces termes.

Mais ce triste bilan ne doit pas faire oublier quelques réussites insolentes. Et, en tout premier

lieu, celle d'Amstrad, marque anglaise qui faisait déjà parler d'elle aux beaux temps de la hi-fi, avec ses produits bas de gamme et incroyablement bon marché, car fabriqués en Extrême-Orient. Elle récidive, avec un ordinateur-miracle : capable du meilleur (applications presque professionnelles) comme du pire (jeux vidéo archi-connus), offrant pour un prix dérisoire tout ce dont on peut rêver, le CPC 464 a été plébiscité dans l'Europe entière. Ce succès est largement dû au souci très respectable des animateurs d'Amstrad de faire évoluer leur gamme vers le haut et vers les applications sérieuses, tout en maintenant des prix très bas. Témoins encore, le PCW 8256, qui vient d'arriver sur le marché, offre, pour moins de 7 000 F, un ensemble d'allure tout à fait professionnelle, avec imprimante et lecteur de disquettes !

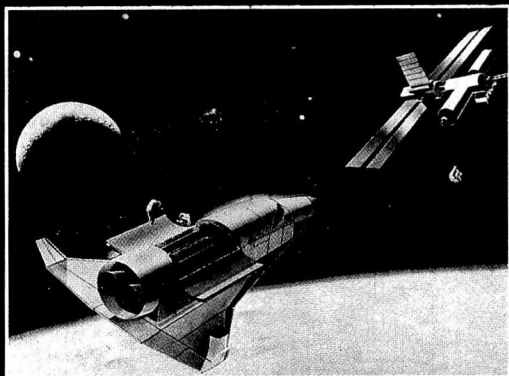
Le succès d'Amstrad et celui, espéré, de ceux qui, tels Atari avec son "Jackintosh" ou

Thomson avec son T09, tentent de faire de l'informatique utile et bon marché, confirme les espoirs que l'on peut mettre dans cette vision de la micro. L'adoption des ordinateurs, de plus en plus compacts, rapides, puissants et performants, est désormais irréversible dans des domaines comme le traitement de texte, les manipulations de chiffres en tableaux complexes (les "tableurs", comme VisiCalc, Multiplan ou 1-2-3), la gestion de données, organisées et classées en fichiers, la tenue de comptes, pour ne citer que les plus courants. S'obstiner à faire des ordinateurs de gros joujoux, si extraordinaires soient-ils, est voué à l'échec : les Japonais, qui en font l'expérience et croient qu'ils occuperont le marché en se contentant d'améliorer encore les capacités graphiques et les gadgets de leur système MSX, tout en négligeant les logiciels utiles et originaux, n'ont pas encore compris cette leçon.

Thierry DEPAULIS ■

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.



aérospatiale

FAITES LE POINT AVEC LES HORS SERIE DE SCIENCE & VIE

- | | |
|---|---|
| N° 136 - LA MEDECINE | N° 147 - LE SPORT
AU QUOTIDIEN |
| N° 137 - AUX CONFINES
DE L'UNIVERS | N° 148 - L'ESPACE :
LE NOUVEAU MONDE |
| N° 139 - L'AUTOMOBILE | |
| N° 140 - LA POLICE
SCIENTIFIQUE | N° 149 - LA PHOTO
IMAGES
SYNTHETIQUES |
| N° 144 - LES CATASTROPHES
NATURELLES | N° 150 - LES MEDECINES
PARALLELES |
| N° 146 - LA NOUVELLE
BOTANIQUE | N° 151 - AVIATION 85 |
| | N° 152 - LE CHOC
DES MEDIAS |



BULLETIN DE COMMANDE

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

Nom
Prénom
Adresse
Code postal Ville

• NUMEROS HORS SERIE :

.....
soit numéros à 18 F l'un franco (étranger 23 F)
• RELIURES

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

CI-JOINT MON REGLEMENT TOTAL DE F
par chèque à l'ordre de SCIENCE & VIE-BRED.
Etranger : mandat international ou chèque
compensable à Paris. SV 820

ART ET SCIENCE : LA PENDULE ASTROLABE

(suite de la page 125)

temps sidéral est essentiel en astronomie car il permet de localiser une étoile connaissant son ascension droite et sa déclinaison.

Enfin, on trouve sur l'horloge une aiguille ayant le profil d'un dragon stylisé qui matérialise la droite formée par l'intersection de l'écliptique avec l'orbite lunaire. Cette droite, ou ligne de nœuds, est très importante en ce qui concerne les éclipses. Si la Lune tournait autour de la Terre dans le même plan que celle-ci autour du Soleil, on aurait une éclipse solaire à chaque nouvelle Lune (elle passe entre le Soleil et nous) et une éclipse de Lune à chaque pleine Lune (elle passe dans l'ombre de la terre). En réalité, le plan de l'orbite lunaire fait un angle d'environ 5° avec le plan de l'écliptique, et les pleines éclipses de Lune ou de Soleil n'ont lieu que lorsque la Lune est dans l'intersection de ces deux plans (ligne des nœuds) ou du moins très proche.

Cela revient à dire que la Lune doit être dans le plan de l'écliptique — c'est pour exprimer ce fait que l'on a donné ce nom au plan de l'orbite terrestre. Le nombre maximum d'éclipses possibles en un an est de 7, avec 5 éclipses de Soleil et 2 de Lune, ou 4 de Soleil et 3 de Lune ; c'était le cas en 1935 et en 1983.

Comme on le constatera en observant la pendule astrolabe, les éclipses de Soleil sont plus fréquentes que celles de Lune, mais elles sont beaucoup plus localisées ce qui les fait paraître plus rares. Ainsi pour Paris, il y a eu une éclipse totale de Soleil en 1724 et la prochaine aura lieu en 2026 : tous ceux qui sont nés après 1926 ont des chances de la voir, mais les chances sont évidemment meilleures pour nos très jeunes lecteurs que pour les actuels octogénaires.

On constate qu'une période voisine de 6 585 jours, soit 18 ans 11 jours ramène sensiblement le Soleil, la Lune et la ligne des

nœuds dans les mêmes positions relatives ; elle était déjà connue des Chaldéens sous le nom de Saros et une éclipse quelconque se reproduit au bout de cette période avec les mêmes caractères et la même durée — mais pas fatalement en un même point du globe. Ainsi l'éclipse totale de Soleil du 10 septembre 1923 localisée sur l'Asie centrale est revenue le 21 septembre 1941, mais sur la Californie.

Tous ces phénomènes sont indiqués sur la pendule par l'aiguille du dragon, qui ne retrouve la même position par rapport au cercle du zodiaque que tous les 18 ans 11 jours (ce qui suppose un judicieux calcul pour apparier les engrenages). Il y a éclipse solaire quand la nouvelle Lune a lieu sur l'aiguille du dragon, en conjonction (par rapport à la Terre du pivot central) avec le Soleil stylisé sur sa propre aiguille. Il y a éclipse de Lune quand la pleine Lune, en opposition avec le Soleil a lieu sur la langue ou la queue du dragon.

La disposition du cadran, qui est celle des anciens astrolabes, comporte en fond une projection stéréographique polaire de la Terre, ce qui permet, grâce au cercle mobile des mois, de connaître la hauteur du Soleil au-dessus de l'horizon et sa position par rapport aux tropiques. La même disposition, sauf la Lune avec ses phases, se retrouve dans la montre offerte par la firme suisse Ulysse Nardin ; celle-ci est à mouvement mécanique, avec balancier spiral et remontage automatique.

Toutefois, il faut vraiment avoir la pendule sous les yeux pour apprendre à lire ces indications, et nous n'insisterons pas ; ce qui est intéressant c'est surtout de voir que la France est restée la seule à offrir un produit de haute classe en matière d'horloge ; ces pendules astrolabes font d'ailleurs souvent partie des cadeaux diplomatiques ou présidentiels, ce qui suffit à témoigner de leur valeur intrinsèque.

Renaud de LA TAILLE ▲

L'HOMME DANS L'ESPACE

Une expérience à partager avec **GALAXY CONTACT**
diapos - posters - films vidéo.

LES DIAPOSITIVES AVEC COMMENTAIRES DES VUES

APOLLO 17. La dernière mission lunaire en décembre 1972, utilisation de la jeep lunaire. Série de 35 diapos couleur. Réf. D2 **149 F**
COLUMBIA. Le premier vol orbital du "camion de l'espace". Série de 27 diapos couleur. Réf. D5 **139 F**

NOUVEAU

APOLLO 15. La quatrième mission lunaire du programme APOLLO en juillet 1971. 1^{re} utilisation de la jeep lunaire par Scott et Irwin. Série de 31 diapos couleur. Réf. D15 **149 F**

LES POSTERS COULEUR SUR PAPIER BRILLANT

50x70 cm l'unité **39 F**
BRUCE MAC CANDLESS. Le premier essai du fauteuil spatial en février 1984. Réf. PP300.

COLUMBIA. La navette spatiale prête à décoller pour son premier vol orbital. Réf. PP200.

LES POSTERS COULEUR SUR PAPIER PHOTO

50x70 cm l'unité **139 F**

LA NAVETTE SPATIALE COLUMBIA. La navette s'élève au dessus de la plate-forme de lancement du Cap Kennedy. Réf. 008.

EDWIN ALDRIN. Photo prise au cours de la première mission lunaire en juillet 1969. Neil Armstrong se reflète sur la visière du scaphandre. Réf. 009.

LES MAQUETTES

ASTRONAUTE SUR LE MMU. Echelle 1/8", hauteur 23 cm, sans colle ni peinture. Réf. 4731 **139 F**

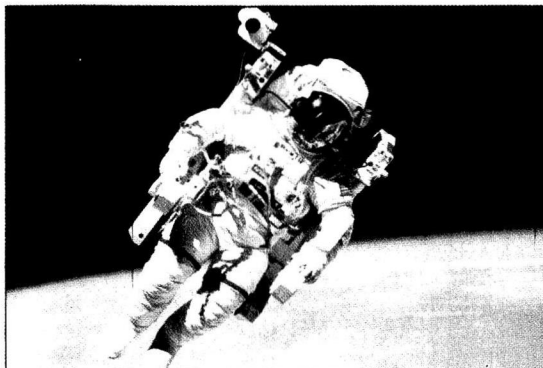
NAVETTE SPATIALE. Echelle 1/72", longueur 48,9 cm, envergure 36 cm, sans colle ni peinture. Portes de soutes ouvrantes avec SPACELAB et bras manipulateur. Réf. 4734 **329 F**

LES FILMS VIDEO EN V.O. VHS OU V 2000

APOLLO 11. Les premiers pas de l'homme sur la Lune en juillet 1969. Durée 33 mn. Réf. CV1 **400 F**

MISSION SOLAR MAX. L'exploit des premiers mécaniciens de l'espace. Durée 56 mn. Réf. CV6 **450 F**

RECEVEZ NOTRE CATALOGUE COULEUR GRATUITEMENT
A VOTRE PREMIERE COMMANDE.



En février 1984, Bruce Mac Candless fait le premier essai du fauteuil spatial. Réf. PP300.

BON DE COMMANDE

à recopier ou à retourner avec votre règlement à :

GALAXY CONTACT Dept V83. BP 26. 62101 CALAIS CEDEX.

TEL. 21.34.05.42

NOM PRENOM

ADRESSE

CODE POSTAL [] [] [] [] VILLE

REF.

Montant de la commande F + 15 F de frais d'envoi : **TOTAL** F

Option envoi en recommandé +15 F F : **TOTAL** F

☐ Je ne commande pas d'articles mais je désire recevoir votre magnifique catalogue couleur (plus de 120 photos NASA couleurs, posters, cartes postales, diapositives, films vidéo, maquettes, etc...). Je joins 4 timbres de 2,20 F à mon envoi.

RETROUVEZ L'USAGE DE VOTRE ESCALIER



EN APPUYANT
SIMPLEMENT
SUR UN BOUTON

DERBY SOPAL®

Silencieux et confortable, le DERBY est simple à utiliser : il vous suffit d'appuyer sur un bouton pour descendre et monter vous-même votre escalier en toute sécurité. Pré-monté en usine sur mesure, il peut être installé chez vous en quelques heures pour suivre les escaliers **droits** ou **courbes** à partir de 58 cm de large. Sa pose est réalisable sans déranger votre intérieur.

Installation et service après vente partout en France

et en Belgique. Demandez vite notre documentation

gratuite, sans engagement de votre part

en téléphonant au **(1) 48.20.65.70** ou

en renvoyant le coupon ci-contre à :

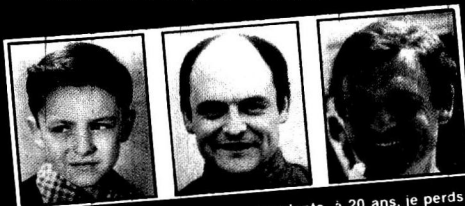
DERBY SOPAL 911 8, rue Providence 92710 LA GARENNE-STE DENIS
Donnez votre adresse pour recevoir la documentation gratuite sur le **DERBY**.
Nom Adresse Code Ville

Hairskin

Les cheveux Sauvages de
Bernard DARNICHE

**Paiement échelonné par
crédit Sofinco**

* Sous réserve d'acceptation du dossier



à 10 ans, j'avais une chevelure abondante. à 20 ans, je perds mes cheveux, et à 40 ans, je crée pour **HAIRSKIN** mes Cheveux Sauvages.

Faites comme moi !
Ecrivez à **HAIRSKIN** - BP 268 - 75010 PARIS

Je désire recevoir la brochure explicative **HAIRSKIN**
Nom

Prénom

Adresse

[] [] [] [] Ville

Tel

LE SYNCHROTRON ÉLECTORAL

(suite de la page 19)

tallé en Allemagne ! Il s'agit d'une soufflerie cryogénique transsonique, autrement dit d'un tunnel à vent, très froid, dans lequel des maquettes d'avions et d'engins ballistiques et spatiaux sont testés comme en plein vol. Un projet d'une ampleur comparable, sur le plan financier, à celui du synchrotron. Du coup, la querelle Strasbourg-Grenoble devenait franco-française. La boucle était bouclée !

A l'exception de l'Angleterre, qui était dans le coup, tous les autres pays européens ont été mis devant le fait accompli. Fureur, de Copenhague à Rome, de Vienne à Amsterdam. Le Danemark se retire du projet. Les Italiens menacent de faire de même.

Fureur aussi à Paris, où le Pr Jacques Friedel, qui présidait la société européenne de physique, écrit à François Mitterrand : « Le choix du site, entre Grenoble et Strasbourg, a donné lieu à de nombreuses discussions. Cependant les responsables au plus haut niveau de la recherche fondamentale en France, le ministre de la Recherche et le directeur général du CNRS, avaient tous conclu en faveur de Strasbourg ; pour des raisons scientifiques et techniques sérieuses, et je pense avec raison : c'est d'ailleurs dans cette perspective que l'accord avait été conclu avec les Allemands, et un engagement explicite liait l'Etat avec la région Alsace. La préférence *in extremis* pour Grenoble paraît alors due, soit à un poids anormal du CEA, soit à des raisons politiques internes ou sans doute à la conjonction des deux facteurs. »

Rien n'y fait. Sauf que les choses traînent en longueur. Entre 1980 et 1984, les spécialistes européens du rayonnement synchrotron, toujours sous les auspices de la Fondation européenne de la science, avaient mis à profit ces retards successifs pour affiner le projet. Faisant abstraction des querelles de

clocher, ils ont mis au point une nouvelle conception de la machine européenne, et sorti une nouvelle "bible" du synchrotron européen. C'est ce document, publié en octobre 1984, qui sert aujourd'hui de référence pour le choix définitif du site, la mise en route des travaux, le calendrier et le coût. Ce dernier a été fixé, en toute indépendance, à 1,3 milliard de francs. Soit dit en passant, ce n'est pas une montagne : la moitié du grand Louvre, à se partager à plusieurs.

Bien sûr, en présentant son projet, l'ILL avait avancé une somme nettement inférieure, de l'ordre de 800 millions. Un argument de plus pour appâter Paris. Mais, en dépit des économies que devrait permettre de réaliser la proximité de l'ILL et du CENG, cette estimation paraît fantaisiste. En fait, il se pourrait bien que le choix de Grenoble se révèle finalement plus onéreux que celui de Strasbourg. Car à Strasbourg, le terrain est là, spacieux, stable, dégagé, prêt à être construit. Tandis qu'à Grenoble, c'est une autre affaire.

Grenoble est une ville de montagne. Dans la vallée, où coulent le Drac et l'Isère, la place est comptée. Bien sûr, on peut trouver un terrain. On en a même trouvé trois (*dessins p. 15*)...

Le premier, celui qui a été initialement proposé par le CEA et l'ILL, prolonge le terrain de l'ILL. A première vue, c'est très bien : proximité immédiate. Mais l'ILL est situé sur la presqu'île que forment le Drac et l'Isère avant de confluer. C'est donc le bout de la presqu'île qui est offert au synchrotron. Sur le plan géologique, ce n'est pas mauvais : après tout, le réacteur nucléaire se trouve là aussi ; on ne l'aurait pas construit sur un terrain mouvant. Mais le site est étroit, biscornu. Il y a tout juste la place pour le synchrotron. Encore faudra-t-il supprimer les beaux terrains de sports du CENG (rugby, football, tennis, club hippique) qui se trouvent à cet emplacement — et en trouver d'autres ailleurs. Encore

faudra-t-il supprimer deux bretelles d'autoroute qui autrement passeraient au ras du synchrotron et rendraient problématique l'installation de longues lignes de faisceau ; encore faudra-t-il, probablement, supprimer une route qui longe l'Isère et sur laquelle les poids lourds créent des vibrations qui risquent de faire trembloter les faisceaux ; et trouver un autre emplacement pour une grosse antenne du CENG et une station météo qui se trouvent au beau milieu du site.

Bref, ce n'est pas exactement le terrain vierge préconisé par le rapport des experts. Pour finir, l'étroitesse du site rend d'éventuelles extensions impossibles. Or une machine comme celle-là est évolutive. La meilleure preuve, c'est que le projet de 1984 n'est déjà plus celui de 1979. Le rapport de 1984 précise explicitement que le site devra permettre de prévoir des extensions : par exemple, des lignes de faisceau plus longues, de nouveaux halls d'expérimentation, peut-être un second anneau.

C'est pourquoi l'ILL et le CENG proposent aussi un autre terrain, sur la commune de Sassenage. Sa surface n'est pas plus grande, mais elle est mieux répartie. Le site de l'ILL a la forme d'une girafe, celui de Sassenage a la mérite d'être rectangulaire. Mais il est situé de l'autre côté du Drac, juste en aval du confluent avec l'Isère. Un pont est en construction, mais il faudra tout de même prendre sa voiture pour y aller. Ce n'est plus la proximité immédiate de l'ILL : il n'y a plus la perspective d'avoir des bâtiments communs d'accueil, de restauration. On risque de se retrouver avec deux grosses machines nettement séparées, avec des allées et venues, certes, mais pas l'effet de synergie qui existe lorsque deux communautés de scientifiques partagent effectivement les mêmes locaux, peuvent aller à tout moment discuter autour d'une tasse de café, se retrouvent nécessairement aux repas. Or, c'était le principal argument

scientifique avancé en faveur du site de Grenoble.

Il faut bien savoir qu'on ne soumet jamais le même échantillon aux neutrons et aux rayons X. Même s'il existe des expériences complémentaires, il s'agit toujours d'expériences nettement séparées qui peuvent être faites à plusieurs mois d'intervalle sans que le travail scientifique en pâtisse le moins du monde.

Ce second site a d'autres inconvénients. D'abord, il n'appartient pas au CEA. Il faudra l'acheter. Cela prendra du temps. Et puis, la stabilité du terrain n'est guère garantie. On marche sur les galets du Drac et de l'Isère. Le cours d'un ruisseau, en bordure du site, semble avoir varié au fil du temps. Enfin, le terrain est vaste, mais sans excès. Il y a un peu plus de place qu'à l'ILL, mais pas beaucoup plus.

C'est pourquoi l'ILL et le CENG... n'excluent pas un troisième site, « un site de repli, pour le cas où aucun des deux autres ne conviendrait ». Ce site est quatre fois plus grand, on pourrait y loger deux ou trois synchrotrons. Mais il n'appartient pas davantage au CEA. Et il est, lui, à 15 km de l'ILL. Pour le coup, la plupart des scientifiques que nous avons rencontrés à Grenoble sont du même avis : « Si c'est pour aller mettre le synchrotron là-bas, autant le mettre à Strasbourg. » Quinze kilomètres, pour les chercheurs, équivalent à 150 ou 1 500. C'est le cloisonnement assuré, en tout cas la vraie séparation. On ne

communiquait plus que par téléphone. A moins d'installer un vaste complexe hôtelier à mi-chemin... solution peu réaliste.

Enfin, ce troisième site a une particularité regrettable : il est inondable ! Quand il pleut beaucoup, ou au printemps, à la fonte des neiges, la nappe phréatique affleure. Un ruisseau et un canal traversent d'ailleurs le terrain de part en part. Les paysans du coin se rappellent une inondation particulièrement spectaculaire, dans les années 50, où il fallait se déplacer en barque. Alors, on espère que l'autoroute Valence-Grenoble sera enfin construite. Elle ferait barrage entre l'Isère et le terrain, qui serait plus facile à drainer...

C'est dire que rien n'est tout à fait joué. Les retards et les surcoûts risquent de s'accumuler. D'autant que le sort politico-financier du synchrotron n'est pas scellé. Pour l'heure, la participation anglaise reste symbolique. Les Italiens continuent de se faire prier. Les petits pays européens, écartés d'un revers de main des négociations entre les trois grands, sont sur la défensive. Seules la France et l'Allemagne, liées par le projet de soufflerie cryogénique, semblent décidées à mettre le paquet. Encore n'a-t-on signé qu'un accord provisoire pour financer des études préalables...

Pour réaliser ces études, il faut constituer une équipe, nommer un directeur du synchrotron et un directeur technique. Au printemps 1985 — voici un an — on avait trouvé un directeur al-

lemand. Mais il exigeait d'amener d'Allemagne son directeur technique, d'ailleurs fort compétent. Pas du tout, dirent les Français : si le directeur est allemand, il faut que le responsable technique soit français. En décembre 1985, le directeur allemand, de guerre lasse, a déclaré forfait. On en a pressenti un autre, mais c'est justement le directeur allemand de l'ILL. Il faudrait lui trouver un successeur... En tout état de cause, l'équipe ne devrait pas être opérationnelle avant l'été. Elle pourra enfin réaliser les études permettant de choisir le site...

« On peut tout faire, nous dit un biologiste de Strasbourg : injecter du béton dans les bas-fonds de l'Isère, faire venir des graviers du Kamchatka ou du Tibesti... Alors que notre site est là depuis 5 ans, qu'il répond aux caractéristiques requises, est extensible, n'exige aucun aménagement particulier... »

Les scientifiques allemands, eux, connaissent Grenoble. Ils savent que c'est un peu compliqué d'y aller, qu'il n'y a pas d'avion ni de train direct, qu'il n'y a pas d'école internationale, pas de facilité de logement à l'ILL et pas non plus de cafétéria ouverte en permanence. Mais la recherche scientifique s'embarasse-t-elle de ces contingences ? La proximité des neutrons, tout de même, c'est intéressant... A propos, comment l'ILL avait-il vu le jour ? A Grenoble, tout le monde s'en souvient : un petit-déjeuner entre De Gaulle et Adenauer...

Olivier POSTEL-VINAY ●

Regardez Sharp.

SHARP LA POINTE DE LA TECHNIQUE

B.P. 111-91320 WISSOUS

Brilliant's Assorties

CRÉER SON ENTREPRISE, C'EST POSSIBLE ?



Si c'est possible, c'est dans CRÉNEAUX ET OPPORTUNITÉS

Depuis cinq ans, un journal bimestriel très discret vous conseille et donne tous les atouts pour entreprendre et réussir :

ETUDES COMPLETES (marché actuel, futur • technicité • investissement • lancement • pièges d'exploitation • concurrence • ratios financiers • etc...) de types d'entreprises performantes à créer **immédiatement** dans les domaines les plus divers (agriculture, services, artisanat...).

ANNONCES mettant en relations créateurs, chercheurs, financiers et commerciaux. **Gratuites** pour les abonnés, ces annonces prouvent chaque jour leur très grande **efficacité**.

OPPORTUNITÉS de reprises d'affaires existantes, en difficulté ou tout simplement... à vendre.

PRODUITS NOUVEAUX du monde entier, à la recherche de distributeurs en France. **Pourquoi pas vous ?**

LICENCES ET FRANCHISES, avec nos commentaires (dont l'efficacité et le sérieux sont unanimement reconnus par les spécialistes) sur leur valeur technique et commerciale.

CONSEILS et tuyaux en matière de financement et de démarrage des jeunes entreprises.

VENDU UNIQUEMENT PAR ABONNEMENTS

Nom

Adresse

- je désire souscrire un abonnement annuel
- je joins le règlement, soit 210,00 F (avion 250,00 F)
- je désire une facture justificative ☐

**CRÉNEAUX
ET OPPORTUNITÉS**

9, rue de l'Aqueduc - 31500 Toulouse

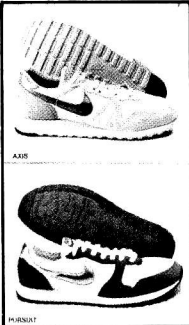


INFORMATIONS COMMERCIALES

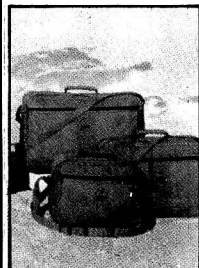


L'attaché-case se porte souple et léger !

Remarqué chez DELSEY dans la gamme GULLIVER LUXE un attaché-case de classe, en toile et cuir marron, à piqûres sellier. De forme géométrique, aux angles carrés, il s'ouvre par une grande fermeture à glissière, possède une grande poche plate à l'avant et se porte à la main ou en bandouillère. Dimensions : 45 x 35 x 10 cm - Prix indicatif : 753 F.



NIKE réussit, après plusieurs années de recherche, à regrouper sur une seule et même chaussure les avantages techniques d'une chaussure d'entraînement et ceux d'une chaussure de compétition. NIKE vient de mettre au point deux produits polyvalents qui associent en une même chaussure légèreté, amortissement aux chocs, solidité et confort : la PURSUIT et l'AXIS.



SAMSONITE, Leader mondial du Bagage, lance SCOPE, une nouvelle collection de bagages souples réalisés en polyester très résistant avec finition en vinyle, entièrement doublés. La gamme SCOPE de SAMSONITE se fait en 3 coloris : bleu foncé, gris et noir. Excellent rapport qualité/prix. Prix indicatifs 1986 : valises de 860 F à 940 F, sacs de 350 F à 690 F.

IDÉALE POUR ITINÉRANTS

IGLOO

LA TENTE LA PLUS PRATIQUE

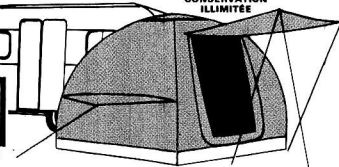
L'INÉGALABLE
TENTE PNEUMATIQUE

MONTAGE
COMPLÉT
EN
3
MINUTES



AUVENTS ADAPTABLES

(demandez la documentation)
au service 20



LEGERE
PEU
ENCOMBRANTE
HABITABILITE
COMPLETE
TENUE AU VENT
REMARQUABLE
CONSERVATION
ILLIMITEE

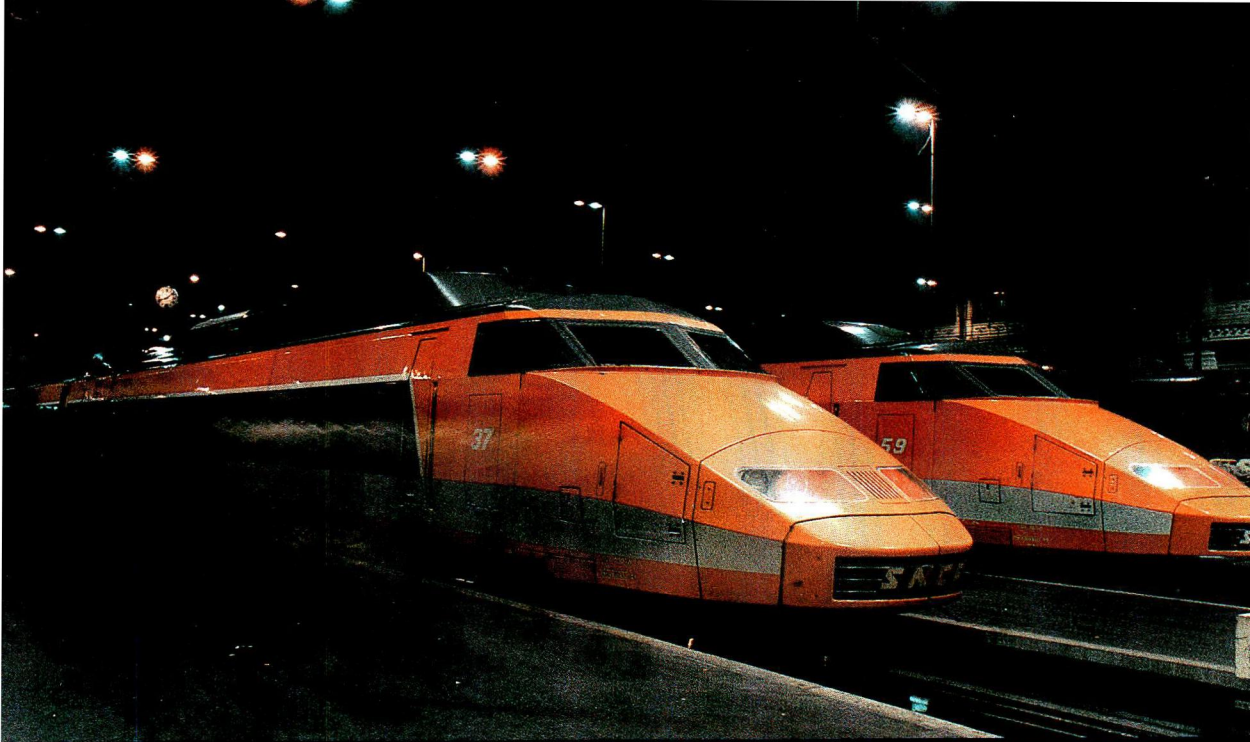


PHOTO J. MONNIN - GALERIE 27

L'AVENIR DU RAIL

Il y a dix ans, **Science & Vie** annonçait le renouveau du chemin de fer, symbolisé par le TGV et la renaissance du transport urbain caractérisée par le métro léger automatique.

En 1986, le TGV mis en service sur le Sud-Est depuis cinq ans s'avère le plus brillant fer de lance de la politique commerciale de la SNCF. Raison pour laquelle il sera étendu à l'Ouest.

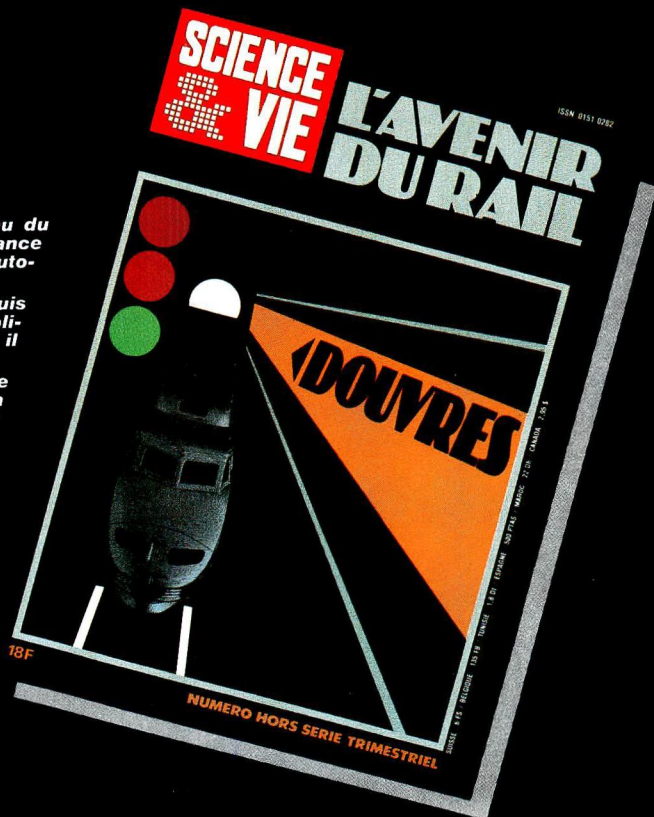
1986 c'est également l'année où le paysage ferroviaire européen va se renouveler de fond en comble avec la décision de construire le tunnel sous la Manche. C'est enfin l'année où, à la suite des tragiques accidents de l'été 85, un plan à long terme de sécurité renforcée a été arrêté par la Direction générale de la SNCF.

Au sommaire de ce même numéro :

- La situation financière de la SNCF.
- Les nouveaux métros.
- Les mutations de la traction électrique.
- Les réseaux informatisés de modèles réduits.
- Le catalogue des locos.

**SCIENCE
& VIE**

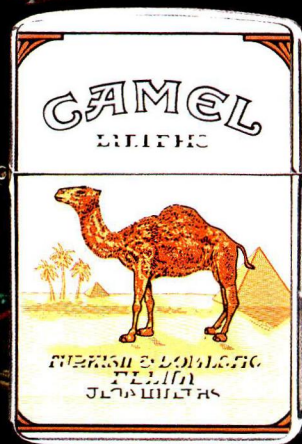
un numéro hors-série
de Science & Vie
à paraître en Mars 86
en vente partout.



CAMEL

BRIQUETS

HOMSY DELA FOSSE & ASSOCIES



BRIQUET TEMPÊTE RECHARGEABLE, FABRIQUÉ PAR ZIPPO, USA.