

SCIENCE & VIE

MENSUEL - N° 871

AVRIL 1990

● On a découvert
le Grand Attracteur
de l'Univers

● Einstein : est-ce
sa femme qui
avait du génie ?

AIRBUS A 320 : QUAND L'ELECTRONIQUE S'AFFOLE

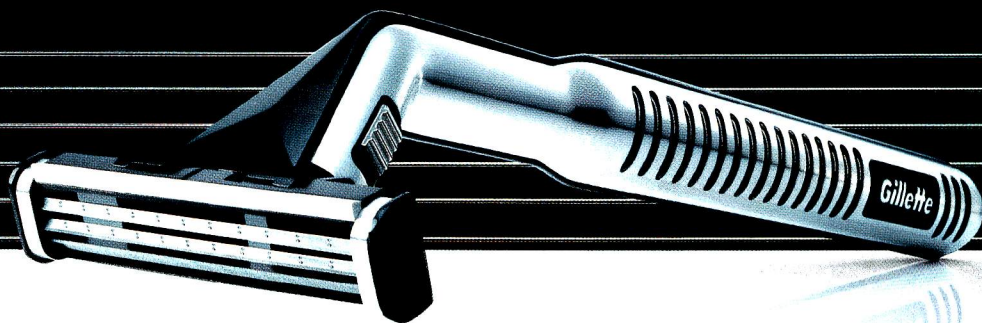
M 2578 - 871 - 20,00 F



3792578020005 08710

4800 L - USA NYC \$ 3.95 - RCI : 1370 CFA - 940 CFP
145 FB - 6 FS - Scan 3.75 - 550 Ptas - 550 Esc - 20 Dh - 2.750 Dt -

L'extraordinaire Gillette® Sensor®



***Il détecte les moindres courbes de votre visage
et s'y adapte pour un rasage à la perfection.***

L'étonnant système de rasage Gillette Sensor bouleverse à jamais les conceptions classiques du rasage : pour lui, chaque homme est unique.

Premier événement : ses deux lames trempées au platine

sont montées individuellement sur des ressorts d'une sensibilité étonnante pour détecter en permanence les moindres courbes et détails de votre visage et s'y adapter automatiquement.

Mais l'innovation ne s'arrête pas là. La garde de protection ultra-étroite de Sensor est aussi montée sur ressorts, en complète harmonie de mouvement avec les lames, elle redresse le poil et améliore encore les performances du rasage.

Mais comment garantir un contact optimal et permanent entre le système Sensor et votre peau ? Il fallait pousser plus loin l'exigence : l'ensemble du mécanisme de pivotement de la tête a été repensé de façon à obtenir une amplitude de rotation plus large, plus précise, plus souple que jamais.

La technologie est partout : dans les stries et l'équilibre du manche, dans le système simplifié de rechargement des lames et dans la praticité du kit de rasage.

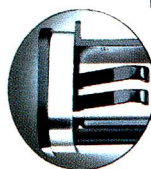
Même le rinçage est facilité. Les nouvelles lames sont 2 fois plus étroites que celles présentes sur le marché : l'eau circule librement entre elles. Rinçage et nettoyage se font en un tour de main.

Pourtant la véritable innovation ne tient pas à un élément en particulier, elle tient à la façon dont toutes ces évolutions technologiques se combinent. Elles s'associent pour vous donner un rasage personnalisé : le plus précis, le plus doux et le plus sûr des rasages ou plus précisément un rasage... à la perfection.



Gillette®

La Perfection au Masculin™



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. 40 74 48 48
FAX : (1) 42 89 42 27 - TELEX : 641 866 F
Adresse télégraphique : SIENVIE PARIS
Principaux associés : JACQUES DUPUY, YVELINE DUPUY,
PAUL DUPUY

• DIRECTION, ADMINISTRATION

Président-directeur général : PAUL DUPUY
Directeur général : JEAN-PIERRE BEAUVALET
Directeur financier : JACQUES BEHAR
Directeur commercial publicité : STÉPHANE CORRE
Directeur marketing et commercial : FRANCIS JALUZOT
Directeur des études : ROGER GOLDBERGER

• 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
Assisté de MONIQUE VOGT
Secrétaire général de rédaction : ELIAS AWAD
Secrétaires de rédaction : DOMINIQUE LAURENT,
FRANÇOISE SERGENT, MARIELLE VÉTEAU
Rédacteurs : MICHEL EBERHARDT, RENAUD DE LA TAILLE,
ALEXANDRE DOROZYNSKI, PIERRE ROSSION, JACQUES
MARSAULT, PIERRE COURBIER, CHRISTINE MERCIER,
JACQUELINE DENIS-LEMPEREUR, MARIE-LAURE MOINET,
ROGER BELLONE, JEAN-MICHEL BADER, DIDIER DUBRANA
Secrétaire : MARIE-ANNE GUFFROY

• ILLUSTRATION

ANNE LÉVY
Photographe : MILTOS TOSCAS

• DOCUMENTATION

CATHERINE MONTARON

• CONCEPTION GRAPHIQUE

TOTEMA, ANTONIO BELLAVITA

• MAQUETTE

CHRISTINE VAN DAELE,
LIONEL CROOSON

• RELATIONS EXTÉRIEURES

MICHELE HILLING
Assistée de : ANNE LE FORESTIER

• SERVICES COMMERCIAUX

Abonnements : SUSAN TROMEUR
Vente au numéro : JEAN-CHARLES GUEREAULT
Assisté de : MARIE CRIBIER
téléphone vert : 05 43 42 08 réservé aux dépositaires
Belgique : A.M.P. 1 rue de la Petite-Isle 10.70 Bruxelles

• CORRESPONDANTS

New York : SHEILA KRAFT, 300 Winston Drive, Clifffide
PK NJ 07010 USA
Londres : LOUIS BLONCOURT, 16, Marlborough Crescent
London W4, 1 HF
Tokyo : LIONEL DERSOT - Sun Height 205
2-14-1 Sakuragaoka
Setagaya-Ku - Tokyo 156

• PUBLICITÉ

EXCELSIOR PUBLICITÉ INTERDECO
27 rue de Berri - 75008 Paris - Tél. (1) 45 62 22 22
Directeur de la publicité : RICHARD TZIPINE-BERGER
Chef de publicité : FREDERIC PAPIN

• 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 1989 SCIENCE & VIE



ABONNEZ-VOUS A SCIENCE & VIE

1 AN - 12 N^{os} : 220 F
2 ANS : 400 F

1 AN - 12 N^{os}
+ 4 Hors série : 295 F
2 ANS : 520 F

Étranger : Belgique 1 an simple 1595 FB - 1 an couplé 2135 FB - Excelsior Publications - B.P. N° 20 IXXELLES 6 - 1060 Bruxelles / Canada 1 an simple 43 \$ Can - 1 an couplé 60 \$ Can - Periodica Inc. C.P. 444, Outremont, P.O. Canada H2V 4R6 / Suisse 1 an simple 66 FS - 1 an couplé 87 FS - Naville et Cie, 5-7, rue Levrier, 1211 Genève 1 / USA 1 an couplé 70 \$ - International Messengers Inc. P.O. Box 60326 Houston - Texas 77209
Autres pays : 1 an simple 271 F - 1 an couplé 341 F. Commande à adresser directement à SCIENCE & VIE. Recommandé et par avion nous consulter.

BULLETIN D'ABONNEMENT

à adresser paiement joint à Science & Vie
5, rue de La Baume - 75415 Paris Cedex 08

• Veuillez m'abonner pour

☐ 1 AN ☐ 1 AN + 4 hors série
☐ 2 ANS ☐ 2 ANS + 8 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.

Étranger : mandat international ou chèque.





Qui a découvert le virus du Sida ? Voici l'histoire d'une boulette d'un cent millionième de millimètre estimée à cent millions de dollars qui passe mystérieusement de l'éprouvette française du Pr Montagnier à celle, américaine, du Pr Gallo. p. 58

S

O

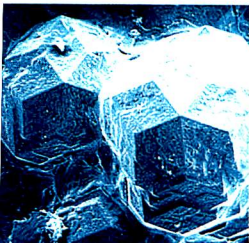
M



M

A

SAVOIR



Des nouveaux cristaux qui n'obéissent pas aux lois habituelles viennent d'être découverts. p. 40

Forum
Le Grand Attracteur

6

de l'Univers
Jean-François Robredo

20

Huygens : 300 ans
de lumière ondulatoire
Renaud de La Taille

26

Madame Einstein :
un génie méconnu ?
Alexandre Dorozynski

32

La 5^e force faiblit
Hélène Guillemot

36

La pseudo-symétrie
des quasi-cristaux
Renaud de La Taille

40

Fusion froide :
le truc de Fleischmann
Bernard Thesnon

48

Le sexe des chromosomes
Marie-Françoise Lantiéri

50

Le sexe des anges
Marie-Françoise Lantiéri

54

Un poumon dans une veine
Jean-Michel Bader

56

Sida : le hold-up du siècle
Eric Mason

58

La mort silencieuse
des charpentes
Marc Mennessier

64

Le gorille touristique
Jacques Marsault

72

URSS : cent quatre peuples
moins un
Muriel Martineau

74

Echos de la recherche
Dirigés par Gerald Messadié

87

POUVOIR

Les crises de nerfs de l'A 320
Bertrand Bonneau

94

Avec EDEN, fini
le paradis des terroristes
Hélène Guillemot

102

Moteur propre : on remet ça !
Luc Augier

108

Echos de l'industrie
Dirigés par Gérard Morice

117

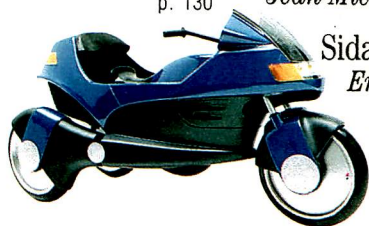
Des marchés à saisir

122

Encart abonnement *Science & Vie Économie Magazine*, 2 pages, entre la 2^e de couverture et la page 1.

Tous les crédits des photos et des dessins de ce numéro sont en page 168.

Avec le pulsar, le plaisir de la moto et la sécurité de la voiture. p. 130





Le moteur propre.
Le pot catalytique
a plus d'inconvé-
nients que d'a-
vantages. On
cherche autre
chose. p. 108

I R E

UTILISER

Dessins animés : l'ordinateur
moins cher que les Japs

Henri-Pierre Penel **124**

Camescope : le cru 1990

Roger Bellone **128**

C'est au tournant
qu'on attend le tricycle !

Laurent Douek **130**

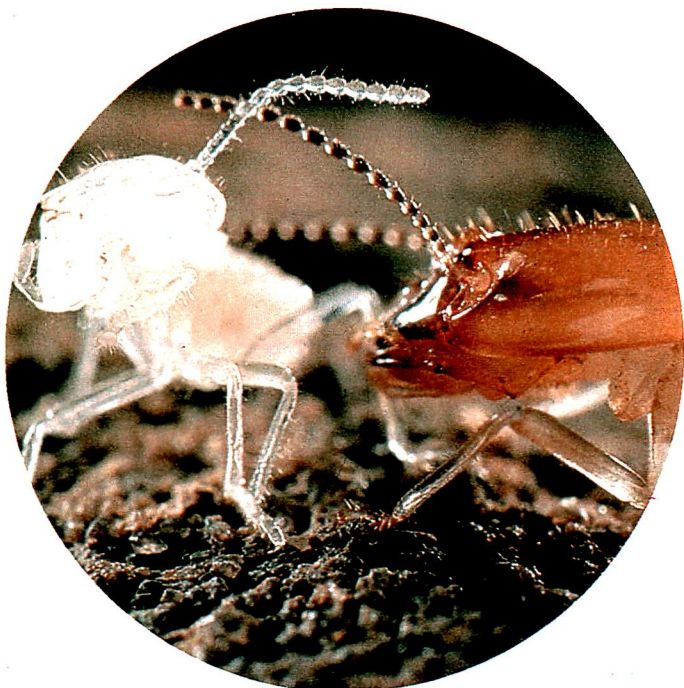
Automobile : pas d'avenir
sans haute qualification

Isabelle Bourdial **133**

Science & Vie
a lu pour
vous **136**

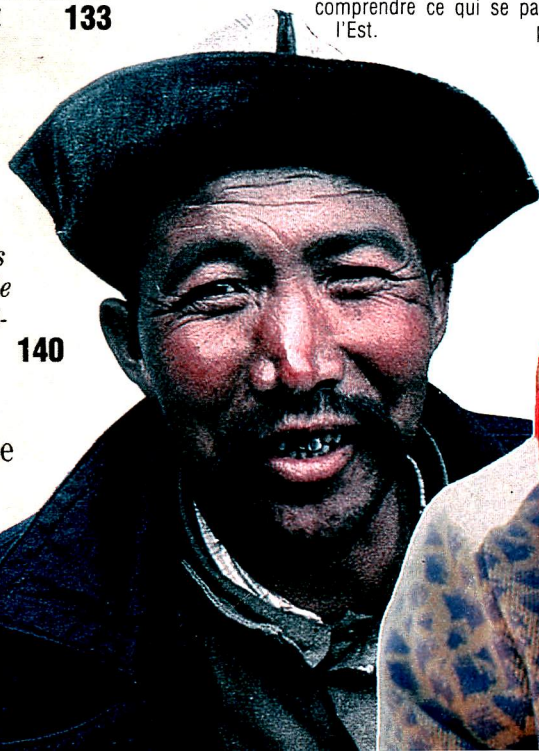
Science & Jeux
Gilles Cohen, Yves
Delaye, Renaud de
La Taille et Henri-
Pierre Penel **140**

Echos
de la vie pratique
Dirigés
par
Roger Bellone
152



Arme absolue contre les termites qui envahis-
sent la France : un venin de fourmi. p. 64

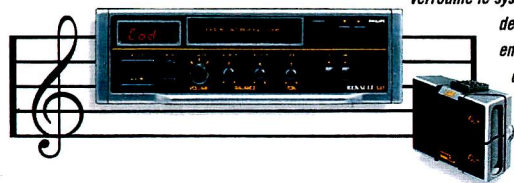
URSS = 103 peuples, sans compter les sous-
groupes ethniques, 130 langues différen-
tes et toutes les religions de la planète.
Quatre cartes et un tableau pour
comprendre ce qui se passe à
l'Est. p. 74





SÉRIE LIMITÉE SYMPHONIE

Depuis un certain temps, des scènes tout à fait surprenantes se produisent à chaque coin de rue. La Renault 21 Symphonie n'est pas tout à fait étrangère à ces phénomènes... Comment ne pas succomber en effet aux délices de son auto-radio cassette stéréo 4x6 Watts? Pourquoi se priver de son satellite de commande, accessoire indispensable permettant de régler le volume et de choisir les fréquences, sans lâcher le volant, en toute sécurité. Et tout cela, sans la moindre fausse note puisque le code antivol d'origine verrouille le système radio. Bien sûr, pour apprécier la Renault 21 Symphonie, il ne suffit pas seulement d'avoir de l'oreille. Avec la peinture métallisée, les vitres teintées et tous les autres raffinements à découvrir en série, le plaisir des yeux est, lui aussi, total. Et pour profiter encore plus vite de ce petit chef-d'œuvre, l'ouverture à distance des portes et du coffre est intégrée à la clef. Quant à la ligne, pure, fluide et résolument actuelle, elle séduira les esthètes les plus exigeants. Mais, n'applaudissez pas avant l'entracte. Avec sa gamme d'équipements irréprochable, la Renault 21 Symphonie pourrait bien continuer de vous étonner. C'est une série d'exception... **A partir de 94.200F.** Renault 21 Symphonie GTS. Tarif au 12/03/90. Millésime 90. 16 versions essence et Diesel, 4-5 portes et Nevada.



RENAULT 21, CE N'EST PAS

Renault 21 Symphonie.

*Ne soyez pas étonné de vous découvrir
une soudaine passion pour la musique.*



☛ PUBLICIS

G 089



Garantie anti-corrosion Renault 6 ans. DIAC votre financement. RENAULT présente eif

LE MÊME VOYAGE.

RENAULT
LES VOITURES
À VIVRE

FORUM

Des antennes "nettoyées" de toute science...

Notre coutume est de respecter l'anonymat de nos correspondants, mais nous y faisons exception pour la lettre que voici, en raison de la personnalité publique de son auteur, M. Marceau Ginésy, ancien assistant de René Clair, d'Henri Verneuil, d'André Cayatte, d'Yves Allégret, de Roger Leenhardt, de Robert Siodmak, de Philippe Agostini, de Pierre Chenal, de Michel Boisrond, et producteur et réalisateur de nombreux magazines et séries scientifiques à la télé ("A la poursuite des étoiles", "Les grandes énigmes", "Les mystères du monde végétal", "Clés pour demain"...). Cette lettre nous a été adressée à l'occasion de la dernière du magazine "Futur's", sur TF1, le 16 février dernier.

« Enfin, les antennes de télévision sont nettoyées de tout magazine scientifique ! C'est, semble-t-il, le résultat des efforts conjugués de nombreuses personnalités de la politique, de l'audiovisuel et du monde scientifique.

» Leurs motivations sont diverses. Pour les personnalités du monde scientifique, il ne s'agit que d'empêcher "les saltimbanques" de s'occuper de science, ce qui revient de droit aux scientifiques, seuls habilités à tenir un discours sur la chose scientifique.

» Les "décideurs" en télévision ont depuis longtemps décidé, en toute connaissance de cause, que la vulgarisation scientifique, outre son côté vulgaire, n'intéressait personne et qu'il ne fallait en aucun cas en risquer la programmation, sous peine de chute libre de l'Audimat.

» Enfin, reste à considérer l'opinion des politiciens qui savent

le danger de l'information scientifique à la télévision.

» Alors qu'on s'efforce, avec des émissions de plus en plus coûteuses et avec la présentation de présentateurs de plus en plus prestigieux, c'est-à-dire hors de prix, de bercer d'illusions à paillettes tous ceux qui veulent oublier un moment le quotidien, devenu trop absurde, il serait indécent d'obliger ces téléspectateurs proches du sommeil réparateur à se pencher sur des problèmes scientifiques.

» Plus grave encore : et si, par malheur, un de ces magazines scientifiques allait susciter un intérêt, pire même, une réflexion à propos de la science, cela risquerait d'aller jusqu'à inciter des spectateurs à des jugements et, pourquoi pas, des comportements individuels, qui les détacheraient du troupeau, de la masse, de la majorité, quoi !

» Alors, pourquoi mettre en danger tout le système pour satisfaire quelques curieux, maniaques de la connaissance ? Car il en reste quelques-uns qui s'acharnaient encore à faire partager aux autres cette rage de savoir, cette passion de connaître, d'aller plus loin dans l'investigation des choses et des êtres.

» Leur travail n'était cependant pas facile. Certains scientifiques ne voulaient même pas en entendre parler. D'autres, au contraire, se bouscullaient devant les caméras et les micros. Mais leurs intentions n'étaient pas toujours pures.

» Pour réaliser ces émissions scientifiques, le budget était très différent des autres "shows" télévisés. On ne pouvait même pas

les comparer. Enfin, si une chaîne de télévision avait la faiblesse de programmer un tel magazine, elle ne pouvait évidemment le faire que très tard dans la soirée, dans la nuit... Probablement pour ne pas gêner l'information scientifique qui aurait pu passer auparavant au journal télévisé. Car les journalistes scientifiques (il y en a) ont aussi une part de responsabilité dans la disparition de ce genre de magazine.

» Mais enfin, tout est rentré dans l'ordre, et l'on peut maintenant constater que tout magazine scientifique a bien disparu de la télévision française. Faut-il s'en plaindre ? Et qui peut s'en plaindre ? »

Cette lettre se suffit dans son éloquence.

Microbes et santé

D'une longue lettre pleine de réflexions judicieuses sur les rapports entre la science et la foi, due à M. E., de Marseille, nous extrayons deux points qui nous paraissent devoir intéresser nos lecteurs.

« Le sida comme le cancer ne sont que des conséquences du mal-vivre de l'homme. » Cette assertion est très répandue, mais nous semble fausse, dans son énoncé et dans ses références, car le cancer est dû à des prédispositions génétiques qui ne sont pas, pour le moment, de la responsabilité de l'être humain (elles le seront lorsque la biologie permettra de corriger des défauts génétiques). Quant au sida, il est causé par un virus qui a sans doute muté et si sa propagation peut être liée à des erreurs d'hygiène, il n'en demeure pas moins qu'il n'est qu'un virus de plus, comme celui de la grippe espagnole, qui tua en six mois une vingtaine de millions de gens après la Première Guerre mondiale. Quant aux références, elles nous semblent idéalistes, car pour définir le "mal-vivre", il faudrait définir le "bien-vivre", ce qui est une entreprise risquée.

Plus loin, ce correspondant écrit : « Beaucoup de microbes attaquent l'organisme et le détruisent, peu de microbes engendrent des réactions qui le forti-

(suite du texte p. 8)

Vous appelez des Etats-Unis. Jouez la carte de l'indépendance.



A l'étranger, avec la CARTE PASTEL "Internationale", vous restez indépendant pour appeler la France, en toute circonstance.

A partir des Etats-Unis et de plus de 50 pays, vous n'avez pas à vous soucier du paiement de vos communications. Leur coût est porté directement sur un seul compte téléphonique en France : le vôtre ou celui de votre entreprise.

La CARTE PASTEL existe en deux autres options : "Nationale" et "Sélection".

Pour en savoir plus ou la commander :
Numéro Vert, appel gratuit, **05 202 202**
Minitel 36 14 code CARTE PASTEL.

CARTE PASTEL : VOTRE PASSEPORT POUR TELEPHONER.

**FRANCE
TELECOM**



UN AVENIR D'AVANCE

fient. » L'idée est, en effet, courante aussi ; mais il n'y a qu'environ 3 % des microbes connus qui attaquent l'homme, et l'humanité serait morte depuis longtemps sans les bactéries intestinales qui permettent de dégrader les aliments, ensemble avec les sucs digestifs.

Composition musicale informatisée

Instructeur technique dans une école SNCF, M. P. B., de Chambly, nous écrit au sujet de notre article sur la composition musicale informatisée de notre n° 867, « j'ai été surpris par cet article, relevant de la simple information et non de l'étude complète. Premièrement, au sujet des synthétiseurs à accompagnement automatique, je précise qu'il y a plus d'un an qu'une firme renommée a lancé un produit de ce genre ».

Si nous avons décrit l'orgue Amstrad, c'est parce qu'il est le premier à utiliser massivement des composants courants et à offrir autant de possibilités à ce prix ; il s'agit donc là d'une nouveauté.

« Deuxièmement, la mention systématique de la marque, du modèle et même du prix ressemble plutôt à une publicité, puisqu'il n'est présenté qu'un seul produit de ce genre, qu'à une information. »

Nos informations rédactionnelles sont strictement libres de tout lien publicitaire. Nous donnons les prix parce que nos lecteurs désirent connaître et les références et les prix des produits que nous citons.

« Troisièmement, le studio d'enregistrement 24 pistes, qui, en fait, s'appelle un séquenceur, me semble avoir été présenté de manière à embrouiller et les informaticiens et les musiciens. L'enregistrement numérique 24 pistes existe et n'a rien à voir avec un séquenceur. De plus, je pense qu'il était indispensable de préciser qu'il existe des séquenceurs qui ont jusqu'à 64 pistes (j'en possède un) et qui ont des possibilités étonnantes. En matière de séquencement, la marque Commodore n'est pas du

lout représentative, c'est pour les micro ordinateurs Atari (dotés d'origine de l'interface MIDI indispensable) qu'a été créé le plus grand nombre de programmes musicaux en tout genre. »

Commodore a été cité à titre d'exemple de matériel micro-informatique grand public pouvant servir à d'autres usages. Par ailleurs, le bus MIDI est disponible, soit d'origine, soit en option, sur quasiment tous les micro-ordinateurs actuels.

« Quatrièmement, à propos d'échantillonneurs, l'auteur n'a pas suivi l'actualité, car les échantillonneurs récents et performants dépassent largement les 35 000 F, pour atteindre 47 000 F, voire au-delà, avec des qualités telles que le disque dur incorporé, une polyphonie 16 sons, un son échantillonné 16 bits stéréo, etc. »

Nous n'avons jamais dit qu'on ne pouvait trouver mieux ; nous nous sommes adressés essentiellement aux musiciens amateurs, qui hésiteront sans doute à débours des sommes aussi élevées que celles que cite notre correspondant, alors qu'un appareil moins performant, mais infiniment moins cher couvrira largement leurs besoins.

Générateur de jargon : à qui l'antériorité ?

Deux lettres revendiquent chacune pour un "inventeur" différent l'antériorité du générateur de jargon.

M. S. A., fonctionnaire international à Bruxelles, nous rappelle qu'il avait cité un pareil générateur avant 1985, dû à l'humour de Sir Ernest Gowers, auteur de *The Complete Plain Words*, édité par Penguin Books ; ce générateur consistait en trois colonnes de termes chers à la langue de bois, intégré, systématisé, optimal, organisationnel, transitionnel, contingence, etc., et permettait déjà de faire des ensembles de mots tels que "flexibilité optimale du management", ou encore "concept de poli-

tique intégré", ce qui ne signifie strictement rien. Ce petit chef-d'œuvre parut dans la revue du personnel civil de l'OTAN.

Mais M. H. K., de Montreuil, affirme que ce serait un certain Philip Broughton qui aurait publié le premier générateur de jargon en 1973 dans le *Reader's Digest*. Nous attendons d'autres lettres pour établir l'antériorité absolue de cette invention si largement utilisée !

Le succès de la poudre de Perlimpinpin

Nous accordons, pour le "Forum", notre préférence aux lettres qui portent sur des points déterminés, mais n'en excluons toutefois pas celles qui traitent de questions d'intérêt général, témoin celle que nous adresse M. A. R., de Cachan. Elle présente, par ailleurs, l'agrément supplémentaire de méler verve et pertinence.

« J'estime votre revue, car elle n'a rien épargné ni personne, Etat, entreprises publiques, scientifiques ou privées, professions diverses, bêtises, malhonnêtetés, omissions, partialité, escroqueries. Vous n'épargnez pas non plus vos lecteurs et clients ; c'est à votre honneur. Vous ne donnez ni dans l'angélisme ni dans la diplomatie.

» Dans certains milieux élitistes, il est de bon ton de vous mépriser ou de vous ignorer superbement. Sans doute l'élite se sent dévalorisée quand elle s'adresse à des ignares ou des vulgarisateurs... Encore faut-il être capable de vulgariser ! Ou bien être libre de tous réflexes corporatistes ou carriéristes ! Comme peu de Français arrivent au bac et que moins encore vont au-delà, la vulgarisation est non seulement d'intérêt public, mais encore un art difficile. Son esprit ne s'acquiert pas naturellement, mais en allant à l'encontre d'habitudes mentales vieilles comme le monde... De plus, l'éducation n'aborde pas la méthode scientifique, c'est trop tôt, puis l'enseignement professionnel ou spécialisé ne s'y attarde pas, c'est

(suite du texte p. 12)



MÉTAL 5 PRÉSERVE VOTRE CAPITAL MOTEUR

Démarrages, embouteillages, accélérations... les moteurs d'aujourd'hui sont soumis à rude épreuve. Résultat : malgré des moteurs plus performants et des huiles de plus en plus sophistiquées, les phénomènes d'usure deviennent sensibles. Très vite, puissance et nervosité dérapent ainsi que les consommations.

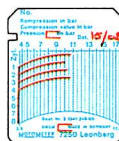
Des performances préservées : Métal 5 est le seul traitement remétallisant capable d'enrayer les phénomènes d'usure dus aux conditions modernes de conduite. Issu des technologies les plus actuelles, il assure une parfaite protection des pièces soumises à friction ; le moteur conserve ses conditions idéales de fonctionnement et ses performances d'origine.

Une longévité assurée : utilisé régulièrement, Métal 5 prolonge la vie de votre moteur, garde intacte sa puissance et diminue les surconsommations d'huile et de carburant. Les compressions remontent et s'équilibrent ; c'est le signe

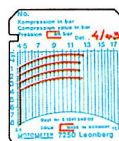
indiscutable de la bonne santé de votre moteur. Alors, dès 20.000 km, préservez votre capital moteur et gardez intact votre plaisir de conduire.

Métal 5 est conseillé par plus de 10.000 professionnels auto et par le réseau Automobiles Peugeot (Concessionnaires et Agents). Pour obtenir des renseignements techniques personnalisés, écrivez ou téléphonez au Centre d'Information Métal 5 : SODITEN S.A. - 105, rue de Billancourt - 92100 BOULOGNE - Tél. : (1) 48.25.73.73.

Exemple de protection active Métal 5 sur un moteur 16 soupapes de 1.900 cm³ : les compressions remontent et s'équilibrent.



Etat des compressions avant Métal 5 : 56.223 km.



Etat des compressions avant Métal 5 : 57.140 km.

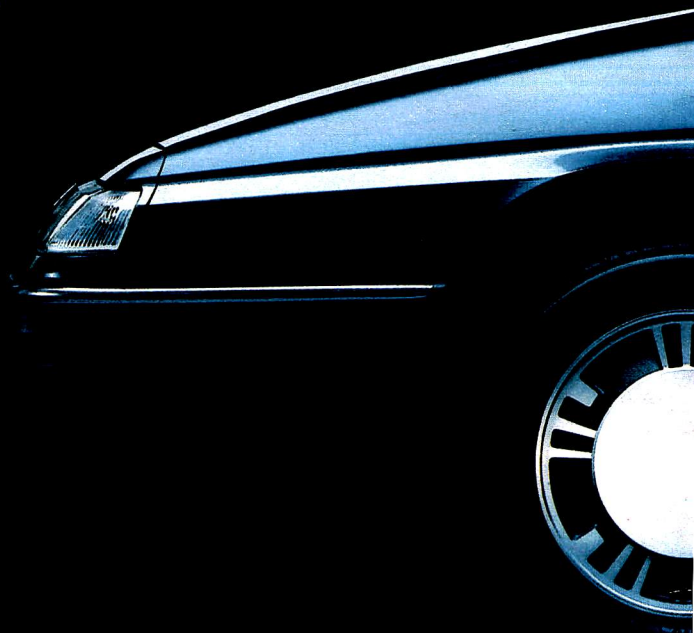
métal 5
LA PROTECTION ACTIVE DES MOTEURS.

Adressez-moi gratuitement le Guide Métal 5 d'entretien des moteurs : 16 pages illustrées, 14 questions d'automobilistes, 14 réponses Métal 5.

Nom : _____ Adresse : _____

Ville : _____ Code postal : _____

Type de voiture : _____ Kilométrage : _____



CITROËN préfère **TOTAL**

ET LE DIESEL DÉPLOYA SES AILES.

Pour la première fois au monde, sur une voiture de série, voici le moteur turbo diesel 12 soupapes. Puissant, silencieux et propre. Désormais, on ne parlera plus du diesel comme avant.

Les 3 soupapes par cylindre du turbo D 12 permettent une optimisation de l'admission d'air, donc un rendement

plus élevé. Il développe une puissance de 110 ch DIN, accélère de 0 à 100 km/h en 11,1 secondes avec une consommation record de 4,9 l à 90 km/h, 6,5 l à 120 km/h et 8,5 l en parcours urbain.

Très silencieux, sa culasse est dotée d'un dispositif de rotules à commandes hydrauliques. Mariage du

calme et de l'espace, harmonie de la puissance et de la fiabilité, la nouvelle XM turbo diesel 12 soupapes maîtrise la route avec raffinement: direction assistée avec volant réglable en hauteur et en profondeur, suspension hydractive, sièges réglables électriquement (garnissage cuir en option), freinage haute pression, avec ABS, sur la finition "Ambiance." Modèle présenté : XM turbo D 12, option jantes en alliage. Relations clientèle 05.05.24.24 (appel gratuit) ou minitel 3615 Citroën.



RESC



XM TURBO DIESEL 12 SOUPAPES
CITROËN. LA ROUTE MAÎTRISÉE.



hors sujet, enfin c'est trop tard. Résultat : seule une minorité sociale y est initiée. La majeure partie de notre société n'a plus qu'à accorder sa foi à tout objet d'apparence scientifique. La confusion est facilitée par l'ignorance des méthodes et systèmes organisant la pensée... Les fadaïses courent donc. La science officielle donne l'impression qu'elle se tait, gênée, les auteurs compétents dédaignent de prendre en considérations lesdites fadaïses, car payés par l'enseignement supérieur ou la recherche, pourquoi sueraient-ils sur un article ou un ouvrage qui rétablirait la vérité, à l'intention d'une clientèle de démunis intellectuels?... »

Rock and roll et audition

MM. A. V., de Châteauroux, et S. Y., de Sommerville, nous ont écrit à la suite de notre information sur le rock and roll dans notre n° 868. M. Y. nous reproche d'avoir « sans censurer, approuvé les résultats d'une enquête sur le rock and roll. Plus particulièrement les paroles qui ne seraient qu'incitation à la violence, à la drogue, au sexe ou autres motifs de dépravation ». Nous n'avons aucune raison de censurer un travail publié dans une revue qui fait autorité et, contrairement à ce que pense ce lecteur, ne nourrissons pas de ressentiment à l'égard de cette forme de musique.

M. V., lui, écrit à propos du même sujet : « Comment n'en serait-il pas ainsi puisque la plupart des jeunes sont déficients au point de vue audition, les paroles mal articulées sont incompréhensibles même pour des oreilles normales... » Pour mettre un point final à ce débat, il nous semble que le volume sonore auquel on se croit contraint d'écouter le rock and roll finit par endommager, en effet, l'ouïe. Et ce serait la raison pour laquelle les médecins que nous avons cités ont entrepris leur enquête et que le gouvernement américain vient d'édicter une loi interdisant l'utilisation de radios à haut-parleurs en voiture, pour commencer.

Le problème de l'eau potable

« Nous sommes un groupe de résidents propriétaires vivant en milieu rural, dont je suis un porte-parole, nous écrit M. F. H., de St. Roch-de-l'Achigan, Canada, groupe qui a été formé à la suite de la découverte de la contamination de nos puits artésiens à certaines périodes de l'année par l'azote ammoniacal et des nitrates (sans parler du fait que nous bénéficions gratuitement de l'épandage de lisiers de porcs). Le lobby, pas toujours honnête, des associations agricoles, des compagnies alimentaires et des politiciens fait en sorte que nous nous heurtons à une forte obstruction dès qu'on aborde le sujet de la pollution en milieu agricole, surtout dans les domaines fortement subventionnés.

« ... Vu qu'il n'existe aucun document disponible sur l'impact qu'a sur la santé humaine l'ingestion de lisier de porc ou autre animal par les voies respiratoires ou autres ni de celui que celui-ci a sur les nappes phréatiques et sur l'environnement, nous vous serions gré de nous aider à recueillir les renseignements en question et les solutions et correctifs existant en Europe. »

Cette lettre présente l'intérêt de révéler que le problème de la gestion de l'eau potable est devenu international. Nous allons donc y consacrer prochainement un article.

Fut-ce la grippe ?...

Mais nous ne ferons pas amende honorable par devers tels lecteurs qui nous tancent pour un mauvais usage du français. Ainsi de M. G., de Romans-sur-Isère qui écrit : « J'apprécie, entre autres choses, la rédaction de vos articles dans un français clair et agréable à lire, sauf... quand vos journalistes écrivent : "Une majorité d'en-

tre eux ne sont pas d'accord", au lieu de "une majorité d'entre eux n'est pas d'accord". » Non, cher et aimable lecteur, l'usage est pour nous. Référez-vous au paragraphe 1964 de l'ouvrage de Grevisse, le Bon Usage : les exemples abondent ! « La plupart des hommes emploient la meilleure partie de leur vie à rendre l'autre misérable. » (La Bruyère). « La moitié des caves de la section n'ont pas encore été fouillées... » (Anatole France). Et rappelons au lecteur qui nous reproche des formules telles que "Ils se virent reprocher de..." qu'elles sont, toujours selon le Grevisse, parfaitement correctes.

Gaz naturel : l'avenir de la France

« J'ai lu avec intérêt votre article, remarquablement écrit et posant avec netteté le problème de la transformation du gaz naturel en pétrole ou plutôt, en essence, nous écrit M. M. C., de Boulogne. Cependant, on se pose des questions. Pourquoi vouloir transformer le gaz naturel en essence, alors que les ressources mondiales sont actuellement de trente ans pour le pétrole, soixante pour le gaz et trois cents pour le charbon et qu'on sait beaucoup mieux transformer le charbon en essence ? Pourquoi encore transformer ce gaz en essence alors qu'on peut très bien l'utiliser directement pour alimenter des moteurs (exemple : St-Marcet). Certes, l'utilisation du gaz tel quel pour des véhicules mobiles est moins rentable que l'essence, car elle impose une surcharge due aux bouteilles de stockage, lourdes et inesthétiques, et qu'il n'y a pas de réseau de livraison. Dans trente ans, pourtant, en l'absence de pétrole, les choses pourraient changer. En tout cas, pour les moteurs fixes, il n'y a aucune difficulté à utiliser directement le gaz naturel.

» En ce qui concerne la France, les perspectives nationales diffèrent des perspectives mondiales. Le gaz naturel s'épuise,

(suite du texte p. 14)

Film brut: 14 35 minutes



Supprimer A



Ajouter musique "HAPPY BIRTHDAY TO YOU"



Inverser les scènes

Réduire la séquence "MAMIE" à 45 secondes



Déplacer ce plan après le déballage cadeau

faire un fondus au noir

Portax UMV-100

Le montage vidéo en VHS

Cinéastes amateurs, votre rêve devient réalité. Avec "l'UMV 100 PORTAX" vous voilà professionnel du montage. Equipée du système **ICS**, elle est immédiatement compatible avec la quasi-totalité des magnétoscopes de salon (*). Avec sa mémoire de montage à micro-processeur, **stockez jusqu'à cent séquences** choisies et disposées selon votre désir. Exigez d'elle une grande précision des raccords



et une image de haute qualité, rectifiez la lumière, le contraste, les contours à l'aide du **correcteur-vidéo**. Animez votre film avec des paroles, des bruitages et de la musique en jouant avec le correcteur-mélangeur audio. Multipliez les moments magiques, libérez votre créativité.

(*) Munis d'une télécommande à infra-rouge.

Pour connaître le revendeur le plus proche :

NUMERO VERT 05.42.49.58
APPEL GRATUIT



Un guide d'utilisation sur cassette-vidéo, fourni gratuitement avec "l'UMV 100 PORTAX" assure la réussite de vos montages.

Prix public généralement constaté : 8900 F TTC

UNITE DE MONTAGE VIDEO VHS - UMV 100 PORTAX



Film définitif: 12 minutes

PORTAX
VIDEO CREATIVE

Portax électronique S.A.
16, rue de la Longue Saulx - 59230 Saint-Amand-les-Eaux

les ressources hydrauliques sont exploitées au maximum, en attendant la mise au point de la fusion nucléaire... Pour le moment, il ne reste donc que le charbon, dont nous possédons encore des gisements, même s'ils sont faibles, fractionnés ou très profonds. On avait lancé autrefois des recherches sur la gazéification souterraine du charbon ; sont-elles abandonnées ?... »

Pour commencer par la dernière question, les recherches sur la gazéification souterraine du charbon, lancées au début des années 1980, pour pallier notamment l'épuisement de nos gisements de gaz naturel, se sont arrêtées vers 1987, les partenaires (IFP, GDF, BRGM, CERCHAR) concluent à l'échec technique de l'entreprise. Par ailleurs, comme nous l'avons écrit dans l'encadré de notre article, la transformation du charbon en essence débute par la production de ce gaz de synthèse qu'on obtient aujourd'hui en majorité à partir du gaz naturel. Quant à l'utilisation directe du gaz naturel comme carburant pour autos, elle est hors du domaine de la recherche proprement dite ; de 600 000 à 700 000 véhicules roulent déjà au gaz naturel à travers le monde. La palme revient à l'Italie où 270 000 véhicules s'approvisionnent à 230 stations-service. En Nouvelle-Zélande, 10 % du parc auto roulaient avec ce gaz. En France, le gaz naturel a eu son heure de gloire dans le Sud-Ouest à la fin des années 50, St-Marcet, sur la commune de St-Gaudens, fut l'un des premiers gisements de gaz exploités en France. Mais les contraintes d'approvisionnement et la concurrence du diesel l'ont chassé de la circulation. La technologie a été depuis rénovée et la station GDF de Nantes-Orvault possède une trentaine de véhicules (AX et utilitaires C15) équipés de réservoirs à gaz qui leur assurent une autonomie d'environ 200 km ; le gaz, pris sur le réseau, comprimé à 250 bars et stocké dans des bouteilles intermédiaires, est distribué dans des postes analogues aux pompes à essence. L'entretien de cette flotte (qui devrait être portée prochainement à une centaine de véhicules) vise à démontrer que le gaz naturel est un carburant propre qui peut contribuer à diminuer la pollution.

Mortalité supérieure dans une secte religieuse : une mise au point

Nous recevons du Christian Science Committee on Publication for France la mise au point suivante, relative à notre information de janvier 1990, "Mortalité supérieure dans une secte religieuse". Pour mémoire, cet article résumait une étude du *Journal of the American Medical Association (JAMA)*. Notre correspondant nous adresse, avec son courrier, copie d'une lettre adressée directement au JAMA.

« Ainsi qu'en témoigne la lettre ci-contre, l'étude analysée, à laquelle Science & Vie fait référence, n'est crédible ni sur le plan statistique ni sur le plan scientifique. Les imperfections sérieuses conduisent à se demander si des conclusions quelconques peuvent en être tirées, et au cas où des conclusions provisoires devraient en être tirées, les données semblent indiquer un taux de mortalité plus bas parmi les scientifiques chrétiens. (En fait, c'est ce qu'indiquent les chiffres des assurances, qui offrent l'évidence la plus absolue de la longévité comparée des scientifiques chrétiens).

« Le *Journal of the American Medical Association* est une publication distinguée, qui, en règle générale, examine soigneusement les études qu'elle publie. Mais elle n'est pas à l'abri d'erreurs, particulièrement lorsque le sujet étudié est l'un de ceux sur lesquels existent de considérables malentendus et des différences d'opinions. Le sujet de la Science chrétienne entre certainement dans cette catégorie. »

La lettre adressée au JAMA estime que l'étude publiée par ce journal, « qui compare les taux de survie d'anciens étudiants de l'université du Kansas avec ceux d'anciens étudiants du collège de Principia (une école pour

scientistes chrétiens) a été sérieusement entachée d'hypothèses fallacieuses et de données incomplètes.

« Le problème le plus sérieux provient de la carence des registres des anciens étudiants de l'université du Kansas, qui ne comportaient de données en cours que pour 87 % de ses diplômés, pour la période étudiée. La grande proportion d'inconnus pourrait, par elle-même, poser la question de la validité de toutes conclusions comparées. L'étude aggrave le problème par une hypothèse qui est assurément bancale : ceux des anciens étudiants du Kansas, pour lesquels l'université n'a pas d'adresse connue "ont le même taux de mortalité que leurs camarades de promotions enregistrées, du même sexe".

« La nature arbitraire de cette hypothèse soulève des questions évidentes. Le décès est, en général, l'une des raisons pour lesquelles une école perd la trace de ses anciens élèves. En se plaçant tout simplement sur le terrain du bon sens, il paraît plus plausible de présumer que la proportion de décès est légèrement plus élevée parmi les anciens étudiants pour lesquels une université n'a pas de registres à jour que parmi ceux dont on connaît l'existence. Dans le contexte de l'étude en question, cette dernière hypothèse a un effet statistique manifestement inégal, car il y a beaucoup plus d'étudiants du Kansas disparus que d'anciens étudiants de Principia (13 % contre 3 %).

« En partant du résultat que montre cette disparité, même une petite diminution de la proportion des anciens élèves disparus présumés en vie effacerait toutes les différences sur lesquelles l'auteur a fondé ses conclusions. Si la proportion d'anciens étudiants disparus présumés vivants est diminuée de moins de 10 %, le résultat, en fait, change complètement l'ordre des deux écoles quant à la mortalité comparée. »

Il faut ici insérer une observation à l'attention des lecteurs qui se perdraient dans les séquences de ces raisonnements. L'étude du JAMA est fondée sur une étude

comparative des mortalités des étudiants de l'université du Kansas et de l'université Principia.

Les chiffres étudiés sont ceux qui sont publiés par l'annuaire de l'université Principia et ceux qui sont disponibles à l'université du Kansas.

Selon la Science chrétienne, les raisons d'une lacune pour 3 % des étudiants de Principia et de 17 % des étudiants de l'université du Kansas seraient les décès, ce qui n'est pas exact, des étudiants abandonnant leurs études simplement parce qu'ils n'ont pas la vocation universitaire ou qu'ils ne peuvent plus en assumer les frais.

En tout état de cause, l'étude du JAMA suppose que tous les étudiants constituant les 3 % manquants à Principia sont vivants, ce qui est un "cadeau" statistique, et ils supposent que, pour les 17 % manquants de l'université du Kansas, leurs taux de mortalité sont égaux à ceux des autres étudiants enregistrés de la même université.

C'est contre ce dernier point que s'insurge la Science chrétienne, qui

part du présupposé que les 17 % en question seraient tous morts et que le fait qu'on n'ait pas plus de données sur eux rend l'étude aléatoire.

Nous n'entendons cependant pas entrer dans ce débat statistique. Nous n'avons fait que publier un résumé d'une étude du JAMA qui, comme toute publication, est certes enclin à l'erreur, mais qui, en l'occurrence, nous semble avoir Effectué une étude sérieuse.

Nota bene

Des lecteurs nous écrivent pour contester la place dans notre revue de certaines publicités qui contredisent nos points de vue. Nous nous en sommes expliqués dans notre n° 867 : nous ne saurions exercer le métier de censeurs à l'égard des annonceurs qui achètent un espace ni vérifier la teneur de leurs assertions : c'est là le rôle du Bureau de vérification de la publicité.

Hahnemann et l'Académie de médecine

« Je lis dans le dernier numéro : "...Le ministre Guizot refusa de faire exclure Hahnemann de l'Académie de médecine." Après vérification, je puis vous confirmer qu'Hahnemann n'a jamais fait partie de l'Académie », nous écrit le Pr H. L., de Paris.

Hahnemann ne put se présenter à l'Académie, du fait de l'hostilité de cette institution, qui demanda même à Guizot de lui refuser le droit d'exercer. Guizot, contre l'avis de l'Académie, autorisa Hahnemann à exercer. Dans notre numéro 870 de mars 1990, notre phrase a été malencontreusement tronquée ; la version originale était : "Guizot refusa de faire exclure Hahnemann de la profession médicale, contre les recommandations de l'Académie de médecine."

(suite du texte p. 16)



Chirurgie prostatique : des corrections

Nous avons reçu la lettre suivante du président du club Breizh-Urologie, de Quimper ; comme il s'agit d'une lettre professionnelle, qui excipe du droit de réponse, nous publions, contrairement à l'usage pour les lettres de particuliers, le nom du signataire, le Dr A. Rouxel. Le droit de réponse est invoqué par des personnes civiles ou morales qui ont été nommément mises en cause, ce qui n'est pas le cas de notre correspondant ni de l'association qu'il représente, mais nous nous faisons quand même un devoir de porter à la connaissance de nos lecteurs les critiques et les informations que voici.

Cette lettre est motivée par les réactions des urologues de ce club à notre article "Soigner les prostatites sans bistouri" (n° 879, de décembre 1989), dont le signataire estime qu'il présentait « un tableau erroné et caricatural de la chirurgie prostatique ».

« Passant sur la description de la technique d'hyperthermie prostatique, qui semble correspondre à la réalité, je relève une première erreur concernant la définition des interventions sur la prostate. Il n'est pas, en effet, question d'imposer aux patients présentant une prostatite ou un adénome "une opération d'ablation de la glande sous anesthésie générale". L'intervention pratiquée dans ce cas est alors seulement une adénomectomie, c'est-à-dire l'ablation de l'adénome prostatique, et non de la totalité de la prostate. Cette intervention peut se faire soit par voie haute, en énucléant l'adénome, soit par voie endoscopique en le réséquant par ciseaux. Par ailleurs, cette intervention est pratiquée toujours réalisée maintenant sous anesthésie rachidienne et non générale. La véritable prostatectomie n'est, en effet, indiquée que dans les cancers de la prostate, et il ne s'agit pas, comme vous le prétendez, d'une intervention "majeure", mais d'une intervention bien réglée et maintenant tout à fait entrée

dans la pratique courante des urologues français.

» Quant à votre description de l'appareillage utilisé pour la résection endoscopique, elle est assez horripilante, pour ne pas dire ridicule : le résecteur n'est pas "une grosse sonde rigide munie d'un emporte-pièce à son extrémité", mais un appareil endoscopique précis, tout à fait compatible avec le calibre habituel de l'urètre, et permettant de pratiquer une chirurgie délicate et tout à fait contrôlée.

» Votre affirmation suivante ne peut que faire sourire en raison de sa naïveté : l'urologie étant une spécialité médico-chirurgicale, il est bien évident que les urologues doivent recourir à la chirurgie lorsque les moyens médicaux ne permettent plus de soulager les troubles mictionnels des patients, et il est tout aussi évident qu'aucune personne ne prend de gaieté de cœur la décision de se faire opérer. Quant à dire que les patients sont des "adversaires" de la chirurgie, il suffirait que vous puissiez assister à quelques consultations d'urologie pour vous rendre rapidement compte que le patient vraiment gêné par ses troubles mictionnels ne demande qu'à être soulagé, même si c'est au prix d'une intervention, et les techniques palliatives, comme la cryochirurgie et l'hyperthermie, n'ont pas encore fait les preuves de leur efficacité à long terme.

Notre correspondant relève ensuite « un jugement faux, pour ne pas dire calomnieux : "L'opération ne lève l'obstacle que deux fois sur trois, ce qui est tout de même peu pour une opération majeure." Sans revenir sur le caractère exagéré du qualificatif "majeure", croyez-vous vraiment que la résection endoscopique, mise au point dans les années 20 aux Etats-Unis, se serait répandue dans le monde entier et serait devenue l'intervention la plus couramment pratiquée par les urologues, si elle n'était vraiment couronnée de succès que deux fois sur trois ? Je ne pourrais vous donner des statistiques officielles, mais je peux vous dire que, pratiquant de 250 à 300 résections de pros-

tate par an depuis plus de dix ans, je n'observe pas plus de 3 % de rétrécissement urétral ou de sclérose du col post-opératoire, les rétentions persistantes après l'opération étant beaucoup plus souvent dues à une hypotonie vésicale secondaire qu'à une obstruction prolongée.

» Votre argument suivant est un reproche qu'on entend malheureusement de temps en temps, à savoir que le tissu prostatique "repousse" et qu'il faut répéter l'opération. Ce préjugé défavorable est dû au fait que la résection endoscopique n'est pas toujours pratiquée par un urologue bien entraîné, et il est certain que si elle se limite à l'ablation de quelques copeaux au niveau du col vésical, l'obstruction persistera. Mais il est tout aussi certain que la résection complète de l'adénome, pratiquée par un urologue expérimenté, ne sera pas suivie de récurrence, sauf dans les cas tout à fait exceptionnels où un adénome repousse véritablement, ce qui demande un délai de dix à quinze ans. Vous parlez ensuite de l'éjaculation rétrograde, et il est certain qu'il s'agit d'un inconvénient commun à toute la chirurgie du col vésical ou de la prostate, expliquant la réticence de tous les urologues à pratiquer une plastie ou une résection du col chez un enfant ou un homme jeune. Cependant, le simple bon sens permet de se rendre compte qu'une stérilité est peu gênante au-delà de la soixantaine, âge habituel de la résection ou de l'adénomectomie, et que les inconvénients d'une intervention doivent toujours être mis en balance avec le soulagement qu'elle apporte.

» Concernant les résultats de l'hyperthermie, je m'étonne qu'un journaliste scientifique ne fasse pas preuve d'un esprit plus critique vis-à-vis d'une technique, certes séduisante, mais qui n'a pas encore fait la preuve de son efficacité à long terme. L'hyperthermie ne peut, en effet, entraîner qu'une "rétraction" de la prostate, mais rien ne permet actuellement d'affirmer que ce résultat se maintient de façon durable et qu'elle évite définitivement l'intervention chirurgicale. »

LA VIDÉO PASSION

Videonics : unité de montage Vidéo Pal, générateur de titres, de graphiques, effets spéciaux, compatible VHS, VHSC, 8 mm, BETA.

TECHNOLOGIE

La technologie moderne a bousculé depuis des années notre façon de vivre. C'est ainsi qu'aujourd'hui votre caméscope devient intelligent avec l'unité de montage VIDEO-NICS et son système d'exploitation DirectED. Vous pouvez enfin faire du montage comme un cinéaste professionnel.

REVOLUTIONNAIRE

Notre "révolution", le montage vidéo - Clefs en main - Table de montage/mémorisation et recherche automatique de milliers de scènes de votre vidéothèque, générateur de titres et de graphiques, effets spéciaux, voilà tout ce que vous propose VIDEONICS. C'est cela notre révolution. Tout est simple. Il vous suffit de suivre les menus qui apparaissent à l'écran : VIDEONICS fait le reste.

EXTENSIBILITE

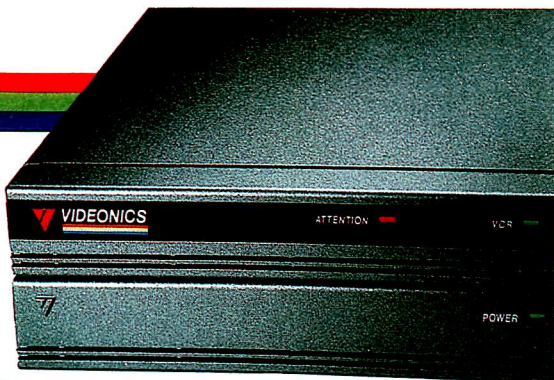
Investissez pour le futur : en effet, votre système VIDEONICS est modulable et extensible. VIDEO-NICS est un véritable ordinateur vidéo et DirectED la première cassette programme. Comme un ordinateur, vous pourrez progressivement augmenter ses possibilités (développement de nouveaux programmes) et ses performances (interface de raccordement pour augmenter les capacités mémoires).

COMPATIBILITE

Votre unité de montage est compatible avec la plupart des magnétoscopes du marché quelque soit leur standard : VHS, VHSC, BETA, U-MATIC, 8 mm, etc...

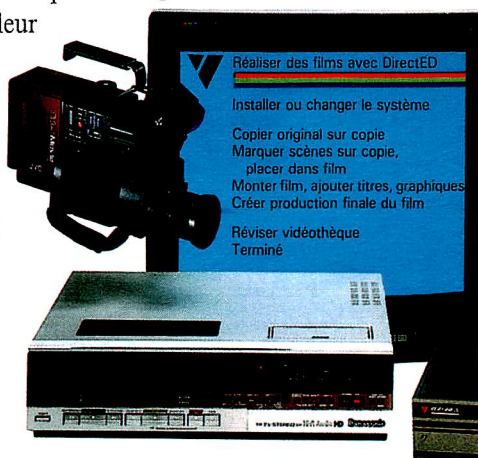
VIDEONICS fonctionne en PAL ; néanmoins l'utilisation est possible en SECAM avec transcodeur.

VIDEONICS est livré avec la cassette programme DirectED, une cassette



EQUIPEMENT

Pour utiliser l'appareil, vous devez posséder 1 magnétoscope lecteur-enregistreur avec télécommande infrarouge équipé recherche visuelle avant-arrière, 1 magnétoscope lecteur ou caméscope, 1 moniteur ou téléviseur prise péritel. Montage à partir des cassettes originales.




VIDEONICS
 est distribué par
FVS

11-13, rue Pleyel, 93200 ST-DENIS

Tél. (1) 64.06.24.49

Télex 612788 - Fax (1) 64.06.07.07

DOCUMENTATION, TARIF ET LISTE REVENDEURS
(Joindre 2 timbres : 2,20)

NOM VIDÉO CLUB ☐

ADRESSE REVENDEUR ☐

..... GROSSISTE ☐

CODE POSTAL VILLE AUTRE ☐

Idée
neuve
N° 12

On peut s'offrir une berline allemande,
et rester tout-à-fait raisonnable.



OMEGA RIVIERA

125.500 F* seulement et pourtant l'Omega Riviera vous offre des équipements de série et une technologie qui laissent rêveur. Avec l'Omega Riviera, voici enfin une berline allemande qui permet de faire une folie tout en



MINITEL 36.14 OPEL.

Opel. Faites-vous



* Omega Riviera 2.0i (iL, prix TTC clés en main au 15.03.90 maximum conseillé. Modèle présenté : Omega Riviera 2.0i GLS avec ABS en série.

restant raisonnable. Disponible en 2 carrosseries (berline ou break), 2 moteurs (2.0i essence ou 2.3 turbo diesel), l'Omega Riviera, comprend en série : jantes alliage, direction assistée, verrouillage central, pein-

ture métallisée, radio-cassette à 6 haut-parleurs, 2 rétroviseurs extérieurs électriques et dégivrants couleur carrosserie, volant et pommeau de levier de vitesses cuir, lève-vitres électrique avant, appuis-tête arrière...

une idée neuve.

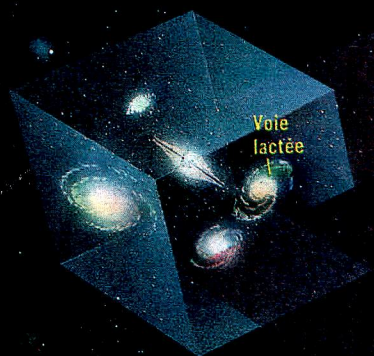
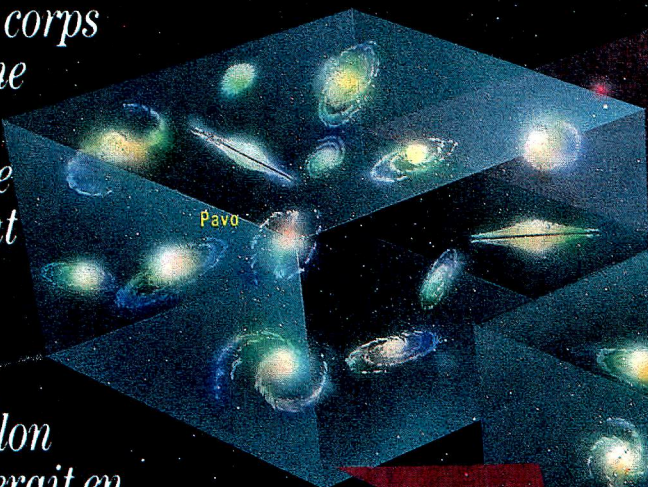
OPEL 

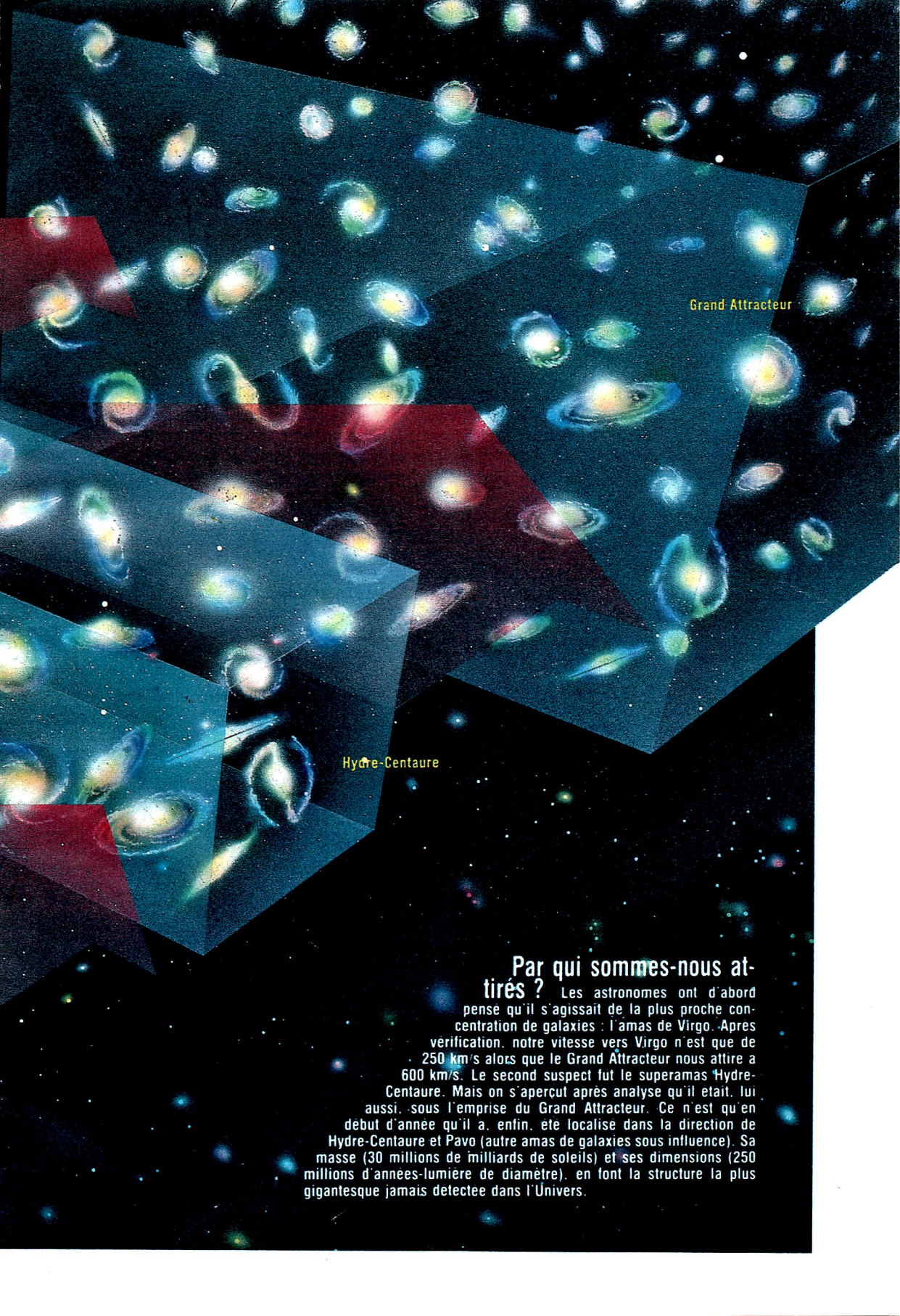
UNE MARQUE DE GENERAL MOTORS, 1^{er} CONSTRUCTEUR MONDIAL.

LE GRAND ATTRACTEUR

Si l'Univers est bien en expansion, à la suite du big-bang, tout corps céleste s'éloigne de son voisin, un peu comme s'éloigneraient les uns des autres les dessins sur la peau d'un ballon rouge qu'on serait en train de gonfler.

Mais voilà que certaines constellations vont plus vite que prévu ! A quoi est dû ce supplément de vitesse ? Au Grand Attracteur...





Grand Attracteur

Hydre-Centaure

Par qui sommes-nous attirés ?

Les astronomes ont d'abord pensé qu'il s'agissait de la plus proche concentration de galaxies : l'amas de Virgo. Après vérification, notre vitesse vers Virgo n'est que de 250 km/s alors que le Grand Attracteur nous attire à 600 km/s. Le second suspect fut le superamas Hydre-Centaure. Mais on s'aperçut après analyse qu'il était, lui aussi, sous l'emprise du Grand Attracteur. Ce n'est qu'en début d'année qu'il a, enfin, été localisé dans la direction de Hydre-Centaure et Pavo (autre amas de galaxies sous influence). Sa masse (30 millions de milliards de soleils) et ses dimensions (250 millions d'années-lumière de diamètre), en font la structure la plus gigantesque jamais détectée dans l'Univers.

Depuis que Copernic a délogé la Terre du centre de l'Univers, celle-ci n'a cessé de se déplacer dans le ciel, au point de donner le tournis à nombre d'astronomes. Le règne du Soleil assis sur le trône central du cosmos n'a pas duré non plus. Aujourd'hui, après les géniales équations d'Einstein, plus personne ne cherche de point fixe. Et pour cause ! Tout, absolument tout, se déplace dans l'Univers. Dans cette valse endiablée, la Terre orbite à la vitesse de 30 km/s autour du Soleil, qui lui-même se déplace à l'allure de 400 km/s dans la Voie lactée, notre galaxie, laquelle navigue à quelque 500 km/s dans le Groupe local, qui dérive lui aussi dans l'Univers à 600 km/s, etc. De même pour les milliards de galaxies, entraînant des milliards de soleils et leurs probables cortèges de planètes. Mais une question se pose alors : où vont ces galaxies errantes ? Sont-elles attirées vers un mystérieux point de l'Univers ? Font-elles le tour d'un ou de plusieurs centres cosmiques ? Ou alors voguent-elles au hasard dans l'immensité ?

C'est à une partie de ces questions que vient de répondre une équipe d'astronomes américains de l'institut Carnegie de Washington et de l'université de Californie à Santa-Cruz, dirigée par Alan Dressler. En effet, situé à quelque 150 millions d'années-lumière de la Terre, un gigantesque regroupement de galaxies exerce une attraction gravitationnelle si forte qu'elle attire les milliers de galaxies qui l'entourent, parmi lesquelles la nôtre, la Voie lactée. La force gravitationnelle qui émane de ce géant est si impressionnante que les astronomes ont baptisé l'ensemble "le Grand Attracteur de l'Univers".

L'intérêt d'une telle découverte est à la mesure du phénomène. Car l'étude des mouvements des constituants de l'Univers donne accès à ses secrets les mieux gardés : son origine et son destin. Pour paraphraser une expression célèbre, on peut énoncer : dis-moi comment tu te déplaces et je te dirai d'où tu viens et où tu vas aboutir. Et on retrouve là les interrogations sur la validité de la théorie du big-bang et sur les fins qu'elle nous prédit. Autre grande énigme qui pourrait bien être partiellement levée : le problème de la répartition non homogène de la matière dans l'Univers. Autrement dit, pourquoi la matière s'est-elle agglutinée en îlots séparés par des océans de vide, alors qu'à l'origine l'Univers était parfaitement homogène ? La naissance des galaxies (regroupement d'étoiles) est, dans ce contexte, si difficilement explicable qu'on peut parler de "chaînon manquant" dans l'histoire de l'Univers telle que nous la racontent les cosmologistes.

En fait, toutes ces interrogations ont été soulevées avec passion au début de ce siècle, quand l'astronome américain Edwin Hubble déclara au monde stupéfait que l'Univers n'est pas limité à notre Voie lactée et que les milliards de galaxies

qu'il contient s'éloignent de nous dans toutes les directions. Une idée qui ne peut laisser indifférente notre imagination : quel que soit l'endroit du ciel où notre regard se porte, l'objet de notre attention semble nous fuir sans espoir de retour.

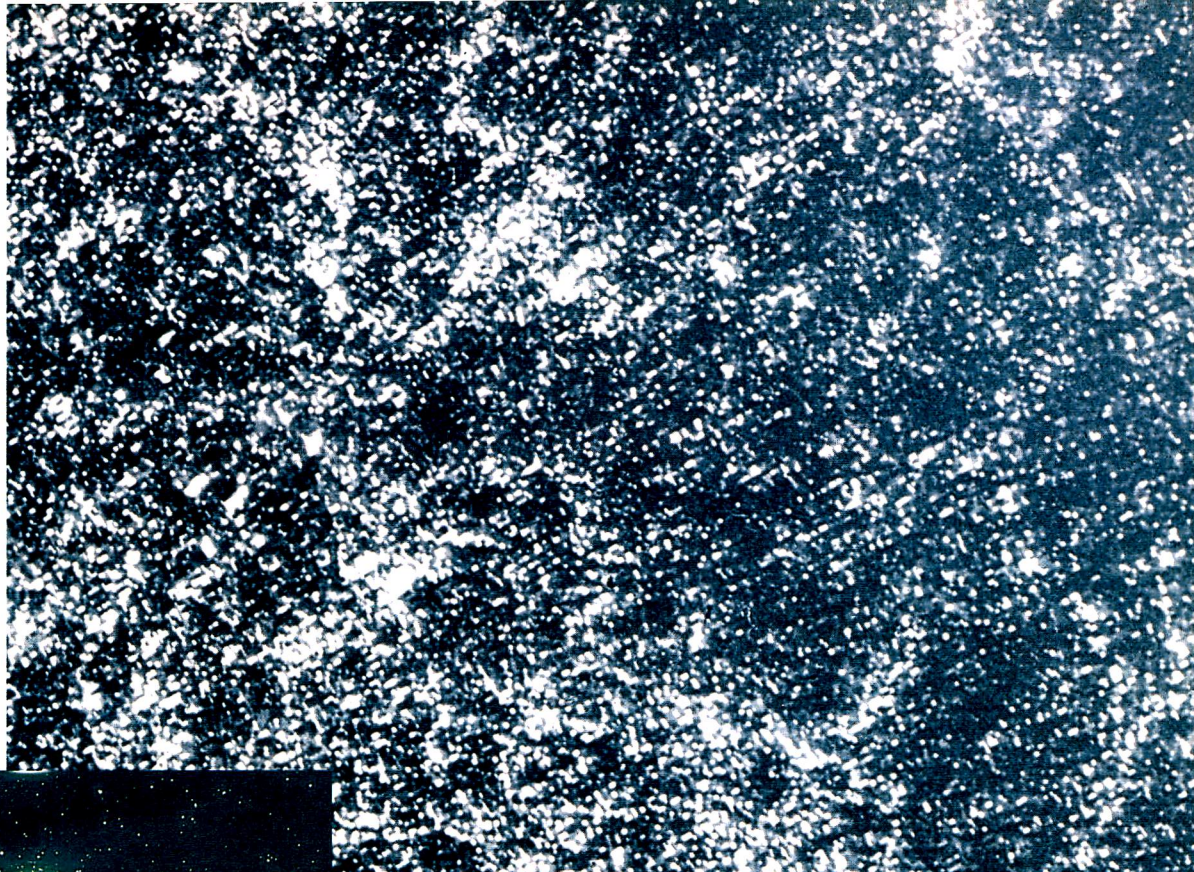
Cette perspective qui donne le vertige fut introduite par Hubble après qu'il eut analysé les spectres lumineux de ces toutes nouvelles galaxies. L'idée reposait sur l'application de l'effet Doppler à la lumière. Cet effet, bien connu, expliquait déjà qu'un son devienne de plus en plus aigu quand la source s'approche de l'observateur (l'onde sonore est compressée vers l'avant de celle-ci) et de plus en plus grave quand elle s'en éloigne (l'onde est décompressée vers l'arrière). Hubble appliqua cet effet à la lumière : plus une source s'approche de l'observateur, plus sa lumière se décale vers le bleu, c'est-à-dire vers des longueurs d'onde plus petites (l'onde lumineuse, elle aussi, est compressée), plus elle s'en éloigne, plus elle se décale vers le rouge (vers des longueurs d'onde plus grandes). Or, après maintes analyses spectrales, toutes montraient un décalage vers le rouge : l'Univers entier nous fuyait !

Depuis ces calculs, l'idée d'un Univers statique, d'un Univers limité à la Voie lactée, est totalement périmée. Les répercussions pratiques et théoriques de cette nou-



velle conception vont marquer le XX^e siècle et donner naissance aux deux théories les plus importantes : l'expansion de l'Univers et l'explosion initiale du big-bang.

Car Hubble réussit dans la foulée l'impensable : donner au ciel la troisième dimension. En effet, en comparant le décalage vers le rouge des galaxies lointaines et leur distance estimée en fonction de leur éclat apparent, une relation apparaît clairement : la vitesse de fuite est proportionnelle à la distance qui nous sépare de l'objet observé. Ainsi,



1



2

L'architecture de l'Univers. Plusieurs milliers de photographies ont été nécessaires pour dévoiler la structure de l'Univers. Sur cette image (1), toutes les étoiles proches ont été électroniquement supprimées pour ne laisser apparaître que les galaxies. Des milliards de galaxies — contenant des milliards d'étoiles — qui se rassemblent en grappes à la manière du Grand Attracteur que vient de découvrir une équipe d'astronomes américains. Avant lui, l'amas de Virgo (2), une concentration de plusieurs milliers de galaxies située à 60 milliards d'années-lumière de la Terre a été suspecté d'être ce Grand Attracteur. Malgré sa taille, son influence est trop faible. Les galaxies, comme la Voie lactée ou Andromède (3), dérivent donc dans l'espace en fonction de deux paramètres : l'expansion de l'Univers due à l'explosion initiale du big-bang qui étire l'espace-temps à la manière d'un ballon qu'on gonfle, mais aussi l'attraction gravitationnelle.

plus le décalage vers le rouge est grand, plus l'objet s'éloigne rapidement de nous et, par conséquent, plus il se situe loin. Cette loi, qui a gardé le nom de loi de Hubble, a suscité bien des controverses sur sa valeur réelle. Il n'en reste pas moins que les astronomes admettent une marge d'erreur qui va du simple au double (ce qui, en la matière, est tout à fait acceptable).

Dès 1930, donc, tout le monde s'accorde à penser que l'Univers est en expansion uniforme, ce qui explique que tout ce qui nous entoure s'éloigne de nous, de la même façon que sur un ballon chaque point de sa surface s'éloigne des autres à mesure que celui-ci se gonfle. Ce qui veut dire aussi que, quel que soit l'endroit de l'Univers où l'on se place, tout ce qu'on observe s'éloigne de l'observateur (la Terre n'a aucun privilège de ce point de vue). Autre

conséquence importante des mesures de Hubble : si l'Univers est en expansion continue, cela implique que dans le passé il était concentré en un point de départ originel qu'il est possible de dater. Les valeurs les plus extrêmes vont de 10 à 20 milliards d'années, avec un consensus actuel autour de l'âge respectable de 17 milliards d'années.

Mais si la théorie de l'expansion est parfaitement corroborée par l'analyse spectrale des galaxies lointaines, les données se brouillent lorsqu'on étudie les galaxies proches (quelques centaines de millions d'années-lumière). Une conclusion s'impose : des vitesses propres viennent troubler la belle régularité de l'expansion. Autrement dit, à la vitesse due au "gonflement" de l'Univers, certaines galaxies ajoutent une vitesse propre que la théorie de l'expansion ne peut expliquer. Pendant des années,

on a considéré que ces vitesses propres (ou parasites) ne devaient pas dépasser 100 km/s et donc ne modifiaient que très peu la vitesse d'expansion. Et puis, coup de théâtre : en 1975 Rubin et Ford, de l'institut Carnegie, affirment que la Voie lactée a une vitesse propre de 500 km/s ! Les surprises se suivent depuis, puisque deux ans plus tard d'autres calculs montrent que le Groupe local (ensemble de galaxies dont fait partie la Voie lactée) se déplace, lui, à 600 km/s ! Au début des années quatre-vingts, les questions essentielles sont donc : comment ce groupe de galaxies peut-il avoir une vitesse propre aussi élevée ? Et vers quoi se dirige-t-il ?

Une première réponse est écartée : la vitesse propre du Groupe local ne peut résulter d'une impulsion originelle, car depuis 15 milliards d'années, elle aurait été absorbée par la vitesse bien plus importante de l'expansion de l'Univers. Une autre réponse semblait bien plus convaincante : cette vitesse propre devait être entretenue par une force qui agit en permanence. On pense tout de suite à la force de gravitation et au pouvoir d'attraction que peut déployer une masse très importante de matière. L'idée du Grand Attracteur est née et la course pour sa découverte engagée.

C'est là que l'équipe d'Alan Dressler se distingue par un travail de fourmi consistant à cartographier et faire des analyses spectrales des galaxies environnant le Groupe local. L'idée de base est simple : si les galaxies du Groupe local sont toutes sous l'influence du Grand Attracteur, d'autres, même plus éloignées, doivent la subir aussi ; l'objectif fut donc de cartographier une région du ciel suffisamment vaste pour que l'influence du Grand Attracteur ait une chance d'y être décelée. La technique reposait sur le calcul de la vitesse propre de toutes ces galaxies (en soustrayant de la vitesse totale, la vitesse due à l'expansion de l'Univers), pour en déduire la direction et la position du pôle attractif.

Mais le chemin de la découverte se révèle plus long que prévu et croise plusieurs fausses pistes. Ainsi, au cours de leurs calculs, les astronomes soupçonnent d'abord le plus proche amas important, Virgo. Cette concentration d'un millier de galaxies est située seulement à une distance de 60 millions d'années-lumière. Mais la vitesse propre du Groupe local due à la présence de l'amas de Virgo ne se révèle être que de 250 km/s au lieu des 600 km/s attendus. Virgo n'était donc pas le coupable. On pensa alors à un autre suspect : le superamas Hydre-Centaure. Mais là, le travail de vérification se révèle titanesque. Jugez plutôt : Alain Dressler et son équipe mesurent les distances et les vitesses propres de plusieurs centaines de galaxies situées dans un volume d'Univers de plusieurs centaines de millions d'années-lumière. Un travail qui conduit les astronomes à utiliser les meilleurs télescopes répartis à travers le monde. Après plusieurs

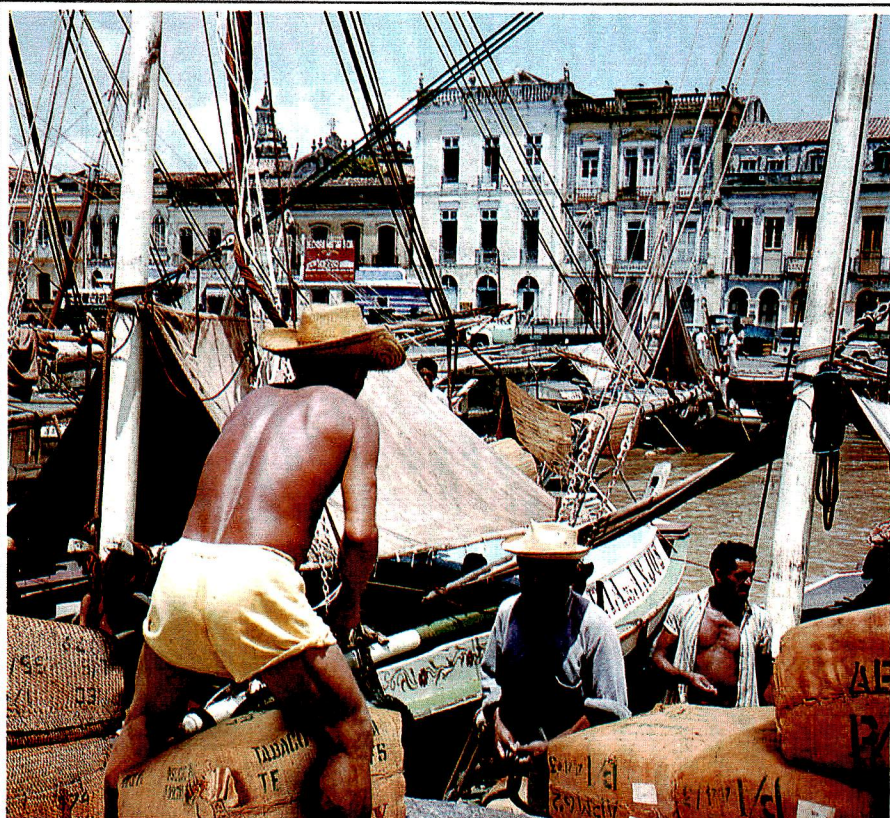
années d'efforts, la conclusion tombe, inimaginable : non seulement Hydre-Centaure n'est pas le coupable, mais il est lui-même attiré vers le mystérieux Grand Attracteur. L'amas de Pavo, cartographié également et qui se trouve à une distance de la Terre équivalente à celle d'Hydre-Centaure, est attiré lui aussi, ce qui confirme que le Grand Attracteur est plus loin qu'on ne croyait. Mais l'équipe (baptisée par la communauté les "sept samourais") ne se décourage pas et reprend sa minutieuse enquête. Enfin, début 1990, les efforts sont récompensés. Les "sept samourais" peuvent enfin annoncer la capture du plus gros poisson cosmique de tous les temps : le Grand Attracteur de l'Univers a été découvert.

Les chiffres dépassent l'imagination. Situé à environ 150 millions d'années-lumière de notre galaxie, l'hyperamas (on ne sait plus quel superlatif utiliser) englobe une région sphérique d'environ 250 millions d'années-lumière de diamètre (notre Voie lactée n'a que 100 000 années-lumière de diamètre !). Sa masse est estimée à quelque 30 millions de milliards de fois celle du Soleil. Elle serait composée, selon les découvreurs, « de matière sombre et d'un nombre très élevé de galaxies ». Combien ? Les chiffres, à ce niveau, ont peu d'importance. D'ailleurs, il ne s'agit que de calculs approximatifs puisque personne n'a encore vu le Grand Attracteur.

Mais cette découverte pose plus de questions qu'elle n'en résout. En effet, une telle concentration de matière est bien supérieure aux concentrations environnantes. Comment a-t-elle pu se former à partir d'un Univers primordial que nous savons presque parfaitement homogène ? Par ailleurs, l'influence gravitationnelle de ce géant de l'Univers est si grande qu'elle bouscule la belle régularité de l'expansion de l'Univers. Faut-il dès lors réviser les scénarios cosmologiques ? Et dans quel sens ? Cette découverte est à rapprocher de celle du "Grand Mur de l'Univers" mis au jour quelques semaines auparavant par les astronomes américains Geller et Huchra. Un travail de cartographie d'une région du ciel opposée au Grand Attracteur qui avait fait surgir la plus grande structure jamais observée (sensiblement la même taille que le Grand Attracteur). Une coïncidence qui laisse supposer que de telles structures sont nombreuses dans l'immensité de l'Univers (après tout, le Grand Attracteur ne représente même pas un millième de la masse totale estimée de l'Univers !). Il est certain que d'autres structures de même taille vont être découvertes dans les prochains mois. Et pourquoi pas plus grandes encore. La règle qui a prévalu en histoire de l'astronomie et selon laquelle plus on voit loin et grand dans l'Univers plus il y a de choses à voir n'a pas encore été démentie.

Jean-François Robredo

Jacques Labeyrie proposera, dans "Les avenues de la recherche", sur France-Culture les 6 et avril à 19.30, un débat sur la structure de l'Univers.



HAVANITOS

Léger

Nouveau et Léger, voici HAVANITOS Léger,
en Etui de 20 et en Coffret de 50



HUYGENS : 300 ANS DE LUMIÈRE ONDULATOIRE

Il y a 300 ans cette année paraissait à Leyde, en Hollande, "le Traité de la lumière" de Christian Huygens, ouvrage qui jetait les bases de la théorie ondulatoire de la lumière. Celle-ci, universellement admise aujourd'hui, mit en fait très longtemps à s'implanter.

Par tradition, on sépare généralement le domaine des sciences exactes en sept clans qu'on imagine souvent bien séparés : astronomie (la reine des sciences), optique, mécanique, acoustique, thermodynamique, électricité et structures atomiques. En fait, toutes ces branches empiètent les unes sur les autres ou même se recouvrent partiellement, mais il est tout de même rare aujourd'hui qu'un chercheur en électronique soit un bon spécialiste de l'élasticité ou qu'un opticien soit très versé en acoustique.

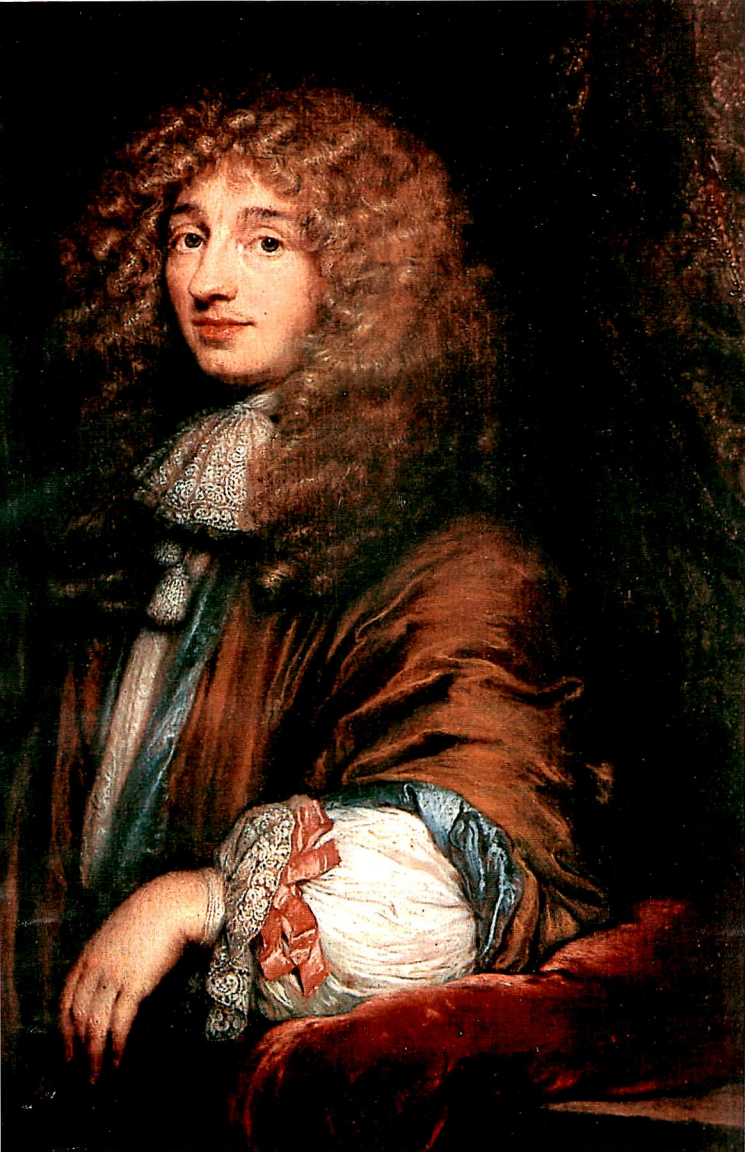
Il n'en allait pas de même autrefois, et les grands fondateurs de la science moderne furent souvent des découvreurs de premier plan dans plusieurs domaines tout à fait distincts. Citons, par exemple, Newton, qui s'illustra simultanément en mathématiques, en astronomie, en mécanique et en optique. Citons encore, et plus spécialement cette année, le Hollandais Huygens, qui allait établir, il y a juste trois siècles, les bases de la théorie ondulatoire de la lumière, mais fut également l'inventeur de l'horloge à pendule, du chronomètre à balancier spiral et le théoricien de la force centrifuge ou des moments d'inertie.

Comme c'est souvent le cas pour les grands inventeurs, il eut la chance de naître — le 14 avril 1629 — dans une famille particulièrement cultivée : son père

était à la fois diplomate, professeur, poète, musicien et scientifique, avec un grand talent dans chacune de ces activités ; de quoi forger l'intelligence d'un enfant beaucoup plus sûrement qu'aujourd'hui la contemplation des séries télévisées.

A 26 ans, Christian Huygens trouva une nouvelle méthode pour polir les lentilles des lunettes astronomiques — l'instrument avait été inventé par Galilée quelques décennies plus tôt et était encore fort rudimentaire comparé à la moindre paire de jumelles achetée aujourd'hui au supermarché. La finesse d'image obtenue grâce à ces lentilles était un si gros progrès par rapport aux précédentes lunettes que Huygens découvrit d'emblée que Saturne avait un anneau (et non deux proches compagnons comme l'avait cru Galilée) et au moins un satellite.

Toutefois, il ne s'agissait là que d'un progrès technique, et il faut ici rappeler qu'à cette époque les connaissances en optique étaient très voisines de l'infiniment petit mathématique. Certes, on savait bâtir des lunettes depuis que Galilée en avait donné le principe, mais de la même manière que les Vikings savaient



l'observateur. Il y avait là les bases du principe de moindre action qui concerne non seulement l'optique géométrique, mais aussi, et surtout, la thermodynamique. Traduit en termes quotidiens, ce principe revient à dire que les processus naturels obéissent à la loi du moindre effort — dépenser un minimum d'énergie pour un maximum de résultat.

Les choses en restèrent là pendant plus de 1 500 ans, ce qui est quand même beaucoup, puis le Hollandais Snellius van Royen, dit Snell, redonna un petit élan à l'optique en découvrant, en 1621, les lois de la réfraction. Ces lois, qui précisent le changement de direction de la lumière lorsqu'elle passe d'un milieu dans un autre (de l'air à l'eau, par exemple), ne furent clairement établies et formulées qu'après sa mort, par Descartes — tous les bacheliers connaissent $\sin(i) = n \cdot \sin(r)$ (voir dessin p. 29).

Quand Huygens commença vraiment à s'intéresser à l'astronomie après avoir mis au point des lunettes ayant une bonne

faire des bateaux fort efficaces en mer sans rien connaître de la poussée d'Archimède, et encore moins de l'hydrodynamique.

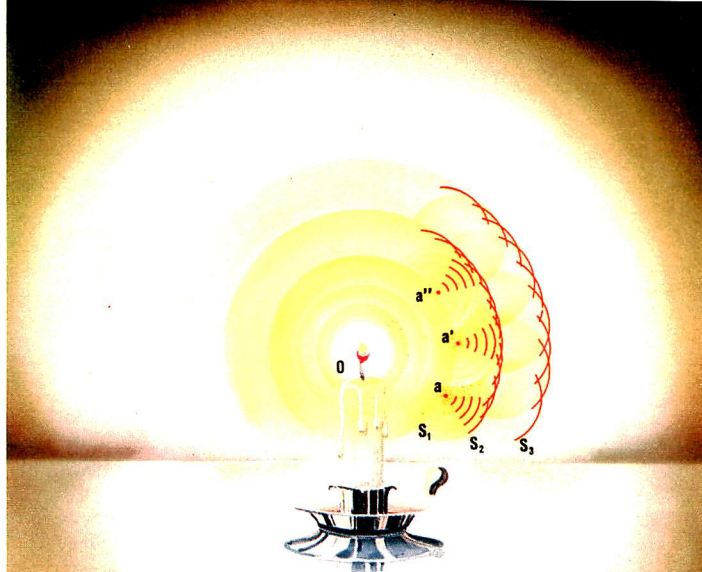
Pour tout dire, on ignorait tout de la lumière elle-même. Les Anciens, qui constituaient toujours la principale source de renseignements, n'avaient pratiquement rien découvert et se contentaient de spéculations qui relevaient beaucoup plus de la métaphysique que de l'expérimentation. Pythagore supposait qu'un objet éclairé émet des particules qui créent la vision en atteignant l'œil (l'idée des photons bien avant l'heure), mais là s'arrêtait la théorie qu'aucune preuve ne venait étayer.

Deux siècles avant Jésus-Christ, Héron d'Alexandrie avait fait la première hypothèse un peu scientifique sur les miroirs : on savait que l'angle d'incidence est égal à l'angle de réflexion, et il postula que cela était dû au fait que la lumière prend le plus court chemin possible entre l'objet, la glace et l'œil de

clarté et une grande finesse d'image, aucune théorie ne permettait d'expliquer la réfraction, qui est justement à la base de l'optique des lentilles. Huygens en était parfaitement conscient, mais un problème plus urgent occupait son esprit : la mesure du temps.

Les phénomènes astronomiques réclament, pour être parfaitement décrits, des mesures de position céleste et des heures de passage. Les mesures de position étaient faites avec des alidades (lunette orientable permettant de mesurer les angles verticaux) et des cercles gradués. Ces repérages étaient beaucoup plus précis que les chronométrages de l'époque faits avec des sabliers ou des horloges à foliot — dont l'organe réglant est une sorte d'altère montée sur un axe vertical et oscillant autour de cet axe. Il y avait là une lacune qui freinait beaucoup le développement de l'astronomie.

Or, Galilée, qui avait déjà inventé la lunette, avait aussi découvert que les oscillations du pendule libre



1690 : LE PRINCIPE DE HUYGENS FONDE L'OPTIQUE ONDULATOIRE...

Toute source de lumière O engendre une perturbation du milieu qui se propage en ondes autour de la source avec une vitesse finie. On appelle surface d'onde l'ensemble des points atteints par la perturbation au bout d'un temps t ; dans un milieu homogène cette surface est une portion de sphère. Tout point (a , a' , a'' ...) d'une surface d'onde S_1 peut être regardé à son tour comme une source de perturba-

tions. Au bout d'un temps $t + dt$, l'enveloppe de ces ondelettes est la surface d'onde S_2 , qui peut être considérée comme un ensemble de sources perturbantes engendrant S_3 , etc.

En résumé, tout point d'une surface d'onde engendre des ondes secondaires dont l'effet cumulé reconstitue la perturbation d'origine aux différents stades de sa progression, ce qui assure de ce fait sa propagation.

— une boule au bout d'un fil — découpent le temps en intervalles égaux (même délai pour chaque aller-retour). Huygens s'empessa d'exploiter la découverte et fut le premier à fabriquer, en 1656, une horloge à pendule oscillant. Le gain en précision par rapport aux foliots atteignait 60 fois, ce qui était littéralement colossal : la dérive journalière passait de quinze minutes à quinze secondes.

Toutefois, certaines irrégularités liées à l'amplitude des oscillations amenèrent Huygens à se pencher sur la théorie mathématique des oscillations, et de là à faire d'importantes découvertes sur la dynamique des systèmes oscillants, sur les moments d'inertie, sur les courbes mathématiques associées aux phénomènes pendulaires, etc. Il découvrit ainsi la formule donnant la période d'un pendule simple ou composé, les propriétés des cycloïdes, le théorème — qui porte son nom — relatif aux moments d'inertie et la formule de la force centrifuge dans les mouvements circulaires.

En 1665, il partit s'établir en France à la demande de Colbert, alors contrôleur général des finances de Louis XIV, et y poursuivit ses recherches en dynamique. En 1669, il publiait un mémoire donnant les lois du choc élastique — bille de pierre tombant sur du marbre, boules de billard, etc. —, ouvrant là un nouveau domaine de la mécanique générale. Quelques

années plus tard, il se penchait de nouveau sur les horloges, car, si le pendule libre avait bien résolu le problème pour des instruments fixes posés au sol, il se révélait complètement inadapté sur les navires.

Or, la navigation a besoin d'un garde-temps fidèle et précis pour connaître la position en mer, mais le roulis et le tangage des bateaux perturbaient complètement les oscillations d'un pendule. Huygens trouva une solution en fabriquant, dès 1676, le premier chronomètre de marine utilisant une roue oscillante liée à un ressort spiral.

La même année, une découverte fondamentale allait ramener son intérêt vers les problèmes de l'optique : le Danois Rømer, travaillant à l'Observatoire de Paris, découvrit, en observant les satellites de Jupiter, que la lumière ne se propage pas de manière instantanée comme on l'avait toujours pensé jusque-là. Ses premières estimations étaient un peu éloignées de la valeur juste : il trouva 350 000 km/s, alors que les mêmes mesures, sur les satellites de Jupiter, faites avec les instruments actuels donnent 299 840 km/s.

Il est vrai que les lunettes astronomiques sous Louis XIV n'avaient pas la même précision optique que celles d'aujourd'hui, malgré le progrès considérable apporté par les méthodes de polissage de Huygens. La découverte de Rømer restait néanmoins incontestable, et le fait que la lumière n'aille pas instantanément d'un point à un autre fut une révélation stupéfiante pour le monde scientifique. Elle obligeait, du même coup, à se pencher sur la nature de la lumière, et c'est là que Huygens apporta une contribution si importante qu'il peut être considéré comme le fondateur de l'optique physique.

À l'époque, on imaginait souvent la lumière sous forme de particules jaillissant des corps éclairés, mais la vérité oblige à dire que la plupart des scientifiques n'allaient pas plus loin, ou même se désintéressaient du problème. Pourtant, l'Anglais Robert Hooke, en 1665, avait supposé que la lumière était formée d'ondes comme les vagues, mais il n'avait aucune preuve pour étayer son idée. Et surtout Newton, qui était déjà fort célèbre en 1680 pour ses découvertes en astronomie, en mécanique, en mathématiques, et aussi en optique et qui penchait pour la théorie corpusculaire et refusait l'idée ondulatoire.

Huygens, pour sa part, était opposé à la lumière corpusculaire pour une raison qui relevait assez de ses recherches en mécanique, et plus particulière-

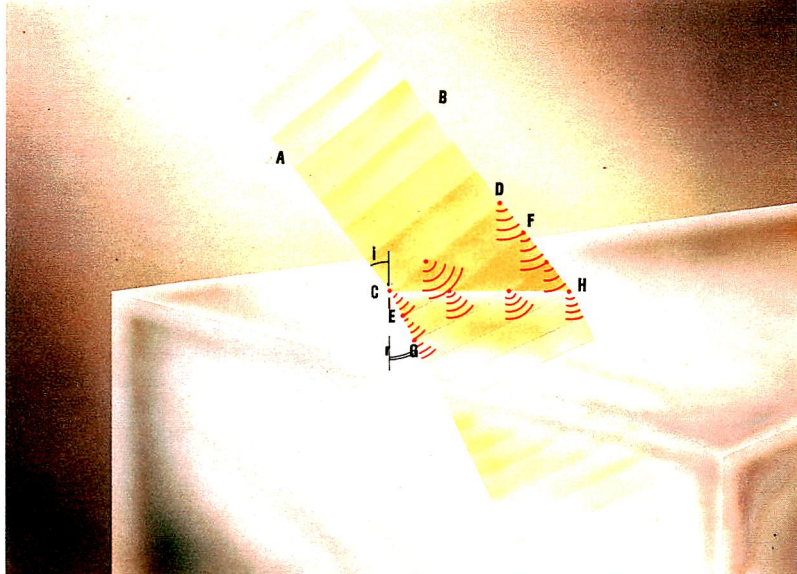
ment de celles concernant les collisions élastiques : si la lumière, disait-il, est faite d'un vol de particules, alors quand deux rayons se croisent il va y avoir collision de ces particules et on devrait observer une déviation et un éparpillement de ces rayons. L'expérience montre qu'il n'en est rien.

Il admit donc que la lumière est faite d'ondes similaires aux ondulations qui s'élargissent sur l'eau à la chute d'un caillou ; en revanche le milieu de propagation de ces ondes restait indéfini, et Huygens montra qu'il n'était pas nécessaire de connaître les propriétés de ce milieu pour prouver la nature ondulatoire de la lumière. Qui plus est, la perturbation qui se propageait de proche en proche et qui constituait le mouvement lumineux restait elle-aussi une inconnue.

En gros, on pouvait imaginer le milieu de propagation comme une gelée style gelée de groseilles et la perturbation comme un déplacement de ses particules par rapport à leur position normale. Cela peut sembler un peu flou et pas très scientifique, mais il faut bien voir qu'à cette époque la propagation des ondes dans un milieu élastique était encore très mal connue : les vibrations mécaniques ou les processus sonores étaient étudiés de manière très empirique et sans base théorique ou mathématique solide.

Huygens lui-même venait tout juste de mettre en équations un mouvement oscillant aussi simple que celui du pendule, et il lui fallut donc un singulier trait de génie pour bâtir une théorie cohérente et précise de la lumière sur des bases aussi sommaires — l'outil mathématique nécessaire, à savoir les fonctions sinusoïdales et leur composition, ne viendra que plus tard après l'invention par Leibniz du calcul différentiel.

Il n'en reste pas moins que le principe de Huygens allait permettre d'expliquer la réfraction et d'en retrouver la formule fondamentale, et aussi de construire géométriquement le rayon réfracté à partir des indices de réfraction (*voir dessin ci-dessus*). Huygens considérait donc la lumière issue d'une source ponctuelle, par exemple une étoile ou une petite zone d'une surface éclairée, comme une

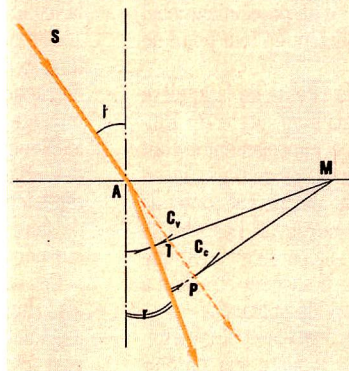


...ET PERMET D'EXPLIQUER LA REFRACTION DE LA LUMIERE

Si on considère une onde plane AB (dans le cas d'une source très lointaine) arrivant sur une plaque de verre ; conformément au principe de Huygens, tout point de AB est source secondaire d'ondes sphériques dont l'enveloppe donne à intervalles de temps égaux des surfaces d'onde parallèles à AB. Vient un instant où une de ces surfaces, CD, touche le verre. Pour construire la surface d'onde suivante, on trace les sphères d'ondes secondaires à partir de CD, mais en tenant compte du fait que la lumière va moins vite dans le verre que dans l'air ; la sphère de centre C n'arrive qu'en E (vitesse $v < c$) tandis que celle

de centre D (vitesse c) parvient en F. De même au bout d'un temps t' , la sphère F vient en H mais celle E, progressant dans le verre, n'est qu'en G. La nouvelle surface d'onde GH avance ensuite à vitesse v , mais GH n'est plus parallèle à CD : le front d'onde a obliqué à cause de la différence de vitesse de la lumière dans l'air et dans le verre. Une simple démonstration géométrique montre que $\sin(i) = n$, $\sin(r)$ avec n , indice de réfraction : en effet, $\sin(i) = DH/CH$, $\sin(r) = CG/CH$ et $DH = n \cdot CG$.

La construction de Huygens permet de trouver, à la règle et au compas, le rayon réfracté de tout rayon incident sans avoir à se soucier de trigonométrie, simplement en connaissant l'indice de réfraction n d'un milieu transparent, donc la vitesse v de la lumière dans ce milieu puisque $v/c = n$, avec c vitesse de la lumière dans le vide. Ainsi, le rayon issu de la source S touche le verre — ou tout milieu transparent — en A. De A comme centre, on trace le cercle C_v de rayon v et le cercle C_c de rayon c . Le prolongement du rayon incident SA coupe C_c en P ; la tangente en P à C_c coupe la surface du verre en M. Le point de contact de la tangente à C_v menée de M est T. AT est le rayon réfracté.



perturbation se propageant par ondulations.

Tout point perturbé agit à son tour comme une source de perturbations ondulatoires, de sorte que le phénomène lumineux se propage comme une onde de points perturbés servant à leur tour de sources à chaque instant. C'est donc un phénomène continu où la perturbation née d'une source ponctuelle fabrique, en s'étalant, une infinité d'autres sources qui, à leur

tour, engendrent d'autres sources, et ainsi en est-il de proche en proche jusqu'au fond de l'univers.

On appelle alors surface d'onde S toute surface telle que la lumière mette un même temps pour aller de la source O jusqu'à chacun des points de S . Tous les points d'une surface d'onde ont des mouvements concordants (on dit aujourd'hui qu'ils ont même phase au même instant), et ces surfaces d'onde, dans le cas d'un milieu homogène, sont des sphères de centre O .

Le principe de Huygens est alors le suivant : considérons deux surfaces d'onde S_1 et S_2 relatives à une source O et correspondant aux temps t et $t+dt$. La surface S_2 , énonça-t-il, peut être regardée comme l'enveloppe d'ondelettes o, o', o'' ... issues des divers points a, a', a'' ... de S_1 et correspondant à l'intervalle de temps dt . Tous les points d'une même surface d'onde peuvent être regardés comme des sources secondaires synchrones, et toute surface d'onde peut être considérée comme l'enveloppe de toutes les surfaces d'onde secondaires issues de tous les points d'une surface d'onde précédente (voir dessin p. 28).

Ce principe peut sembler passablement abstrait, mais c'est lui qui fonde la théorie ondulatoire de la lumière. À partir de ce principe, Huygens put expliquer la réfraction et même la biréfringence des cristaux anisotropes dont le plus connu est le spath d'Islande : le rayon incident donne deux rayons réfractés ; si on regarde une feuille imprimée à travers un tel cristal, le texte apparaît dédoublé. On notera toutefois que cette théorie ne put être établie qu'à partir du moment où l'astronome danois Røemer eut découvert que la lumière se propage avec une vitesse finie (il n'y a plus propagation d'un phénomène quel qu'il soit s'il s'établit instantanément en tout point de l'espace).

On admet aujourd'hui que la vitesse de la lumière est constante dans le vide, mais au siècle du Roi-Soleil nul ne savait si l'espace interplanétaire était vide ou rempli d'air. Les scientifiques de l'époque, en particulier Newton et Huygens, devinèrent toutefois que la vitesse de la lumière ne devait pas être la même dans l'air et dans l'eau ; ils en déduisirent que les phénomènes de réfraction pouvaient être liés à ces différences de vitesse selon les milieux.

Mais, alors que la théorie corpusculaire de Newton impliquait que la vitesse de la lumière soit proportionnelle à l'indice de réfraction — la lumière irait plus vite dans le verre (indice 1,5) que dans l'air (indice 1,0) — la théorie ondulatoire implique l'inverse. De fait, la lumière va moins vite dans le verre ou dans l'eau que dans l'air : dans le verre, elle se propage à $300\,000/1,5 = 200\,000$ km/s.

Comme on le verra sur le dessin p. 29, le principe de Huygens permet d'expliquer la brisure du rayon réfracté à partir de la propagation par ondes et de la différence de vitesse entre l'air et l'eau — ou l'eau et

le verre, ou d'une manière générale lors du passage d'un milieu à un autre d'indice différent. Le même principe montre alors que l'indice de réfraction d'un matériau n'est autre que le quotient de la vitesse de la lumière dans le vide par la vitesse de la lumière dans ce matériau.

De même l'indice relatif de deux milieux exprime le rapport des vitesses de la lumière dans chacun de ces milieux. Ce sont là des notions qui font maintenant partie de l'enseignement scolaire habituel, mais qui ont constitué des découvertes fondamentales. Ajoutons qu'il fallait une solide dose d'intuition raisonnée — deux notions habituellement contradictoires — pour entrevoir que la vitesse de la lumière chutait dans les matériaux transparents comme un poids lourd abordant une côte.

Il fallut néanmoins du temps pour coordonner toutes ces hypothèses et en faire un ensemble cohérent. Huygens commença à rédiger son *Traité de la lumière* alors qu'il était toujours en France — d'où le titre français de l'ouvrage — mais il lui fallait accumuler les expériences et vérifier sans cesse le bien fondé de ses intuitions. Dans le même temps ces expériences l'amenaient à se pencher sur d'autres aspects de l'optique, aussi bien théoriques que pratiques.

C'est ainsi qu'il découvrit la polarisation de la lumière, mais sans pouvoir l'expliquer. En 1681, il retourna en Hollande sans avoir encore terminé son traité, et là il s'intéressa de nouveau à l'astronomie et aux instruments d'observation. Pendant six ans il se consacra à la construction d'objectifs ayant une distance focale énorme (le grossissement d'une lunette augmente avec la focale), mais le résultat ne fut pas à la hauteur de ses espérances.

Comme on le découvrit plus tard, un phénomène lié justement à la nature ondulatoire de la lumière, la diffraction, vient limiter la qualité des images quand on augmente la focale sans augmenter en proportion le diamètre de l'objectif. Or, Huygens s'était attaqué à des objectifs ayant jusqu'à 70 m de focale dont le rendement optique n'aurait été bon qu'à la condition de faire plusieurs mètres de diamètre, chose pratiquement impossible même aujourd'hui.

Ces essais ne furent toutefois pas totalement inutiles : Huygens pensa d'abord que la médiocre qualité des images venait des défauts optiques de l'oculaire, et il fut le premier à mettre au point un oculaire à deux lentilles presque totalement achromatique ; cette combinaison optique est toujours utilisée de nos jours et porte d'ailleurs son nom.

Enrichi par ces expériences, Huygens put remanier son *Traité de la lumière* — dont la première version en France date de 1678 — et le faire publier à Leyde en 1690. À partir du principe de propagation ondulatoire qui porte son nom, il fut à même de démontrer les lois fondamentales de l'optique et de donner la construction exacte du second rayon réfracté dans



SED AO

la sélection



NOUVELLES CHAINES...

VOICI L'ANTENNE TV COMPACT
UNIVERSELLE. AVEC ELLE,
VOUS N'AVEZ PLUS BESOIN DE CHANGER VOTRE ANTENNE POUR CAPTER
PARFAITEMENT TOUTES LES CHAINES, CANAL +, LA 5 ET LA 6 COMPRISES.

POURQUOI PAS VOUS?

Conçue et fabriquée en Europe, l'Antenne TV Compact bénéficie des derniers développements technologiques : orientation fine et parfaite par curseurs, gains puissants pour une image parfaite (+ 29 dB en UHF) et réglage précis. Fonctionne seule ou en complément de votre antenne extérieure.

Alim. 220 V. Consommation dérisoire. Dim. 28 x 28 x 6 cm.

16D.1847 ANTENNE TV COMPACT 595 F

L'ÉLECTRONIQUE AU SECOURS DE L'ORTHOGRAPHE !

VOICI LE 1^{ER} «DICO» FRANÇAIS ÉLECTRONIQUE !

Conçu par Sélectronics, développé en collaboration avec RANK XEROX, le DICOTRONIC vous garantit le sans-faute (10/10) aux dictées 1, et élargit considérablement notre vocabulaire grâce aux 200 000 synonymes qu'il a en mémoire. Le DICOTRONIC corrige de plus l'orthographe de 500 000 mots (tapez Otomatic, il affiche Automatique). Que vous soyez lycéen, étudiant, secrétaire ou écrivain, ou tout simplement «fana» des jeux de mots et de lettres, ou des mots croisés, vous ne quitterez bientôt plus le DICOTRONIC ! Il offre en plus 3 jeux (de chiffres et lettres), et une calculatrice 6 fonctions. Grand écran 20 caractères (plus défilement) : haute définition. Clavier français Azerty ! Dim. 11,5 x 8 x 1,5 cm (tient dans la poche). Alim. piles lithium fournies.

16D.1846 DICOTRONIC 895 F



"Cet emblème garantit au client le respect, par notre société, des règles du Code Professionnel du Syndicat des Entreprises de Vente par Correspondance et à Distance auquel nous adhérons."



OUI

BON DE COMMANDE

Je désire commander les articles suivants et recevoir gratuitement le catalogue 44 pages couleur L'INDEX

Qté	DESIGNATION	REFERENCE	PRIX UNIT.	MONTANT
	ANTENNE TV COMPACT	16D.1847	595 F.	
	DICOTRONIC	16D.1846	895 F.	

Participation aux frais de colissage + 29 F.

TOTAL TTC

☐ **NON** Je ne commande rien aujourd'hui mais je désire recevoir le catalogue 44 pages couleur L'INDEX. Pour cela je joins un chèque à ce bon de commande un chèque de 29 F. remboursable dès le premier achat.



LIVRAISON GRATUITE :

- En quinze jours maximum
- Facture fournie pour toute commande
- Tous nos produits sont garantis un an
- France métropolitaine uniquement.

A retourner à : CENTRALE D'ACHATS SEDAO

37-39 rue des Grands Champs - 75980 PARIS CEDEX 20 - VEPEX 5000

Pour commander par téléphone, avec votre Carte Bancaire (C.B.), appelez le 16 (1) 43.48.66.99. + de 9 à 18h du Lundi au Vendredi.

NOM : _____
PRENOM : _____
ADRESSE : _____
CODE POSTAL : _____
VILLE : _____
TEL. : _____

JE REGLE MA COMMANDE PAR :

☐ CHEQUE BANCAIRE OU POSTAL A L'ORDRE DE SEDAO

☐ CARTE BLEUE N° _____

DATE DE VALIDITE _____

☐ CREDIT GRATUIT : Pour toute commande supérieure à 500 F. Je joins 200 F. à la commande et m'engage à payer le solde en 3 mensualités égales.

SIGNATURE _____

16D

MADAME EINSTEIN UN GENIE MECONNU ?

Des papiers, récemment retrouvés, d'Albert Einstein font soupçonner, à la surprise de tous, que la première femme du savant aurait joué un rôle majeur dans la révolution de la physique théorique. Les premières publications étaient cosignées par elle et par lui. Et une clause de leur divorce stipulait que l'argent qu'il recevrait du Nobel, trois ans plus tard, lui serait versé à elle. Ce qui fut fait...

On l'a longtemps décrite comme une obscure "bonne femme" serbe, tout juste digne d'être mentionnée par son nom. Mileva Marić était bien plus : une mathématicienne et une physicienne assez calée pour collaborer étroitement avec son mari Albert Einstein, peut-être à la théorie de la relativité. Mais dans quelle mesure ?

Albert et Mileva Einstein ont travaillé et même signé ensemble les premiers articles scientifiques qui étaient jusqu'ici attribués à Einstein seul. Et, dans sa correspondance avec Mileva, il parle de la relativité comme de "notre travail".

On débattait de cette révélation depuis la publication des papiers du savant ⁽¹⁾, par l'université de Princeton où Einstein avait vécu ses dernières années. Car c'est parmi ces papiers que des lettres et des documents inédits ont révélé cette étonnante histoire. Le débat a éclaté publiquement, et avec fracas à la réunion annuelle de l'Association américaine pour l'avancement des sciences (AAAS), à La Nouvelle-Orléans, le mois dernier. On y a échangé, avec une véhémence peu habituelle dans ce genre de réunion, des arguments contradictoires ⁽²⁾. Si les

participants ne se sont pas accordés sur l'importance du rôle de Mileva Marić, ils ont admis que ce rôle avait été escamoté dans toutes les biographies du savant : certains auteurs ont même eu une attitude anti-féministe, voire raciste, à l'égard de la jeune Slave.

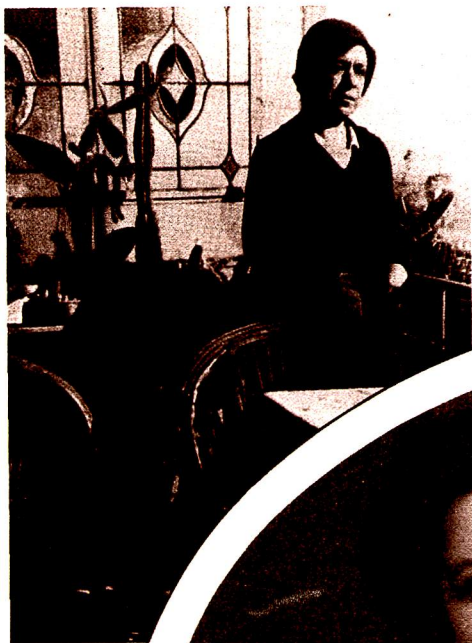
Les années de jeunesse d'Albert Einstein, parmi les plus créatives et fertiles de sa vie, sont mal connues. Né à Ulm, en Allemagne du Sud, le 14 mars 1879, dans une famille aisée — dont certaines affaires touchaient à l'électrotechnique, domaine alors de "haute technologie" —, il fait ses études secondaires au lycée Luitpold, à Munich, qu'il quitte en 1894, avant de terminer sa dernière année et sans obtenir son *Abitur* (baccalauréat), pour rejoindre ses parents en Italie. Il y étudie seul, pour préparer son examen d'entrée à la prestigieuse Ecole polytechnique de Zurich (mieux connue sous le sigle d'ETH — *Eidgenössische Technische Hochschule*) et s'y présente en 1895, à l'âge de 16 ans. Recalé, il fréquente pendant un an l'école cantonale d'Aarau, près de Zurich, se présente à nouveau à l'ETH où il est admis (avec une dispense d'âge car il n'a pas 18 ans) à un cycle d'études de quatre ans, destiné à former de futurs professeurs de mathématiques et de sciences.

C'est là, en 1896, qu'il rencontre Mileva Marić, son aînée de 4 ans, qui suit les mêmes cours. On ne sait pas grand-chose sur Mileva, sinon qu'elle était

(1) *Collected Papers of Albert Einstein*, premier volume publié en 1987, second volume à paraître cette année.

(2) Certains arguments étaient étayés par *Im Schatten Albert Einsteins: Das tragische Leben der Mileva Einstein-Marić* — A l'ombre d'Albert Einstein : la vie tragique de Mileva Einstein-Marić —, Ed. Paul Haupt, Berne, 1988.





Une vie de femme. C'est à l'Ecole polytechnique (3) de Zurich que Mileva Marić (1) rencontre Einstein (2) en 1886. Pendant près de vingt-ans, elle va participer, dans l'ombre, à ses travaux. Leurs amis, Pierre et Marie Curie, travaillent également ensemble (4, de g. à d. Miss Marvely, M. Curie, A. Einstein et I. Curie, devant E. Curie et M.A. Einstein). Mais en 1914, Albert et Mileva se séparent, et elle regagne Zurich avec ses fils (5), renonçant à tous travaux scientifiques.



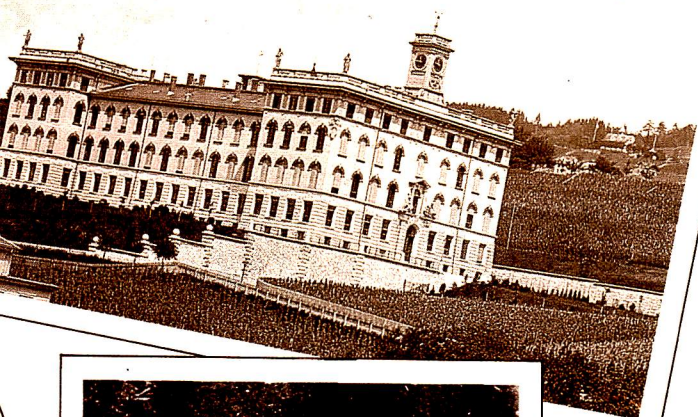
la fille d'un fonctionnaire serbe, née à Titel, en Hongrie, dans une région qui fait aujourd'hui partie de la Yougoslavie. Le fait même qu'elle ait été admise à l'ETH reflète son niveau intellectuel : peu de femmes accédaient alors aux études supérieures, en particulier scientifiques.

En 1900, Einstein obtient son diplôme, alors que Mileva est recalée, bien que ses notes soient proches de celles d'Albert. Celui-ci reste avec elle à Zurich, gagnant sa vie en donnant des leçons particulières. En 1901, il prend la nationalité suisse, publie son premier article scientifique sur le phénomène de la capillarité et tente, sans succès, d'obtenir un poste d'enseignant. En janvier 1902, Mileva donne naissance à une fille, Liserl, qu'elle emmène en Serbie, sans doute pour la confier à sa famille ou à une nourrice. Ce premier enfant n'est mentionné dans aucune biographie, et on ne sait rien de ce qu'il devint.

En juin de la même année, Albert, qui n'a pas réussi à obtenir un poste universitaire stable malgré

d'incessantes démarches (« Bientôt j'aurai honoré de ma demande tous les physiciens depuis la mer du Nord jusqu'à la pointe de la botte italienne », écrit-il à Mileva en avril 1901), décroche un emploi à l'Office fédéral des brevets, grâce à l'appui du père de son ami Marcel Grossmann, ancien camarade à l'ETH. L'année suivante, en 1903, Albert épouse Mileva. Un an après, les Einstein ont un garçon, Hans Albert.

Les premières années du siècle sont, pour Albert Einstein, extraordinairement productives ; 1905 est souvent citée comme l'"*annus mirabilis*" durant laquelle il publie dans les *Annalen der Physik* (revue de la Société allemande de physique, publiée à Leipzig) cinq articles sur des sujets différents, dont trois comptent parmi les plus importants de l'histoire de la physique. Le plus fameux d'entre eux énonce les principes révolutionnaires de la relativité restreinte. Einstein y redéfinit les concepts d'espace et de temps qui perdent le statut d'entités



3

ne observé par le botaniste Robert Brown avec des grains de pollen. Or ces mouvements des poussières qu'on observe à notre échelle résultent de l'agitation désordonnée des molécules constituant le liquide. Einstein parvient, grâce à des lois statistiques, à relier les deux niveaux, microscopique et macroscopique : le mouvement des molécules autour de leur position moyenne permet de retrouver les propriétés globales, mesurables du liquide, comme sa température.

Dans son troisième article ultra-célèbre de 1905, Einstein postule que la lumière est constituée de grains ou "quanta", jetant ainsi les bases de la mécanique quantique. Le physicien allemand Max Planck, en 1900, avait eu, le premier, l'idée que les rayonnements électromagnétiques émettaient et absorbaient de l'énergie par petits paquets discontinus ou quanta (il dut recourir à cette hypothèse pour rendre compte d'un phénomène expérimental autrement incompréhensible, le rayonnement du corps noir). Mais Einstein alors précise, élargit et radicalise les travaux de Planck : il montre que c'est le rayonnement lumineux lui-même qui est discontinu, constitué de quanta, les photons. Il parvient à expliquer ainsi plusieurs phénomènes, entre autres l'effet photoélectrique, qui est l'émission d'électrons

par un corps sous l'action de la lumière. Jusque-là, la lumière était considérée comme ondulatoire et continue, la voici devenue aussi "particulaire" et "discontinue". L'idée des quanta lumineux est dure à assimiler et est alors rejetée par presque tous les scientifiques — à commencer par Planck — pendant plus de 15 ans. Ce n'est qu'au début des années vingt que la physique quantique prendra son essor et qu'Einstein recevra le prix Nobel pour cette découverte (en 1922).

En parlant de ces années fécondes du début du siècle, les biographes d'Einstein mentionnent à veine Mileva, et le font parfois en termes peu flatteurs. Ainsi, dans sa grande biographie, Ronald Clark (*) écrit qu'en janvier 1903 Einstein épouse

(suite du texte p. 160)



4

immuables et indépendantes pour devenir "relatifs" et reliés entre eux par l'existence d'une vitesse limite correspondant à la vitesse de la lumière dans le vide (notée c). Du coup, ce nouveau cadre spatio-temporel conduit Einstein à inventer une nouvelle mécanique dans laquelle masse et énergie peuvent se transformer l'une en l'autre (ce que traduit la célèbre formule $E = mc^2$).

Dans un second article, Einstein explique le mouvement brownien ; il s'agit de l'agitation de petites particules en suspension dans un liquide, phénomène-



5

LA CINQUIÈME FORCE FAIBLIT

Au fait, que devient la 5^e force (1) ? Elle n'a pas encore disparu, mais elle ne va pas fort, et les pronostics ne sont guère optimistes. Pourtant, l'espoir de voir un jour son existence prouvée scientifiquement, bien que très ténu, est suffisant pour qu'on la maintienne en vie encore quelque temps, en poursuivant un certain nombre d'expériences à travers le monde.

La 5^e force a surgi voilà quatre ans, dans un grand fracas médiatique, comme un énorme pavé dans la mare de la physique : inattendu, incongru et lourd de conséquences. Aujourd'hui, l'excitation est retombée, mais la 5^e force n'est pas encore tout à fait enterrée... Rappelons tout d'abord que les physiciens sont parvenus à ramener tous les phénomènes de l'Univers à l'action de quatre forces — ou interactions — s'exerçant entre des particules élémentaires. Ce sont :

- la gravitation, grâce à laquelle les masses s'attirent ; elle fait tourner les astres et tomber les objets sur le sol ;
- la force électromagnétique, qui concerne les champs électriques, et à laquelle on doit les molécules, la biologie, l'électricité, la lumière ;
- la force forte, qui lie les protons et les neutrons dans le noyau des atomes, et qui lie ensemble les trois quarks formant les protons et les neutrons ;
- la force faible, responsable, entre autres, de la radioactivité bêta.

Ces forces ne sont pas complètement indépendantes les unes des autres ; forger une seule théorie qui les décrive toutes est, depuis une dizaine d'années, le principal objectif de la physique des particules. Une étape décisive a déjà été franchie avec l'unification de deux d'entre elles, les forces électromagnétique et faible, en une théorie "électrofaible". L'apparition d'une cinquième force

dans ce tableau peut donc sembler à contre-courant, voire réactionnaire !

C'est en janvier 1986 qu'a paru, dans la *Physical Review Letters*, l'article qui a mis le feu aux poudres. Ephraïm Fischbach et ses collaborateurs y exhument une expérience, vieille de 84 ans, d'un baron et ministre hongrois, Eötvös. Celui-ci se proposait de vérifier avec une grande précision un postulat remontant à plusieurs siècles, le principe d'équivalence, qui affirme que la masse gravitationnelle (sur laquelle agit la force de gravitation) et la masse inertielle (qui s'oppose à l'action d'une force) sont une seule et même chose. Pour vérifier cette égalité, Eötvös a suspendu deux matériaux différents à une balance tenue par un fil : ils étaient soumis bien sûr à l'attraction terrestre, mais aussi à une autre force beaucoup plus faible, liée au mouvement de rotation de la Terre. Ces matériaux avaient la même masse gravitationnelle ; si leurs masses inertielles avaient été un peu différentes, le fil soutenant la balance aurait un peu tourné. Après des essais sur de nombreux couples de matériaux différents, Eötvös conclut que le principe d'équivalence était bien vérifié.

Mais Fischbach, examinant les chiffres d'Eötvös, considéra comme très significatifs les écarts infimes que le savant hongrois attribuait aux incertitudes de mesure et avait négligés ; car ces écarts semblaient dépendre de la composition du matériau, plus précisément du nombre de protons et de neutrons contenus dans les noyaux de ses atomes, appelé nombre baryonique (protons et neutrons

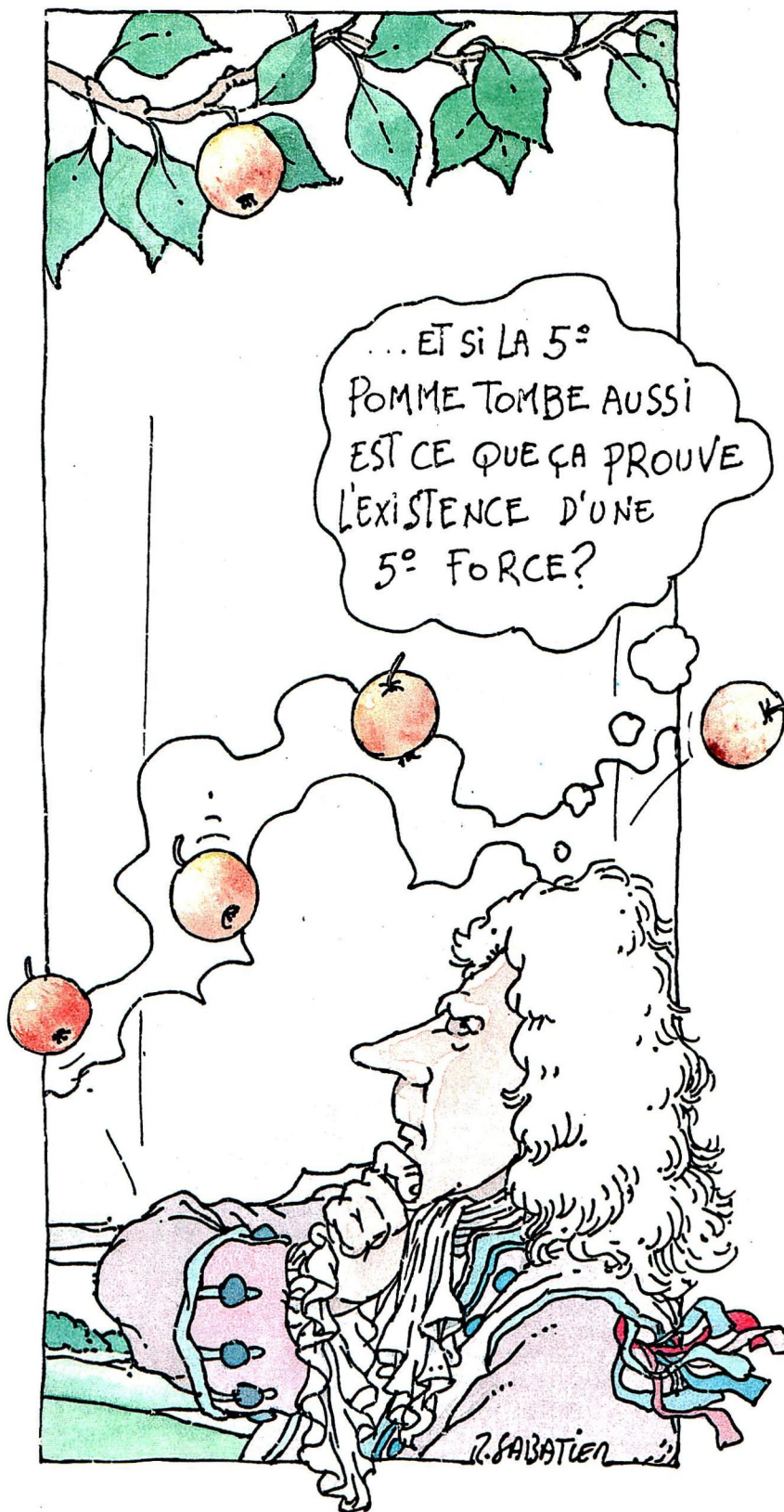
(1) Voir *Science & Vie* n° 855, décembre 1988.

font partie de la famille des particules appelées baryons). De cette nouvelle analyse, Fischbach déduit qu'à la gravitation se superpose une nouvelle force très faible, répulsive, et dépendant non de la masse, mais de la composition des corps. Une force se définit par son intensité, sa portée, et ce sur quoi elle s'exerce qu'on appelle la charge : par exemple, la force électromagnétique s'exerce sur la charge électrique, la force de gravitation sur la masse. Quant à la 5^e force, son intensité serait beaucoup plus faible que celle de la gravitation (elle-même des milliards de milliards de fois plus faible que les autres forces) et sa portée serait de l'ordre du mètre ou de la centaine de mètres seulement. Quant à sa charge, ce serait, on l'a vu, le nombre baryonique.

Dès la parution de la découverte, de nombreux physiciens se sont précipités dans leur laboratoire pour tenter de la vérifier. Deux types d'expériences permettent en principe de tester l'existence de la 5^e force : soit on cherche à vérifier aussi précisément que possible la loi de la gravitation newtonienne, et des anomalies par rapport à cette loi s'expliqueraient par l'effet d'une force inconnue se superposant à la gravitation ; soit, comme l'avait fait Eötvös, on mesure la différence de comportement entre deux objets de même masse mais de compositions dissimilaires.

Sur ces principes ont été montées des dizaines d'expériences qu'il serait trop long de décrire ici. Et en quelques mois la situation était devenue passablement confuse : certaines expériences confirmaient l'existence d'une nouvelle force, mais la trouvaient plus faible, ou bien plus importante que celle de Fischbach, ou de portée différente ; d'autres, en revanche, ne relevaient aucune dérogation à la loi de Newton. Comment expliquer ces contradictions ?

D'abord par la difficulté de mesurer une force aussi omniprésente que la gravitation. Ainsi, pour



prendre un exemple, on ignore ce que contenait la cave du laboratoire d'Eötvös, et où se trouvait ce laboratoire : or, des irrégularités de densité, des objets massifs suffisent à perturber les mesures de gravitation et à en fausser les interprétations. Autre exemple : pour calculer précisément l'attraction gravitationnelle au sommet et à la base de tours de plusieurs centaines de mètres de haut, il faut aussi mesurer la gravitation de surface en plus de cent points aux environs de la tour, et de surcroît utiliser les données géologiques, topographiques, etc. La conséquence de cette très grande sensibilité à l'environnement (par définition chaque masse compte) c'est que toute expérience est unique et ne peut être fidèlement reproduite.

Gravitation : des mesures 100 fois plus précises. Cependant, la nouveauté de ce champ de recherche a favorisé des progrès expérimentaux très rapides. Après s'être désintéressés de la gravitation pendant des décennies, les expérimentateurs s'y sont à nouveau consacrés avec passion ; et en quelques années, la précision des mesures d'accélération de la pesanteur s'est trouvée multipliée par un facteur 100.

Hélas ! les progrès techniques se sont soldés jusqu'ici par des résultats négatifs : certains résultats positifs pour la 5^e force sont aujourd'hui invalidés — on a seulement mal pris en compte l'hétérogénéité des sous-sols, ce qui fausse les mesures de gravitation ! Aujourd'hui presque toutes les expériences confirment strictement la loi de Newton ; deux sont douteuses, mais rien actuellement ne plaide en faveur d'une 5^e force.

Un fait semble d'ores et déjà acquis : même si 5^e force il y a, la charge sur laquelle elle agit n'est pas le nombre baryonique comme Fischbach l'avait d'abord pensé. Mais alors quelle caractéristique du matériau, liée à sa composition, pourrait être "couplée" à une 5^e force ? Peut-être une combinaison du nombre baryonique et du nombre leptonique (c'est-à-dire ici du nombre d'électrons : les électrons appartiennent à la famille des leptons). Aujourd'hui, on a proposé toutes sortes d'hypothèses théoriques — dont des forces de type nouveau — pour essayer de rendre compte des résultats négatifs. Mais aucun résultat tangible ne permet d'appuyer une hypothèse.

Les physiciens se trouvent donc dans le brouillard : ils doivent chercher dans toutes les directions, puisqu'ils ignorent pratiquement tout de la très hypothétique nouvelle force, y compris sur quoi elle agit ! Or, il est plus aisé de chercher lorsqu'on sait ce qu'on cherche. Comment comparer des résultats d'expériences quand on ignore quels facteurs sont importants et peuvent avoir influencé un résultat et pas l'autre ? Chaque expérience négative permet seulement d'affirmer qu'aucune force nouvelle ne s'exerce avec la portée et l'intensité

étudiées dans ce cas précis. Ainsi, l'accumulation d'expériences a permis de réduire le domaine d'existence possible d'une 5^e force : on sait désormais que, si elle existe, elle est au moins 10 000 fois plus faible que la gravitation. Mais le champ d'investigation reste très vaste...

Ces physiciens qui, depuis quatre ans, consacrent leur temps à la quête ingrate d'une force introuvable, s'accordent tous à reconnaître aujourd'hui, que toutes les expériences penchent contre l'existence d'une nouvelle force. Alors pourquoi ne pas abandonner tout de suite ? Ils avancent deux séries d'arguments ; et d'abord des raisons pratiques. Ce n'est pas parce qu'on n'a pas trouvé, jusque-là, la 5^e force qu'il n'y en a pas : peut-être est-elle trop faible pour qu'on l'ait détectée. Or, les progrès expérimentaux des mesures sont encourageants, et tout indique qu'ils peuvent se poursuivre, même si c'est moins rapidement que ces dernières années : on est encore loin, dans ce domaine, de buter sur des limites fondamentales de la physique. De plus, ces expériences sont peu coûteuses, en argent comme en chercheurs (surtout comparées aux expériences de hautes énergies, qui nécessitent d'énormes accélérateurs). Alors pourquoi se priver ? Même si l'on ne trouve rien, l'étude de la gravitation en aura tiré le plus grand profit.

Le dernier carré. Mais l'obstination des physiciens se fonde aussi sur des espoirs théoriques. Plusieurs théories qui tentent de réaliser l'unification des quatre forces fondamentales ont besoin, pour y parvenir, de supposer l'existence d'une autre force — sur laquelle, d'ailleurs, elles ne disent pas grand-chose. L'une des difficultés majeures pour les théoriciens est de rassembler la gravitation et les théories quantiques. La 5^e force, que l'on cherche en étudiant la gravitation, ne pourrait-elle constituer un chaînon entre ces deux domaines encore inconciliables ?

Après tout, il n'est écrit nulle part que l'Univers doive se contenter de quatre forces ; pourquoi n'en existerait-il pas d'autres, beaucoup plus faibles, encore inaccessibles ? Il y a aussi tout un foisonnement d'hypothèses qui relient la 5^e force et quelques-uns des autres mystères de l'Univers, comme la "masse manquante". Bien sûr, ce ne sont que des "idées en l'air". Mais il est sans doute important aujourd'hui que la physique n'avance pas seulement sur des voies toutes tracées et qu'elle s'aventure hors des sentiers battus, même si l'on ne voit pas où ils mènent, même s'ils se révèlent être des impasses.

Sans vouloir y croire, mais en l'espérant sûrement, entre cent et deux cents physiciens à travers le monde continuent de traquer cette 5^e force avec plusieurs dizaines d'expériences de plus en plus ingénieuses. Ce ne sont pas les idées qui leur manquent, mais les résultats...

Hélène Guillemot

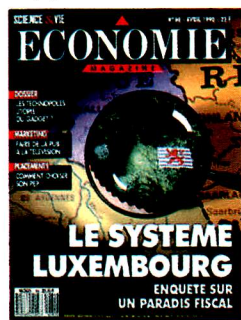
Economie : La difficulté c'est de changer d'avis à temps.



Pour ne pas être un Panurge dans le monde des affaires, il faut savoir anticiper. Et pour qu'une entreprise – même bien portante – sache se mettre en cause, puis réagisse à temps, une seule solution : l'information.

S & V Economie Magazine apporte cette information de fond sans laquelle on reste coincé dans le troupeau...

S & V Economie Magazine c'est une information tournée vers l'action.



SCIENCE & VIE

ECONOMIE

MAGAZINE

LA PSEUDO-SYMÉTRIE DES QUASI-CRISTAUX

C'est en jouant sur la forme des divers carreaux susceptibles de paver une salle de bains que des chercheurs américains ont découvert l'existence de cristaux dont la structure échappe à une codification qu'on croyait bien achevée depuis longtemps.

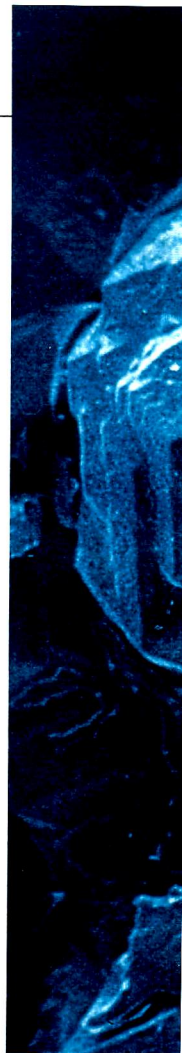
Grecs et Romains, qui furent de grands spécialistes de la dalle, du pavé et de la mosaïque, avaient très vite noté ce fait surprenant : si l'on veut couvrir intégralement, sans laisser le moindre vide, une surface plane à partir d'une réserve de pierres ou de céramiques identiques, il n'y a que fort peu de choix dans le dessin des carreaux. Ce seront soit des parallélogrammes, soit des triangles, soit des hexagones, et c'est tout — encore doit-on noter que l'hexagone est engendré par six triangles et le parallélogramme par deux triangles.

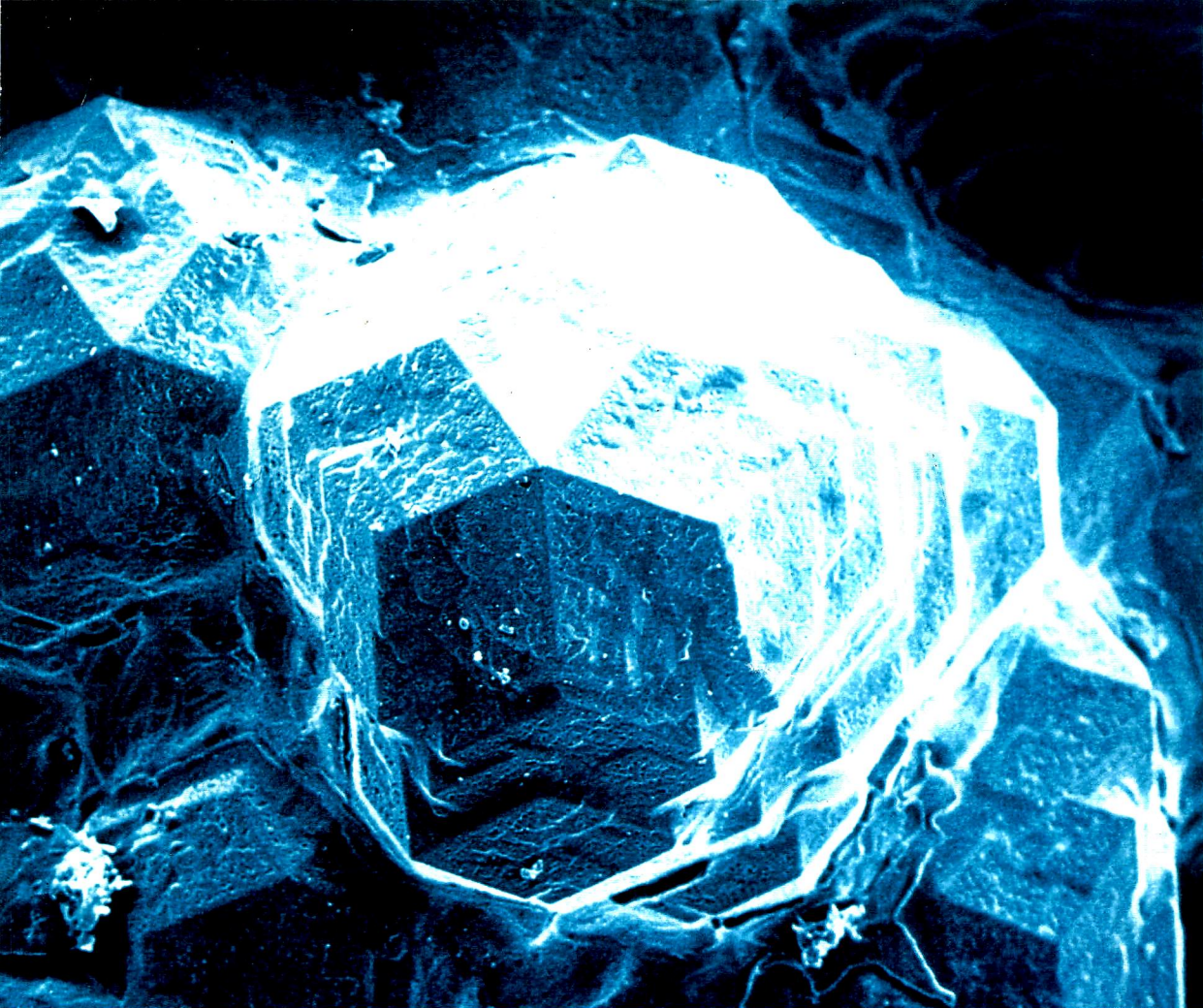
La beauté du carrelage devant en ce temps obéir à la loi de la plus parfaite régularité, il ne restait plus que les rectangles (parallélogrammes à angles droits), les carrés, les triangles équilatéraux et les hexagones — le parallélogramme quelconque ou le losange (parallélogramme à

côtés égaux) n'auraient convenu que pour des pièces obliques qui n'avaient pas, et pour cause (elles sont trop difficiles à meubler), la faveur des architectes de l'époque.

En pratique, donc, pour couvrir le plan de manière régulière et esthétique, on va utiliser des carrés, des rectangles, des triangles équilatéraux ou des hexagones. Aucun autre polygone régulier (côtés égaux et angles égaux) ne convient, pas plus d'ailleurs que les cercles — de toute manière, on ne considère pas ici les polygones curvilignes, dont les côtés sont des courbes et non des droites.

De fait, il est impossible de couvrir le plan avec des pentagones, des octogones, des heptagones,





etc. Notons tout de suite qu'il nous aurait fallu préciser réguliers car il existe quantité de polygones quelconques qui peuvent couvrir le plan : quadrilatères convexes ou concaves, polygones à 5, 6, 7, 8, 9... côtés. Mais si on se limite aux polygones réguliers, le choix reste limité.

On peut essayer, par exemple, de juxtaposer des pentagones (5 côtés), mais il va automatiquement rester des vides —, on se reportera à nos dessins, qui, comme on le sait depuis Bonaparte, valent infiniment mieux pour la compréhension de la chose qu'une bonne douzaine de paragraphes avec postface et notes en bas de page.

L'heptagone (7 côtés) ne vaut pas mieux, mais l'octogone à 8 côtés, donc polygone pair, donne un résultat plus satisfaisant : il reste bien sûr des vides, mais qui sont carrés et donc faciles à combler avec des petits carreaux. Qui plus est, le motif du réseau ainsi constitué possède, comme le carré, un axe de symétrie d'ordre 4 (nous y reviendrons), ce qui le rend agréable à l'œil et explique son usage fréquent pour les carrelages.

Remarquons qu'en utilisant deux figures nous

Un alliage né des jeux mathématiques. C'est en cherchant des matériaux nouveaux pour l'aérospatiale que les métallurgistes sont tombés sur cet alliage de lithium et d'aluminium qui présente des faces en losanges avec symétrie pentagonale, analogues à celles imaginées par le mathématicien-amateur de jeux Penrose. C'est un quasi-cristal dont l'agencement rappelle les mosaïques : leur harmonie globale repose sur l'arrangement non périodique de quelques motifs élémentaires.

sommes en principe sortis du problème consistant à couvrir le plan avec une seule figure indéfiniment répétée ; mais comme il est mathématiquement prouvé que ce problème n'a pas d'autres solutions que les trois polygones cités plus haut (triangle, parallélogramme, hexagone), il est justement intéressant d'en sortir ; c'est d'ailleurs ainsi que les chercheurs américains ont découvert les quasi-cristaux.

Il y a un peu plus d'une vingtaine d'années, Martin Gardner, grand spécialiste des jeux mathématiques dans la revue *The Scientific American*, consacra sa rubrique au recouvrement du plan par des polygones, ce qui déclencha l'intérêt de certains mathématiciens et lui valut une immense corres-

pondance. Beaucoup de formules utilisant plus d'un polygone furent mentionnées, mais la plus curieuse fut celle que publia Gardner et qui comporte comme seuls motifs deux losanges, avec cette étonnante propriété de n'être pas régulière et d'avoir pourtant un axe de symétrie d'ordre 5, ce qui ne s'était jamais vu.

En réalité, l'inventeur de ces losanges est un Anglais spécialiste de la physique mathématique, Roger Penrose, autre grand amateur de jeux. Ses losanges, comme on le voit sur nos dessins, dérivent directement du pentagone, ce qui explique la symétrie d'ordre 5. Avant d'aller plus loin, faisons un bref rappel des symétries, qui jouent un rôle si important aussi bien dans l'art, et spécialement l'architecture, que dans la cristallographie.

Un point M' de l'espace est symétrique d'un point M par rapport à un point O , dit centre de symétrie,

si O est le milieu de la droite MM' ; un point M' de l'espace est symétrique d'un point M par rapport à une droite D , dite axe de symétrie, si cette droite est perpendiculaire au milieu de MM' ; un point M' de l'espace est symétrique d'un point M par rapport à un plan P , dit plan de symétrie, si celui-ci est perpendiculaire au milieu de MM' .

Le cercle (et la sphère), les polygones réguliers pairs, et en particulier le carré, ont un centre de symétrie. Le carré, pour le prendre comme exemple, possède cinq axes de symétrie : les deux diagonales, les deux droites passant par le milieu de côtés opposés, et la droite perpendiculaire au plan de ce carré et passant par le centre de symétrie.

D'une manière plus précise, une figure admet une droite pour axe de symétrie d'ordre n lorsque, en la faisant tourner d'un angle $\alpha = 360/n$ autour de cet axe autant de fois qu'on le veut, on l'amène en coïncidence avec elle-même ; comme, après un tour complet de 360° , la figure doit se retrouver dans sa position initiale, n doit être entier.

Dans le cas du carré, une diagonale est axe de symétrie d'ordre 2 : chaque demi-tour autour de cette diagonale ramène le carré sur lui-même. Mais la droite perpendiculaire au centre du carré est axe de symétrie d'ordre 4 : chaque quart de tour autour de cette droite remet le carré en coïncidence. De même la droite perpendiculaire au centre d'un triangle équilatéral est axe de symétrie d'ordre 3 ; celle perpendiculaire au centre d'un hexagone est axe de symétrie d'ordre 6 : chaque sixième de tour autour de cet axe ramène l'hexagone sur lui-même.

Un cube, pour sa part, est beaucoup plus riche encore : un centre de symétrie, trois axes d'ordre 4, quatre axes d'ordre 3, six axes d'ordre 2, et neuf plans de symétrie.

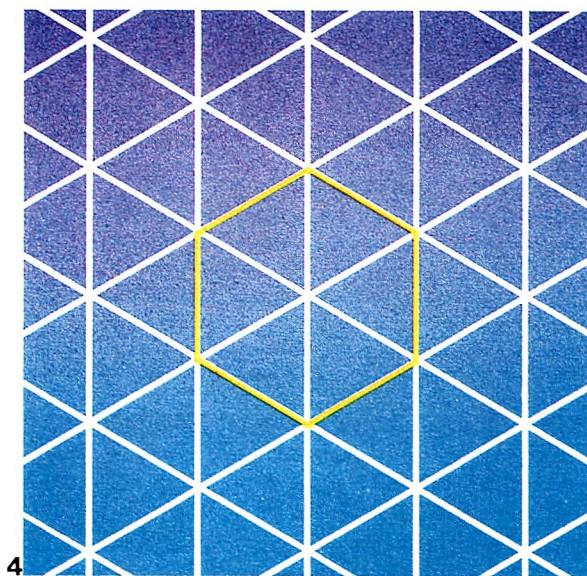
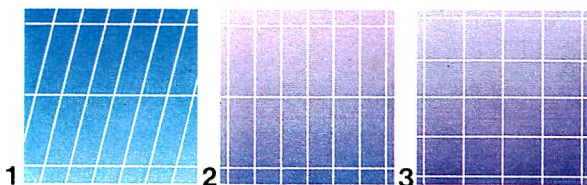
Pour en revenir à la couverture du plan par la répétition d'une seule figure simple, notons que les réseaux possibles peuvent avoir une symétrie d'ordre 2 avec des rectangles, d'ordre 3 avec des triangles équilatéraux, d'ordre 4 avec des carrés ou d'ordre 6 avec des hexagones réguliers.

En mettant deux figures simples pour recouvrir le plan sans laisser aucun vide, on peut retrouver les mêmes symétries sauf, jusqu'à la découverte de Penrose, celle d'ordre 5. Ainsi, avec des octogones et des carrés, on a une symétrie d'ordre 4 — bien que l'octogone ait un axe d'ordre 8. Avec les losanges de Penrose, on peut recouvrir le plan, mais de manière non périodique, qui plus est, des zones entières du dallage ainsi constitué présentent une symétrie d'ordre 5, c'est-à-dire qu'en faisant tourner ces zones par $1/5$ de tour, on les ramène à chaque fois en coïncidence avec elles-mêmes.

Regardons ces deux points de plus près, en commençant par l'aspect non périodique. Quand on fait un dallage avec des rectangles ou des triangles, on constate tout de suite qu'il suffit de répéter indéfini-

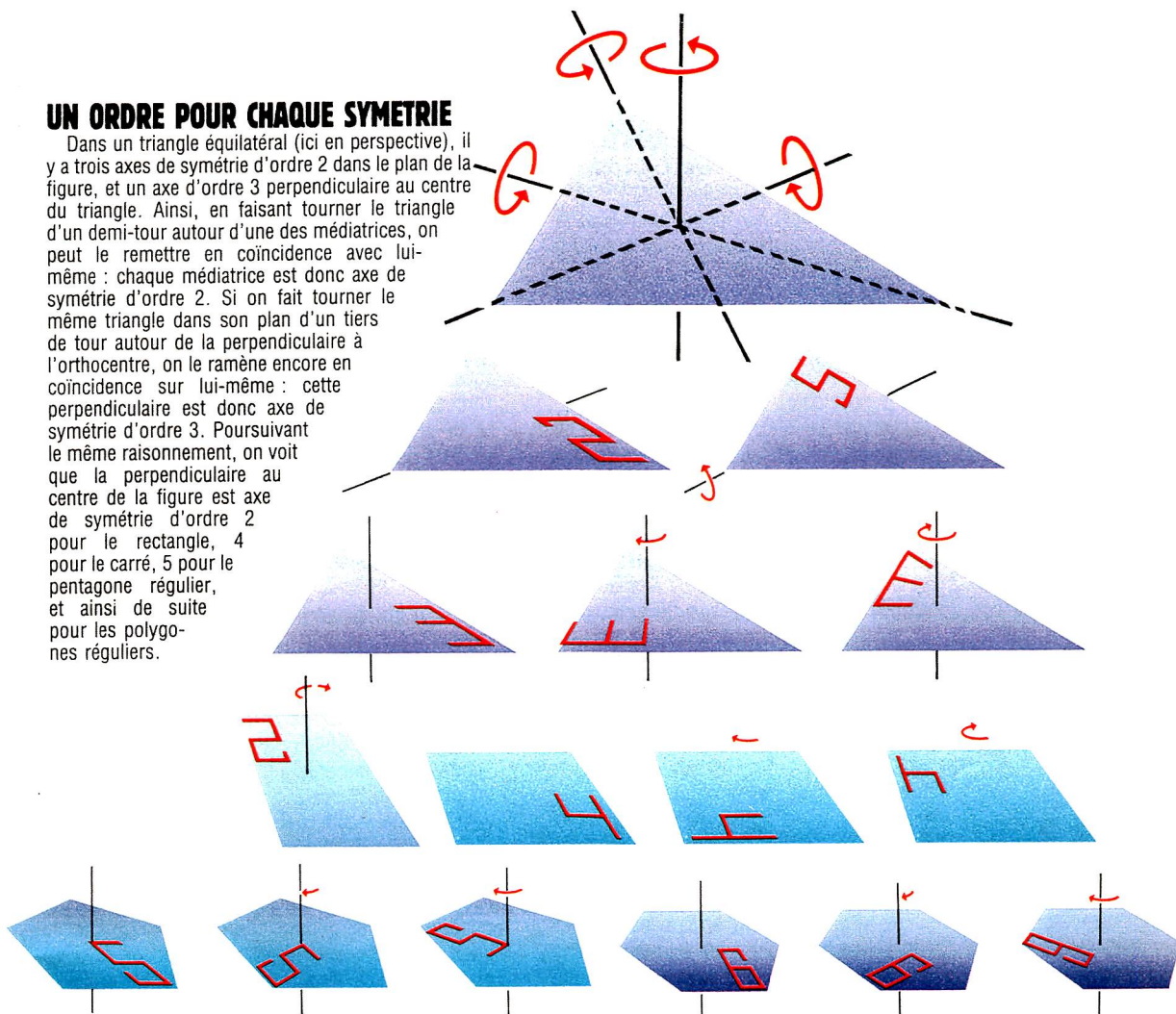
LES SEULS DALLAGES PÉRIODIQUES

Si on veut couvrir le plan sans vides ni recouvrements avec des figures droites toutes identiques, on constate vite qu'il n'y a que deux possibilités : un double réseau de parallèles équidistantes qui donne les parallélogrammes de la figure 1, dont les rectangles (2) et les carrés (3) ne sont que des cas particuliers, ou un triple réseau de parallèles toutes équidistantes qui donnent les triangles équilatéraux (4), lesquels engendrent les hexagones réguliers (en jaune).



UN ORDRE POUR CHAQUE SYMETRIE

Dans un triangle équilatéral (ici en perspective), il y a trois axes de symétrie d'ordre 2 dans le plan de la figure, et un axe d'ordre 3 perpendiculaire au centre du triangle. Ainsi, en faisant tourner le triangle d'un demi-tour autour d'une des médiatrices, on peut le remettre en coïncidence avec lui-même : chaque médiatrice est donc axe de symétrie d'ordre 2. Si on fait tourner le même triangle dans son plan d'un tiers de tour autour de la perpendiculaire à l'orthocentre, on le ramène encore en coïncidence sur lui-même : cette perpendiculaire est donc axe de symétrie d'ordre 3. Poursuivant le même raisonnement, on voit que la perpendiculaire au centre de la figure est axe de symétrie d'ordre 2 pour le rectangle, 4 pour le carré, 5 pour le pentagone régulier, et ainsi de suite pour les polygones réguliers.



ment le même motif pour faire le travail, de la même manière qu'on monte un mur de briques : on aligne les motifs de base — rectangle, triangle, carré, ou octogone et carré, etc. — de haut en bas et de droite à gauche aussi loin que nécessaire.

L'ensemble obtenu est périodique, puisqu'il est engendré par la répétition d'un même dessin, et il possède une symétrie globale : tout axe de symétrie d'un seul motif est axe de symétrie de tout l'ensemble. Avec les losanges de Penrose, aucun motif (ici composé de plusieurs des deux losanges élémentaires, tout comme le dallage à partir de carrés et d'octogones utilise comme motif de base un carré juxtaposé sur le côté d'un octogone) ne peut être répété pour assurer la couverture totale du plan.

Il n'y a donc aucune périodicité dans le dessin, avec cette conséquence immédiate qu'il y a une infinité de réseaux possibles pour couvrir une surface donnée. En revanche, la juxtaposition de losanges issus du pentagone fait apparaître localement des régions possédant une symétrie d'ordre 5. On se reportera au dessin que nous publions pour le

vérifier ; on peut aussi fabriquer, en carton fort ou en polystyrène choc de 2 mm, une réserve de losanges Penrose et les assembler pour noter de nouveau l'apparition de motifs qui évoquent l'étoile à 5 branches.

Notons, à propos de ces losanges, qu'ils ont même longueur de côté tous les deux (ce qui permet de les juxtaposer sans problème) et que le rapport de leurs surfaces est égal à $(\sqrt{5} + 1)/2$, soit en gros 1,618. Ce nombre exprime également le rapport entre la diagonale et le côté du pentagone, ce qui est naturel vu l'origine des losanges ; c'est aussi l'une des racines de $x^2 - x - 1 = 0$, mais c'est encore et surtout le fameux nombre d'or, étalon de la beauté parfaite dans le rectangle pour les Grecs et pour une multitude de peintres et d'architectes de la Renaissance.

L'harmonie divine est donc sous-jacente au dallage de Penrose. On comprend l'enthousiasme des chercheurs, et leur désir d'aller plus loin : s'il est possible de couvrir le plan avec autre chose que les carrés ou les hexagones qui décorent cuisines et

salles de douche, peut-on paver l'espace avec d'autres volumes que des cubes ou des prismes hexagonaux ? Autrement dit, peut-on refaire en trois dimensions ce qui a si bien réussi en deux ?

En fait, le problème est autrement plus ardu, car si le raccordement de deux dièdres (figure formée par l'intersection de deux plans comme l'angle est la figure formée par l'intersection de deux droites) dans l'espace n'est déjà pas chose commode à manipuler et surtout à visualiser, la juxtaposition de polyèdres (volumes limités par des faces planes) devient vite inextricable.

Au fil des années, on découvrit toutefois de nombreux réseaux de Penrose susceptibles de remplir

l'espace sans laisser le moindre vide. Mais, de même qu'il fallait dans le plan deux motifs de base, il faut dans l'espace des polyèdres différents pour remplir totalement un volume donné et, une fois encore, le réseau n'est pas périodique alors qu'il l'est avec les habituelles briques rouges ou avec des cubes.

Tout cela serait resté du domaine des jeux mathématiques si un physicien américain, Steinhardt, n'avait eu l'idée avec l'un de ses étudiants, Levine, de simuler sur ordinateur la figure de diffraction que donnerait un solide fait d'atomes disposés selon une structure de Penrose.

Rappelons que dans les

solides cristallisés, les atomes sont placés aux points d'intersection de 7 réseaux de droites parallèles qui délimitent des volumes simples ayant des éléments de symétrie bien répertoriés. Ces 7 volumes sont soit des parallélépipèdes (6 faces planes, parallèles et égales deux à deux), qui peuvent être quelconques, mais aussi rectangles, à base losange, cubiques, etc., soit des prismes droits à base hexagone régulier.

Ils définissent les structures de base des 7 systèmes cristallins observés sur tous les cristaux de toutes les matières possibles et pour lesquels il n'y a que des axes de symétrie d'ordre 2, 3, 4 ou 6. La plupart des corps simples et des alliages existent sous forme cristallisée. A l'opposé, dans les liquides, les gaz et les solides amorphes (par exemple les verres ou les matières plastiques), les atomes n'occupent pas de position géométrique bien définie.

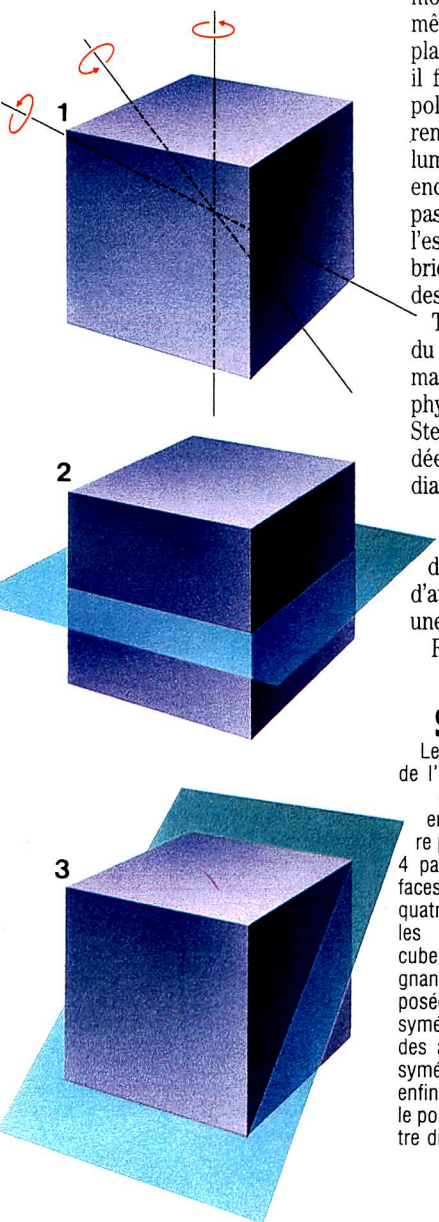
Quand on envoie un faisceau d'électrons ou de rayons X à travers un matériau cristallisé, le rayonnement est diffracté et donne sur un film une image caractéristique faite de lignes et de points dont le dessin est fonction de l'arrangement des atomes ; on peut donc en déduire le système cristallin auquel appartient le matériau étudié. L'image donnée par un corps amorphe ne présente pas cette disposition géométrique régulière de points et de lignes.

Une figure de diffraction montre donc soit un réseau de points et de lignes correspondant à l'un des 7 systèmes cristallins, soit les taches irrégulières ou les anneaux flous associés aux corps amorphes. On ne connaissait pas d'état solide intermédiaire entre ces deux formes.

Quand Steinhardt et Levine firent la diffraction simulée d'un réseau de Penrose, ils eurent l'immense surprise de voir apparaître les lignes et les points bien nets que donnent normalement les systèmes cristallins périodiques. En effet, le réseau de Penrose n'ayant pas de structure répétitive, ils ne voyaient pas pourquoi l'image de diffraction en possédait une. Qui plus est, elle présentait une symétrie d'ordre 5, ce qui, cette fois, était logique puisque les polyèdres de Penrose l'ont aussi.

C'est un autre mathématicien, Ammann, qui allait découvrir pourquoi la diffraction simulée donnait une image périodique alors que l'arrangement des atomes ne l'était pas. En fait, cet arrangement n'est pas non plus aléatoire : il n'est ni totalement ordonné ni désordonné, d'où le nom qui lui a été donné de quasi-périodique.

Ammann montra qu'un réseau plan de Penrose peut être couvert par une grille pentagonale — chaque ligne de la grille est parallèle à un des côtés d'un pentagone — de telle manière que chacun des 5 ensembles de lignes parallèles passe par tous les losanges du réseau. L'espacement des lignes ne prend que deux valeurs, x et y , le rapport y/x étant



SYMETRIES SPATIALES

Le cube, polyèdre régulier de l'espace à 3 dimensions, est beaucoup plus riche en symétries qu'une figure plane : trois axes d'ordre 4 passant par le centre des faces (un seul est dessiné), quatre axes d'ordre 3 qui sont les quatre diagonales du cube, six axes d'ordre 2 joignant les milieux d'arêtes opposées (1), trois plans de symétrie passant par le milieu des arêtes (2), six plans de symétrie diagonaux (3), et enfin un centre de symétrie, le point de rencontre des quatre diagonales.

égal au nombre d'or.

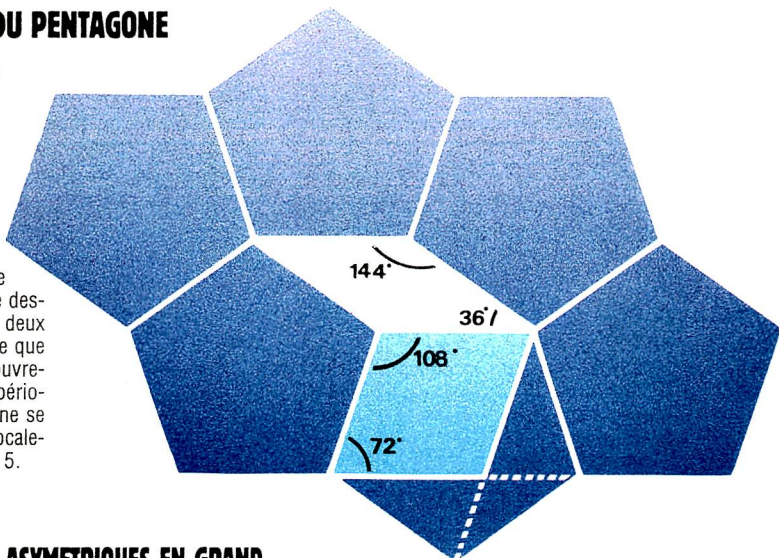
Quant à la succession des espacements x ou y , il obéit à une règle similaire à celle qui régit la suite de Fibonacci 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21... où chaque terme est la somme des deux précédents ; on ne s'étonnera pas que le quotient de deux termes consécutifs de la suite tende vers le nombre d'or quand ces

deux termes tendent vers l'infini.

En tout cas, la grille d'Ammann permettait d'expliquer la périodicité des figures de diffraction puisque ces ensembles de parallèles constituent des directions privilégiées pour la dispersion du rayonnement qui traverse un tel édifice ; la grille ayant une symétrie pentagonale, il était normal que celle-

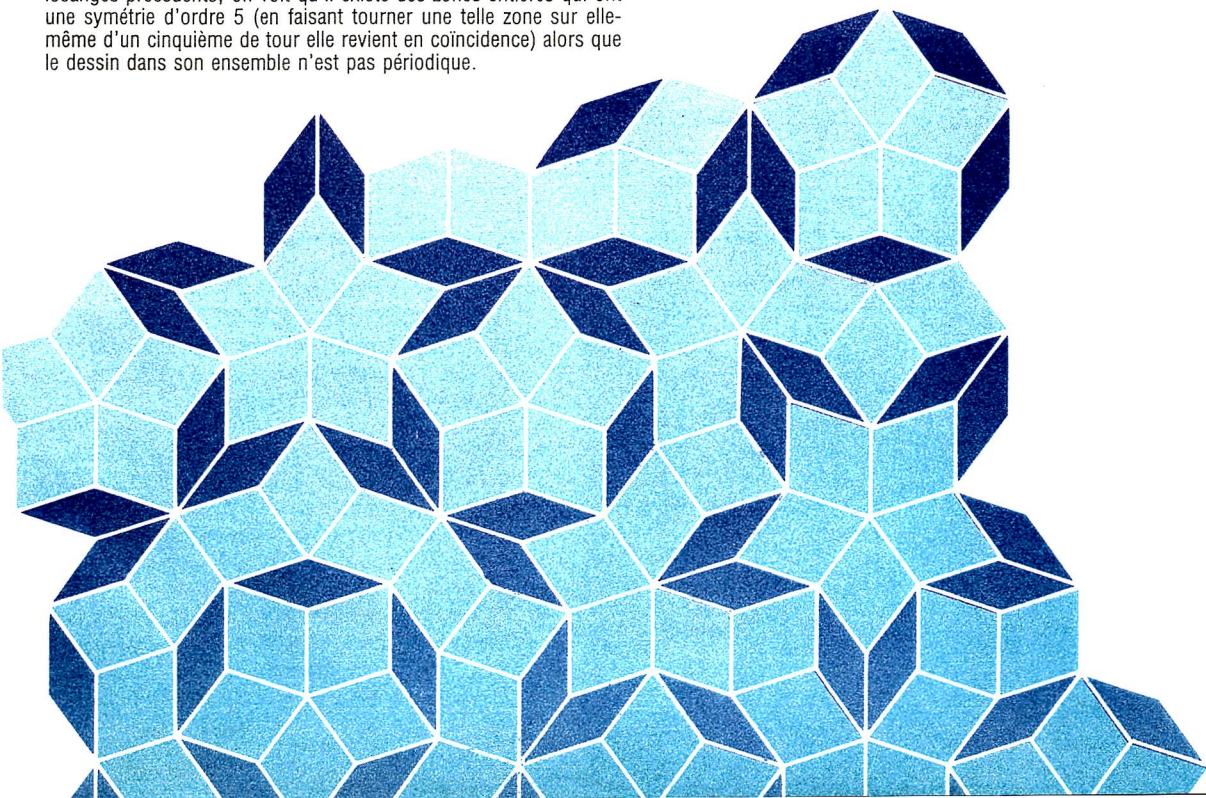
LES LOSANGES NES DU PENTAGONE

Si on essaye de couvrir le plan avec des pentagones réguliers, on constate qu'il reste des vides (en blanc) affectant la forme d'un losange allongé. Par ailleurs, deux diagonales concourantes du pentagone donnent aussi un losange complémentaire du précédent (en clair sur le dessin). C'est à partir de ces deux losanges issus du pentagone que Penrose allait bâtir un recouvrement du plan qui n'est pas périodique (aucun dessin global ne se répète) tout en présentant localement des symétries d'ordre 5.



SYMETRIQUES EN PETIT, ASYMETRIQUES EN GRAND

En regardant le recouvrement plan de Penrose, fait avec les deux losanges précédents, on voit qu'il existe des zones entières qui ont une symétrie d'ordre 5 (en faisant tourner une telle zone sur elle-même d'un cinquième de tour elle revient en coïncidence) alors que le dessin dans son ensemble n'est pas périodique.



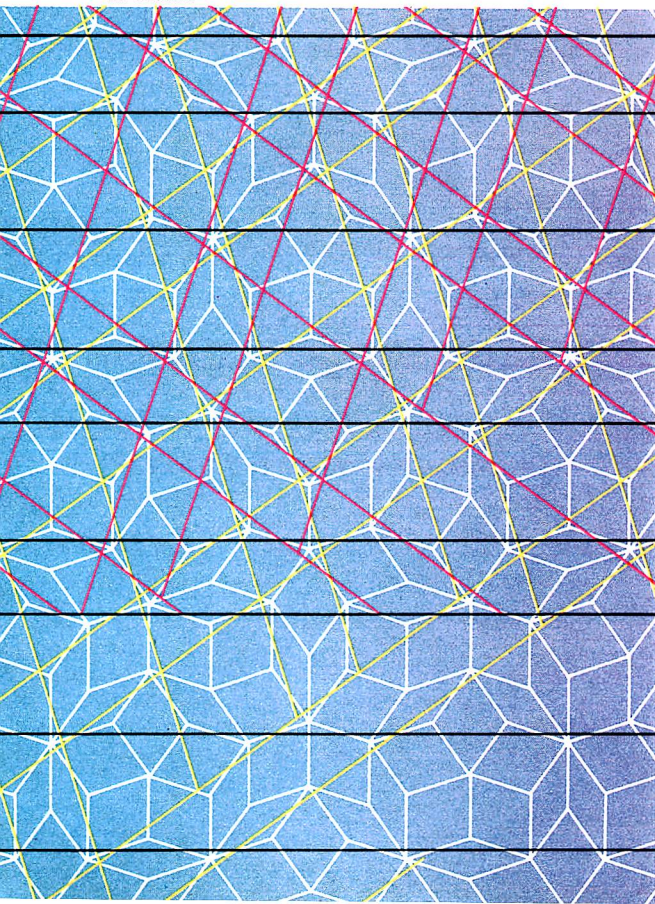
ci se retrouve sur le cliché de diffraction.

Du point de vue mathématique, la découverte était intéressante. Elle allait devenir fondamentale pour la physique du solide quand, à l'automne 1984, le physicien Nelson présenta à Steinhardt la figure de diffraction d'un alliage aluminium-manganèse : le cliché présentait une symétrie d'ordre 5. Il ne fallut pas longtemps aux deux chercheurs pour retrouver les images simulées et les comparer aux clichés réels : les deux coïncidaient parfaitement.

Il semblait donc que les atomes puissent se regrouper selon les structures quasipériodiques dérivant directement des losanges de Penrose. Pour les physiciens, c'était le renversement de l'ordre établi : les cristaux n'existaient qu'en 7 systèmes n'ayant jamais de symétrie d'ordre 5, parfaitement classés et codifiés depuis des lustres. Et brusquement, suite à un jeu mathématique qui avait trop bien tourné, il

UNE GRILLE ORDONNE LE DESORDRE DU MOTIF

C'est en simulant sur ordinateur la figure de diffraction d'un cristal où les atomes seraient disposés selon un réseau de Penrose que le physicien américain Steinhardt aperçut dans cette figure une symétrie d'ordre 5 qui allait mener à la découverte des quasi-cristaux. Cette symétrie vient de ce qu'il existe un quintuple réseau de lignes, parallèles aux côtés d'un pentagone, et tel que chacun des cinq ensembles de lignes passe par tous les losanges du dessin.



fallait tout reprendre.

Le nouveau domaine fut celui des quasi-cristaux. Dans les années qui suivirent, on découvrit plus d'une centaine d'alliages présentant à la diffraction une symétrie d'ordre 5. On eut même la preuve qu'étaient possibles des symétries d'ordre 7, 9 ou 11 qui sont normalement interdites par les lois de la cristallographie.

Seul ennui, mais de taille, nul ne voyait par quel mystère les atomes pouvaient s'assembler selon ces structures non périodiques ; dans tout cristal, ils sont liés par des forces d'attraction d'origine électrostatique, et ces forces engendrent presque automatiquement des arrangements périodiques. Or, les réseaux de Penrose ne le sont pas, et de plus ils n'étaient pas faciles à dresser, car on ne connaissait alors aucune règle globale permettant de définir la marche à suivre pour couvrir un plan à partir d'une réserve des deux losanges.

Il existe bien des règles locales indiquant quel losange mettre à telle place en fonction du vide à combler, mais il faut anticiper ce que va être le dallage futur pour placer les autres losanges au bon endroit au fur et à mesure ; en cas d'erreur, il ne reste plus qu'à défaire ce qui a été fait et à reprendre de manière différente. Or, il est évident que les atomes, n'ayant aucun don de voyance, ne peuvent deviner ce que va être l'arrangement final avant de prendre leur place.

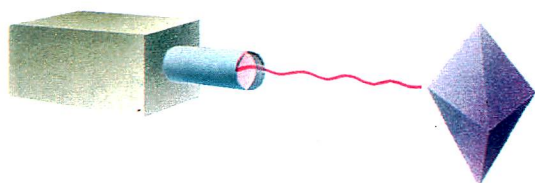
En réalité, ils obéissent à des lois d'attraction assez simples et viennent prendre position les uns après les autres pour former les couches de croissance du cristal. Du coup, certains chercheurs en conclurent que les structures de Penrose ne pouvaient survenir naturellement et ils cherchèrent des interprétations plus classiques aux figures de diffraction d'ordre 5.

Et puis, en 1988, G. Onoda, un spécialiste des céramiques chez IBM, découvrit comment assembler les losanges pour couvrir n'importe quelle surface en n'utilisant que des règles strictement locales, c'est-à-dire en ne tenant compte que du dernier périmètre et des angles présents. Steinhardt vint aussitôt étudier le procédé, le simplifia, puis, avec l'aide d'autres chercheurs, formula un ensemble de règles qui définissent la place de chaque pièce en fonction du dessin déjà obtenu.

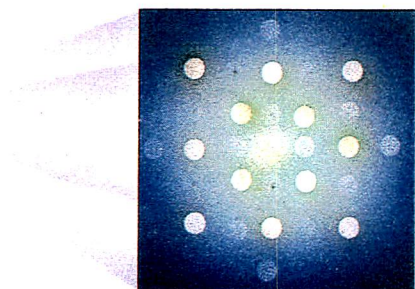
On arrive ainsi obligatoirement à l'une des huit combinaisons possibles qu'on trouve dans un parfait réseau de Penrose — c'est-à-dire un réseau tel qu'on peut le continuer indéfiniment sans jamais avoir à en défaire une partie. La preuve était donc faite qu'un réseau de losanges — du moins à 2 dimensions — peut croître naturellement.

De fait, en suivant les règles, on peut réaliser un dallage de Penrose en commençant à partir d'un losange quelconque. Elles stipulent quel type de vide doit être comblé en premier, ou choisi au ha-

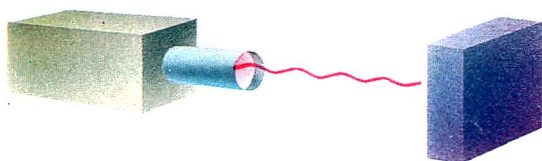
SUR LE FILM, LE DAMIER DE L'INVISIBLE



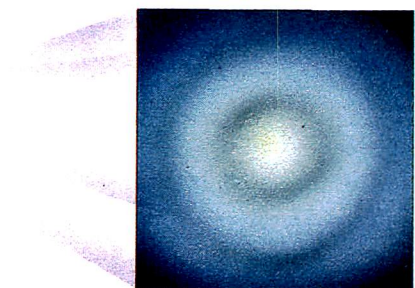
Quand un faisceau d'électrons ou de rayons X traverse un cristal, on obtient sur un film une figure de diffraction faite d'alignements de points dont la symétrie reflète celle de l'arrangement géométrique des atomes (1). Pour les sept classes de cristaux, on n'observe que des



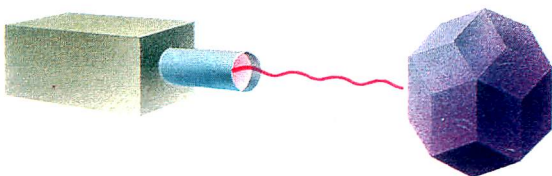
1



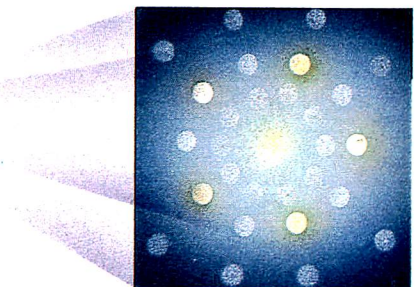
symétries d'ordre 2, 3, 4 ou 6... Si le même faisceau traverse une substance vitreuse (pas d'arrangement géométrique des atomes), la figure de diffraction présente des halos ou des taches floues sans aucune symétrie... Mais, et c'est là la découverte, il existe des alliages dont la figure de diffraction (2)



2



présente une symétrie d'ordre 5 (3), incompatible avec les structures cristallines connues, et dont l'arrangement géométrique correspond à un réseau de Penrose.



3

sard s'il y en a plus d'un seul du même type, lequel des deux losanges utiliser en chaque cas et comment l'orienter. Il n'y a pas à tenir compte des parties éloignées du réseau, pas plus qu'un atome ne se soucie de ce qui se passe plus loin dans un arrangement cristallin avant de venir prendre sa place dans l'ensemble.

Reste à prouver qu'on peut étendre le procédé au remplissage de l'espace à trois dimensions, autrement dit qu'il existe aussi un groupe de lois simples permettant d'agencer les polyèdres de Penrose de manière à combler un volume sans laisser le moindre vide. Quand cela sera fait, et Steinhardt pense que ce serait pour bientôt, il faudra découvrir comment les forces d'attraction des atomes les amènent à s'assembler selon ces structures peu orthodoxes.

Pour l'instant, ce travail théorique n'est pas mené à terme, ce qui n'empêche pas les recherches expé-

rimementales : les laboratoires trouvent chaque jour des quasi-cristaux de plus en plus proches de la perfection et poursuivent l'étude de leurs propriétés physiques. A vrai dire, l'immense somme de connaissances qu'on a en ce qui concerne les cristaux et les verres ne permet pas de prédire les caractéristiques des quasi-cristaux, car les différences de structures sont trop importantes.

On ne sait donc pas si cet agencement des atomes selon une géométrie complexe va leur donner des propriétés supérieures en ce qui concerne la dureté, l'élasticité, la ténacité ou la résilience. On ignore tout autant s'ils présenteront un intérêt spécial pour l'électronique, ou pour l'aérospatiale, ou pour l'industrie atomique. La seule certitude, pour l'instant, c'est que leur découverte est née des jeux mathématiques et des groupes de symétries.

Renaud de La Taille



FUSION FROIDE : LE TRUC DE FLEISCHMANN

Il y a un an, l'électrochimiste anglais Martin Fleischmann déclarait qu'il avait réussi à produire une réaction de fusion nucléaire à froid entre deux simple électrodes. Partout dans le monde, on a tenté, sans réel succès, de reproduire son incroyable expérience. C'est que Fleischmann avait un truc !

Le débat sur la réalité de la fusion froide devrait prendre un tour différent avec la publication prochaine dans la revue américaine *Fusion Technology*, qui fait autorité en la matière, de l'expertise d'Edmund Storm et de Carol Talcott du Laboratoire national de Los Alamos, au Nouveau Mexique. Les deux physiciens se sont entourés des précautions les plus difficilement imaginables, même pour un expérimentateur maniaque, afin de savoir si la fusion froide était une réalité ou un pur produit de l'imagination de Martin Fleischmann.

La crédibilité du plus grand laboratoire de physique nucléaire américain étant en jeu, on imagine aisément que Storm et Talcott ont dû relire leur texte plus d'une fois avant de le communiquer à notre collaborateur Alexandre Dorozynski. La vérification porte essentiellement sur la présence d'un isotope lourd de l'hydrogène, le tritium. Ce composé ne peut être produit que par une réaction de fusion entre deux noyaux de deutérium, suivant la réaction $d + d = t + 1$ neutron. Cet unique critère a été retenu parce qu'il est le moins ambigu et ne peut pas être contesté. Sauf à imaginer une réaction nucléaire inconnue (ce que certains n'ont pas hésité à faire) la présence d'une quantité de tritium qui n'existait pas dans la cellule d'électrolyse au début de l'expérience, est la preuve irréfutable d'une réaction de fusion.

Les autres indicateurs (quantité de chaleur anormale ou brusque émission de bouffées de neutrons), n'ont pas été pris en compte, les mesures étant beaucoup trop délicates et le résultat toujours contestable.

L'équipe de Los Alamos s'est employée à mesurer

la quantité de tritium avant, pendant et après l'électrolyse dans 53 cellules de configurations différentes équipées d'électrodes en palladium, en nickel ou en alliages divers. Dans 11 de ces cellules, des concentrations de tritium variant de 1,5 à 80 fois le taux initial ont été trouvées après quelques jours ou quelques semaines d'expériences. Tout le matériel et tous les ingrédients entrant dans les dispositifs d'électrolyse ont été méticuleusement analysés avant utilisation.

De plus, pour éviter une possible contamination accidentelle d'une cellule, toutes les cellules contenaient des produits provenant des mêmes stocks. Le "bruit de fond" en tritium de l'eau lourde utilisée a été très précisément mesuré avant l'expérience, on s'est même servi comme élément de comparaison, d'eau de puits vieille de plus de 2 000 ans et qui ne contient donc pratiquement plus de tritium, celui-ci ayant une durée de vie de 12 ans.

Les taux de tritium ont été mesurés par scintillation en éliminant soigneusement les causes d'aberration (en particulier, afin d'éviter la confusion avec une possible réaction de chimioluminescence due à la lithine (LiOD), on a analysé les spectres d'émission, qui sont bien différents.)

Après une telle débauche de précautions, plus aucun doute n'est possible : 11 réactions ont produit du tritium. Ce qui veut dire que dans 11 cellules a eu lieu une réaction de fusion nucléaire entre noyaux de deutérium.

Les travaux de l'équipe de Los Alamos vont encore beaucoup plus loin que cette simple constatation ; ils ont mis en évidence les conditions nécessaires au déclenchement d'une réaction de fusion, ce que personne n'avait compris jusqu'à mainte-

nant, à part Fleischmann, qui avait soigneusement censuré sa communication.

Longtemps les expérimentateurs avaient observé quelque chose de particulièrement éphémère qui se produisait dans certaines circonstances qu'ils ne pouvaient préciser. Certains bains d'électrolyse, certaines électrodes donnaient parfois un résultat (neutrons, tritium) sans que l'on sache pourquoi. Ils en étaient arrivés à parler de "mauvaises électrodes". Il faut dire que le seul document dont ils disposaient était celui de Fleischmann et Pons, qui avait été volontairement tronqué, sans doute pour laisser le temps à ces deux inventeurs d'assurer la protection de leur brevet. Bref, l'essentiel manquait. A chaque fois que l'on demandait à Fleischmann si son électrode avait subi un traitement particulier, il esquiva la question et s'en tirait avec une boutade du genre "qu'il ne l'essayait pas avec des kleenex ou qu'il ne la passait pas au papier de verre".

A cause de ces petites omissions, en France et dans le monde entier, des centaines de chercheurs ont travaillé pendant des mois en pure perte

Or, Fleischmann avait un truc, comme beaucoup le supposaient. En procédant d'une manière systématique, l'équipe de Los Alamos a réussi à trouver la clef de l'énigme : il faut faire subir à l'électrode de palladium un traitement préalable assez bizarre, mais qu'un certain nombre de spécialistes pressentaient sans pouvoir le préciser. (Voir *Science & Vie* n° 864/septembre 1989).

En effet, les seules cellules de l'expérience de Los Alamos qui donnent un taux de tritium significativement élevé, sont celles qui ont été traitées de la manière suivante : on les recouvre par fumigation d'un dépôt de paraffine et d'un sulfure.

Elles sont ensuite placées dans le bain d'électrolyse et débarrassées de leur gangue de dépôt de fumée sulfureuse et carbonée par une inversion de polarités en début d'électrolyse : c'est-à-dire que la cathode est polarisée comme l'anode et vice versa. Quand la gangue est partie de la surface de l'électrode, on remet les polarités normales et l'électrolyse commence. Mais le soufre qui était présent dans la gangue reste très intimement lié à la surface de l'électrode, où il joue un rôle de "poison", (c'est le terme employé par les électrochimistes) : il empêche le dégagement de l'hydrogène et du deutérium moléculaires, par un mécanisme d'inhibition de l'effet catalytique du palladium. En effet, dans le processus normal

de dégagement de l'hydrogène par électrolyse, les ions d'hydrogène se collent contre l'électrode à la recherche d'un électron pour redevenir de l'hydrogène atomique, ($H^+ + e^- \rightarrow H$). Cet atome d'hydrogène rencontre un autre atome identique, auquel il se lie pour former une molécule d'hydrogène H_2 qui se dégage le long de l'électrode.

Mais un second phénomène intervient. Car le palladium qui constitue l'électrode est un métal plutôt bizarre : c'est une incroyable éponge à hydrogène, il peut en absorber près de 1 850 fois son volume. Les atomes d'hydrogène ou de deutérium, outre le dégagement sous forme moléculaire gazeuse, ont donc une autre possibilité : se tasser littéralement dans le réseau cristallin du palladium. Tassage d'autant plus efficace que l'effet catalytique de la surface du palladium est inhibé par un poison, en l'occurrence le soufre.

Empoisonnant la surface, le soufre empêche le dégagement de deutérium moléculaire, et, du même coup, favorise l'absorption de l'hydrogène et du deutérium par l'électrode de palladium. Comme c'est la rapidité avec laquelle s'engouffrent les noyaux de deutérium à l'intérieur du réseau qui détermine leur probabilité de rencontre, donc leur probabilité de fusion, on comprend pourquoi l'empoisonnement de la surface est la condition *sine qua non* pour obtenir une réaction de fusion.

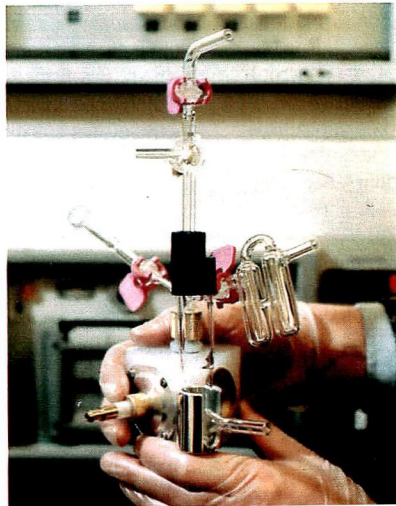
L'équipe de Los Alamos entretient d'ailleurs cet empoisonnement par l'adjonction de thio-urée, un composé organique soufré $NH_2-CS-NH_2$, qui continue à déposer une faible couche de soufre à la surface de la cathode. D'autres éléments chimiques à l'effet analogue, tels que l'arsenic, donnent avec succès le même résultat.

Donc, la fusion froide par voie électrolytique n'est plus un mythe. Alors verrons-nous bientôt la fusion froide entrer dans la pratique ? On en est pour l'instant très loin.

Car il faut bien savoir que s'il y a bien fusion, le rendement de toutes les expériences de Los Alamos

est, lui, totalement négatif. On consomme des milliers de fois plus d'énergie qu'on n'en produit. Bref, si ce procédé est d'un immense intérêt théorique, on ne voit pour l'instant pas l'ombre d'une application pratique, sauf peut être si l'on recherchait la production de tritium, qui coûte au bas mot 1 million de dollar le gramme !

Bernard Thesnon
Enquête
Alexandre Dorozynski



LE SEXE DES CHROMOSOMES

Deux chromosomes en tout point semblables, affligés de la même anomalie, provoquent deux maladies différentes, selon qu'ils sont d'origine paternelle ou maternelle. Une telle bizarrerie a intrigué les généticiens et les a conduits à s'interroger sur le sexe des chromosomes. Ils pensent avoir trouvé la réponse.

Les biologistes ont longtemps cru que les chromosomes de l'homme valaient ceux de la femme ; qu'à l'exception de ceux qui déterminent le sexe les homologues masculins et féminins contenaient le même programme ; qu'en somme, au niveau génétique, il existait une sorte d'égalité naturelle. Dans le noyau de chacune de nos cellules, rappelons-le, nous possédons 23 paires de chromosomes, sauf dans nos cellules sexuelles (spermatozoïdes ou ovules), qui ne contiennent qu'un exemplaire de chaque paire. Ainsi, lors de la fécondation, c'est-à-dire de la fusion d'un spermatozoïde et d'un ovule, les 23 paires sont reconstituées. Si, donc, les chromosomes du père sont équivalents à ceux de la mère, on devrait pouvoir créer un nouvel individu en fusionnant deux spermatozoïdes ou deux ovules.

Mais ça ne marche pas : les embryons issus de tels croisements présentent tous des malformations et ne poursuivent pas leur développement. Bref, ce n'est pas encore demain que les hommes pourront se passer des femmes, et réciproquement !

Comment expliquer ces échecs ? Les chromosomes masculins sont-ils différents des féminins, leur complémentarité étant nécessaire pour engendrer la vie ? En un mot comme en cent, les chromosomes ont-ils un sexe ?

A première vue, une telle hypothèse peut sembler extravagante. Elle repose pourtant sur un certain nombre de faits, qui, eux, sont indiscutables. Le syndrome de Prader, par exemple. Il s'agit d'une maladie héréditaire qui se manifeste par une taille très inférieure à la normale, une tonicité musculaire

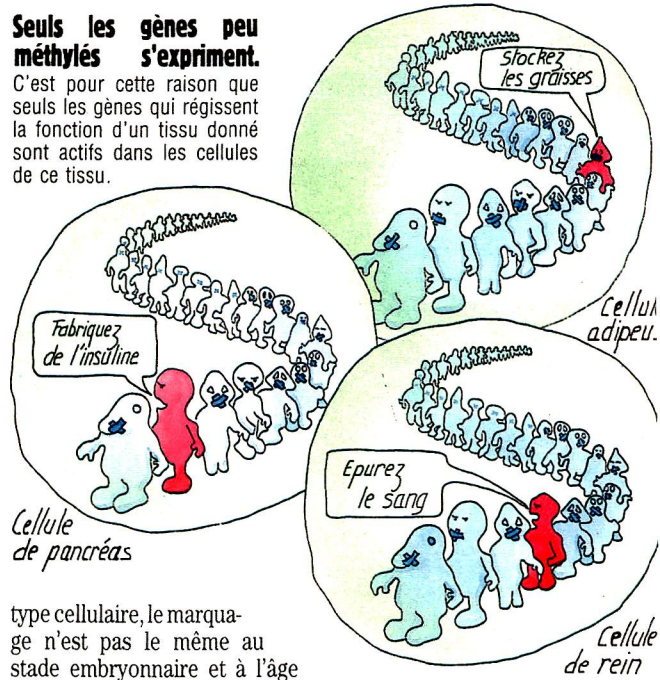
diminuée et une atrophie des organes génitaux. Bien qu'elle ne soit pas mortelle, elle perturbe considérablement — et pour cause ! — la vie de ceux qui en sont atteints. Pour cette raison, les médecins et les biologistes se sont penchés sur cette affection et ont établi qu'elle était due à une anomalie du chromosome 15. Celui-ci n'a pas sa longueur habituelle, ayant perdu une partie de sa substance (et par la même occasion un certain nombre de ses gènes).

En somme, on retrouve là le schéma classique d'une maladie génétique. Une chose cependant a étonné les chercheurs : le syndrome de Prader se transmet uniquement par le père. En effet, dans tous les cas étudiés, le chromosome 15 tronqué était d'origine paternelle. Est-ce à dire que le chromosome 15 maternel n'est pas susceptible de la même malformation ? Absolument pas, mais lorsque c'est lui qui est amputé, la maladie n'est plus du tout la même. Elle est même si différente qu'on lui a donné un autre nom : on l'appelle le syndrome d'Angelman. Ses principaux symptômes sont le retard mental, une mauvaise coordination des mouvements et des convulsions s'apparentant aux crises d'épilepsie. Rien à voir donc avec le syndrome de Prader. Et pourtant, dans les deux cas, l'anomalie chromosomique est identique.

Autre exemple : la chorée de Huntington. Les premiers signes de cette maladie héréditaire (mouvements involontaires, accompagnés de troubles mentaux) apparaissent généralement entre 30 et 50 ans. On a toutefois remarqué qu'elle était plus précoce lorsqu'elle était transmise par le père que lorsqu'elle provenait de la mère.

Seuls les gènes peu méthylés s'expriment.

C'est pour cette raison que seuls les gènes qui régissent la fonction d'un tissu donné sont actifs dans les cellules de ce tissu.



type cellulaire, le marquage n'est pas le même au stade embryonnaire et à l'âge adulte), enfin — et nous y voilà ! — avec l'origine parentale des chromosomes.

Si l'on étudie ces marquages plus en détail, on observe que le nombre des radicaux méthyles est globalement identique d'une cellule à l'autre : les variations portent avant tout sur leur répartition au sein des chromosomes. Ainsi, dans toutes les cellules, les chromosomes hérités du père sont moins méthylés que les chromosomes provenant de la mère.

Par ailleurs, le marquage semble être également en rapport avec la fonction de la cellule. Toutes les cellules de l'homme, nous l'avons dit, contiennent 46 chromosomes, et chaque cellule porte donc la totalité des gènes humains. Mais tous ces gènes ne s'expriment pas dans toutes les cellules. Exemple : bien que l'ensemble des cellules renferment le programme génétique relatif à la fabrication de l'hémoglobine, seules les cellules sanguines en produisent. Or, qu'ont observé les chercheurs ? Que le gène de l'hémoglobine était faiblement méthylé dans les cellules sanguines, et fortement dans les autres.

D'une manière plus générale, on peut dire que les gènes qui régissent les fonctions caractéristiques d'un tissu sont peu méthylés dans les cellules qui forment ce tissu ; en revanche, ils sont très méthylés dans les cellules qui ne les utilisent pas. Semblablement, les gènes qui président à la vie cellulaire, gouvernant, par exemple, la production des enzymes nécessaires à la respiration de la cellule ou à la réplication de l'ADN du noyau (on les appelle les *House Keeping Genes*, les "gènes de ménage", et, bien entendu, ils sont actifs dans tous les tissus), sont tous hypométhylés.

Ainsi, une même structure génétique peut induire des effets totalement différents selon que le chromosome a une origine paternelle ou maternelle. Tout se passe donc bien comme si les chromosomes avaient un sexe, ou, du moins, comme s'ils portaient sur eux la marque de leur origine. Mais sous quelle forme ?

Jusqu'à présent, pour les scientifiques, les chromosomes ne renfermaient qu'un seul genre d'information : l'information génétique, dont ils sont les supports. Un chromosome, on le sait, est essentiellement un morceau d'ADN, c'est-à-dire un enchaînement de plusieurs dizaines de millions d'unités élémentaires appelées "nucléotides". Ces nucléotides sont en quelque sorte les lettres avec lesquelles est écrit le message génétique. Comme il n'y a que quatre types de nucléotides, correspondant chacun à l'une des quatre bases qui entrent dans leur composition (adénine, cytosine, guanine ou thymine), l'alphabet génétique est des plus sommaires. Mais, même avec quatre lettres, on peut écrire de longues phrases. Et c'est précisément la succession, dans un ordre déterminé, de ces quatre types de nucléotides qui forme un gène. Or, si chaque chromosome contient plusieurs centaines de gènes, on n'avait jamais pensé, jusqu'à ces derniers temps, qu'il pût également receler une indication quelconque sur sa provenance, masculine ou féminine.

Les faits évoqués ci-dessus ont contraint les biologistes à reconsidérer l'information chromosomique. Manifestement, il devait exister, en plus des gènes, un autre genre de message greffé sur ceux-ci et conditionnant leur fonctionnement. Ainsi, certains gènes actifs sur le chromosome masculin se trouveraient inhibés sur le chromosome féminin, et vice versa. D'où les différences observées dans les pathologies nées d'une même malformation chromosomique. Restait à déterminer la forme de ce nouveau code.

La plupart des généticiens pensent aujourd'hui qu'il est écrit au moyen d'un petit élément chimique tout à fait banal : le radical méthyle (CH_3). La présence de ce groupement d'atomes en de multiples points de la molécule d'ADN était connue depuis une quarantaine d'années, mais on ignorait jusqu'ici quel rôle elle y jouait.

Morphologiquement parlant, le radical méthyle se greffe uniquement sur les cytosines (l'une des quatre bases constitutives des nucléotides), et plus particulièrement lorsque le nucléotide à cytosine est lié à un nucléotide à guanine. Ainsi, les trois quarts environ des doublets cytosine-guanine sont méthylés. Mais ce qui a mis la puce à l'oreille des chercheurs, c'est que les radicaux méthyles ne se trouvent pas au même endroit sur tous les ADN : les sites marqués varient en effet avec le type de la cellule (musculaire, nerveuse, sanguine, etc.), avec le degré d'évolution de l'organisme (dans un même

LA MÉTHYLATION : UNE INFORMATION QUI SE TRANSMET ET SE TRANSFORME

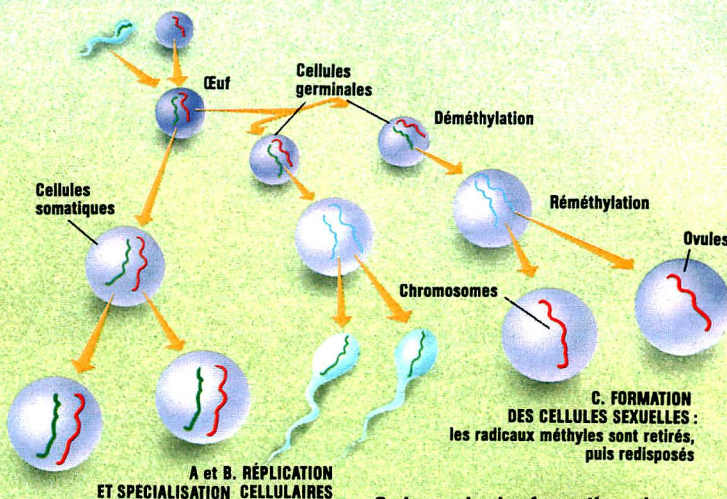
A. Lors de la vie d'un organisme (fonctionnement et renouvellement des cellules), c'est grâce à leur méthylation spécifique que ses cellules sont en mesure de remplir la fonction qui leur est dévolue : contraction musculaire, transport de l'oxygène, propagation de l'influx nerveux, etc. Ce marquage, différent selon la fonction, doit donc être conservé au fil des divisions cellulaires. C'est à cette condition seulement qu'une cellule hépatique, par exemple, pourra donner naissance à deux cellules filles capables d'assurer le même travail qu'elle-même. Lors de la division cellulaire, donc, la méthylation des cellules filles se fait de manière conforme à celle de la cellule mère. Cela se passe, schématiquement, de la manière suivante (illustrée sur le dessin A ci-contre) :

1. L'ADN des chromosomes de chaque cellule mère se scinde en ses deux brins.

2. Sur la succession des bases (A, C, G, T) de chaque brin, l'enzyme polymérase fixe des bases complémentaires (sur chaque A elle met un T et vice versa, et sur chaque C elle met un G et vice versa). Résultat : on obtient ainsi à partir de l'ADN de la cellule mère deux exemplaires pour deux cellules filles.

3. Mais les brins complémentaires ainsi fabriqués ne disposent pas encore de radicaux méthyle (petits cylindres rouges). C'est le rôle d'un certain nombre d'enzymes (bonshommes rouges sur le dessin) de les fixer sur ces brins nouveaux, aux mêmes endroits que chez la cellule-mère.

B. Chez l'embryon, lors de la spécialisation des cellules, l'information portée par la méthylation doit pouvoir se transformer et non se



transmettre telle quelle comme ci-dessus. En effet, si la même "grille de lecture" se perpétuait dans toutes les cellules de l'embryon, celles-ci se développeraient à l'unisson, et l'on aurait un être indifférencié, fait d'un seul et même tissu. Pour qu'un individu se développe dans toute sa diversité, il faut donc que la méthylation présente dans la cellule originelle — l'œuf — évolue constamment au cours de l'embryogénèse, de telle sorte que les cellules, au fur et à mesure de leur multiplication, s'organisent en tissus divers, ayant chacun leur propre fonction. La division cellulaire se déroule de la même manière décrite ci-dessus, mais les enzymes responsables de la méthylation fixent les radicaux méthyle à l'ADN des nouvelles cellules selon une grille spécifique de leur rôle à venir (et non plus aux mêmes endroits que l'ADN d'avant la division).

C. Lors de la formation des cellules sexuelles, il y a une autre transformation de la méthylation (dessin C ci-contre). Nous savons que, dans chaque paire de chromosomes, il y en a un qui provient du père et l'autre de la mère, et que cette différence d'origine se traduit par une différence de méthylation. Si, donc, le génome d'un homme est fait à la fois de chromosomes paternels et de chromosomes maternels, il convient cependant que ses spermatozoïdes ne contiennent que des chromosomes masculins, afin qu'il transmette à ses descendants un programme qui soit, d'une part, homogène et, d'autre part, complémentaire de celui que léguèrent les chromosomes féminins de l'ovule.

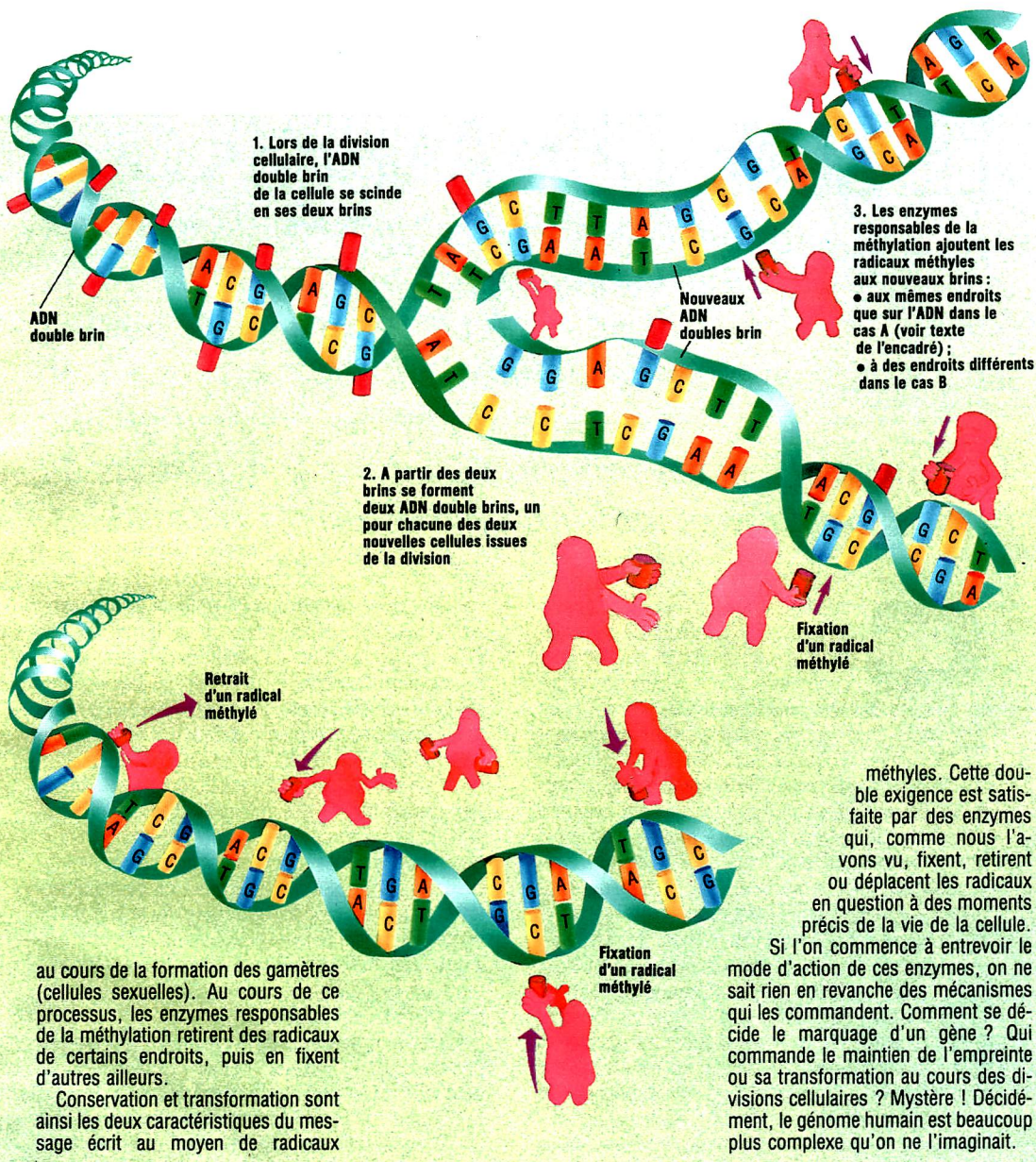
Ainsi l'être nouveau disposera à son tour de deux lots équivalents de chromosomes masculins et féminins. Cela suppose donc une "remise à niveau" de la méthylation des chromosomes

Il apparaît donc clairement qu'il y a une corrélation entre la méthylation et l'expression des gènes. Lorsqu'une portion de chromosome est riche en radicaux méthyles, les gènes qu'elle contient demeurent silencieux, et par conséquent la cellule ne synthétise pas les protéines qu'ils programment. La méthylation serait en somme une sorte de grille de lecture qui, à la manière des caches utilisés pour le décodage des messages secrets, occulterait certaines lettres et en laisserait d'autres visibles.

Cette audacieuse théorie semble confortée par une expérience tout à fait spectaculaire : en inhibant au moyen de diverses substances certains radicaux méthyles, des chercheurs ont réussi à transformer des fibroblastes (cellules fibreuses du tissu

conjonctif) en cellules musculaires et même en cellules graisseuses. La modification de la méthylation a changé la grille de lecture, et la machinerie cellulaire des fibroblastes a appliqué un autre programme, en l'occurrence celui qui est propre aux cellules musculaires ou adipeuses.

On comprend mieux dès lors pourquoi on n'arrive pas à créer un nouvel organisme en faisant fusionner deux ovules ou deux spermatozoïdes. L'inégale répartition des radicaux méthyles sur les chromosomes maternels et paternels définit deux grilles de lecture distinctes, et par conséquent deux programmes génétiques différents. Différents, mais complémentaires, et c'est précisément cette complémentarité qui est indispensable au développe-



ment normal de l'embryon.

On comprend aussi pourquoi une même anomalie chromosomique peut entraîner soit le syndrome de Prader, soit le syndrome d'Angelman. Dans les deux cas, nous l'avons expliqué, l'un des chromosomes de la paire n° 15 a perdu un fragment ; mais l'autre est resté entier. Or, selon l'origine parentale du chromosome complet, la portion sauvegardée est différemment méthylée : il s'ensuit deux programmes de lecture des gènes et, partant, deux types de symptômes.

Une découverte récente vient d'ailleurs de renforcer cette interprétation. On s'est aperçu en effet que, chez certains sujets atteints du syndrome de Prader, les deux chromosomes 15 étaient absolu-

ment intacts. Quelle était alors la cause de la maladie ? Après bien des recherches, on a remarqué que, si les deux bâtonnets étaient entiers, ils étaient aussi l'un et l'autre d'origine maternelle. Le chromosome 15 du père n'avait pas été transmis, et avait été suppléé par le second chromosome 15 de la mère. Ainsi, la seule présence de deux chromosomes féminins était capable de provoquer des troubles extrêmement sérieux. L'explication ressort de ce qui précède : du fait de la méthylation particulière des chromosomes féminins, certains gènes demeurent silencieux (alors qu'ils s'expriment sur le chromosome masculin). A l'inverse, d'autres gènes se manifestent surabondamment, puisqu'ils s'expriment en double exemplaire (alors que, normale-

(suite du texte p. 163)

LE SEXE DES ANGES

Moins risquée que l'amniocentèse, moins aléatoire que l'échographie précoce, une simple prise de sang va permettre à une femme enceinte de connaître à coup sûr, dès la 9^e semaine, le sexe de l'enfant qu'elle porte. C'est un progrès réel dans le dépistage de certaines maladies héréditaires incurables.

Comment le sang de la mère peut-il contenir une quelconque information sur son enfant ? Tout simplement parce qu'il y circule des cellules fœtales. En très petites quantités, certes, mais suffisantes pour autoriser, grâce aux toutes récentes techniques de biologie moléculaire, la détermination de certains caractères du futur bébé, notamment son sexe. Dès l'implantation de l'œuf fécondé dans l'utérus, se développe un organe d'échange intensif entre la mère et l'enfant : le placenta. Celui-ci ressemble à une sorte de sac rempli de sang maternel au sein duquel l'embryon envoie des ramifications sanguines. S'il n'y a pas de véritable échange entre le sang fœtal et le sang maternel, on sait depuis longtemps que le placenta est perméable à certains microbes et à certains anticorps. Assez récemment, les scientifiques ont découvert qu'à son niveau passaient aussi des cellules. C'est d'ailleurs l'un des mécanismes qui expliquent la transmission du virus du sida (enfermé dans les lymphocytes maternels) à l'enfant, au cours de la grossesse des femmes séropositives. Les scientifiques ont immédiatement tenté d'exploiter cette découverte. Mais isoler, au sein des milliards de cellules sanguines maternelles, les quelques cellules fœtales qui s'y sont égarées semble relever de l'utopie. On y parvient cependant en multipliant

sélectivement une portion de génome fœtal (matériel génétique) présent dans le prélèvement sanguin. On dispose alors d'un matériel biologique suffisant pour l'analyse de laboratoire. Les équipes anglaise et italienne qui ont découvert cette nouvelle méthode utilisent pour cela une technique récente, très performante : la "polymérisation en chaîne" (voir *Science & Vie* n° 869). Elle consiste à amplifier (multiplier) à des milliards d'exemplaires la portion du génome que l'on désire étudier. Seule contrainte imposée : connaître une toute petite partie de la séquence à multiplier. Les chercheurs prélèvent quelques millilitres de sang veineux à partir duquel ils isolent le matériel génétique global, c'est-à-dire aussi bien celui qui provient des cellules maternelles que celui qui est issu du fœtus. Puis ils procèdent à l'amplification.

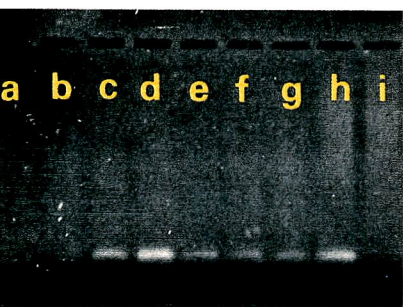
Mais quel fragment d'ADN (la molécule constitutive du génome) faut-il multiplier ? Les femmes ont deux chromosomes X, les hommes ont un X et un Y. Si l'on tente d'amplifier une portion de chromosome X, on aura de toute façon une réponse positive puisque ce chromosome existe dans les deux sexes. L'astuce des chercheurs italiens et anglais a consisté à amplifier une portion de l'Y. Si l'on observe un signal, cela signifie que ce chromosome est présent dans la préparation d'ADN. Comme la mère n'a pas d'Y, il provient forcément du fœtus. Le bébé est donc un garçon. Une réponse négative implique qu'il n'y a pas trace de fragment de chromosome Y dans la préparation : il s'agit alors d'une fille.

Rapide et relativement simple, cette technique présente une grande sécurité pour le fœtus : une inoffensive prise de sang effectuée sur la mère est bien préférable à toute biopsie de trophoblaste (technique relativement risquée utilisée jusqu'ici et qui consiste à analyser un petit échantillon de placenta). On se heurte cependant à plusieurs limites.

En effet, si chromosome Y il y a (dans ce cas, la

Fille ou garçon ?

Lorsque le chromosome Y est présent dans le sang de la future mère, une bande claire apparaît nettement sur le gel du nouveau test : le bébé qu'elle attend est un garçon. C'est le cas des échantillons de sang c, d, e, f, g et h. Les résultats a, b et i, en revanche, indiquent que les bébés attendus sont des filles.



mère porte un garçon), ce chromosome existe en quantité si petite dans la préparation d'ADN effectuée à partir de la prise de sang qu'il faudra l'amplifier très fortement pour qu'un signal apparaisse. Or, la moindre trace de chromosome Y, provenant par exemple d'une manipulation antérieure dans le laboratoire, sera également multipliée, faussant ainsi le résultat. Ce problème de contamination n'est pas nouveau. Il est la contrepartie de l'extrême sensibilité de la PCR (*Polymerase Chain Reaction* ou photocopie du gène) et représente la principale limitation à son utilisation massive en biologie moléculaire. Les chercheurs italiens et anglais ont dû prendre des précautions draconiennes lors de la réalisation de leur expérience. Ainsi, toutes les manipulations ont été réalisées par des femmes : aucun homme n'a été autorisé à s'approcher des préparations ou des appareils. Fiabilité oblige !

Une erreur sur le sexe de l'enfant à venir peut être lourde de conséquences. Pourquoi ? Parce que le but du test est de déterminer si l'enfant à naître est atteint d'une maladie héréditaire grave liée au sexe. Les plus fréquentes et les mieux connues de ces maladies — la myopathie de Duchenne, atrophie progressive et irréversible des muscles, et l'hémophilie, trouble de la coagulation sanguine — n'atteignent que les garçons (*voir encadré*). Si on a diagnostiqué par erreur un garçon alors que c'est une fille qui naît, cela n'a pas d'importance, puisque les filles ne sont jamais atteintes. En revanche, l'erreur inverse peut avoir de graves résultats : les examens complémentaires intra-utérins (biopsie du trophoblaste) ne seront pas faits, puisqu'on attend une fille ; la maladie éventuelle ne sera donc pas détectée chez le fœtus mâle, et on laissera naître un enfant malade (un cas sur deux).

Cela dit, l'intérêt de la méthode anglo-italienne est loin d'être négligeable. Dans un cas sur deux (si l'embryon est de sexe féminin), on épargne à la mère et au fœtus les inconvénients de la biopsie de trophoblaste et le risque d'une fausse-couche. La biopsie de trophoblaste ne sera nécessaire que pour poursuivre l'investigation, si l'embryon est de sexe masculin. Par ailleurs, il existe des maladies métaboliques rares, comme certains déficits immunitaires, eux aussi liés au sexe, qui ne peuvent pas être diagnostiquées à partir de cellules fœtales car le gène impliqué est encore in-

connu. Dans ce cas, la biopsie de trophoblaste n'apporterait aucune information supplémentaire sur l'état de santé du bébé et ne servirait qu'à déterminer le sexe. Le test par l'analyse sanguine représente donc là une technique beaucoup moins risquée.

Si de nombreuses améliorations sont encore nécessaires avant la généralisation de cette méthode, il est certain qu'elle représente une belle prouesse technique et qu'elle ouvre la voie au progrès médical. A partir d'un examen aussi banal qu'une prise de sang, il sera peut-être possible d'obtenir certaines informations sur l'état de santé du fœtus. En effet, pourquoi ne pas rechercher, en plus du chromosome Y, d'autres portions du génome fœtal, et plus particulièrement celles qui portent les gènes responsables des maladies héréditaires les plus fréquentes ? Parce qu'un obstacle de taille s'y oppose actuellement : lorsque la mère transmet l'anomalie génétique, celle-ci est présente sur ses chromosomes et se superpose inévitablement au signal provenant de l'amplification du génome fœtal. Il y a donc risque de confusion. Les chercheurs n'ont pas encore résolu cette difficulté, mais une porte vient d'être entrouverte.

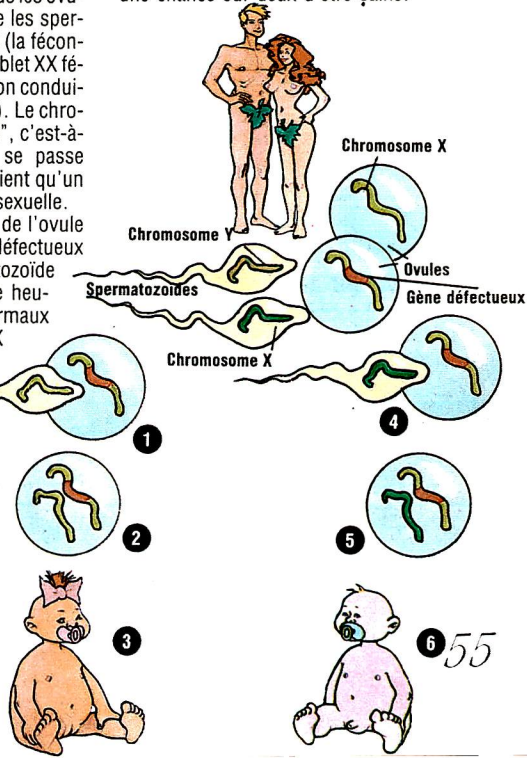
Marie-Françoise Lantiéri

L'HÉRÉDITÉ LIÉE AU SEXE

Chez les femmes, les cellules contiennent deux chromosomes X, chez les hommes un X et un Y. Dans les cellules sexuelles (ovules et spermatozoïdes), la garniture chromosomique est diminuée de moitié. Ainsi, tous les ovules possèdent un X alors que les spermatozoïdes portent soit un X (la fécondation restaurera alors le doublet XX féminin) soit un Y (la fécondation conduira ici à XY, donc à un garçon). Le chromosome Y est dit "silencieux", c'est-à-dire que tout ou presque se passe comme si les hommes n'avaient qu'un chromosome dans la paire sexuelle.

Lorsque le chromosome X de l'ovule maternel contient un gène défectueux et qu'il rencontre un spermatozoïde "fille" (X) (1), l'œuf dispose heureusement des gènes normaux portés par le chromosome X du spermatozoïde pour contrecarrer l'action néfaste de la mutation maternelle (2) : l'enfant, une fille (3), sera porteur de la maladie mais n'en sera pas atteint. Si, en revanche, cet ovule anormal rencontre un spermatozoïde "garçon" (Y) (4), aucun gène ne viendra corriger dans l'œuf (5) la malformation introduite par la mère. L'enfant, un garçon (6),

sera atteint. Cependant, la mère n'a qu'une chance sur deux de donner à son ovule l'X qui porte la mutation. Cela explique que les garçons issus d'une mère contaminée aient en fait une chance sur deux d'être sains.



UN POUMON DANS UNE VEINE

Directement glissé dans une grosse veine proche du cœur, un minuscule appareil diffuseur d'oxygène et évacuateur de CO₂ peut remplacer les poumons provisoirement mis hors circuit, ce qui permettra bientôt de sauver les malades menacés d'asphyxie et de guérir certaines affections pulmonaires mortelles.

Contrairement à ce qu'on croit, le poumon artificiel n'existe pas. Et pourtant, un tel appareil sauverait bien des vies : celle, par exemple, des mineurs atteints de silicose, ou encore celle des gens qui souffrent de pneumopathies inventilables. Il existe bien des cœur-poumons mécaniques qui remplacent le cœur par une pompe et les poumons par un oxygénateur à bulle, mais ce matériel ne peut prendre la relève des organes naturels que pendant quelques heures tout au plus. Le temps d'une opération à cœur ouvert. Pour les maladies évoquées plus haut, c'est de plusieurs jours dont on aurait besoin.

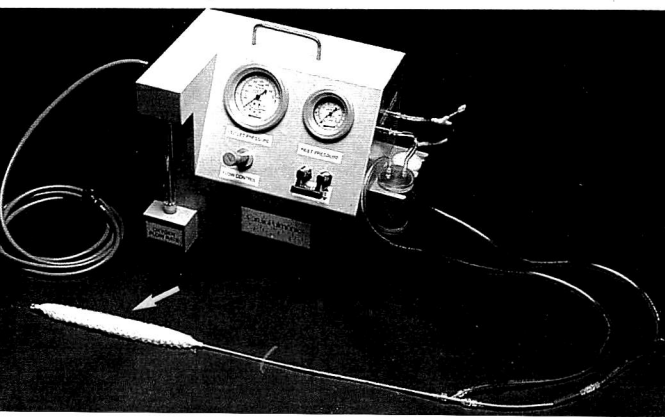
Il y a quelques années, le Pr John Bartlett, de l'université du Michigan, avait essayé (*Science & Vie* n° 820, janvier 1985) de faire "respirer" des bébés souffrant de défaillance respiratoire aiguë en branchant, pendant plusieurs jours consécutifs une veine et une artère du nouveau-né sur une machine de circulation extracorporelle, l'ECMO (*Extra Cor-*

poral Membrane Oxygenator) dans lequel l'oxygénateur à bulle est remplacé par un oxygénateur à membrane, cylindre de plastique contenant des milliers de tubes creux en polypropylène. Ces tubes sont fins comme des cheveux et leur paroi est une membrane semi-perméable, qui, d'un côté, laisse diffuser le gaz vers le sang, mais, de l'autre, retient les liquides sanguins, de sorte que le sang n'est jamais directement exposé à l'air. A Paris, à l'hôpital Saint-Vincent-de-Paul, le Dr Christian Couturier avait repris les essais de Bartlett et réussi à maintenir en vie certains de ces enfants pendant quelques jours. Récemment, un médecin italien, le Dr Luciano Gattitoni, a repris les essais, avec une version simplifiée de l'ECMO, chez l'adulte. Les résultats ont été encourageants puisque la mortalité est passée de 100 à 50 %. Il reste que même entre les mains les plus expertes, ces techniques sont très aventureuses et ne paraissent promises qu'à un avenir médiocre.

Il en va autrement d'un tout nouveau matériel, appelé IVOX, qui pourrait être utilisé sur de très nombreux malades. Inventé par le Dr John D. Mortensen, un chirurgien thoracique à la retraite, à Salt Lake City, dans l'Utah, c'est un appareil de conception révolutionnaire qui, pour la première fois, se passe totalement des poumons du malade pour délivrer l'oxygène aux cellules.

Avec des crédits de recherche du National Institute of Health, et 8 millions de dollars financés par sa firme, Cardiopulmonics, le Dr Mortensen a repris l'idée des oxygénateurs à membrane. Il a branché en parallèle dans un tuyau perméable, l'une des extrémités de centaines de tubes semi-perméables en polypropylène et recouverts d'une couche de silicose ; l'autre extrémité de ces tubes étant réunie dans une gaine profilée (pour faciliter son

10 % de la surface des poumons, c'est la surface d'échange de la tresse de l'IVOX qui pourrait assurer un tiers de la fonction respiratoire.

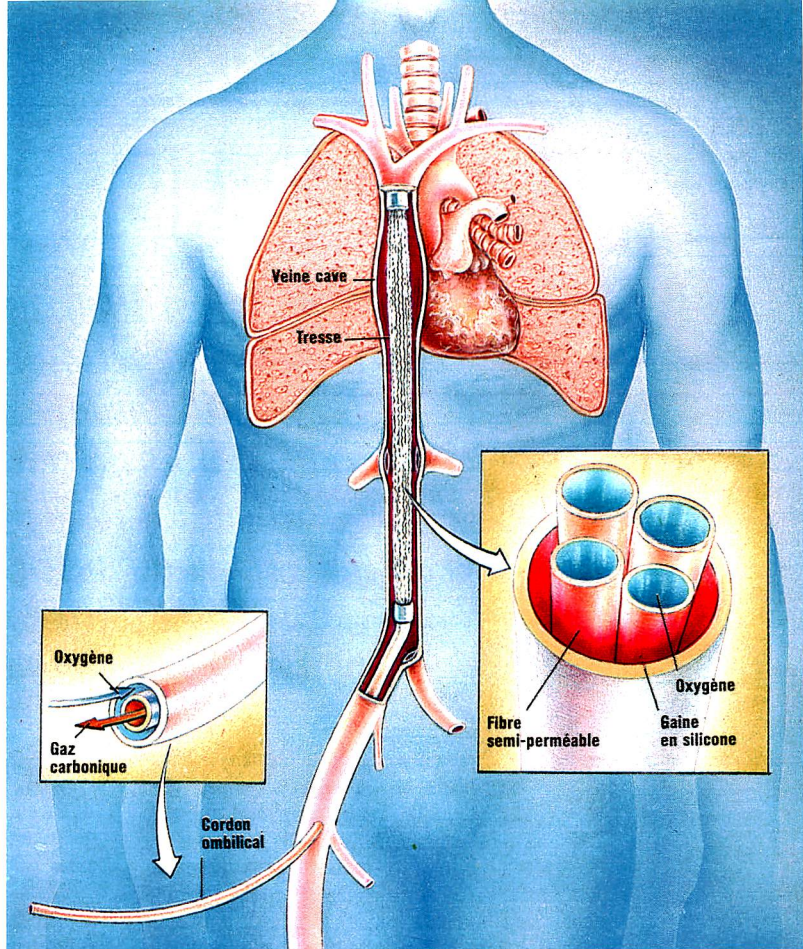


“glissement” dans le vaisseau qui l’héberge). Chaque filament est fin comme un cheveu et mesure 60 cm de long, et l’ensemble ressemble à une tresse de spaghetti : leur grand nombre est destiné à assurer une plus grande surface d’échange. Le Dr Darteville, chirurgien thoracique de l’hôpital Marie-Lannelongue au Plessis-Robinson, qui a rencontré récemment J.D. Mortensen, fait remarquer que la surface utile de l’IVOX est environ d’un dixième de celle des poumons. Ce qui est déjà considérable : étalées sur le sol, les 300 millions d’alvéoles pulmonaires d’un homme adulte couvriraient une surface de 70 m². Ce qui fait donc à peu près 7 m² pour l’IVOX. Mais cette surface considérable tient dans un tube pas plus gros qu’une sonde vasculaire normale.

L’IVOX est introduit dans la veine fémorale jusqu’à la veine cave, et son extrémité poussée presque jusqu’au cœur. Par l’intermédiaire d’un cordon ombilical, le dispositif reçoit de l’oxygène propulsé par une pompe extérieure, et le diffuse à très basse pression, à travers les pores microscopiques du polypropylène, dans le sang qui baigne les centaines de tubes, exactement de la même façon que l’oxygène diffuse naturellement au travers des cellules alvéolaires vers les capillaires sanguins. En même temps, un tuyau de sortie évacue vers une pompe le gaz carbonique extrait par le dispositif. Le Dr Mortensen estime que l’IVOX pourra assurer entre un tiers et la moitié de la fonction respiratoire du malade. Des spécialistes français estiment, quant à eux, que pour certains malades, la ventilation mécanique pourrait être évitée grâce à ce dispositif.

D’ores et déjà, l’IVOX a été testé sur 150 animaux, moutons et chiens, sans qu’on enregistre d’effet nocif. L’appareil est même déjà resté en place 19 jours chez un chien, dont les poumons avaient été mis hors circuit, sans entraîner de problèmes vasculaires ni de thrombose. De plus, les différentes mesures des gaz du sang chez l’animal ont prouvé l’efficacité du dispositif.

Les études sur l’animal permettent également d’espérer que cette oxygénation directe du sang permettra une plus rapide et plus complète guérison des poumons malades. « Nous ne nous acharnerons pas, assure le Dr Mortensen, car les essais animaux nous font supposer que, si le malade ne



L’IVOX en place. 1 200 fibres semi-perméables (d’un diamètre extérieur de 380 µm) réunies en une tresse de 60 cm de long sont implantées dans la veine cave. Un cordon ombilical coaxial véhicule les gaz : la partie externe du tube assure l’alimentation du sang en oxygène tandis que la partie centrale sert à l’évacuation du CO₂.

guérit pas en une semaine avec l’assistance d’IVOX, il ne guérira jamais. » Quoi qu’il en soit, les premiers résultats ont convaincu la Food and Drug Administration qui a donné son feu vert pour l’essai chez l’homme. Les premiers essais cliniques ont été répartis entre quatre centres et doivent porter sur dix patients choisis parmi des malades incapables de survivre sans l’assistance d’un ventilateur mécanique, et dont les chances de survie sont inférieures à 10 %. Le Pr Jean-François Lemaire, réanimateur spécialiste de la respiration, a déjà réuni un groupe de travail pour tenter d’organiser la venue en France de l’IVOX.

Pour n’être pas aussi “public” que le cœur pneumatique du Dr Jarvik, qui a coûté des milliards de dollars sans même réussir à sauver quelques dizaines de malades, le petit “poumon” du Dr Mortensen, qui se rapproche de très près du véritable poumon artificiel qu’attendent les médecins, sauvera peut-être un jour des dizaines de milliers de vies.

Jean-Michel Bader

LE HOLD-UP DU SIÈCLE

Fin 1983, une boule de protéines et de matériel génétique ne dépassant pas les cent milliardièmes de millimètre, mais estimée à plus de cent millions de dollars, saute d'un tube français dans un tube américain. C'est le virus du sida, qui est, depuis, au centre d'un imbroglio scientifique, politique et économique sans précédent.

Le 19 novembre 1989, le journaliste John Crewdson, lauréat du prix Pulitzer, publie dans le *Chicago Tribune* une enquête remarquable de 17 pages sur la découverte du virus du sida. La plupart des faits rapportés par Crewdson étaient déjà connus de nos lecteurs (voir "Sida : la fraude", dans *S & V* de mai 1986, p. 42). Mais la précision de ses révélations a attiré l'attention de John Dingell, député démocrate du Michigan, célèbre pour avoir mené une série de procès retentissants pour des fraudes scientifiques. Il s'était notamment attaqué au prix Nobel David Baltimore, qui n'avait pas grand-chose à se reprocher, n'était d'avoir imprudemment cosigné les résultats douteux d'une de ses collaboratrices.

Cette fois, l'affaire est plus sérieuse. L'inquisition de Dingell s'attaque au chercheur américain Robert Gallo, héros couvert de distinctions et de récompenses scientifiques, bien placé dans la course au prix Nobel, enfin riche et puissant. L'inculpé est déjà exceptionnel, le motif de l'enquête, lui, est étonnant : la paternité de l'identification du virus HIV (pour *Human Immunodeficiency Virus*), celui du sida, l'un des plus sinistrement fascinants de l'histoire de la médecine. Officiellement, Gallo partage les honneurs de cette découverte avec le Français Luc Montagnier, de l'Institut Pasteur. Selon Crewdson, pourtant bon Américain lui-même, Gallo n'aurait rien découvert du tout, si ce n'est la valeur de la découverte faite un an auparavant en France. Ainsi se trouve donc relancée la polémique franco-américaine qui dure depuis six ans sur

cette affaire. En voici un résumé.

1981. Plusieurs équipes de médecins américains décrivent une nouvelle maladie, de cause ou étiologie inconnue, appelée alors "Gay Cancer" ; c'est le sida.

1982. Les cas de sida apparus à la suite de transfusions sanguines indiquent sans conteste l'étiologie infectieuse, et plus précisément virale, de cette maladie. C'est alors que Gallo propose un responsable à la nouvelle maladie : un virus qu'il a précédemment isolé dans certaines leucémies humaines



R. GALLO (U.S.A.)

et qui s'appelle HTLV n° 1 (*Human T-Cell Leukemia Virus type 1*). Gallo, associé au Pr Essex, de Boston, s'obstinera par la suite à démontrer la responsabilité de l'HTLV n° 1 dans le déclenchement du sida.

1983. Le Français Willy Rozenbaum apporte à l'Institut Pasteur un ganglion qu'il a prélevé sur un malade atteint de para-sida (syndrome des lymphadénopathies multiples). Les virologistes de l'institut, Françoise Barré-Sinoussi, Jean-Claude Chermann et Luc Montagnier, y isolent un virus inconnu. Ils l'appellent LAV (pour l'équivalent anglais de virus associé aux lymphadénopathies). Par là même, ils réfutent l'hypothèse HTLV-1 de Gallo. En effet, l'HTLV-1 était connu depuis quelques années comme responsable de certaines leucémies, mais n'avait jamais provoqué de sida. En mai 1983, la découverte française est publiée dans la revue américaine *Science* ; elle passe pratiquement inaperçue à côté des trois articles publiés par Gallo et Essex dans la même revue. Ces trois articles rapportent la présence d'HTLV-1 chez plusieurs patients atteints de sida. Cette publication marque le début de ce que les chercheurs français appelleront leur "traversée du désert". En effet, tandis que Gallo remporte l'adhésion générale dans tous les congrès avec son hypothèse HTLV-1, ils sont, eux, entourés de l'indifférence générale. Car tel est le prestige de la science américaine.

Le creux de la vague, pour les pastoriens, est sans doute atteint au congrès de septembre 1983, à Long Island, près de New York. Le charme indiscutable, la voix, le brio de Gallo compensent largement la faiblesse de son argumentation scientifique. A l'opposé, malgré la valeur de ses résultats, l'accent français, la timidité et les talents limités d'orateur

de Montagnier ont exactement l'effet contraire. Le Français fait l'objet d'une salve de critiques, lancées surtout par Gallo, qui lui soumet une vingtaine de questions, on devrait plutôt dire d'attaques.

Pour couronner ces injustices, les travaux de première importance réalisés à l'hôpital de la Pitié-Salpêtrière de Paris par David Klatzmann, qui montrent pourtant que le virus LAV isolé à l'Institut Pasteur s'attaquait spécifiquement aux lymphocytes T4, ceux-là mêmes qui disparaissent au cours du sida, sont purement et simplement rejetés par la revue anglaise *Nature*. Ce déni fait grand tort à l'équipe française et, surtout, il fait perdre un temps précieux. Se croyant couvert par ses publications et ses demandes de brevets (bien naïvement, pourrait-on dire aujourd'hui), Montagnier distribue son virus LAV aux laboratoires intéressés, notamment à celui de Gallo, qui en recevra des échantillons à deux reprises, en juillet et en septembre 1983.

La fin de l'année 1983 marque un tournant dans l'attitude des scientifiques en général et de Gallo en particulier. Ce dernier commence à modérer la défense de son hypothèse initiale, centrée sur l'HTLV-1 ; il suggère plutôt que le virus du sida ne serait pas vraiment l'HTLV-1, mais un variant, légèrement différent. A cette époque, Gallo écrivait au virologue allemand Friedrich Deinhardt : « Cher Fritz, au retour de mon voyage en Europe, je suis inquiet du fait que les gens pensent que je soutiens que le sida est causé par HTLV-1. Je vous écris à cause de votre position centrale dans la virologie européenne et j'espère que vous m'aidez à dissiper cette impression. Mon opinion est simplement la suivante : parmi les candidats connus, HTLV-1 est bien placé si l'on se réfère à des bases théoriques. Et si l'on considère les résultats expérimentaux, ils sont encourageants pour certaines études, mais n'apportent pas clairement de preuves définitives. J'ai l'impression que le meilleur candidat serait un variant d'HTLV, et, si ce n'en est pas un, il s'agit d'un virus pour l'instant inconnu. »

Gallo semblait donc retirer progressivement son soutien à l'idée que l'HTLV-1 était responsable du sida. Cependant, il continuait à exclure que Montagnier eût raison.

Pendant ce temps, les pastoriens analysaient les sérums de plusieurs patients qui leur avaient été adressés par le Centre de contrôle des maladies (CDC) d'Atlanta : trois quarts des sujets atteints de pré-sida ainsi qu'un quart des sujets atteints de sida présentaient des anticorps capables de reconnaître le virus LAV. Cela signifiait qu'ils avaient été infectés par ce même virus LAV. Il est clair qu'à cette époque le test était moins précis qu'aujourd'hui pour la détection des séropositifs. Très probablement, il entraîna à l'époque un grand nombre



de résultats faussement positifs ou faussement négatifs. Il n'en restait pas moins que, selon ces résultats, le LAV n'était pas étranger au sida.

1984. A la surprise générale, Robert Gallo, accompagné par le ministre de la Santé américain Margaret Heckler, annonce qu'il a découvert le virus du sida. Et ce n'est pas l'HTLV numéro 1 comme il l'avait prétendu jusqu'alors. Mais un nouveau virus, baptisé HTLV numéro 3 cette fois, qui lui ressemblerait fortement ; ce qui expliquerait, arguait-il, sa confusion initiale. En mai, sont publiés à la file dans *Science* quatre articles relatant cette découverte. Au cours de la conférence de presse qui annonçait celle-ci, on demanda bien entendu à Gallo quel était le lien entre HTLV-3 et LAV. Il répondit que le virus qui lui avait été envoyé par les Français... ne permettait pas d'effectuer une comparaison précise.

1985. Les séquences génétiques portées d'une part par LAV, d'autre part par HTLV-3 sont publiées.

A l'Institut Pasteur, le travail d'analyse de la structure des virus, appelé séquençage, avait été réalisé en un temps record par une jeune équipe de cinq chercheurs spécialisés en biologie moléculaire. Première surprise : contrairement à ce que dit Gallo, selon qui le virus du sida HTLV-3 est très proche de l'HTLV-1, le virus LAV, celui du sida donc, n'a absolument rien à voir avec l'HTLV-1, si ce n'est le sigle dont l'a coiffé Gallo. Deuxième surprise, qui apparaît clairement lors de la publication, trois jours plus tard aux Etats-Unis, du travail analogue effectué cette fois sur HTLV-3 par trente chercheurs : le LAV et l'HTLV-3 sont strictement identiques ! 2 % seulement de différences génétiques permettent de les distinguer (**document ci-contre**). Cette similarité est d'autant plus étrange qu'une autre séquence, provenant cette fois d'un laboratoire californien qui avait isolé son propre virus du sida, baptisé cette fois ARV, révèle plus de

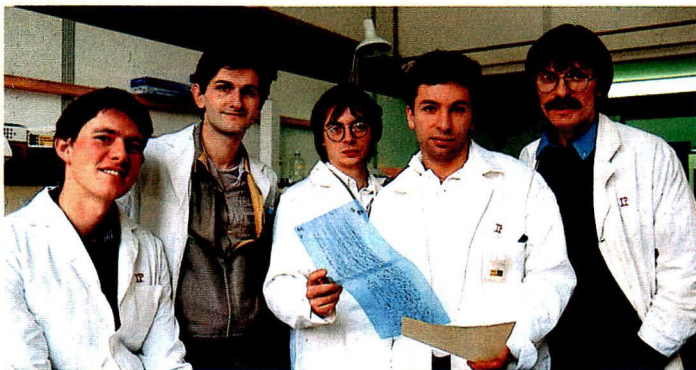
LAV FRANÇAIS ET HTLV-3 AMERICAIN : BLANC BONNET ET BONNET BLANC

Pour comparer deux virus entre eux, on compare les séquences de protéines de leur enveloppe respectives. Seul l'ordinateur sait exécuter cette tâche, à travers une analyse des gènes viraux par séquençage nucléotidique. Le résultat sort sous forme d'une liste où apparaissent, dans l'ordre, des acides aminés constituant lesdites protéines. Ce travail avait été réalisé début 1985 par une équipe de cinq jeunes chercheurs (ci-dessous, de g. à dr., Stewart Cole, Olivier Danos, Marc Alizon, Pierre Sonigo et Simon Wain-Hobson) de l'Institut Pasteur (voir *Science & Vie* n° 823, p. 36).

Le premier listing ci-contre est la réponse de l'ordinateur à une demande de comparaison entre un virus LAV (séquence rouge) et un ARV (séquence noire). Chaque séquence protéique est représentée par une chaîne de let-

tres qui sont chacune l'initiale du nom d'un des 20 acides aminés constituant la protéine. Les différences, que l'ordinateur indique par une absence de point dans l'espace séparant les deux séquences (et que nous avons marquées en jaune), sont de l'ordre de 15 %, soit le pourcentage normalement observé dans ces comparaisons.

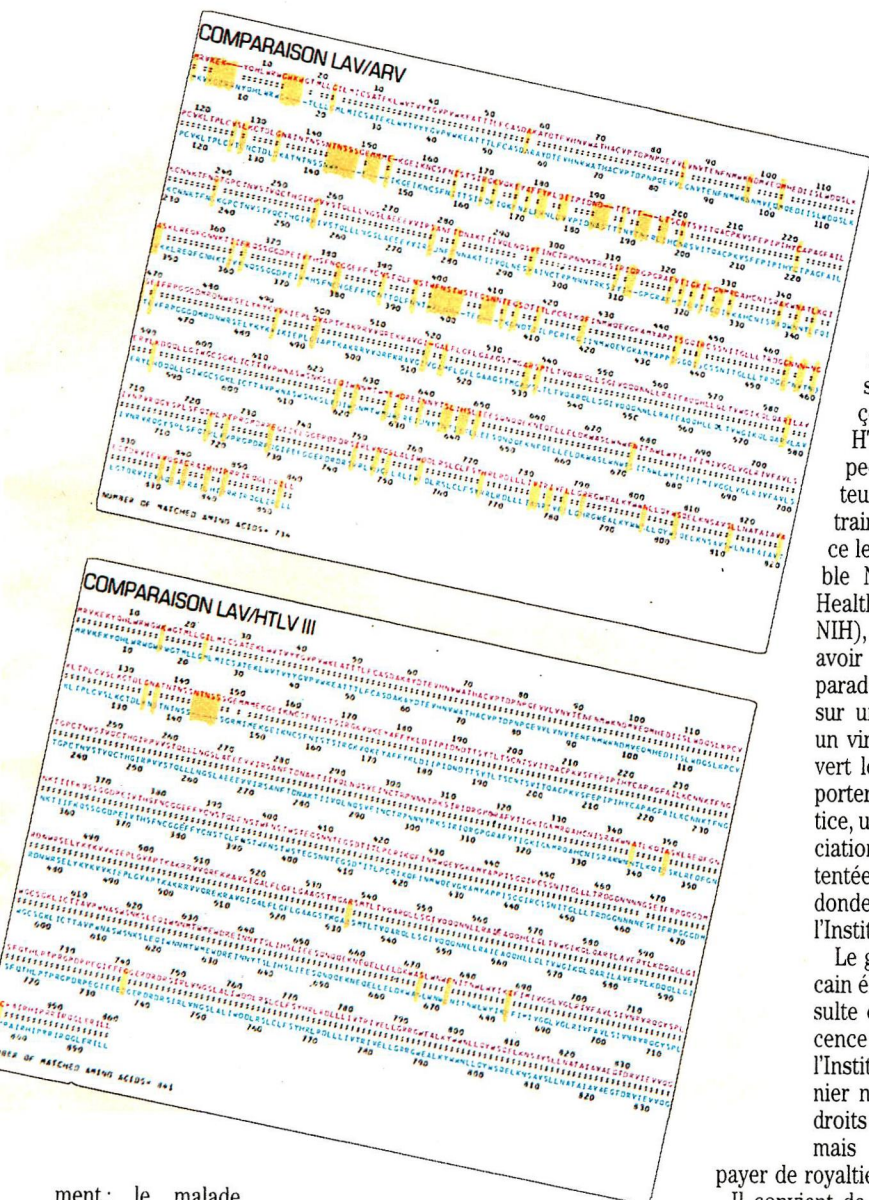
Le second listing compare le LAV français (séquence rouge) et l'HTLV-3 américain (séquence bleue) : on n'observe qu'une variation de 1 % environ (toujours marquée par nos soins en jaune). Cette identité est extrêmement troublante. Maintenant que l'on connaît la grande variabilité du virus du sida, cette ressemblance est une preuve formelle que le virus LAV découvert à Pasteur a été rebaptisé HTLV-3 par le Pr Gallo. Accident ou tricherie ?



10 % de différences entre LAV et HTLV-3.

L'ensemble des observateurs scientifiques qui, à l'époque, avaient comparé les différentes séquences génétiques, avaient tous été plus que troublés par cette étonnante ressemblance. En effet, ou bien le virus du sida est variable, et dans ce cas on doit retrouver à chaque fois les 10 % de différences observés lorsque l'on compare le virus pastorien et le virus isolé en Californie, ou bien le virus est très peu variable, et, dans ce cas, le virus pastorien devrait toujours être identique au virus isolé dans le laboratoire de Gallo.

Là, la communauté scientifique commença à soupçonner Gallo d'avoir tout bonnement utilisé le virus qui lui avait été envoyé par Montagnier. La rumeur s'enfla au point d'inciter Gallo à se justifier dans une lettre adressée à *Nature*. Dans cette lettre, il suggérait que, selon lui, la ressemblance entre LAV et HTLV-3 pourrait s'expliquer très simple-



les droits qui lui revenaient de la vente des tests de diagnostic, comme l'indiquait la demande de brevet. Pis encore, s'il vendait des tests de diagnostic du sida, il risquait d'être poursuivi pour contrefaçon du virus américain HTLV-3 ! Le très respectable Institut Pasteur se vit donc contraint d'attaquer en justice le non moins respectable National Institute of Health américain (ou NIH), et ce pour ne pas avoir à payer, comble de paradoxe, de redevances sur un brevet concernant un virus qu'il avait découvert le premier ! Avant de porter le cas devant la justice, une tentative de négociation avait cependant été tentée par Raymond De-
donder, alors directeur de l'Institut Pasteur.

Le gouvernement américain éleva le niveau de l'insulte en concédant une licence du brevet Gallo à l'Institut Pasteur : ce dernier ne toucherait pas les droits qui lui revenaient mais n'aurait pas à payer de royalties à Gallo !

Il convient de préciser ici que ces querelles de mauvais aloi intéressaient directement l'angoisse et la souffrance des malades : ce n'est pas pour faire de l'argent que les pastoriens se montraient procéduriers ; c'était pour payer leur recherche, car celle-ci est coûteuse. De plus, les pastoriens savaient déjà que c'étaient eux qui avaient trouvé la bonne voie. Il leur fallait donc aller vite dans la recherche de remèdes contre le sida, recherche qui s'annonçait longue.

En 1986, à la suite des actions en justice, une procédure dite d'interférence est mise en route. Première victoire française, cette procédure fait admettre que le brevet déposé en 1983 par l'Institut Pasteur pouvait "interférer" avec celui déposé en 1984 par le National Institute of Health.

1987. Devant la justice, les choses tournent de

ment : le malade français d'où provenait le virus LAV aurait été contaminé lors d'un voyage à New York à la même date et au même endroit que le patient dont il avait isolé HTLV-3. En d'autres termes ce ne serait pas les tubes qui se seraient transmis le virus, mais les malades.

Peu de temps après, et en dépit de ces ambiguïtés, un brevet est accordé à Gallo, pour l'exploitation commerciale de son virus dans les tests de diagnostic du sida. Pourtant, fin 1983, l'Institut Pasteur avait déposé une demande de brevet qui aurait dû lui permettre de financer ses laboratoires de recherche pendant un bon moment. Il était donc inadmissible que la demande de brevet américaine, soumise six mois plus tard, fût immédiatement acceptée, alors que la demande française languissait. De ce fait, l'Institut Pasteur ne pouvait pas toucher

plus en plus mal pour Gallo et le NIH. Lorsque la procédure d'interférence a été acceptée par le Bureau des brevets des Etats-Unis, il revenait donc à Gallo de faire la preuve qu'il avait isolé le virus du sida avant septembre 1983, c'est-à-dire avant le dépôt de la première demande de brevet française : l'Institut Pasteur avait donc quasiment gagné la partie. Cette victoire risquait de provoquer de sérieux remous dans les rangs du NIH américain, c'est-à-dire dans le gouvernement lui-même, puisque le NIH est un organisme d'Etat.

Et pourtant, les avocats de l'Institut Pasteur conseillèrent à leur prestigieux client de ne pas crier victoire trop vite. En effet, même s'ils gagnaient, il leur serait très difficile de récupérer rétroactivement les royalties indûment versées au NIH américain. Cela nécessiterait, en effet, un second procès, long et coûteux, qui enrichirait surtout les avocats. De plus, le temps que le procès aboutisse, ce qui risquait de prendre plusieurs années, les brevets en question risquaient, eux, de devenir techniquement désuets. Bel exemple de la loi du plus fort.

Finalement l'affaire fut réglée au plus haut niveau politique. C'est en effet Ronald Reagan lui-même, alors président des Etats-Unis, qui s'entendit avec Jacques Chirac, Premier ministre français de l'époque, pour décider qui avait vraiment découvert quoi. Schématiquement, l'accord franco-américain contient les éléments suivants : premièrement, les Français renoncent à leur action en justice; deuxièmement, Gallo et Montagnier sont considérés comme codécouvreurs du virus du sida. L'accord prévoit, en effet, la reconnaissance à la fois du brevet déposé par Montagnier et ses collaborateurs en décembre 1983 et celui déposé par Gallo et ses collaborateurs en avril 1984, dans la mesure où le Bureau des brevets américains accepte que l'ensemble des noms des inventeurs de chaque brevet soit porté sur les deux brevets. L'accord prévoit aussi que les redevances seront partagées équitablement entre Français et Américains, par l'intermédiaire d'une fondation; celle-ci consacrerait une partie de ses ressources à la coopération internationale dans le domaine du sida. Un quart des som-

mes recueillies par cette fondation sera, en effet, destiné aux recherches sur le sida en Afrique.

L'accord fut accompagné de la publication d'une chronologie officielle des recherches sur le sida. Celle-ci consacrait la priorité et l'importance des découvertes de l'Institut Pasteur depuis mai 1983, tout en insistant sur le fait qu'en mai 1984 le groupe de Gallo avait réussi la production en masse du virus, ce qui avait permis de développer la détection sérologique des anticorps. L'accord renvoyait donc tout le monde dos à dos.

En dépit de cette cote mal taillée, des soupirs de soulagement s'élevèrent des deux cotés de l'Atlantique. Gallo fut évidemment un des premiers à se réjouir. «Ce différend, déclara-t-il, n'était bon ni pour notre laboratoire ni pour notre état d'esprit. Maintenant nous ne serons plus perturbés par les

aspects légaux de cette affaire. Je vais pouvoir m'y remettre à plein temps pour essayer de faire quelque chose contre la maladie. Nous n'aurons plus à nous occuper de procès, de débats et de rivalités.» On le voit aujourd'hui, Gallo s'était une fois de plus trompé.

A l'Institut Pasteur, tout le monde exprimait aussi sa satisfaction, du moins officiellement. C'était, paradoxalement, en raison d'une clause selon laquelle les signataires ne remettraient jamais en cause ni l'accord, bien entendu, ni la version des événements présentée dans la chronologie officielle : personne à l'Institut Pasteur ne pourrait plus jamais dire ou écrire quoi que ce soit qui la contredirait. En vérité, cette fameuse chronologie officielle n'était ni plus ni moins qu'une réécriture de l'histoire... De plus, main dans la main plutôt que l'un contre l'autre, Gallo et Montagnier récupéraient ainsi toutes leurs chances de partager le prix Nobel.

Depuis, les inventeurs américains ont déjà touché plus de 600 000 dollars de royalties en plus de leur salaire, et ils sont assurés de recevoir chacun plus de 100 000 dollars par an jusqu'à l'an 2000. Les chercheurs français, eux, n'ont pas reçu un centime. Selon le service des brevets de l'Institut Pasteur, l'argent des royalties doit d'abord servir à payer les avocats. Les statuts de l'institut prévoient que seule une infime partie des redevances soit reversée aux inven-



Les photos qui ont confondu le Pr Gallo.

Elles ont été montrées par lui comme étant celles de son virus du sida, l'HTLV-III. Deux ans plus tard, la supercherie est démasquée : ces documents se sont révélés être les photos du virus LAV découvert à l'Institut Pasteur. Preuve que le Pr Gallo n'a rien "découvert" d'autre que le virus qui lui avait été envoyé par Pasteur (pratique courante d'échange d'informations entre laboratoires de recherche).

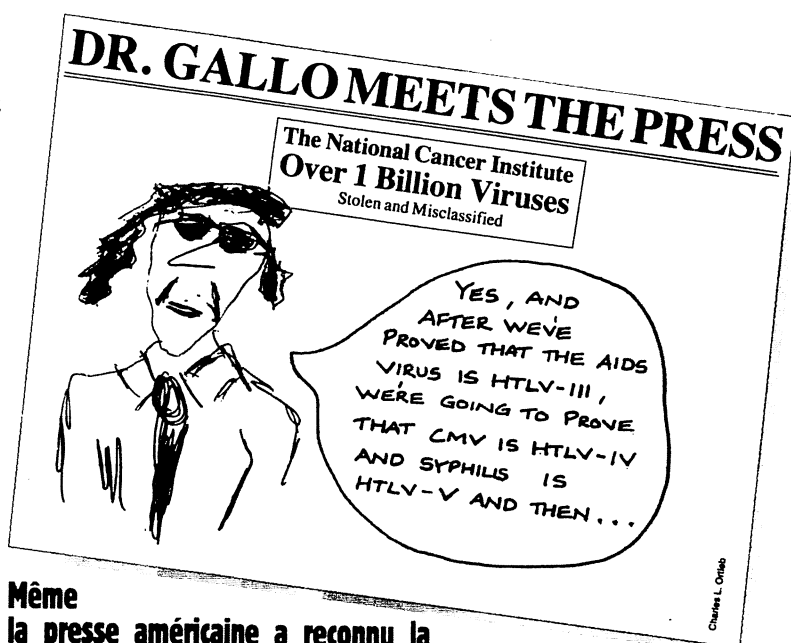
teurs. Le reste est incorporé au budget de l'institut et permet de financer les recherches sur le sida. L'institut vient de faire construire un bâtiment ultra-moderne qui sera réservé à ces recherches. Il est donc bon de préciser que ce n'est pas l'appât du gain qui inspire les pastoriens.

Classée au plan légal, l'affaire laisse pourtant exploser les faits : notamment ceux survenus dans le laboratoire de Gallo entre fin 1983 et début 1984 dans les tubes à essai manipulés par son collaborateur Mikulas Popovic. Alors apparaissent les nombreux mensonges et contre-vérités de Gallo :

Mensonge 1. Il avait prétendu que la quantité de virus qui lui avait été adressée par Pasteur était nettement insuffisante pour pratiquer sa mise en cultures cellulaires. La preuve de ce mensonge a été fournie par le fait que, comble de l'ironie, les photos qui illustraient la publication de Robert Gallo rapportant la découverte de HTLV-3, étaient en fait des photos du virus français. Ces photos avaient été publiées dans de nombreux journaux pour illustrer la découverte américaine et elles avaient été distribuées à la conférence de presse qui annonçait la découverte de l'HTLV-3. « C'était une terrible erreur », avait reconnu Gallo deux ans plus tard, qui l'attribua à une soi-disant "erreur d'étiquetage" commise par un des techniciens chargé des photographies au microscope électronique.

De plus, alors que Gallo prétendait cultiver son virus du sida depuis plus de six mois, les seules photos existantes étaient celles du virus français. Le virus américain, qui faisait pourtant objet du brevet commercial, et qui avait donc été produit en masse, n'a jamais été pris en photo, ce qui est plus qu'étrange.

Mensonge 2. Le cheval de bataille de Gallo dans la recherche de l'étiologie du sida était primitivement l'HTLV-1. Pendant près de deux ans, Gallo a obstinément suivi à tort cette voie de l'HTLV-1. On peut même dire que c'est cela qui lui a fait rater la découverte du vrai virus du sida. En effet, il était trop désireux de "placer" son HTLV-1, dont la découverte constituait son plus beau titre de gloire. Lorsqu'il mettait en culture les cellules des malades atteints du sida afin d'y rechercher la présence d'un nouveau virus, il guettait exclusivement les signes de la présence d'HTLV-1, c'est-à-dire la transformation cancéreuse et l'immortalisation des cellules en culture.



Même la presse américaine a reconnu la supercherie.

Cette caricature du Pr Gallo est parue dans le *New York Native* à la suite d'une de ses conférences de presse. Sous la pancarte au nom du National Cancer Institute, on lit, en titre : "Plus d'un milliard de virus", et en sous-titre : "volés et rebaptisés". L'humoriste fait dire au professeur Gallo : « Oui, et après avoir prouvé que le virus du sida est l'HTLV-3, nous montrerons que le cétomégalovirus c'est l'HTLV-4, puis que la syphilis est due à l'HTLV-5, et ensuite que... »

Or, on l'a vu, le virus du sida, qui n'a pas de rapport avec la série des HTLV, ne transforme pas les cellules en culture ; au contraire, il les détruit.

Par la suite, pour rattraper cette erreur, Gallo s'est entêté à prétendre que le virus du sida, même s'il n'était pas HTLV-1, appartenait quand même à la famille des HTLV. Là encore, de multiples analyses génétiques et informatiques ont définitivement prouvé que le virus du sida n'a rien à voir du tout avec l'HTLV. Le virus du sida appartient à une famille différente, celle des lentivirus, dont le prototype est un virus de mouton appelé VISNA (voir S & V n° 817, d'octobre 1987 : "Sida, la piste du mouton") qui est loin de donner des leucémies ou des cancers. Il déclenche, tout comme le sida, des maladies inflammatoires d'évolution chronique.

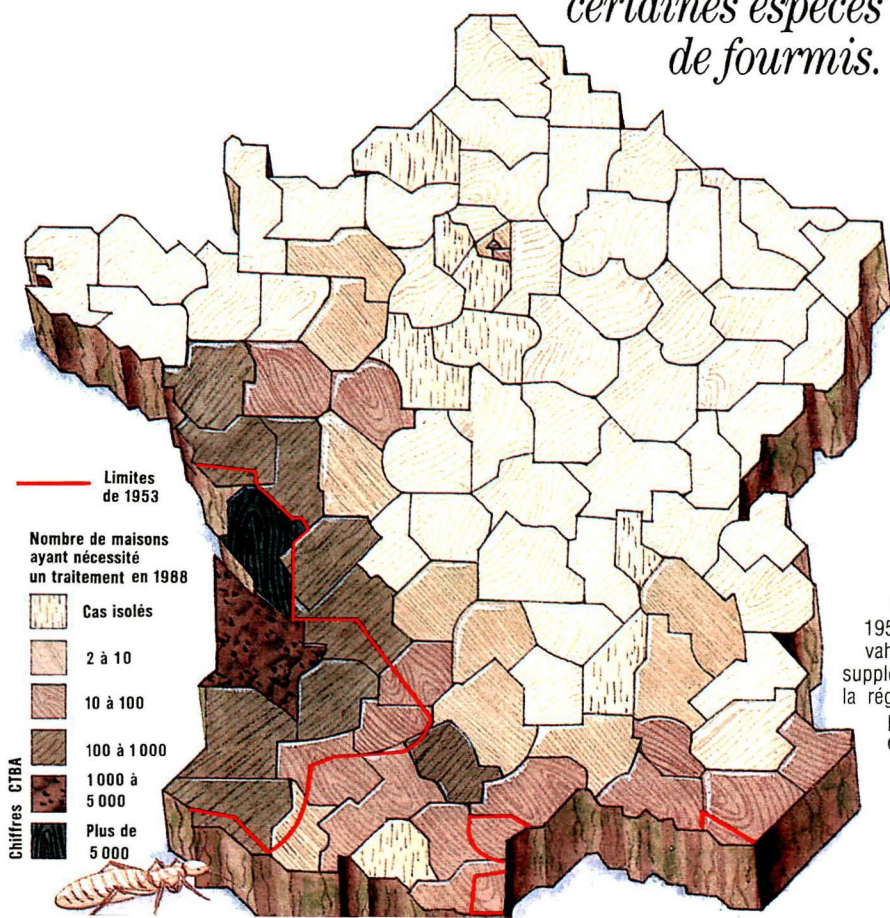
Mensonge 3. Gallo a prétendu avoir isolé le virus du sida en 1982. Mais aucune note, aucune photo ne le prouvent. Si, à cette époque, il avait déjà découvert le vrai virus, pourquoi s'est-il donc enfermé dans sa défense publique de la piste de l'HTLV numéro 1 ? A la même époque, il a, de plus, profité de son influence pour antidater certaines de ses publications.

Fin 1983, à la conférence de Cold Spring Harbor, seule l'équipe française avait présenté le virus du sida, c'est-à-dire le LAV. Pourtant, dans le livre qui réunit les résultats exposés à ce congrès, on voit, comme par génération spontanée, apparaître un chapitre sur l'HTLV-3.

(suite du texte page 167)

LA MORT SILENCIEUSE DES CHARPENTES

Aucune trace extérieure ne trahit le travail de sape perpétré au creux des charpentes par ces insectes redoutables, insatiables dévoreurs de bois. Jusqu'au jour où la toiture ou l'escalier s'effondre. Autrefois cantonnés dans le Sud, les termites se sont répandus en quelques années dans toute la France. Les solutions actuelles sont difficiles et très coûteuses. L'arme absolue viendra peut-être du venin que sécrètent certaines espèces de fourmis.



Les termites sont entrés dans Paris.

De 1953 à 1988, ils ont envahi 29 départements supplémentaires et atteint la région parisienne. De proche en proche, ou alors en prenant le train et la route avec les matériaux de récupération.



Sur les quelque 2 000 espèces de termites connues, cinq vivent en France depuis toujours, au même titre que les fourmis (!). Quoique très différents de leurs cousins des savanes africaines, les termites d'Europe vivent comme eux en colonies fortement organisées suivant un système de castes. En haut de l'échelle sociale, la caste des reproducteurs comprend le roi et la reine, ainsi que les futurs reproducteurs ailés et les néoténiques, sous-caste dont les membres pourront devenir à leur tour roi

et reine, mais seulement dans des conditions bien particulières. Vient ensuite la caste des ouvriers, numériquement la plus importante. Stériles et aptères (dépourvus d'ailes), ils sont chargés de tous les travaux de la colonie. Ce sont eux qui ramassent la nourriture destinée aux membres des deux autres castes et aux jeunes nouvellement éclos, prennent soin de ces derniers, entretiennent le nid aux multiples galeries, etc. Ce sont également eux qui, en cas de besoin, se transforment pour alimenter en effectifs les autres castes (*voir encadré p. 68*). Enfin, il

y a les soldats, un peu plus gros que les ouvriers, mais stériles et aptères comme eux. Ils défendent la colonie contre ses ennemis, essentiellement les fourmis. Une termitière peut compter de quelques centaines à plusieurs millions de sujets, dont 80 % d'ouvriers, 10 % de soldats et autant de reproducteurs ailés.

Les termites sont lucifuges, ils vivent dans l'obscurité des galeries qu'ils creusent. De plus, ils ne peuvent vivre qu'en atmosphère humide et ont besoin d'eau, à la fois en tant qu'aliment et en tant que matériau pour climatiser la termitière. Leur aliment de base est la cellulose, que seuls les ouvriers sont capables de digérer grâce aux microorganismes (protozoaires ciliés et bactéries spirochètes) qui vivent dans leur tube digestif. Ils régurgitent ensuite une partie du produit ainsi digéré pour donner la becquée au reste de la colonie.

Dans la nature, les termites contribuent fort utilement au recyclage du bois mort dont leurs galeries activent la décomposition en éléments organiques.

Le termite-orchestre, c'est l'ouvrier (1) : il digère le bois pour nourrir larves et couple royal, entretient la termitière et, selon les besoins de la colonie, se transforme en soldat (2) ou en futur reproducteur (3).





Ils comptent d'ailleurs, avec les ruminants, parmi les plus grands transformateurs de matières organiques de la planète. Malheureusement, l'activité des termites n'a pas seulement cet effet bénéfique. Tout d'abord, on estime qu'ils relâchent annuellement dans l'atmosphère quelque 150 millions de tonnes de méthane (sous-produit de la digestion de la cellulose) suspecté d'être, avec le gaz carbonique, une des causes du réchauffement de la planète.

Mais surtout, leur boulimie de cellulose, qu'ils satisfont aussi bien avec le bois qu'avec le papier — les termites sont la terreur des archivistes —, le carton ou les vieux chiffons, a des conséquences désastreuses pour les habitations dans lesquelles ils s'installent. De plus, ils creusent silencieusement leurs galeries à l'intérieur des boiseries sans rejeter aucun déchet à l'extérieur comme d'autres ravageurs. Résultat : leur présence et les dégâts qui s'ensuivent peuvent passer inaperçus pendant des an-

Toute sa vie, la reine pond. Pendant la quinzaine d'année que cela dure, le roi (flèche) ne s'éloigne jamais de l'abdomen hypertrophié de sa compagne, prêt à la féconder chaque fois que le besoin s'en fait sentir.

nées. Les services d'hygiène de la Ville de Paris citent le cas d'une chaise de jardin dont il ne restait pratiquement plus que la laque : les termites étaient remontés du sol par les pieds et avaient tout rongé sans que personne soupçonne quoi que ce soit !

Or, ce qui est vrai des chaises l'est également, ce qui est beaucoup plus grave, pour les charpentes, les poutres ou les escaliers, qui s'effondrent sou-

(suite du texte p. 70)

UNE SOCIÉTÉ GOUVERNÉE

La description des deux modes de reproduction utilisés par les termites est le meilleur moyen d'expliquer leur cycle de vie complexe et d'illustrer leur surprenante capacité d'adaptation.

A. L'essaimage, qui se produit au cours des premiers jours chauds d'avril ou de mai, est le plus connu. Plusieurs centaines de reproducteurs mâles et femelles parvenus à maturité s'envolent de la termitière (1). Ce sont les imagos, ou insectes parfaits.

Capables de parcourir plusieurs kilomètres, les mâles sont attirés par une phéromone (substance chimique émise par un insecte et capable d'agir sur le comportement d'autres insectes) émise par les femelles. Dans le cas des termites, il s'agit du tétral-decyl-propanoate.

Les couples une fois formés (2) retombent au sol où ils perdent leurs ailes. L'action de la lumière, des phéromones d'attraction et des substances qu'ils se transmettent au contact l'un de l'autre achèvent le développement sexuel des deux partenaires, qui s'accouplent et s'enfoncent sous terre (3) pour y fonder une nouvelle et fort nombreuse colonie sur laquelle ils règnent sans partage.

La reine, dont l'abdomen s'hypertrophie progressivement (4), commence alors à pondre, pratiquement sans interruption jusqu'à la fin de sa vie (une quinzaine d'années). Comme elle est — à la différence des reines abeilles et fourmis — dépourvue de poche-réservoir à spermatozoïdes (ou sper-

mathèque), le roi (5) demeure en permanence à ses côtés pour la féconder à chaque fois que le besoin s'en fait sentir.

Les œufs des termites sont totipotents, c'est-à-dire qu'ils peuvent évoluer en un individu de n'importe quelle caste, contrairement aux abeilles, par exemple, dont les œufs sont, dès le départ, spécialisés en mâles et en femelles.

Roi et reine dirigent la termitière en monarques absolus. Grâce aux phéromones qu'ils émettent, ils maintiennent leurs sujets sous influence chimique et contrôlent leur destin biologique.

C'est ainsi que la grande majorité des larves issues des œufs (6), soit 80 % environ, n'atteignent jamais leur maturité ; elles muent indéfiniment. Dès la troisième mue, les larves forment la caste des ouvriers (7-8-9), qui s'affaient à nourrir le couple royal et les autres membres de la colonie, à entretenir la termitière et à s'occuper des œufs et des jeunes larves.

La défense du territoire de cet Etat extrêmement organisé incombe aux soldats (10). Leur recrutement est également chimique : dès que les effectifs des militaires baissent, la quantité de phéromones qu'ils émettent baisse aussi, ce qui infléchit automatiquement le destin d'une certaine proportion de larves, rétablissant la population des casernes.

À l'automne, un contingent de 10 % de larves arrivées à la 7^e ou à la 8^e mue



PAR LA CHIMIE

développent — selon un processus encore méconnu — des embryons d'ailes, ou fourreaux alaires, et échappent à leur condition d'esclave pour devenir de futurs reproducteurs (11) destinés à essaimer (12).

B. Le bouturage. En ville, où les obstacles à l'envol des termites sont nombreux (issues fermées, aires bitumées, etc.), ou lorsque le contexte climatique est peu favorable à l'essaimage, comme c'est souvent le cas au nord de la Loire, les termites se reproduisent plutôt par bouturage.

Il suffit qu'une cinquantaine d'individus — ouvriers, larves et soldats — se retrouvent isolés (13) des deux souverains (et donc de leurs phéromones) par une trop grande distance ou pour une toute autre raison accidentelle, pour qu'ils fondent à eux seuls une nouvelle colonie, autonome. Dans une

colonie nouvelle créée par bouturage, la reproduction est assurée par des néoténiques. Il s'agit de plusieurs couples de jeunes larves mâles et femelles qui développent leur appareil sexuel et se hissent au rang de reproducteurs pour prendre le relais du roi et de la reine dès que le signal chimique inhibiteur n'est plus perçu.

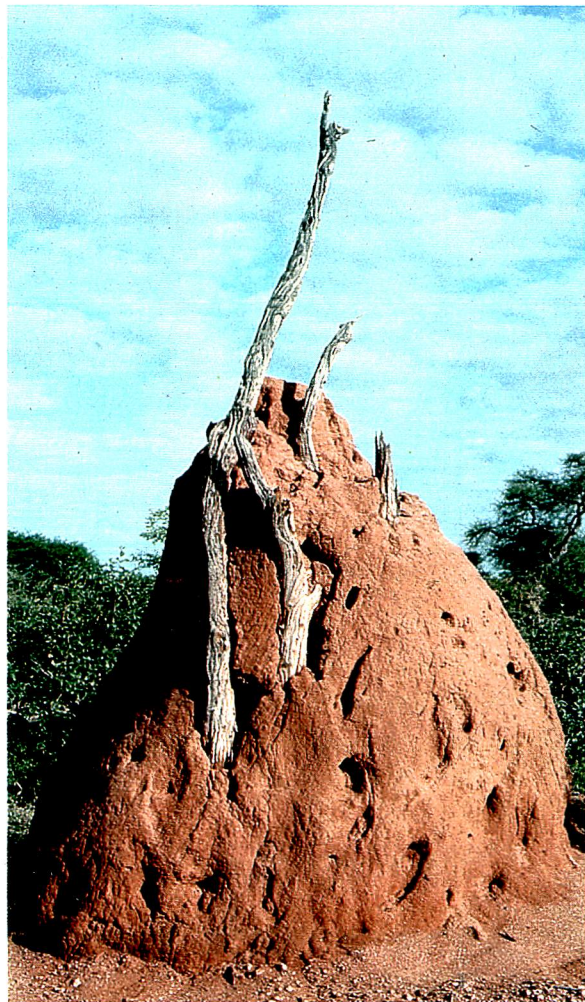
Ces néoténiques se recrutent chez les larves à partir de la 3^e mue, et chez les futurs reproducteurs au stade fourreau alaire décrit ci-dessus. Le même phénomène a été obtenu expérimentalement chez des soldats blancs, stade intermédiaire entre la larve et le soldat adulte.

Cette remarquable faculté de reproduction, qui s'apparente au clonage, permet à la colonie de se disperser de proche en proche comme un plant de fraisier ou de chiendent.



dain sur ou sous leurs occupants. Plus grave encore, le termite ne s'attaque pas seulement au bois. Pour atteindre celui-ci, les ouvriers sont capables, grâce à leurs puissantes mandibules, de creuser des galeries de plusieurs dizaines de mètres de longueur en passant à travers les matériaux les plus divers : plâtre, polystyrène, laine de verre, revêtements muraux et même gaines de fils électriques, provoquant des courts-circuits. Ils exploitent la moindre fissure, et parviennent à contourner les obstacles tels que béton, fonte, etc., en construisant avec un mélange de bois, d'excréments et de salive des tunnels extérieurs que l'on appelle cordonnets. De couleur brune, ceux-ci sont généralement appliqués aux parois des habitations ou suspendus

Les termites d'Afrique, célèbres pour leurs termitières géantes (ci-dessous) géantes, ne sont pas du tout les mêmes que ceux d'Europe. Les premiers mesurent entre 10 et 20 mm de long (jusqu'à 150 mm pour la reine), alors que les nôtres n'excèdent pas 4 ou 6 mm.



comme des stalactites. Ils sont les meilleurs — et d'ailleurs pratiquement les seuls — indices visibles de la présence de termites dans un édifice.

Une termitière ressemble ainsi à une immense nébuleuse dotée d'un cœur souterrain où séjournent les deux souverains et d'où part tout un réseau de galeries et de cordonnets creusés et édifiés par les ouvriers. Si bien qu'une termitière peut fort bien contaminer plusieurs maisons à la fois et se situer à 10 ou 20 m à l'extérieur dans la rue ou le jardin. Enfoui dans le sol, le cœur est quasiment introuvable et il est même inutile de le chercher.

Bien qu'infiniment plus nombreux dans les régions tropicales — au point qu'on a pu comparer l'Afrique tout entière à une gigantesque termitière —, les termites se sont développés en Europe à une vitesse inquiétante. Au Centre technique du bois et de l'ameublement (?), on fait remarquer que les termites, qui, jusqu'en 1953, restaient cantonnés dans le sud-ouest et le sud-est de la France, ont en trente-cinq ans contaminé 29 départements supplémentaires et atteint la région parisienne, où ils sont présents dans les trois départements de ceinture. A l'intérieur de la capitale, les services d'hygiène ont recensé 18 points d'infestation dont dix très importants (*voir carte ci-contre*). Au total, sur 3 467 immeubles contrôlés entre 1965 et 1989, 871 étaient termités.

Les causes de cette prolifération sont nombreuses. La principale tient sans doute aux progrès accomplis depuis quarante ans en matière de chauffage et d'isolation des maisons, qui ont créé des conditions de température très appréciées des termites, notamment en ville. De même, l'utilisation croissante comme bois d'œuvre de résineux très tendres, donc facilement broyés par leurs mandibules. L'ignorance et la négligence ont leur part de responsabilité : techniques architecturales ou matériaux de construction inadaptés tels que le pisé (?); boiseries directement en contact avec le sol; bois non traités. Sans compter que les matériaux contaminés transportés par rail ou route propagent le mal sur des centaines de kilomètres. C'est ainsi — et grâce à sa formidable capacité de reproduction par bouturage (*voir dessin p. 68*) — que le termite de Saintonge, naguère circonscrit aux Charentes, s'est répandu un peu partout en France.

Que faire contre les termites ? Si les hommes sont, dans bien des cas, responsables de leur prolifération, ils ont en revanche à leur disposition différents moyens pour enrayer celle-ci.

- Tout d'abord, les termites ne pouvant se passer d'eau, la première précaution consiste à les en priver en assainissant les habitations suspectes. A ce sujet, il faut savoir que la condensation qui se produit sur un tuyau d'eau froide calorifugé, ou encore l'eau qui s'infiltre dans un mur dont le crépi ou les joints d'étanchéité sont mal entretenus suffisent

pour satisfaire les besoins en eau de toute une termitière.

- En deuxième lieu, il convient d'éliminer le bois et les papiers qui encombrant sous-sols et jardins, de s'assurer qu'aucune pièce de bois de l'édifice n'est en contact avec le sol, de boucher les fissures et de vérifier que les ouvertures qui permettent le passage des canalisations sont parfaitement étanches.

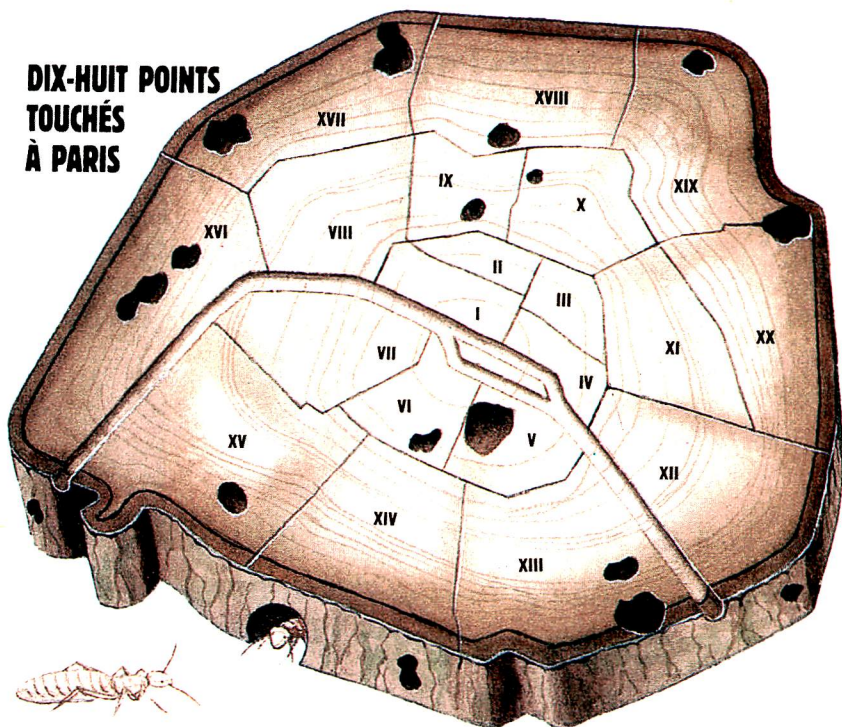
- De même, lors de la construction, il faut s'assurer que le bois utilisé a été préalablement traité, que la dalle de béton est bien étanche et qu'à l'extérieur elle dépasse le niveau du sol de quelques centimètres (cette précaution facilite le repérage des tunnels qui permettent aux termites de passer du jardin aux huisseries du rez-de-chaussée).

Lorsque l'habitation est déjà envahie, il faut recourir aux insecticides. La désinfection d'un immeuble est une opération qui ne coûte pas moins de 15 000 à 25 000 F par propriétaire, autant dire le prix d'un ravalement, sans compter les travaux ultérieurs de remise en état, eux aussi importants. Car il faut sceller des tubes de lance dans les murs tous les 60 cm afin d'injecter le produit en profondeur, seule façon de créer les barrières chimiques qui interdiront le passage des insectes. Un millier d'entreprises françaises environ, dont 60 agréées par le CTBA, pratiquent ce genre d'intervention.

Coûteuse ou non, la lutte a commencé à s'organiser. Plusieurs communes et départements ont déjà pris des mesures très strictes. C'est ainsi qu'en Charente-Maritime un arrêté préfectoral datant de 1985 rend obligatoire la désinfection des matériaux provenant de la démolition d'immeubles contaminés avant leur envoi en décharge, l'application d'un traitement termiticide au sol avant toute construction et l'attestation de non-termitose lors de chaque transaction immobilière. A Bordeaux, par exemple, où un immeuble sur quatre est plus ou moins contaminé, un arrêté municipal de juin 1989 prévoit des dispositions semblables.

Mais les insecticides utilisés : lindane, endosulfan, aldrine et surtout, jusqu'à une date récente, dieldrine, s'ils sont efficaces contre les termites, sont en même temps de redoutables polluants. Dans les régions où les sols sont systématiquement traités avant construction, les risques de contami-

DIX-HUIT POINTS TOUCHÉS À PARIS



nation des nappes phréatiques sont très sérieux, la plupart de ces produits n'étant pas dégradables. De ce point de vue, l'apparition récente d'un produit organo-phosphoré, le phoxim, a marqué un progrès certain.

Parallèlement, d'importants travaux scientifiques ont été entrepris afin de mieux comprendre la biologie des termites. Depuis un an, le CTBA recherche les moyens de tester l'efficacité des nouveaux insecticides sur la termitière dans son ensemble et non plus seulement sur quelques individus isolés en boîte de Petri. En effet, les termites ayant la capacité d'alerter leurs congénères de la présence d'une source d'empoisonnement, seuls des tests réalisés dans la termitière elle-même devraient permettre la mise au point de produits ayant un effet retard ou agissant par accumulation. Encore faut-il parvenir à élever des termites en captivité afin de leur faire produire de nouvelles termitières aux fins d'étude, ce qui n'est pas aussi facile qu'on pourrait le croire.

Mais le pas décisif dans la lutte contre les termites pourrait bien être franchi grâce aux travaux menés conjointement par Jean-Luc Clément, Jean-Jacques Basselier et Gérard Lhommet, biologistes et chimistes au CNRS et à l'université Paris-VI. Ces chercheurs ont étudié de très près les véritables guerres chimiques que se livrent les termites et certaines espèces de fourmis. Dans sa tête hypertrophiée, armée de mandibules finalement plus impressionnantes qu'efficaces, le soldat-termite possède un réservoir contenant des terpènes, et notamment du geranyl-linalool, dont un nanogramme suf-

(suite du texte p. 168)

LE GORILLE TOURISTIQUE

*Le commerce
des "trophées", têtes
ou mains de
gorilles naturalisées,
est heureusement devenu
beaucoup moins rentable
que les tours
organisés pour
apercevoir
un instant
un grand singe
bien vivant
dans sa
forêt natale.*



Quatre ans après sa mort, la zoologue Dian Fossey a gain de cause. Elle défendait les gorilles des Virungas contre deux ennemis, les braconniers et les défricheurs. Les Virungas sont une chaîne volcanique partagée entre le Rwanda, le Zaïre et l'Ouganda ; on y trouve, entre 2 500 et 3 000 m d'altitude, un gorille exceptionnel, dont le pelage varie entre le noir et le bleu noir, à l'exception de la selle, qui est argentée. Il diffère du gorille des forêts de plaine, qui est gris, par ses modes d'adaptation et par sa morphologie : ses membres sont plus courts, sa main plus large, son pied différent. Les deux appartiennent toutefois à la même espèce, de l'avis de tous les systématiciens.

Les braconniers réduisaient les effectifs, les défricheurs l'habitat. Les premiers organisèrent l'assassinat de la conservatrice. On craignit le pire après la mort de cette avocate très efficace. Ainsi, mais ce n'était là qu'un exemple, la Communauté économique européenne soutenait un projet de sauvetage économique du Rwanda, qui consistait à dé-

fricher la forêt pour y planter du pyrèthre, plante dont on extrait un insecticide.

Mais la situation s'est retournée et trois programmes ont été réalisés, qui donnent satisfaction. Un : la lutte anti-braconnage est très efficace, grâce à une quarantaine de gardes. Le succès de ce programme a été facilité par l'effondrement du "marché" : personne ne demande plus de mains de gorille transformées en cendrier, par exemple. Les jardins zoologiques, qui étaient parmi les grands clients des braconniers, sont administrés de manière plus sérieuse.

Deux : un programme éducatif a persuadé les agriculteurs qu'une montagne boisée est un château d'eau capable de retenir les pluies les plus violentes et de laisser ensuite l'eau s'écouler de manière plus régulière, pour le plus grand bénéfice de l'agriculture de plaine. Celle-ci était la première victime du défrichage pratiqué jusque-là.

Trois : un programme de mise en place d'un tourisme de qualité est en cours. Il serait économique-



ment précieux pour la région et sans risques pour les gorilles, qui sont à nos contemporains ce que la mer de Glace, par exemple, était aux touristes du début du siècle. Le voyage naturaliste est en vogue. Et le film *Gorilles dans la brume*, dont Dian Fossey est l'héroïne posthume, attire encore plus de visiteurs aux Virungas.

Les gorilles commencent à s'habituer à être approchés par de petits groupes de visiteurs. Ceux-ci sont désormais sélectionnés : un simple rhume est une cause certaine d'élimination, pour éviter une contamination des grands primates, qui sont vulnérables. La preuve de cette vulnérabilité : en 1988, on constata un début d'épidémie de rougeole, sans doute due à un touriste contagieux. Les groupes d'animaux exposés furent alors vaccinés à l'aide des balles-seringues tirées par des fusils à air comprimé et tout rentra dans l'ordre.

Les visiteurs admis ne peuvent rester qu'une heure à proximité des gorilles. Mais en dépit de ces nouvelles conditions draconiennes, les touristes affluent. Et

les gorilles seraient devenus la deuxième source de devises, après la production de café, du Rwanda...

Leurs effectifs augmentent. Ils sont trois cents, désormais, dans un domaine de quelque 40 000 ha. Enfin protégés, ils ont reconstitué des groupes importants (une trentaine d'individus), dans lesquels les taux de naissance et de survie de jeunes sont très satisfaisants. Le bénéfice de la protection humaine s'étend désormais aux deux autres pays couverts par les Virungas, le Zaïre et l'Ouganda, qui ont, eux aussi, mis en place un système de gardiennage. Celui-ci surveille également, dans la forêt de Bwindi en Ouganda, une autre population d'une centaine d'individus, appartenant à la même sous-espèce, mais moins bien connue. Différentes organisations internationales coiffent le réseau de surveillance.

On relèvera que c'est la compréhension du rôle de la forêt et de l'intérêt économique d'un tourisme bien organisé qui a emporté la décision dans l'évolution des mentalités en faveur des gorilles.

Jacques Marsault

URSS : CENT QUATRE



La Lituanie s'est retirée de l'Union soviétique. Restent 103 peuples différents ⁽¹⁾, sans compter les sous-groupes ethniques, pratiquant 130 langues, presque toutes les religions de la planète, n'ayant rien en commun que d'être baptisés "soviétiques". Voici quatre cartes et un tableau pour mieux comprendre ce qui se passe à l'Est.

PEUPLES MOINS UN



Lorsque le soleil est sur le point de se coucher à Moscou, il n'est pas loin de se lever sur le détroit de Béring, pointe orientale extrême de l'Union soviétique. Union soviétique signifie immensité géographique et diversité des populations. De la mer Noire à la mer de Béring, des plus froides taïgas de la Sibérie orientale aux zones semi-désertiques d'Asie centrale, vivent 286,7 millions de Soviétiques.

"Soviétique", c'est le point commun, d'ordre pure-

(¹) D'après le recensement de 1979.

ment politique, d'une certaine de peuples différents, parlant leur propre langue, possédant leur propre culture et pratiquant leur propre religion.

Inaugurée voilà cinq ans par Mikhaïl Gorbatchev, la politique de la "perestroïka" a eu pour effet de libérer des tensions très longtemps contenues. Résultat : les événements dont nous sommes aujourd'hui les témoins. Problèmes interethniques des Ar-

Des Turkmènes réunis pour un mariage, dans un kolkhose. Derrière eux des inscriptions en langue turkmène... mais en caractères cyrilliques.

(suite du texte p. 78)



L'URSS est aujourd'hui composée de quinze Républiques socialistes soviétiques fédérées (RSS) dont certaines (RSSF de Russie, RSS de Géorgie, RSS d'Ouzbékistan, RSS d'Azerbaïdjan et RSS du Tadjikistan) sont subdivisées en Républiques socialistes soviétiques autonomes (RSSA) ou en Régions autonomes (RA), et même, pour la RSSF de Russie (la plus grande, neuf fuseaux horaires), en Districts ou Arrondissements autonomes (AA) (de 1 à 31 sur la carte). Plusieurs régions (de a à q), sans statut politique, dans la RSSF de Russie, sont figurés sur la carte afin de situer plusieurs peuples sibériens.

Selon la constitution soviétique, une

République fédérée est définie comme un Etat souverain ayant la possibilité, jusqu'ici théorique, de sortir de l'Union. Elle possède sa propre constitution, qui tient compte des particularités nationales, bien qu'elle soit établie sur la base de la constitution de l'URSS. Une République fédérée possède également ses propres organes supérieurs de pouvoir. Théoriquement, son territoire ne peut être modifié sans son consentement. Elle peut régler en toute indépendance les questions liées à la vie intérieure. Elle a le droit d'entretenir des relations directes avec des Etats étrangers. A ce titre, la Russie, l'Ukraine et la Biélorussie sont même représentées à l'ONU.

Les RSSA sont des formations politiques dépendantes d'une République fédérée. Possédant une constitution,

chacune est représentée par une chambre de députés au soviet suprême. Ces territorialités politiques ont été théoriquement constituées afin de donner aux minorités la possibilité de s'organiser en Etat et d'entretenir leurs particularismes.

Les Régions, les Districts et Arrondissements autonomes possèdent une certaine autonomie administrative. Elles devraient également avoir les moyens d'enseigner leur propre langue à l'école, de l'introduire dans la presse et au tribunal et de développer leur culture.

Mais les grands principes démocratiques ont du mal à se mettre pleinement en pratique. Comment un découpage administratif pourrait-il assurer le libre développement de plus de cent peuples différents ?



- RSS de Biélorussie
- RSS d'Ukraine
- RSS de Moldavie
- RSS de Lituanie
- RSS de Lettonie
- RSS d'Estonie
- RSS du Kazakhstan
- RSS du Turkménistan
- RSS de Kirghizie
- RSS d'Ouzbékistan
 - 1 - RSSA de Karakalpakie
- RSS d'Arménie
- RSS de Tadjikistan
 - 1 - RA du Haut-Badakhchan
- RSS d'Azerbaïdjan
 - 1 - RSSA du Nakhitchévan
 - 2 - RA du Haut-Karabakh
- RSS de Géorgie
 - 1 - RSSA d'Abkhazie
 - 2 - RSSA d'Adjarie
 - 3 - RA d'Ossétie du Sud

RSSF de Russie



RSSA (République socialiste soviétique autonome)

- | | |
|----------------------|-------------------------|
| 1 Bachkirie | 9 Maris |
| 2 Bouriatie | 10 Mordovie |
| 3 Carélie | 11 Ossétie du Nord |
| 4 Daguestan | 12 Oudmourtie |
| 5 Iakoutie | 13 Tatarie |
| 6 Kabardino-Balkarie | 14 Tchétchéno-Ingouchie |
| 7 Kalmoukie | 15 Tchouvachie |
| 8 Komis | 16 Touva |

RA (Région autonome)

- | | |
|-------------------|---------------------------|
| 17 Adyghes | 10 Karatchaïs-Tcherkesses |
| 18 Gorno-Altaiisk | 21 Khakasses |
| 19 Juifs | |

AA (District ou Arrondissement autonome)

- | | |
|------------------------------|-------------------|
| 22 Bouriates d'Aguinskoïe | 27 Komis-Permiaks |
| 23 Bouriates d'Oust-Ordinski | 28 Khantys-Mansis |
| 24 Koriaks | 29 Tchouktches |
| 25 Nénets | 30 Evenks |
| 26 Taimyr | 31 Iamalo-Nénets |

Régions et territoires de la RSSF de Russie

- | | |
|-----------------------------|----------------------------|
| a Région de Tioumen | i Région du Kamtchatka |
| b Région de Omsk | j Région du Magadan |
| c Région de Tomsok | k Territoire de Khabarovsk |
| d Région de Novosibirsk | l Région de Sakhaline |
| e Territoire de l'Altai | m Territoire Maritime |
| f Région de Kémérovo | n Région d'Irkoutsk |
| g Territoire de Krasnoïarsk | o Région de Tchita |
| h Région de l'Amour | p Presqu'île de Kola |
| | q Iles Commandeurs |

méniens et des Azéris, problèmes en Ouzbekistan, revendications des peuples baltes (Lettons, Estoniens, Litوانيens, qui ont proclamé leur indépendance) et des Tadjiks. Mais qui a entendu parler des Khakasses, des Nénets ou des Ngagnas-sans ?

Après la Révolution d'octobre, l'Union soviétique s'est constituée en Etat multiethnique, sur les fon-

dements de l'Empire russe. En effet l'ancien Etat russe de Kiev se crée du IX^e siècle au XI^e siècle et comprend alors trois peuples slaves de l'Ouest. Puis il s'étend, dans un premier temps, d'ouest en est, englobant dès le XVI^e siècle les peuples anciens de Sibérie. Un siècle plus tard, son extension gagne du nord au sud, brigant les derniers sultanats turcs et

UN DÉFI AU POLYGLOTTE

Aucun polyglotte ne pourrait apprendre toutes les langues parlées en URSS. On en compte plus de 130. Selon leur origine, ces langues sont classées en cinq familles, subdivisées en branches. Par exemple, le russe, l'ukrainien et le biélorusse appartiennent à la branche slave de la famille indo-européenne. Bien qu'assez proches, ces langues diffèrent entre elles presque autant que l'italien, l'espagnol et le français. Mais les difficultés de compréhension sont évidemment beaucoup plus grandes entre les Slaves et les multiples ethnies de l'URSS.

C'est le russe qui sert de langue de communication et le bilinguisme est de rigueur pour tous les peuples non russes. D'après le recensement de 1979, 82 % de la population de l'Union (y compris les Russes, représentant à eux seuls 52,4 % de cette population) maîtrisaient la langue russe. En fait, chez les peuples non russes, le pourcentage de personnes ayant une bonne connaissance de cette langue s'échelonne de 25 à 80 % selon les nationalités. Les plus réfractaires au bilinguisme étaient alors les Estoniens, les Kurdes, les Turkmènes

et les Géorgiens. Cela est lié à la langue utilisée pour l'enseignement : dans les Républiques fédérées, du primaire au supérieur, l'enseignement peut se faire soit dans la langue maternelle, soit en russe. La loi autorisant les parents à choisir, certains considèrent que leur langue est en perte de vitesse par rapport au russe dans de nombreuses disciplines de l'enseignement supérieur et choisissent donc le russe.

Dans les Républiques autonomes (RSSA), on enseigne en langue maternelle dans les écoles et les établissements d'apprentissage professionnel. Dans les Régions, Districts et Arrondissement autonomes, le russe est utilisé au-delà des classes primaires.

La situation linguistique de l'URSS est extrêmement complexe. S'il y a plus de langues que de peuples recensés, c'est que chacun d'eux peut parler et écrire plusieurs langues. C'est ainsi qu'il y a quatre langues khantys.

Il existe cinq types d'écritures : cyrillique, latine, hébraïque, arménienne, géorgienne. L'alphabet de base, cyrillique, a souvent été adapté aux

consonnances phonétiques d'une langue, par ajout ou retrait de certaines lettres. Ainsi, l'adyghé s'écrit avec un alphabet cyrillique de 65 lettres contre 33 pour le russe.

Pour ajouter à la complexité, plusieurs peuples ont changé d'écriture au cours des soixante-dix dernières années, sans changer de langue. Certains, comme les Tadjiks et les Lesghiens, sont passés en 1928 de l'alphabet arabe à l'alphabet russe modifié. Les Moldaves ont été contraints d'écrire leur langue, latine, avec des caractères cyrilliques. Le retour à l'alphabet latin vient tout juste d'être autorisé. Des peuples annexés tardivement, comme les Estoniens, les Litوانيens et les Lettons, ont toujours utilisé les caractères latins. En revanche, il n'y a plus aucune langue turque qui s'écrit en caractères arabes.

Les vieilles nations, comme l'Arménie et la Géorgie, ont chacune conservé leur langue, mais aussi un alphabet, inventé aux premiers siècles de notre ère.

Les Juifs du Birobidjan (RA des Juifs) ont des journaux et une littérature yiddish en caractères hébraïques.

Famille caucasienne

-  Branche nakhi-daguestanaï
-  Branche abkhaziens-adyghé
-  Branche kartvéli





Famille indo-européenne

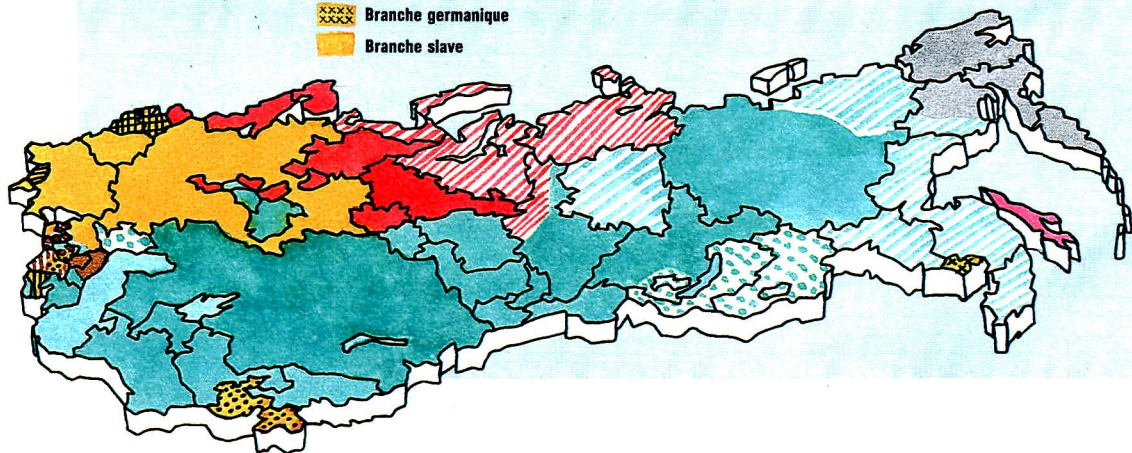
-  Branche balte
-  Branche romane
-  Branche iranienne
-  Branche arménienne
-  Branche germanique
-  Branche slave

Famille altaïque

-  Branche turque
-  Branche toungouso-mandchoue
-  Branche mongole

Famille de la tchoukotka et du kamchatka

-  Famille ouralienne
-  Branche finno-ougrienne
-  Branche samoyède
-  Langues paléosibériennes isolées



mongols. La domination de ces peuples, suivie de leur rattachement à l'Empire, s'est effectuée à des dates différentes, au terme de conquêtes souvent sanglantes. Enfin, c'est au cours du XIX^e siècle que les régions du Caucase et d'Asie centrale passent sous contrôle russe.

Les contours actuels de l'URSS ne diffèrent pas beaucoup de ceux de l'empire du dernier tsar, Nicolas II. A la veille de la révolution de 1917, plus de la moitié des sujets de l'empire n'étaient pas russes.

Dès 1919, se constitue la République socialiste soviétique fédérative de Russie. Elle s'étend sur 4 000 km du nord au sud et sur 9 000 km d'ouest en est. De Moscou au Pacifique, à travers la chaîne de l'Oural et la Sibérie, elle représente à peu près vingt-huit fois la France.

Des républiques et des régions autonomes sont instituées dans l'intention officielle d'attribuer aux minorités enclavées de Russie un territoire propre, avec une certaine autonomie.

Ces minorités ont la liberté, voire l'obligation, de parler et d'écrire leur propre langue, ce que les tsars avaient interdit. C'est ainsi que certains peuples du Nord, qui possédaient surtout une tradition orale, ont vu, certes avec intérêt, les Soviétiques travailler, dans les années vingt, à leur donner une langue écrite.

Actuellement, l'URSS est divisée en quinze Républiques socialistes soviétiques fédérées (RSSF — le processus d'indépendance amorcé par la Lituanie prendra plusieurs années). Certaines intègrent des Républiques socialistes soviétiques autonomes (20 RSSA), des Régions autonomes (8 RA) et des Districts ou Arrondissements autonomes (10 AA).

Juste après la révolution de 1917, les nations de la ceinture occidentale et méridionale de la Russie sont indépendantes, mais peu sûres de leur statut vis-à-vis de l'ancien Empire. Les nations baltes (Lettonie, Estonie, Lituanie) reçoivent le soutien des puissances européennes pour acquérir une indépendance qu'elles conserveront jusqu'au dépeçage négocié secrètement lors du pacte germano-soviétique, en 1940. Les autres nations, notamment



Visages du Caucase, d'Europe ou d'Asie centrale : visages d'URSS. Un Géorgien, une Moscovite et des Ouzbeks de Samarkand portant la tioubiéïtiekha (coiffe).

la Géorgie, l'Arménie et les nations turques, signent avec l'Etat soviétique de Russie des traités qui réduisent leur indépendance.

En 1922, les bolcheviks (mot qui veut simplement dire majoritaire) lancent l'idée d'une organisation fédérale incluant ces nations. C'est Staline qui est chargé du projet de constitution d'un Etat soviétique fédéré, sur le modèle de la Fédération de Russie. Le 30 décembre de cette même année, la République fédérée de Russie, d'Ukraine, de Biélorussie et de Transcaucasie adopte le traité sur la formation de l'URSS. Les autres Républiques fédérées (RSS) se créent peu à peu pour arriver à la situation présente. L'Histoire rapporte que Lénine a ouvert la

PREMIÈRE RELIGION D'URSS : LA RELIGION ORTHODOXE ? NON, L'ISLAM.

Cette carte fait apparaître les religions majoritaires de l'URSS selon les territoires. Bien sûr, certains groupes sont athées ou ont d'autres pratiques que la religion dominante (par exemple, israéliens en Russie, Ukraine et Biélorussie majoritairement chrétiennes). A première vue, l'URSS paraît plutôt chamaniste. Mais il ne faut pas oublier que la Sibérie est très peu peuplée (moins de 0,1 habitant/km² contre plus de 100 dans la région de Moscou ou dans le Caucase).

La religion orthodoxe, religion d'Etat sous les tsars, a joué un rôle dominant dans la culture russe. Mais après soixante-douze ans de régime communiste, la pratique religieuse des Slaves a connu une désaffection importante. En revanche, dans les républiques d'Asie centrale, le sentiment religieux est fortement développé : 20 % des habitants de ces républiques se déclarent athées, contre 80 % de Russes. En définitive, par le nombre de pratiquants, l'islam sunnite est la religion prépondérante bien que les Russes, les Ukrainiens et les Biélorusses soient majoritaires, en nombre.

En Russie, en Ukraine et en Biélorussie, on constate cependant un renouveau des valeurs religieuses. De 15 à 20 % des jeunes, que leur éducation aurait dû rendre athées, sont intéressés par la religion.

D'autres religions chrétiennes sont représentées, notamment l'Eglise catholique romaine en Ukraine, en Lituanie et en Lettonie, mais aussi l'Eglise catholique de rite byzantin (Eglise uniate). Implantée en Ukraine occidentale au milieu du XVI^e siècle, l'Eglise uniate a été intégrée d'autorité à l'Eglise orthodoxe russe en 1946, sous prétexte d'être un foyer de revendications nationalistes. Restée dans la clandestinité jusqu'à nos jours, elle est depuis quelques semaines le théâtre de revendications de près de quatre millions de fidèles. En effet, les communautés uniates entendent récupérer leurs églises et revendiquer la reconnaissance légale de leur religion. Une reconnaissance promise par M. Gorbatchev pour le 1^{er} décembre 1989 mais qui n'est pas encore effective.

Comme autre organisation chrétienne en Union soviétique, on peut citer

l'Union des baptistes chrétiens évangéliques.

Le protestantisme n'a jamais pris racine en Russie, mais c'est une religion importante en Lituanie, en Lettonie et surtout en Estonie. Les convictions religieuses sont encore soutenues dans les pays baltes.

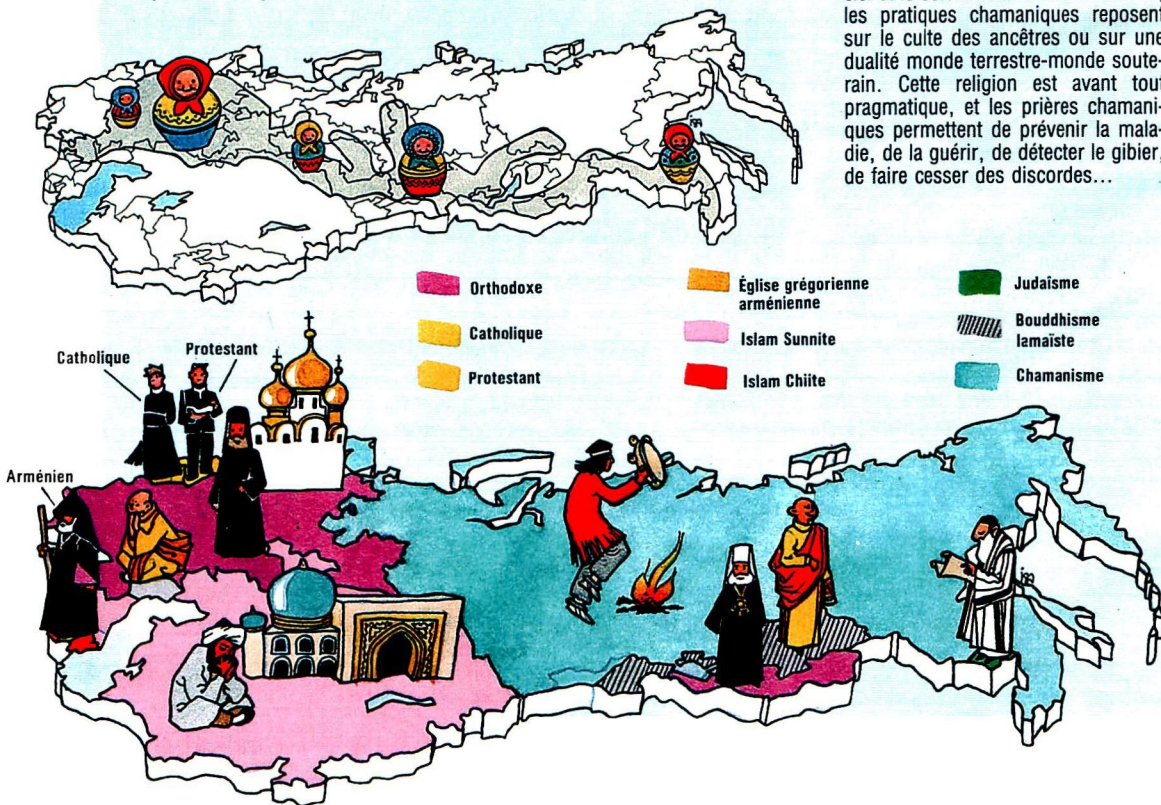
Au-delà, il existe des sectes : les vieux croyants, les doukhobors, les molokanes, les adventistes du 7^e jour, les témoins de Jehovah, les vrais chrétiens orthodoxes...

Dans un Etat qui prêche l'athéisme, le lamaïsme subsiste encore en Bouriatie, où l'on trouve un authentique temple bouddhiste, le temple d'Ivolginsk.

Quant aux peuples de Sibérie, ils pratiquent donc traditionnellement le chamanisme. L'arrivée des Russes avait imposé le christianisme orthodoxe, mais cette confession ne s'est implantée que superficiellement. Le chamanisme est encore tenace et se pratique clandestinement. Sans dogme ni promesse de salut, il laisse le champ libre à toute idéologie. Il est fondé sur le soutien d'esprits protecteurs.

Les peuples vivant sur les bords de l'Amour (Nanais, Oulches, Orotches) pratiquent le culte de l'ours et de l'élan, représentant respectivement le ciel et le soleil. Chez d'autres ethnies, les pratiques chamaniques reposent sur le culte des ancêtres ou sur une dualité monde terrestre-monde souterrain. Cette religion est avant tout pragmatique, et les prières chamaniques permettent de prévenir la maladie, de la guérir, de détecter le gibier, de faire cesser des discordes...

Les Russes ont colonisé la Sibérie, se sont installés le long des voies de communication. Dans leurs bagages : la religion orthodoxe qu'ils ont tenté d'imposer, sans grand succès, aux peuples du Nord.

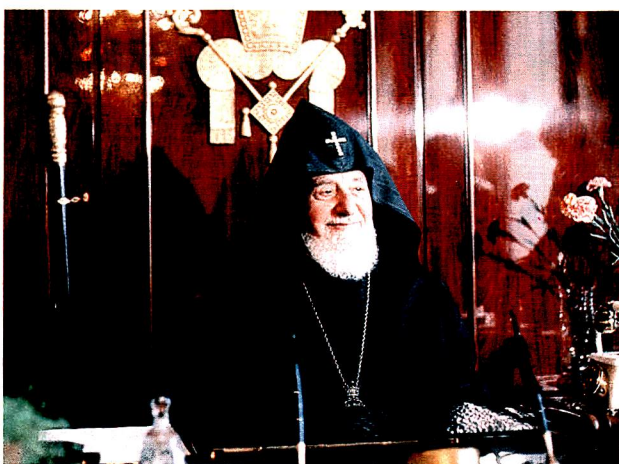


"prison des peuples" de l'empire des tsars. Mais les découpages administratifs ne coïncident pas toujours avec les réalités ethniques. Nombreux sont les territoires autonomes de la RSSF de Russie regroupant plusieurs peuples. L'exemple du Daguestan est significatif. Cette petite République autonome du Caucase comptait 1 657 000 habitants au recensement de 1979. Or, elle se compose de trente-deux ethnies, dont seulement dix sont recensées distinctement. Les Koumyks et les Nogais parlent deux langues turques d'origine altaïque et sont musulmans sunnites de rite hanafite, tandis que les Darguiens, les Laks, les Avars, les Tabassaranes, sans compter une vingtaine d'autres ethnies habitant des vallées peu accessibles, parlent une langue d'origine caucasienne et sont pour la plupart musulmans sunnites de rite chafite.

Autre exemple des brutalités du découpage vis-à-vis des ethnies : la République autonome de Karatchaïs-Tcherkesses, qui regroupe les Karatchaïs, les Tcherkesses et les Abazas. Ces derniers, comme beaucoup de peuples, sont dépourvus de territoire et campent sur une terre concédée à d'autres. Par leur nombre et par le statut officiel de leur langue de parenté turque, les Karatchaïs dominent les Tcherkesses et les Abazas, qui parlent deux langues non officielles de la famille caucasienne.

Pas de territoire pour certaines ethnies, mais quelquefois deux territoires pour la même. Cet autre défaut, le morcellement, est caractéristique encore une fois du Caucase, où les Ossètes sont partagés entre la RSSA d'Ossétie du Nord (République de Russie) et la région autonome d'Ossétie du Sud (Géorgie).

Beaucoup de communautés ethniques ne vivent pas exclusivement dans le territoire qui leur a été octroyé. La République autonome de Tatarie compte 3,5 millions d'habitants, dont plus de la moitié sont tatars. Or, on a recensé 6,3 millions de Tatars en 1919. La plupart des Tatars vivent donc hors de chez eux. Ils forment des colonies, notamment en Ouzbékistan et en RSSF de Russie. On distingue d'autres Tatars, ceux de Crimée qui ont été exilés par Staline en Sibérie et au Kazakhstan.



Lamaïstes, prêtre de l'Eglise grégorienne d'Arménie... 72 ans de politique athéiste ne sont pas venus à bout des convictions religieuses des peuples soviétiques.

Dans les autres Républiques fédérées, on retrouve le même problème, lié à la difficulté de faire coïncider un découpage administratif et politique avec une mosaïque de peuples différents. C'est le cas de la Région autonome du Haut-Karabakh, dont on parle tant. Cette région, qui fait partie de la RSS d'Azerbaïdjan depuis 1923, est peuplée à 75 % d'Arméniens dont la langue et la religion sont différentes de celles des Azeris. Les problèmes interethniques, aujourd'hui dévoilés, ont pris de l'ampleur. Les Arméniens exigent le rattachement de la région à l'Arménie, tandis que les Azeris revendiquent le maintien du Haut-Karabakh dans leur République.

Même problème, le Nakhitchévan, peuplée de

L'URSS : plus de cent peuples sur deux continents

En 1979, on dénombrait 104 ethnies (année du dernier recensement officiel analysant les nationalités). En réalité, elles sont plus nombreuses : 0,025 % des Soviétiques appartient à d'autres nationalités que celles énumérées dans le tableau ci-dessous.

On en comptait 194 en 1926 et 126 en 1959. A chaque recensement, des nationalités cessent d'être comptabilisées à part. Parmi elles : 10 000 Talyches du sud-ouest de l'Azerbaïdjan et des milliers de Chardagnes du nord-est de cette République. Les Lives,

estimés à 3 000 en 1959, ont été depuis absorbés par les Lettons et les Estoniens. Les ethnies minoritaires (Mingréliens, Mtiouls, Khevsurs) composant la nation de Géorgie ne sont pas répertoriées. En raison de leur faible représentation numérique,

NATIONALITÉS	RECENSEMENT 1979 (1) (EN MILLIERS)	% DE LA POPULATION DE L'URSS	PRINCIPAUX TERRITOIRES	LANGUES	RELIGIONS
Ensemble de la population	262 085	100			
Russes	137 397	52,42	• RSSF de Russie • URSS (le long du Transsibérien et des fleuves)	Russe	• Orthodoxes (en majorité) • Catholiques • Protestants (et sectes russes)
Ukrainiens	42 347	16,15	• RSS d'Ukraine	Ukrainien	• Orthodoxes • Catholiques romains • Chrétiens uniates
Ouzbeks	12 456	4,75	• RSS d'Ouzbekistan • RSS de Tadjikistan • RSS de Kirghizie • RSS de Turkménistan	Ouzbek	• Musulmans sunnites
Biélorusses	9 463	3,61	• RSS de Biélorussie	Biélorusse	• Orthodoxes
Kazakhs	6 556	2,50	• RSS du Kazakhstan	Kazakh	• Musulmans sunnites
Tatars	6 317	2,41	• RSSA de Tatarie (RSSF de Russie) 13 (1)	Tatar	• Musulmans sunnites
Azéris	5 477	2,08	• RSS d'Azerbaïdjan	Azéris	• Musulmans chiites (en majorité) • Musulmans sunnites
Arméniens	4 151	1,58	• RSS d'Arménie • RA Haut-Karabach (RSS d'Azerbaïdjan)	Arménien	• Eglise arménienne
Géorgiens	3 571	1,36	• RSS de Géorgie	Géorgien	• Orthodoxes
Moldaves	2 968	1,13	• RSS de Moldavie	Moldave (Roumain)	• Orthodoxes
Tadjiks	2 898	1,10	• RSS du Tadjikistan • RSS d'Ouzbekistan	Tadjik	• Musulmans sunnites
Lituanien	2 851	1,08	• RSS de Lituanie	Lituanien	• Catholiques romains
Turkmènes	2 028	0,77	• RSS de Turkménistan • RSS de Tadjikistan • RSS d'Ouzbekistan	Turkmène	• Musulmans sunnites
Allemands	1 936	0,74	• RSSF de Russie • RSS de Kirghizie • RSS du Kazakhstan (Nord)	Allemand	• Orthodoxes
Kirghizes	1 906	0,72	• RSS de Kirghizie • RSS d'Ouzbekistan • RSS de Tadjikistan	Kirghiz	• Musulmans sunnites
Juifs (2)	1 811	0,690	• RSSF de Russie (partie européenne) • RSS d'Ukraine • RSS de Biélorussie • RSS de Lettonie • RA des Juifs (RSSF de Russie) 19	Yiddish	• Juifs
Tchouvaches	1 751	0,670	• RSSA de Tchouvachie (RSSF de Russie) 15	Tchouvache	• Orthodoxes

(1) Les Républiques socialistes soviétiques autonomes (RSSA), les Régions autonomes (RA), les Districts ou Arrondissements autonomes (AA) de la République fédérée de Russie (RSSF de Russie) sont suivis d'un nombre. Les régions et territoires géographiques de la RSSF de Russie sont suivis d'une lettre. Nombres et lettres permettent de se reporter à la carte des divisions administratives de l'URSS.

(2) Selon la constitution soviétique, les juifs sont considérés comme une nationalité et non comme une communauté religieuse.

musulmans, dépend politiquement de l'Azerbaïdjan mais est enclavée dans l'Arménie chrétienne.

La situation ethnologique des républiques d'Asie centrale est tout aussi complexe. L'Asie centrale, avec ses cinq Républiques fédérées (Ouzbekistan,

Kazakhstan, Kirghizie, Tadjikistan, Turkménistan), c'est toujours l'Union soviétique, mais ce n'est plus la Russie. Des steppes aux déserts, on rencontre d'autres traditions et des images sorties tout droit des *Mille et Une Nuits*. Là, les problèmes inte-

certaines autres peuples ne sont plus recensés. C'est le cas des Oroks, des Tofas, des Kereks, autochtones de Sibérie dont on dénombre entre une et quelques centaines de représentants.

L'URSS forme également une mosaïque de langues, de religions, de

visages et de folklores. Le nombre de langues varie de 130 à 180 selon qu'on inclut les langues parlées, écrites, officielles, non officielles et les dialectes. Cinq alphabets sont en usage. La plupart des religions de la planète sont pratiquées. Des grands

Baltes blonds aux petits bruns du Caucase, aux peuples de Sibérie que leur physionomie rattache à la race mongole, l'URSS est un kaléidoscope de visages humains. Le mode de vie, les coutumes, les fêtes, l'art de tous ces peuples reflètent ces diversités.

NATIONALITÉS	RECENSEMENT 1979 (*) (EN MILLIERS)	% DE LA POPULATION DE L'URSS	PRINCIPAUX TERRITOIRES	LANGUES	RELIGIONS
Lettons	1 439	0,549	• RSS de Lettonie	Lette	• Protestants • Catholiques romains
Bachkirs	1 371	0,525	• RSSA de Bachkirie (RSSF de Russie) 1	Bachkir	• Musulmans sunnites
Mordves	1 192	0,454	• RSSA de Mordovie (RSSF de Russie) 10 • URSS (dispersés)	Mordve	• Orthodoxes
Polonais	1 151	0,439	• RSS de Biélorussie • RSS de Lituanie • RSS d'Ukraine	Polonais	• Catholiques
Estoniens	1 020	0,389	• RSS d'Estonie	Estonien	• Protestants
Tchéchénes	756	0,288	• RSSA de Tchéchéno-Ingouchie (RSSF de Russie) 14	Tchéchéne	• Musulmans sunnites
Oudmourtes	714	0,273	• RSSA d'Oudmourtie (RSSF de Russie) 12	Oudmourte (Votyak)	• Orthodoxes
Maris	622	0,237	• RSSA des Maris (RSSF de Russie) 9	Mari	• Orthodoxes
Ossètes	542	0,206	• RA d'Ossétie du Sud (RSS de Géorgie) 3 • RSSA d'Ossétie du Nord (RSSF de Russie) 11	Ossète	• Orthodoxes • Musulmans sunnites
Coréens	389	0,148	• RSS de Géorgie • RSS d'Ouzbékistan	Coréen	• Bouddhistes • Chamanistes
Bulgares	361	0,137	• RSS d'Ukraine • RSS de Moldavie	Bulgare	• Musulmans sunnites
Bouriates	353	0,134	• RSSA de Bouriatie (RSSF de Russie) 2 • AA des Bouriates d'Aguinskoie (RSSF de Russie) 22 • AA des Bouriates d'Oust Ordinski (RSSF de Russie) 23	Bouriate	• Orthodoxes • Bouddhistes lamaïstes
Grecs	344	0,131	• RSS d'Ukraine	Grec	• Orthodoxes
Iakoutes	328	0,125	• RSSA de Iakoutie (RSSF de Russie) 5	Iakoute	• Orthodoxes • Chamanistes
Komis	327	0,124	• RSSA des Komis (RSSF de Russie) 8	Komi	• Chamanistes
Kabardins	322	0,123	• RSSA de Kabardino Balkarie (RSSF de Russie) 6	Kabarde	• Musulmans sunnites
Karakalpaks	303	0,115	• RSSA de Karakalpakie (RSS d'Ouzbékistan) 1	Karakalpak	• Musulmans sunnites
Ouïgours	211	0,080	• RSS de Turkménistan • RSS de Kazakhstan • RSS d'Ouzbékistan	Ouïgour	• Musulmans sunnites
Tziganes	209	0,079	• RSS d'Ukraine (hiver) • RSS de Moldavie (hiver) • RSS d'Ouzbékistan (été) • RSS du Kazakhstan (été)	Tzigane	• Catholiques • Protestants
Ingouches	186	0,070	• RSSA de Tchéchéno-Ingouchie (RSSF de Russie) 14	Ingouche	• Musulmans sunnites
Gagauzes	173	0,066	• RSS de Moldavie • RSS d'Ukraine	Gagauz	• Orthodoxes
Touvins	166	0,063	• RSSA de Touva (RSS de Russie) 16	Touva	• Bouddhistes lamaïstes • Chamanistes
Permiaks	151	0,057	• AA des Komis-Permiaks (RSSF de Russie) 27	Permiak	• Chamanistes

rethniques ne cessent de ressurgir. Ils sont liés à la présence importante de citoyens de nationalités non autochtones dans plusieurs de ces républiques. En Ouzbékistan, c'est plus de cent nationalités qui expriment plus ou moins leur particularisme !



Une jeune Lituanienne qui, était, hier encore, soviétique. A l'occasion de nombreuses manifestations, les Lituanien portent leur costume traditionnel. Une manière d'affirmer leurs particularismes.

L'URSS : plus de cent peuples sur deux continent.

NATIONALITÉS	RECENSEMENT 1979 ⁽¹⁾ (EN MILLIERS)	% DE LA POPULATION DE L'URSS	PRINCIPAUX TERRITOIRES	LANGUES	RELIGIONS
Adjars	150	0,057	• RSSA d'Adjarie (RSS de Géorgie) 2	Adjar	• Musulmans sunnites
Kalmouks	147	0,056	• RSSA de Kalmoukie (RSSF de Russie) 7	Kalmouk	• Bouddhistes lamaïstes
Caréliens	138	0,052	• RSSA de Carélie (RSSF de Russie) 3	Carélien	• Orthodoxes
Karatchaïs	131	0,050	• RSSA des Karatchaïs - Tcherkesses (RSSF de Russie) 20	Karatchaï	• Musulmans sunnites
Roumains	129	0,049	• RSS d'Ukraine	Roumain	• Orthodoxes • Catholiques
Kurdes	116	0,044	• RSS d'Arménie • RSS de Géorgie	Kurde	• Musulmans sunnites
Adyghés	109	0,041	• RA des Adyghes (RSSF de Russie) 17	Adyghé	• Musulmans sunnites
Turcs	93	0,035	• RSS de Turkménistan	Turc	• Musulmans sunnites
Abkhazes	91	0,034	• RSSA d'Abkhazie (RSS de Géorgie) 1	Abkhaze	• Musulmans sunnites • Orthodoxes
Finnois	77	0,029	• RSSA de Carélie (RSSF de Russie) 3	Finnois	• Orthodoxes • Protestants
Khakasses	71	0,027	• RSSA des Khakasses (RSSF de Russie) 21	Khakasse	• Chamanistes
Balkars	66	0,025	• RSSA de Kabardino Balkarie (RSSF de Russie) 6	Balkar	• Musulmans sunnites
Altaïens	60	0,023	• RA du Gorno Altaïsk (RSSF de Russie) 18 • Territoire de l'Altai (RSSF de Russie) e ⁽¹⁾	Turc	• Chamanistes
Doungans	52	0,020	• RSS de Kirghizie • RSS du Kazakhstan	Doungan (Chinois)	• Musulmans sunnites
Tcherkesses	46	0,017	• RSSA des Karatchaïs - Tcherkesses (RSSF de Russie) 20	Tcherkesse	• Musulmans sunnites
Perses	31	0,012	• RSS d'Azerbaïdjan	Persan	• Musulmans sunnites
Lapons	30	0,011	• Presqu'île de Kola (RSSF de Russie) p	Lapon	• Chamanistes
Abazas	29	0,011	• RSSA des Karatchaïs - Tcherkesses (RSSF de Russie) 20	Abaza	• Musulmans sunnites
Assyriens	25	0,0095	• RSS d'Arménie • RSS de Géorgie	Néosyriaque	• Musulmans sunnites
Tates	22	0,0083	• RSS d'Azerbaïdjan • RSSA du Daguestan (RSS de Russie) 4	Tate	• Musulmans chiïtes • Eglise Arménienne • Juifs
Béloudjis	19	0,0072	• RSS de Turkménistan • RSS d'Azerbaïdjan	Beloudji	• Musulmans sunnites
Tchèques	17,80	0,0068	• URSS (dispersés)	Tchèque	• Catholiques
Chors	16,00	0,0061	• Région d'Omsk (RSSF de Russie) b	Chors	• Chamanistes
Slovaques	9,40	0,0036	• RSS d'Ukraine • RSS de Biélorussie	Slovaque	• Catholiques
Vepses	8,10	0,0031	• RSSA de Carélie (RSSF de Russie) 3 • Région de Léninegrad (RSSF de Russie)	Vepse	• Orthodoxes
Oudines	6,90	0,0026	• RSS d'Azerbaïdjan • RSS de Géorgie	Oudine	• Musulmans chiïtes
Karaïmes	3,30	0,0012	• RSS d'Ukraine • RSS de Lituanie	Karaïme	• Catholiques • Orthodoxes
Mongols Khalkha	3,20	0,0012	• RSSA de Bouratie (RSSF de Russie) 2 • Région de Tchita (RSSF de Russie) o	Mongol	• Bouddhistes
Ijors	0,80	0,0003	• RSS de Géorgie • Région de Léninegrad (RSSF de Russie)	Ijor	• Orthodoxes • Protestants
Tofalars	0,80	0,0003	• Région d'Irkoutsk (RSSF de Russie) n	Tofalar	• Chamanistes

Il arrive que la population autochtone ne soit même pas majoritaire sur son propre territoire. En 1979, on recensait 6,5 millions de Kazakhs. Les Kazakhs ne représentaient alors que 36 % de la population totale de leur République : le Kazakhstan, qui

comptait 41 % de Russes. Au dernier recensement, il est vrai, les Russes ne représentaient plus que 37,5 % de la population (*voir encadré p. 80*).

Numériquement, ce sont les Russes qui constituent le premier peuple de l'URSS : environ la moi-

	NATIONALITÉS	RECENSEMENT 1979 (*) (EN MILLIERS)	% DE LA POPULATION DE L'URSS	PRINCIPAUX TERRITOIRES	LANGUES	RELIGIONS
PEUPLES DU DAGUESTAN	Avars	400	0,150	• RSSA du Daguestan (RSSF de Russie) 4 (nord)	Avar	• Musulmans sunnites
	Lesguiens	383	0,140	• RSSA du Daguestan (RSSF de Russie) 4 (partie méridionale) • RSS d'Azerbaïdjan (nord)	Lesguien	• Musulmans sunnites
	Darguiens	287	0,110	• RSSA du Daguestan (RSSF de Russie) 4 (centre)	Darguien	• Musulmans sunnites
	Koumyks	228	0,087	• RSSA du Daguestan (RSSF de Russie) 4	Koumyk	• Musulmans sunnites
	Laks	86	0,032	• RSSA du Daguestan (RSSF de Russie) 4 (centre)	Lak	• Musulmans sunnites
	Nogaïs	59	0,022	• RSSA du Daguestan (RSSF de Russie) 4 • RSS d'Azerbaïdjan	Nogaï	• Musulmans sunnites
	Tabassaranes	56	0,021	• RSSA du Daguestan (RSSF de Russie) 4	Tabassarane	• Musulmans sunnites
	Tsakhoures	14	0,0053	• RSSA du Daguestan (RSSF de Russie) 4	Tsakhoure	• Musulmans sunnites
	Rutules	12	0,0045	• RSSA du Daguestan (RSSF de Russie) 4	Rutule	• Musulmans sunnites
	Agoules	12	0,0045	• RSSA du Daguestan (RSSF de Russie) 4	Agoule	• Musulmans sunnites
PETITS PEUPLES DU NORD (RSSF de Russie, Sibérie)	Nénets	30	0,011	• AA des Nénets 25 • AA des lamalo-Nénets 31	Nénet	• Chamanistes
	Evenks	28	0,010	• AA des Evenks 30 • RSSA de lakoutie (Nord, bord de la Léna) 5 • Territoire de Khabarovsk (côte k) • Région de l'Amour h	Evenk	• Chamanistes
	Khantys	21	0,0080	• AA des Khantys-Mansis 28 • Région du Tioumen • AA des lamalo-Nénets 31	Khanty	• Chamanistes
	Tchouktches	14	0,0053	• AA des Tchouktches 29 • Région de Magadan (Léna au détroit de Béring) j	Tchouktche	• Chamanistes
	Evènes	12	0,0045	• Région de Magadan j • RSSA de lakoutie (Nord) 5	Lamoute	• Chamanistes
	Nanaïs	11	0,0042	• Territoire de Khabarovsk (Sud, bord de l'Amour) k	Golde	• Chamanistes
	Koriaks	8	0,0030	• AA des Koriaks 24 • Région du Kamtchatka i	Koriak	• Chamanistes
	Mansis	7,6	0,0029	• AA des Khantys-Mansis 28 • Région de Tioumen a	Mansi	• Chamanistes
	Dolgans	5,1	0,0019	• Territoire de Krasnoïarsk (Nord, bord de l'énisseï) g • AA de Taïmir (bord de l'énisseï) 26	Dolgan	• Chamanistes
	Nivkhes	4,4	0,0017	• Région de Sakhaline l	Nivkhe	• Chamanistes
	Selcoupes	3,6	0,0013	• AA des lamalo-Nénets 31 • Territoire de Krasnoïarsk (Nord, bord de l'énisseï) g	Selcoupe	• Chamanistes
	Oultches	2,6	0,00099	• Territoire de Khabarovsk (Sud, côte, bord de l'Amour) k	Oultche	• Chamanistes
	Saams	1,9	0,00072	• Presqu'île de Kola p	Saam	• Chamanistes
	Oudegueï	1,6	0,00061	• Territoire de Khabarovsk (Sud, côte, bord de l'Amour) k	Oudegueï	• Chamanistes
	Esquimaux d'Asie	1,5	0,00057	• AA des Tchouktches (Presqu'île) 29	Yupigut	• Chamanistes
	Itelmènes	1,4	0,00053	• Région du Kamtchatka (Ouest, côte) i	Itelmène	• Chamanistes
	Orotches	1,2	0,00045	• Territoire de Khabarovsk (Sud, côte, bord de l'Amour) k	Orotche	• Chamanistes
	Kètes	1,1	0,00042	• Territoire de Krasnoïarsk (Nord) g	Ostyak	• Chamanistes
	Ngagnassans	0,9	0,00034	• AA de Taïmyr (Presqu'île) 26	Ngagnassan	• Chamanistes
	Ioukagirs	0,8	0,00020	• RSSA de lakoutie (Côte ouest, bord du Kolima) 5	Odoul	• Chamanistes
	Néguidals	0,5	0,00019	• Territoire de Khabarovsk (Vallées de l'Amour) k	Néguidal	• Chamanistes
	Aléoutes	0,5	0,00019	• Îles du Commandeur q	Aléoute	• Chamanistes

tié. Ce peuple s'est érigé en ethnie dominante et s'est établi dans toute l'Union. On le trouve, bien sûr, en Russie mais aussi le long des voies de communication et des grands fleuves. Dans toutes les Républiques fédérées existe une communauté



Autochtone de Sibérie, le peuple yakoute perdure... avec l'aide de l'Etat. Il est vrai que les richesses du sous-sol de cette région sont considérables.

russe plus ou moins importante. Les Russes exercent le pouvoir central. L'ayant eux-mêmes défini et organisé, ils ont décidé de l'avenir de nombreux peuples. Ils leur ont inculqué une "conscience soviétique" qui a constitué jusqu'à présent le seul ciment de l'Union. De nombreuses petites ethnies ont un authentique esprit patriotique soviétique.

LES RUSSÉS, FERMENT DU REVEIL DES NATIONALITÉS

Le dernier recensement de la population de l'Union soviétique a été effectué en 1989. Seul le chiffre de la population totale — celle des Républiques fédérées et le nombre de Russes parmi ces républiques — a été communiqué. Les chiffres concernant chaque nationalité devraient être publiés dans les prochains mois. Même s'ils sont dépassés, les chiffres de 1979 permettent d'appréhender la diversité des peuples soviétiques.

La croissance démographique est aujourd'hui très ralentie (moins de 1 % par an depuis les années 1970) pour l'ensemble de la population soviétique. La mortalité infantile (avant un an) est extrêmement élevée. Longtemps, le chiffre est resté secret. Elle est de 25,4 ‰ en URSS, contre 15 ‰ en Bulgarie, et 8 ‰ en France. Cas unique au monde, l'espérance de vie s'est réduite en URSS : deux ans de moins pour les hommes.

L'évolution démographique des dix dernières années a été inégale selon

les territoires. L'accroissement de la population autochtone des Républiques fédérées du Caucase et de l'Asie centrale a été plus fort que celui des autres régions de l'URSS. Aussi la population de Russes diminue-t-elle dans ces républiques. Au contraire, le pourcentage de Russes augmente dans les pays baltes (Lituanie, Lettonie, Estonie), où les autochtones connaissent la fécondité la plus faible d'URSS. Cependant, les Russes sont bien moins nombreux en Lituanie qu'en Lettonie et en Estonie, où ils constituent le tiers de la population. Cela explique pourquoi la Lituanie a mieux réussi à imposer l'idée de son indépendance au pouvoir soviétique. Le vote historique du Parlement pour l'indépendance le 11 mars derniers en sont la preuve. En République de Russie, l'essor démographique est globalement faible. Il diffère selon les régions et selon les villes ou les campagnes. Les autochtones connaissent une natalité supérieure à celle des peuples européens.

Beaucoup de voix réclament que l'on retire de leur passeport la mention n°5 indiquant, à côté de la citoyenneté "soviétique", la nationalité : russe, ouzbek, kirghize, iakoute, koriak, nenet... et juif.

Beaucoup d'ethnies ont été avalées par le mécanisme d'assimilation, quelquefois assorti de persécution et de destruction, mais il subsiste de nombreux peuples très anciens qui perpétuent leur culture, souvent avec l'aide de l'Etat.

Les grands peuples des Républiques fédérées (Arméniens, Géorgiens, Lettons, Ukrainiens, etc.), s'appuyant sur une culture nationale, voient les choses d'un autre oeil. La déclaration d'indépendance de la Lituanie amorce sans nul doute la désagrégation de l'"empire" soviétique que Mikhaïl Gorbatchev et ses successeurs auront à gérer. Ne parle-t-on pas déjà de l'indépendance de la Géorgie, de l'Estonie, de la Lettonie. Cet irrépressible besoin de conserver une identité culturelle, avant même d'exercer un choix politique a créé des nations de plus en plus distinctes et donc forcément rebelles à un pouvoir normalisateur. D'où la renaissance des problèmes interethniques, d'où les remous politiques et les difficultés de Moscou. Car, gérer une multitude d'ethnies que tout sépare, c'est beaucoup plus difficile que de les anéantir ou de les assimiler totalement, comme cela a été pratiqué par les envahisseurs européens sur les autochtones du continent américain.

A travers le monde, il existe beaucoup d'ethnies minoritaires vivant au sein d'un Etat qu'elles contestent, sous la domination d'une nationalité qui n'est pas la leur. C'est le cas des autochtones d'un grand nombre de colonies. En France, n'avons-nous pas nos problèmes ethniques, avec des Basques, des Bretons et des Corses qui revendiquent l'autonomie ou l'indépendance ?

Complexes et toujours douloureux, les problèmes interethniques sont beaucoup plus le produit de l'histoire humaine, des rapports dominants-dominés que celui d'un régime politique particulier.

Muriel Martineau

RÉPUBLIQUES SOCIALISTES SOVIÉTIQUES FÉDÉRÉES DE L'URSS	POPULATION EN MILLIONS		POURCENTAGE DE RUSSÉS		RATTACHEMENT À LA RUSSIE
	1979	1989	1979	1989	
Russie	146,5	147,3	83,5	81,3	
Ukraine	51,2	51,7	21,1	21,8	à partir de 1667
Ouzbékistan	19,0	19,9	10,8	8,0	1868
Kazakhstan	16,2	16,5	40,8	37,5	1873 (vassal dès 1730)
Biélorussie	10,0	10,2	11,9	12,7	1772
Azerbaïdjan	6,8	7,2	7,9	5,4	1828
Géorgie	5,2	5,4	7,4	6,2	1801
Tadjikistan	4,8	5,1	11,9	7,5	1870
Moldavie	4,1	4,3	12,8	13,0	1924 (RSS en 1944)
Kirghizie	4,1	4,2	25,9	21,8	1870
Lituanie	3,6	3,6	8,9	9,5	1795 (indépendante de 1918 à 1940)
Turkménistan	3,3	3,5	12,6	9,5	1869
Arménie	3,4	3,2	2,3	1,5	1828
Lettonie	2,6	2,6	32,8	34,8	1721 (indépendante de 1918 à 1940)
Estonie	1,5	1,5	27,9	31,6	1721 (indépendante de 1918 à 1940)

ECHOS DE LA RECHERCHE

ASTRONOMIE

Kepler le tricheur !

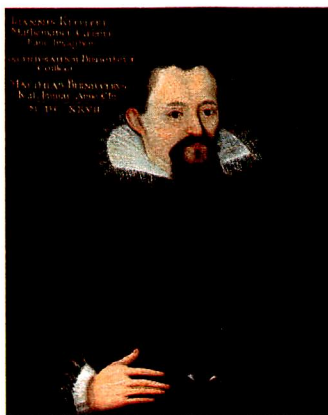
Il en est peut-être certains qui s'en réjouiront ; après Gregor Mendel, qui établit les modes de transmission des caractères génétiques héréditaires (et qui manipula quelque peu ses données pour prouver son point, mais fut quand même un grand savant), un autre tricheur vient d'être découvert.

Et ce n'est nul autre que l'illustre Johannes Kepler. Celui-ci voulait, en 1609, démontrer à tout prix sa théorie sur la manière dont les planètes tournent autour du Soleil. Pour lui, et il avait raison, les orbites de ces corps célestes sont elliptiques, et non circulaires, comme l'avait supposé Copernic. Il produisit donc des calculs destinés à prouver aux sceptiques qu'il ne se trompait pas.

Il y a quelques semaines, traduisant l'*Astronomia nova* du même Kepler, l'astronome américain William H. Donohue découvrit la supercherie. Kepler avait soumis des calculs de l'orbite de Mars, fondés sur la méthode des triangulations selon laquelle, si l'on connaît la valeur des deux angles et la longueur d'un des côtés d'un triangle, on peut en déduire les longueurs des deux autres côtés. Une succession de triangulations relevées dans le temps confirmait, selon Kepler, que l'orbite de Mars était elliptique.

Elle l'est bien, mais les données que Kepler avait trouvées sont fausses : elles collent avec sa théorie, mais pas avec la réalité ! A moins que Mars ait changé d'orbite, ce qui est douteux. Donohue a publié sa découverte dans le *Journal of the History of Astronomy*.

Ce qui n'enlève rien au génie de Kepler, qui fut le premier à relever qu'une ligne droite qui unit le Soleil à une planète couvre des aires égales dans des intervalles de temps



égaux, ce qui ne serait possible que dans le cas où la planète se mouvrait le plus vite quand elle est le plus proche du Soleil. C'est à l'obligance d'un autre astronome, le non moins illustre Tycho Brahé, que Kepler dut de pouvoir (très théoriquement, donc) vérifier cette observation cruciale. Tycho Brahé invita, en effet, Kepler à faire des relevés dans son observatoire personnel, près de Prague, à l'aide du télescope que venait d'inventer Galilée. A ce moment-là, Kepler avait déjà écrit 51 des 70 chapitres de son livre. Il dut tout réviser. Brahé eut l'obligance supplémentaire de mourir un an plus tard, laissant à Kepler la place de mathématicien impérial.

Fils d'un soudard et d'une femme querelleuse, qui fut jugée

pour sorcellerie (ce fut lui qui lui sauva la vie en mettant son prestige dans la balance, devant les tribunaux de l'Inquisition), le petit Kepler était né avant terme et mal doté par la vie. Mais, observateur scrupuleux, ce fut lui qui établit les données sur lesquelles Newton se fonda pour postuler ses lois, lui qui établit que la Terre n'était qu'une planète, lui qui réinventa le télescope, comme ce fut lui qui jeta les bases des connaissances actuelles sur la réfraction de la lumière. Qu'il ait un peu "poussé" ses données ne peut que faire sourire. G.M.

DIETETIQUE

L'huile d'olive entre Hippocrate et Galien

On a beaucoup fait, ces dernières années, l'éloge de l'huile d'olive du point de vue de la cholestérolémie. Une étude du JAMA confirme qu'elle est, en effet, anticholestérolémique, qu'elle abaisse non seulement la pression artérielle (systolique), mais encore les taux de glucose dans le sang. L'étude a porté sur 4 903 Italiens, hommes et femmes, âgés de vingt à cinquante-neuf ans. La même étude a confirmé l'existence d'un rapport entre la consommation de graisses saturées (beurre et margarine), et l'élévation de la pression artérielle et des taux de glucose.

Une étude publiée presque en même temps dans le *New England Journal of Medicine* trouve, au terme de deux expériences diététiques de dix semaines chacune sur 36 personnes, que l'huile d'olive n'a aucun effet sur les taux de cholestérol.

Vieille affaire : Hippocrate dit oui, mais Galien dit non.

L'inculture mettrait les Etats-Unis en péril

« Aujourd'hui, nous avons beaucoup de types d'aliments. Nous avons la viande, les légumes, les fruits et les amuse-gueule. Au temps des pionniers, ils étaient limités dans ce qu'ils pouvaient manger. Ils ne pouvaient pas aller au magasin acheter des croquettes, du popcorn ou des frites. Au cours des siècles, les méthodes du "business", le savoir-faire et les outils se sont développés. Aujourd'hui, nous avons tellement de choses "artificielles" dans notre nourriture. Alors, à l'aide de tout cela, nous avons été capables de nous développer. »

Ce texte, étonnant d'indigence, non seulement dans sa formulation, mais encore dans ses liaisons logiques et sa méconnaissance de l'alimentation, est le prototype de ce qu'écrivent trois sur quatre jeunes Américains abordant leurs études supérieures en 1988 ; il a été rédigé lors d'un test du National Assessment of Educational Progress, organisme fédéral chargé de contrôler l'état de l'enseignement aux Etats-Unis ; le thème du test était une description brève de l'alimentation au temps des pionniers, assortie d'une comparaison avec le régime alimentaire américain actuel.

On appréciera que les jeunes Américains attribuent l'expansion de leur pays à la consommation de croquettes et de popcorn. Toujours est-il que les autorités fédérales s'en sont déclarées atterrées. Dans *The Washington Post*, le spécialiste des questions d'éducation David S. Broder a écrit : « Si cette situation n'est pas corrigée au cours de la décennie à venir, l'Amérique est condamnée au déclin. Elle ne peut tout simplement pas survivre, à l'ère de l'information, comme puissance économique de premier rang avec une capacité minimale d'acquiescer et de communiquer des faits, des informations, des concepts ou des idées. » Broder relève que les Etats-Unis se situent au 14^e rang parmi les 16 pays les plus industrialisés du monde, du point de vue des budgets d'Etat alloués à l'éducation primaire.

Ces faits ne doivent nullement

inciter d'autres pays moins désavantagés à se décerner des *satisfait*, mais au contraire à témoigner

de la même vigilance qu'un Broder, par exemple, à l'égard des niveaux et des budgets d'éducation. **G.M.**

BIOLOGIE

La première protéine a bien pu naître du hasard

C'est dans les années 1950 que Stanley Miller essaya de recréer une "marmite de soupe primitive", c'est-à-dire de l'azote, du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène, et de démontrer qu'un éclair pouvait y créer un acide aminé. L'expérience tendait à démontrer que la vie avait bien pu naître du hasard, il y a quelque quatre milliards d'années. L'expérience avait réussi, créant, en effet, des acides aminés. Il ne restait plus qu'à supposer que des acides aminés s'étaient ensuite combinés pour former une protéine.

On se livra alors à des estimations des possibilités statistiques d'une telle formation. Elles parurent bien faibles ; pour une protéine moyenne, c'est-à-dire une chaîne d'une centaine d'acides aminés, les chances d'une sur dix suivi de 130 zéros. Les créationnistes, qui assurent que c'est Dieu qui a créé la vie, ce qui est du domaine de la théologie et non de la science, avancèrent, pour rejeter l'hypothèse, l'image fameuse de l'ouragan qui traverserait un hangar d'aviation et formerait un Boeing 747.

C'était oublier qu'une protéine est loin d'être aussi élaborée qu'un Boeing 747. Dans les *Proceedings of the National Academy of Sciences* (vol. 87, n° 2 pp. 638 - 642), deux biophysiciens américains, Ken Dill et Kit Fun Lau, estiment eux que ces chances sont de 1 sur de 10 à 100 millions, c'est-à-dire de 10 suivi par sept ou huit zéros, ce qui est considérablement moins que les premières estimations. « En un milliard d'années, ce n'est pas du tout impossible, » estiment-ils, et leurs calculs sont confirmés par d'autres équipes, dont

une du Massachusetts Institute of Technology. Celle-ci a trouvé que, quelles que soient les manipulations qu'on impose à une protéine, elle garde toujours sa forme hélicoïdale et que, lorsqu'on met bout à bout des acides aminés, leur agencement forme spontanément la fameuse double hélice décrite par Crick et Watson.

Reste à savoir quel est le nombre minimal d'acides aminés nécessaires pour bâtir une protéine vivante. Ce serait déjà une piste pour la reconstitution de l'histoire de la vie. **G.M.**

L'appareil à trouver le numéro d'appel d'un correspondant téléphonique pose des problèmes moraux aux Anglais. Permettant à n'importe qui, sur simple pression d'un bouton, de trouver le numéro de poste d'un appel anonyme, il contreviendrait à l'éthique de la protection de la vie privée. Mis en service par les services téléphoniques américains, il a pourtant eu l'avantage de réduire de moitié les appels téléphoniques obscènes adressés à des femmes. On estime que, chaque année, les Anglaises reçoivent 10 millions d'appels anonymes obscènes, considérés par de nombreux psychiatres comme un traumatisme. On ne connaît pas les chiffres pour la France.

Assises nationales de l'archéologie française prévues pour juin, pour une remise en ordre des structures de l'archéologie dans ce pays. On n'a guère parlé de l'agitation considérable (grèves, expulsion des manifestants par la force armée, etc.) dans ce secteur de la science, en réaction contre une centralisation organisée par le ministère de la Culture et jugée excessive par les archéologues.

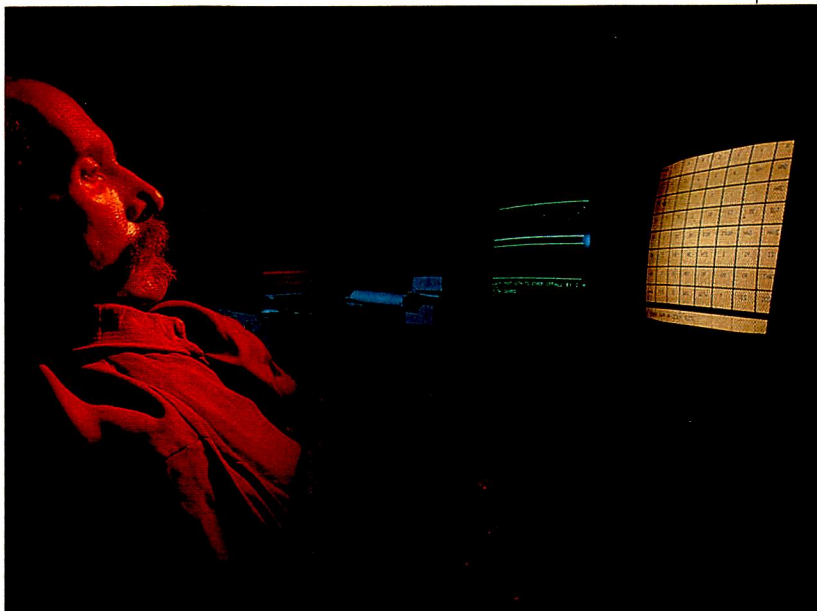
Le paralysé qui compte faire le tour du monde en avion

Le Dr Lance Meagher, un Américain, est complètement paralysé ; il ne peut mouvoir ni sa tête, ni ses jambes, ni ses bras et ne peut parler, respirer ni manger sans assistance technique. Il est atteint d'une maladie dégénérative grave, la sclérose latérale amyotrophique. Il est âgé de quarante ans. Il projette de faire cependant le tour du monde en avion, car c'est un ancien pilote.

Le projet n'est pas vraiment fou, car grâce au système électronique mis au point par le Dr Erich Sutter, physicien au Smith-Kettlewell Institute of Visual Sciences à San Francisco, il peut déjà allumer et éteindre les lumières, la télévision, la radio et activer les moteurs qui commandent l'ouverture et la fermeture des fenêtres.

Sutter a implanté quatre petites électrodes dans le crâne de Meagher, au-dessus du cortex visuel, la région du cerveau qui traite les sensations visuelles pour les changer en perceptions. Ces électrodes captent les ondes électriques émises par le cortex, qui sont de plus grande amplitude que les ondes engendrées par les autres régions du cerveau. Les électrodes sont connectées à un petit amplificateur et à un émetteur. Elles sont relayées vers des antennes attachées au fauteuil de Meagher. Les antennes relaient ensuite les ondes émises vers un processeur attaché à un ordinateur. Et l'ordinateur transmet les commandes.

Ces commandes sont évidemment spécifiques. Elles sont effectuées de la manière suivante : l'ordinateur comporte un écran. Cet écran comporte une grille visible. Celle-ci est divisée en 64 carrés qui correspondent chacun à une commande déterminée. De plus, chacun de ces carrés émet des signaux spécifiques, qui ont la propriété d'engendrer des ondes cérébrales également spécifiques. C'est-à-dire que, lorsque Meagher regarde l'un de ces carrés, par exemple celui qui commande la fermeture des fenêtres, son cerveau émet des ondes d'un tracé particulier, qui ne correspondent pas à celui qu'engendre le carré qui commande



l'extinction des lumières. Cette onde est captée par l'ordinateur qui, grâce au processeur, l'identifie et actionne la commande correspondante.

L'ordinateur peut traiter les signaux de 32 ensembles de 64 carrés chacun, ce qui représente un

total de 2 048 commandes. C'est assez pour mettre en route un synthétiseur de voix, et peut-être les commandes d'un avion. Meagher a acheté son avion, un Stinson de 1947. Sutter n'est pas opposé à l'idée d'un tour du monde de son "patient" en solitaire. **D.E.W.**

MEDECINE

Café (suite IV) : caféine et conception

C'est au début des années 1980 qu'on soupçonna le café d'être responsable de stérilité féminine, ou de retard à la conception. Au bout de neuf ans d'enquête, et après avoir étudié les délais de conception chez 2 817 femmes et leurs rapports éventuels avec la consommation de caféine, non seulement celle du café, mais également celle d'autres boissons, cinq chercheurs viennent de conclure, dans *The Lancet* (20 janvier 1990) que la caféine n'a pas d'effet sur les délais de conception. De plus, une étude portant sur 1 818 femmes stériles a également conclu que le café n'a rien à voir avec cette stérilité.

A notre avis, outre ses effets bien connus, le café déclenche chez certains sujets prédisposés, exclusivement dans le groupe des chercheurs scientifiques, des accès de recherche aiguë, presque toujours associée à des manifestations statisticomaniques... **G.M.**

Les fibres alimentaires telles que celles qu'on trouve dans les céréales n'ont pas d'effet direct sur les taux de cholestérol sanguin, comme on l'avait autrefois imaginé. Si leur consommation abaisse bien ces taux, c'est tout simplement parce qu'elles remplacent les aliments riches en matières grasses. Autrement dit, si on mange beaucoup de pain, on a tendance à moins manger de viande.

— **LANGAGE** —

— **MEDECINE** —

"Que c'est biau !" (Nicole, dans "le Bourgeois Gentilhomme")

Un colloque sur le patrimoine génétique et les droits de l'humanité a eu lieu le 25 octobre dernier, organisé par Jussieu-Paris-VII, l'université européenne de la recherche et la Commission des communautés européennes. C'est une excellente idée.

Si nous avons bien compris le texte de l'invitation, le colloque visait aussi à faciliter les échanges entre les chercheurs de discipline et de langage différents. Peut-être était-ce une idée moins louable que celle de rédiger l'invitation à la conférence de presse en pure langue de bois, dont nous offrons ici quelques spécimens... « Aujourd'hui, le développement social des biotechnologies interpelle le droit à propos de l'insertion artificielle... Il est souhaitable de clarifier la thématique actuelle en proposant le questionnement suivant... Emanant des institutions de recherche, des universités, des réseaux de chercheurs indépendants, des centres de décisions technologiques et industriels ou des organismes internationaux, des généticiens, biologistes, médecins, psychanalystes, philosophes et juristes, en France et en Europe, travaillent sur ces thèmes, mais avec des approches nécessairement très différentes... Centrée sur une méthodologie originale — l'interactivité des recherches actuelles dans les domaines des sciences de la vie et des sciences humaines — ce colloque permettra à tous les pôles d'excellence d'enrichir leur propre réflexion en brisant les incommunicabilités régnantes entre les différentes disciplines... » N'eût-il pas été préférable de s'exprimer plus simplement et de dire, par exemple, que le droit est en retard sur la biologie, que les chercheurs que ces questions intéressent n'ont pas l'occasion d'en débattre et qu'il serait donc bon de les réunir pour qu'ils échangent leurs idées ? Cela eût évité des amphigouris tels que les généticiens qui "émanent" des institutions de recherche, des énumérations oiseuses (pourquoi a-t-on omis de citer les sociologues, les psychia-

tres, les psychologues, les cytologistes, les épidémiologistes, les virologues, les écologistes ?...), cela nous eût préservés de bizarreries telles que les "réseaux de chercheurs indépendants" et les généticiens qui travaillent sur des "thèmes" (pourquoi pas des versions tant qu'on y était ?). Cela enfin eût épargné au lecteur une phraséologie tellement confuse que l'auteur de l'invitation lui-même ne s'y est plus retrouvé et que le colloque s'est vu changer de genre, puisqu'il est "centrée".

Placé sous le haut patronage du président de la République, ce colloque réunissait des gens qui parlent plus clairement que ça, comme Jean Bernard, Jean Dausset et Hubert Curien. Ce n'est certes pas en usant d'un tel sabir qu'on remédiera à "l'incommunicabilité". **G.M.**

Einstein avait réinventé le réfrigérateur, avec la collaboration de l'illustre physicien Leo Szilard, en 1928 ! Ce qui les motiva fut un accident tragique, dans lequel une famille de Berlin fut tuée par les émanations d'ammoniac, alors le fluide réfrigérant communément utilisé. Einstein et Szilard déposèrent donc un brevet dans lequel ce réfrigérant était remplacé par un liquide dans lequel des particules métalliques se trouvaient en suspension ; les particules circulaient du fait de leurs poids. C'était, en fait, l'une des premières pompes magnétiques. L'Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, ou AEG, impressionnée par le prestige d'Einstein, en construisit un prototype ; il était terriblement bruyant. En 1931, les deux inventeurs avaient déposé au total 29 brevets, destinés à améliorer le premier. Mais le "Frigo Einstein" ne vit jamais le jour. Pour mémoire, le premier de ces appareils fut inventé simultanément en 1850 en deux points du globe, par James Harrison, en Australie, et par Catlin Twining, dans l'Ohio.

La peste tue toujours : 153 personnes en sont mortes dans le monde en 1989, sur 1 363 cas déclarés. Les deux pays les plus touchés : la Tanzanie et le Zaïre.

Paludisme : constat d'échec

« Nous avons vécu trop longtemps d'illusions ! » s'écrit le Pr L. Eyckmans dans un éditorial de notre confrère *la Presse médicale* (6-13 janvier 1990), en dressant un tableau général des moyens de lutte contre le paludisme. Ce praticien, de l'école de médecine tropicale Prince-Léopold, d'Anvers, met en lumière tous les éléments du constat d'échec des médecins face à cette maladie : apparition de souches de *Plasmodium falciparum* résistantes à la chloroquine, extension de cette chimiorésistance à d'autres antipaludéens, effets secondaires des antipaludéens préventifs...

Quant au vaccin, qui a suscité beaucoup d'espoirs (nous nous en sommes fait l'écho), le Pr Marc Gentilini, autre spécialiste, n'y croit guère, comme il l'a déclaré à un autre confrère, *Impact médecine* (12 janvier 1990). Professeur à la faculté de médecine Paris-VI, directeur de l'unité 313 de l'INSERM, chef du département de parasitologie de la Salpêtrière, c'est quelqu'un qui connaît bien son sujet : il faudrait, selon lui, un remède pour chaque stade d'évolution du parasite pour réaliser un vaccin véritable. Or, il est douteux qu'on y parvienne de sitôt.

La parole revient donc, selon le Pr Eyckmans, aux entomologistes, qui devraient imaginer de nouveaux moyens de lutte contre les moustiques. **G.M.**

Venin de serpent contre les thromboses : deux protéines isolées par des chercheurs australiens dans le venin du serpent mulga, puis purifiées, peuvent être utilisées contre les thromboses et remplacer les produits sanguins. Le venin en question coûte cher : 5 000 F le gramme.

625 millions de gens dans le monde sont exposés à une pollution atmosphérique dangereuse, selon un récent rapport des Nations unies sur l'environnement. Parmi les villes les plus dangereuses, Mexico et Sao Paulo.

Une île pour les oiseaux

En face de la côte allemande, en mer du Nord, entre l'embouchure de l'Elbe et celle de la Weser, se trouve l'île de Scharnhorn. Sableuse, elle offre un lieu de nidification remarquable pour les oiseaux, dont certains appartiennent à des espèces rares. Or, cette île est relativement récente, puisqu'elle est née en 1920 seulement, à la suite de mouvements sédimentaires dus eux-mêmes au creusement de nouveaux chenaux pour la navigation. En 1935, Scharnhorn comptait environ 6 ha ; en 1973, 18. Dans le même temps, cette île se déplaçait vers l'est et perdait de sa surface ; elle ne compte plus que 12 ha et sa dérive continue. Craignant que les courants de l'Elbe n'en entraînent la disparition, on a donc essayé de l'enrayer et on y a renoncé. Puis la décision a été prise de créer une autre île, à près de 1 500 m au sud-ouest, dans une région moins menacée.

Les travaux, entamés en juin 1989, ont été achevés en août. Ils ont exigé le transport de 70 000 m³ de terre, fixés par des structures artificielles et de la végétation. Les cartes rectifiées signalent désormais l'île de Nigehorn. On attend que les oiseaux s'y installent... J.M.

Boycottage international de la VI^e Conférence internationale sur le sida, qui devrait se tenir à San Francisco, du 20 au 24 juin. L'Organisation mondiale de la santé, la Croix-Rouge, la National Commission on AIDS anglaise, le Conseil national du sida français refusent de s'y rendre. En effet, l'Immigration and Nationality Act de 1952 refuse l'accès au territoire américain des étrangers atteints d'une maladie contagieuse dangereuse, sida compris. Selon cette loi, on pourrait imposer aux participants à la conférence un test du sida.

En 1889, huit millions de Français étaient atteints de syphilis, a-t-on appris l'an passé au congrès de la Société française de dermatologie et de syphiligraphie, qui célébrait son centenaire.

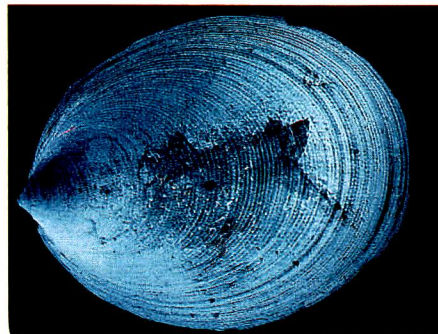
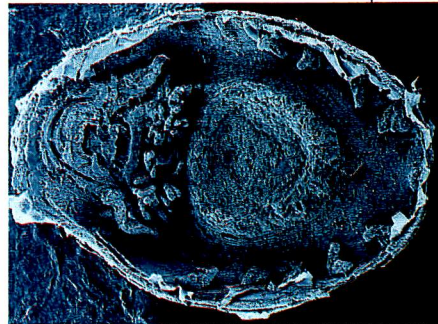
Un autre fossile vivant, la *Neopilina*

Au premier coup d'œil, ce n'est pas grand-chose que le coquillage que nous reproduisons ci-contre. Mais c'est une *Neopilina*, qui a déjà fait couler beaucoup d'encre. Fossile du Primaire, elle est apparue avant les dinosaures, il y a 350 millions d'années. En 1930, le paléontologiste suédois Nils Odhner avait postulé qu'il s'agissait de l'ancêtre de tous les mollusques. En 1957, on en retrouve dans le Pacifique, capturées par les dragues du navire océanographique danois *Galathea*, à 3 000 m de profondeur. Métamérisé en anneaux, comme les annélides, avec 9 paires de muscles, de branchies et de reins, son corps confirme les vues d'Odhner : c'est bien un maillon de la transition entre vers et mollusques. On pense alors qu'elle n'existerait que dans le Pacifique.

En 1980, Philippe Bouchet, du Muséum, trouve dans les collections de cette institution des coquilles minuscules, tout juste quatre d'entre elles et tout juste 2 mm, qui y dorment depuis 1889. C'est la date à laquelle elles ont été pêchées par le prince de Monaco, aux Açores, entre 1 300 et 1 600 m ; elles sont classées comme vulgaires patelliformes. Ce que ne croit pas Bouchet ; l'analyse de la structure cristalline d'un des quatre exemplaires indique l'existence d'une double couche de lamelles, qui caractérise les *Neopilina*.

Il s'agit dès lors de retrouver l'animal vivant. O bonheur ! un pédiatre espagnol, passionné de conchyliologie, en adresse un exemplaire, par la poste, à Bouchet, aux fins d'identification ! C'est qu'il n'arrive pas à classer cette miette pêchée sur le banc Galice, à 300 km au large de l'Espagne. Bouchet et Anders Waren, professeur au Musée de Stockholm, soupçonnent que ce banc-là recèlerait d'autres *Neopilina*.

En 1987, lors de l'opération Seamount sur le *Norøst* d'IFREMER, une tonne et demie de sédiments est grattée en quatre jours sur les hauts fonds ; à l'aide de tamis finement calibrés, on y en trouve... deux exemplaires, de 2 mm chacun, mais en excellent état.



Reste à en trouver des spécimens capables de vivre à une faible profondeur, puis à les capturer pour en faire l'élevage, comme pour de vulgaires coquillages, ce qui n'est pas possible avec les deux spécimens en question. Ainsi pourrât-on savoir comment ces fossiles minuscules ont pu survivre si longtemps. Ainsi pourrât-on aussi reconstituer un chapitre de la phylogénie, celui du passage du ver au mollusque. Peut-être au large de la Californie, ou bien des Canaries... F.D.

2 000 Britanniques anciens intoxiqués aux tranquillisants ont intenté des procès aux fabricants du Valium et de l'Ativan, tranquillisants largement prescrits dans le Royaume-Uni. 485 firmes d'avocats préparent les dossiers. Parmi les plaignants, Lord Ennals, ancien secrétaire d'Etat à... la Santé !

26 travailleurs nigériens, qui étaient entrés en contact avec les déchets radioactifs déchargés discrètement au village de Koko, souffrent de troubles hématologiques graves.

ICHTYOLOGIE

Quand on déshabille saint Pierre pour habiller saint Paul

Le lac Victoria, en Afrique, est grand et poissonneux. Il était, il y a une quarantaine d'années, peuplé par une très grande variété de poissons.

Des poissons relativement proches les uns des autres du point de vue de la classification : des haplochromines. On en comptait quelque 300 espèces. Ils ne mesuraient que de 4 à 5 cm, mais les riverains en pêchaient beaucoup et les faisaient sécher au soleil.

Ces poissons intéressaient aussi les biologistes, par leur morphologie, leurs habitudes alimentaires, leurs saisons de reproduction et d'autres facteurs qui permettaient d'établir un très bel exemple de ce qu'on appelle la radiation évolutive ; c'est-à-dire l'étude des variations de comportement au cours de la différenciation d'une espèce en groupes et en sous-groupes.

Vers 1950, on voulut améliorer la nature et utiliser les haplochromines pour nourrir des poissons carnassiers d'une valeur alimentaire supérieure. On établit donc, sur les bords du lac, des étangs où différentes espèces connues sous l'appellation générique de "perches du Nil" (*boliti*) furent mises en élevage. Répandues dans le Nil, comme leur nom l'indique, et dans différents lacs, à l'exception du Victoria, ces perches peuvent atteindre des dimensions considérables ; les plus âgées dépassent 2 m et 200 kg.

Comme il advient presque toujours en dépit des précautions, une espèce élevée en pisciculture gagne le grand large et se retrouve donc dans un milieu nouveau pour elle. Parfois, elle n'y survit pas, parfois aussi elle y prospère au détriment de ses concurrents. Ce fut ce qui advint. Les perches gagnèrent le lac Victoria, pas tout à fait accidentellement, d'ailleurs, car des imprudents déversèrent aussi des alevins dans ce lac. C'était dans les années soixante.

Le résultat fut catastrophique : 60 % des espèces vivant jusqu'alors dans le lac ont disparu. Quelques spécimens des 160 espèces décimées ne survivent plus que dans

des aquariums européens.

Certes, on a des perches, mais on en a beaucoup moins. Qui pis est, les rives du lac se déboisent. Cela paraît idiot à dire, mais c'est que, pour sécher des perches, dont la chair est plus grasse, il faut beaucoup plus de chaleur que pour une haplochromine, qui sèche toute seule au soleil. Il faut du feu et, pour en faire, on déboise.

L'exemple mérite d'être médité. Il invite à penser qu'il faut être beaucoup plus circonspect à l'égard des introductions d'espèces nouvelles de poissons.

On a voulu, à partir de 1957, introduire massivement le sandre en France. C'est un poisson appréciable du point de vue gastronomique et commercial, mais il présente des inconvénients. En Grande-Bretagne, où on l'a aussi introduit, on l'accuse d'avoir fait disparaître le gardon. En France, il se nourrit non seulement du gardon, mais aussi d'autres espèces. De plus, il serait porteur d'une maladie qui peut, dans certaines conditions, menacer le brochet.

Cette maladie ne l'affecte pas toujours lui-même, en vertu du principe de porteur sain ; or, les porteurs sains peuvent décimer des espèces indigènes, très sensibles à certains germes. C'est pourquoi l'on n'autorise pas l'introduction dans la nature des écrevisses du genre *Pacifastacus*, porteurs sains de la "peste de l'écrevisse". C'est aussi pourquoi on a récemment interdit, au Canada, l'introduction du vairon, porteur sain de la yersiniose, autre type de peste du poisson.

Malheureusement, ces espèces finissent souvent par s'échapper des élevages. C'est ainsi que les pêcheurs anglais, de Brixham-in-Devon ont eu récemment la surprise de pêcher pour la deuxième fois dans la Manche, à Eddystone Rock, des crevettes géantes, du

type *Penaeus japonicus*. On en avait pêché pour la première fois en février 1989, et ce fut Alain Crosnier, du Muséum de Paris, qui les identifia. On ne les trouvait jusqu'alors que dans les mers chaudes, de la mer Rouge à l'archipel malais (mais aussi au large de l'Australie et des Fidji, et l'on en a récemment pêché en Méditerranée et au large des côtes turques). On suppose qu'elles se seraient "évadées" de piscicultures sur les côtes de la Manche. Espérons qu'elles vont s'acclimater sans autres dommages.

En France, on nous propose actuellement d'introduire l'esturgeon de Sibérie, le saumon du Danube, le silure glane, l'écrevisse *procambarus*. Réussira-t-on à les acclimater ? Et si oui, qu'en sera-t-il des autres espèces ? J.M.

ENTOMOLOGIE

Sus au varroa

Varroa jacobsoni est un parasite des abeilles ; il a tué des centaines de milliers de ruches dans le monde. On veut donc le tuer.

Des chercheurs de l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) et du Centre national de la recherche scientifique (CNRS) viennent d'identifier le mode de contamination des abeilles par cet acarien. Grâce à un équipement délicat (des olfactomètres), ils ont découvert que les femelles *varroa* étaient attirées dans les cellules de la ruche par les phéromones qu'émettent les larves d'abeilles ; c'est ainsi qu'elles les repèrent pour pondre sur elles.

Ces substances (méthyles et éthyles d'esters d'acides gras aliphatiques, c'est-à-dire à chaîne carbonée non ramifiée) sont faciles à synthétiser. L'étape suivante va donc consister à créer et à installer des pièges qui attireront les femelles *varroa*. Ce sera long, car il faudra trouver des pièges qui séduisent plus ces parasites que les larves d'abeilles, qui constituent une nourriture de choix. Il faudra aussi déterminer la meilleure époque pour les installer. Pour aller plus vite, l'INRA et le CNRS viennent de signer un contrat avec Rhône-Poulenc.

M.M.

Pourquoi il y a des petits pois ridés

Gregor Mendel (1822-1884), père fondateur de la génétique, croisa un jour entre eux des pois domestiques et établit en 1865 les modes de transmission des caractères au fil des générations.

Mendel avait particulièrement étudié le caractère lisse ou ridé des pois, mais, compte tenu des moyens de l'époque, juste au niveau de l'apparence. Reprenant ses travaux, un groupe de l'institut John-Innes (*) (Norwich, Angleterre) a, à son tour, semé des petits pois ridés et des lisses, pour définir la détermination du caractère ridé, cette fois-ci au niveau génétique. On sait maintenant que l'aspect ridé est dû à une haute teneur en sucres, qui cause une trop forte accumulation d'eau dans les tissus ; ceux-ci se flétrissent donc quand l'eau s'évapore. Cette teneur excessive en sucre révèle un défaut dans la synthèse de l'amidon, molécule de stockage des sucres chez les végétaux. En effet, les petits pois ridés manquent d'une

enzyme essentielle, la SBEI (Starch Branching Enzyme I), qui intervient dans l'accrochage des molécules de sucres entre elles pour former les molécules d'amidon. La SBEI est absente parce que le gène qui code sa synthèse présente une mutation : il est plus long que le gène normal. Et c'est ce segment d'ADN supplémentaire qui bloque la synthèse de l'enzyme.

Les chercheurs ont montré que l'intrus fait partie de la famille des petites portions d'ADN mobiles (les transposons), que l'on retrouve chez d'autres plantes, comme le maïs ou le muflier ; les transposons pourraient ainsi être distribués dans tout le monde végétal. Quel est leur rôle ? On l'ignore ; on sait seulement que lorsqu'ils changent de place ils induisent des muta-



tions génétiques spontanées, dont on ne se rend compte que si elles provoquent une anomalie observable. Chez le pois, le transposon découvert à John-Innes existe çà et là en plusieurs exemplaires dans le génome. Un jour, on ne sait pourquoi, l'un d'eux a quitté sa place pour s'insérer de manière définitive au beau milieu du gène de la SBEI... et des rides sont apparues pour la première fois sur un petit pois, qui les a transmis à sa descendance.

M.G.

(*) Cell 60, 115-122, *Nature*, v. 343, 18 janvier 1990.

ALIMENTATION

Irradiation alimentaire : l'affaire des enfants indiens

Le débat sur l'irradiation alimentaire, qui a abouti aux Etats-Unis à des renoncements et des interdictions nombreux (voir *Science & Vie* n° 870), fait aussi rage en Grande-Bretagne. L'International Organisation of Consumers' Unions, qui représente 170 unions de consommateurs dans 70 pays, y est particulièrement active et opposée à l'irradiation.

Elle s'appuie, entre autres arguments, sur une expérience déjà ancienne de quinze ans et qui consista à donner à des enfants indiens des galettes ou chapatis confectionnées avec du blé fraîchement irradié.

L'institut national de la nutrition à Hyderabad constata alors que ces enfants accusaient des taux élevés de cellules polyploïdes, qui se caractérisent par des nombres excessifs (supérieurs à un facteur de 2n) de chromosomes. L'expérience fut donc interrompue. Ces

cellules polyploïdes existent naturellement chez les êtres vivants, mais à des taux réduits. Huit mois après arrêt de l'expérience, les taux des enfants en question revinrent à la normale.

L'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) refit les expériences et ne trouva pourtant pas de cellules polyploïdes, et l'affaire parut enterrée. Mais Tim Lang et Tony Webb, de la London Food Commission, allèguent actuellement que si les résultats de l'AIEA ne furent pas concluants, c'est que ses expérimentateurs avaient ajouté à l'alimentation des enfants qu'ils avaient testés des rations de vitamines. On sait, en effet, que l'irradiation détruit les vitamines.

Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), la cuisson aussi détruit les vitamines. On peut toujours objecter à cela que, dans ce cas, la cuisson d'aliments irradiés réduit les taux de vitamines à qua-

siment rien. Toujours est-il que l'expérience indienne indique les limites de l'irradiation alimentaire. D'un strict point de vue nutritionnel, cette irradiation devrait être limitée à un très petit nombre d'aliments.

Telle est bien l'opinion du nutritionniste allemand J.F. Diehl, qui fait partie de l'Organisation mondiale de la santé et qui estime qu'au total ce ne sera pas plus de 5 % des aliments qui seront irradiés d'ici à la fin du siècle.

Dans ce dernier cas, ce procédé ne présenterait pas l'intérêt qu'on a voulu y voir, c'est-à-dire la conservation prolongée d'aliments frais.

G.M.

Les articles de cette rubrique ont été réalisés par Françoise Darrigal, Maylis Gaillard, Jacques Marsault, Marc Mennessier, Gerald Messadié et Darrell E. Waid.

LES CRISES DE NERFS DE L'A 320

*Premier avion au monde
à être intégralement
"géré" par ordinateur,
l'A 320 a-t-il été mis
en service avant
d'être au point ? Le
trop grand nombre
d'incidents, pendant sa
première année
d'exploitation, ne
peut que le faire
penser. Comme peut
paraître suspect
l'empressement à
déclarer les pilotes
responsables des
accidents majeurs
avant même que les
juges aient rendu
leur verdict. Même si,
comme tout le monde
le souhaite,
ce verdict
blanchit l'avion.*



Début 1988, les autorités françaises et Airbus Industrie se félicitaient de la certification de l'A 320 un an seulement après le premier vol du prototype. En moins d'un an, le constructeur avait démontré aux autorités de quatre Etats de la Communauté européenne la fiabilité de cet appareil d'une nouvelle génération.

Cependant, la polémique autour de l'avion n'allait pas tarder à surgir lors du vol inaugural de l'A 320 d'Air France, le 28 mars 1988 au-dessus de Paris avec le Premier ministre de l'époque à bord. Ce vol était marqué par une série d'incidents techniques, notamment par le déclenchement intempestif d'alarmes. De nouvelles polémiques allaient surgir lorsqu'un appareil s'abîmait dans la forêt d'Habsheim en Alsace (26 juin 1988) et qu'un A 320 d'Indian Airlines s'écrasait avant d'atteindre la piste de Bangalore en février dernier. Dans ces deux derniers cas, l'avion avait été blanchi auprès de l'opinion publique avant même que le moindre rapport d'accident préliminaire ne soit publié...

Si ce qu'il a été convenu d'appeler le "vol Chirac" et l'"affaire d'Habsheim" sont les deux faits les plus



connus du public, la première année d'exploitation de l'A 320 a été marquée de nombreux incidents mettant directement en cause la conception de certains systèmes de l'avion. Souvent mal acceptés par les premiers équipages qualifiés sur cet appareil, et dénoncés parfois vigoureusement par les dirigeants techniques de compagnies de lancement, ces incidents peuvent amener à se demander si le constructeur et les autorités de certification ne sont pas allés un peu trop vite.

Douze fois plus d'incidents que prévu. Dans son bilan sur la première année d'exploitation de l'A 320 dans la flotte d'Air France, bilan adressé à la direction générale de l'Aviation civile le 11 juillet 1989, le sous-directeur technique de la direction des opérations de la compagnie nationale remarque que le premier exercice a été marqué par « un nombre d'incidents techniques dans l'ensemble très élevé » (page 12). Alors que l'objectif fixé était d'un incident technique pour mille heures de vol, l'année 1988 s'est soldée par un taux de douze incidents pour mille heure de vol. A titre de comparaison, ce taux était de 5/1 000 lors de la première année d'exploitation de l'Airbus A 300.



Au client d'achever les essais. Les normes et les procédures de certification des avions civils ne sont pas adaptées à l'A 320, appareil qui, pour la première fois dans l'histoire de l'aviation civile, est massivement doté de systèmes informatiques. Par exemple, le logiciel du calculateur d'alarme comportait un défaut qu'un bon informaticien aurait sans doute repéré. Mais ce logiciel est protégé par le secret industriel, et le hasard a voulu que le défaut ne se manifeste pas lors de la campagne de certification. Résultat : on a vendu un appareil avec un certain nombre de vices cachés, que les premiers clients ont peu à peu découverts.

La fréquence de ces incidents qui ont marqué la mise en ligne de l'A 320 au sein d'Air France, Air Inter et British Airways a contraint le constructeur à publier pas moins de 52 consignes de vol provisoires (OEB, *Operations Engineering Bulletin*) entre avril 1988 et avril 1989. Le lancement d'un nouvel avion en exige en moyenne quatre fois moins. Les OEB sont des fiches de consignes temporaires émises par le constructeur et destinées aux exploitants. Elles font état d'anomalies ou de simples particularités de fonctionnement de l'avion, qui ne figurent pas dans le manuel d'utilisation de l'appareil (FCOM, *Flight Crew Operation Manual*) : elles ne se sont révélées qu'en cours d'exploitation. Dans le cas d'Air France, ces consignes provisoires sont transmises aux équipages sous la forme d'un fascicule de renseignements complémentaires techniques (RCT).

Pour l'A 320, le seul nombre des OEB rend compte des difficultés de mise en ligne de l'appareil. Au plan technique, une vingtaine des cinquante principaux calculateurs des premiers A 320 sortis des chaînes de Toulouse ont dû subir des modifications. Car l'A 320 est le premier avion au monde à être entièrement informatisé. Les calculateurs gèrent le fonctionnement de tous les systèmes de l'avion (moteurs, ailerons, mais aussi éclairage de la cabine, etc.) ; il traite les données brutes, les transforme et les transmet au pilote. Or, l'application de plusieurs modifications définies par le constructeur afin de corriger les défaillances des systèmes ou pour les améliorer, ont été à l'origine de nouvelles pannes. Ces nouveaux problèmes ont obligé le constructeur à publier de nouvelles consignes de vol provisoires avant d'établir des modifications définitives.

Pendant l'exploitation, les compagnies ont dû modifier une ou plusieurs fois certaines procédures de mise en œuvre de leurs appareils. De plus, exception faite d'Air Inter, qui n'annonce que de bons résultats, le nombre élevé d'incidents est à l'origine d'une faible disponibilité et d'une mauvaise ponctualité technique des premiers A 320 livrés. « Sur 7 334 étapes réalisées jusqu'en avril 1989, précise le rapport du sous-directeur technique d'Air France, on dénombre pour des raisons techniques : 4 accélérations-arrêts au décollage, 36 demi-tours au sol, 10 demi-tours en vol, 1 procédure de descente d'urgence, l'altitude cabine étant en augmentation (sans dépressurisation brutale), 1 arrêt réacteur en vol. » Il convient d'ajouter à ces résultats l'immobilisation des avions au comportement suspect et les 74 annulations de vol avant même la mise en route des réacteurs.

La fiabilité en cause. Pour les compagnies aériennes, le problème le plus grave aura été celui de la fiabilité des informations données à l'équipage par les différents systèmes de l'A 320. Le bilan d'ex-

ploitation du sous-directeur technique d'Air France est édifiant à ce sujet. On y découvre par exemple que « certaines incohérences d'informations de pilotage ont conduit à certaines situations confuses et très préoccupantes, où l'information présentée en vol aux pilotes, sur les écrans de contrôle, était en contradiction avec la réalité physique des équipements, pas toujours vérifiable en vol », (rapport déjà cité, page 18).

Le commandant Claude Dalloz et l'officier pilote de ligne Patrick Vacquand partagent sans aucun doute les observations du sous-directeur technique d'Air France. Le 25 août 1988, alors qu'ils décollaient de Roissy pour un vol à destination d'Amsterdam (vol AF 914), ils ont eu la désagréable surprise de voir apparaître en rouge sur leurs écrans de contrôle le message "*Man pitch trim only*". En clair, ce message informait les pilotes que les commandes actionnant la gouverne de profondeur n'étaient plus en état de fonctionner. Dans ce cas, le seul moyen d'assurer la stabilité longitudinale de l'avion est d'agir manuellement sur le plan horizontal réglable de l'empennage, par l'intermédiaire des volants de compensateurs (*pitch trim*).

Cependant, le copilote qui était aux commandes n'a ressenti aucune difficulté à contrôler l'avion. Puis l'équipage a assisté à un festival d'alarmes fantaisistes ("feu dans les toilettes", par exemple), et a constaté de nouvelles anomalies de signalisation sur les écrans concernant les systèmes de com-



mandes de vol, la position du train d'atterrissage, ainsi que la situation des pilotes automatiques.

Le retour a donc été décidé mais, pendant l'approche, le train a d'abord refusé de sortir normalement. Dans le doute, trois passages à basse altitude ont été effectués devant la tour de contrôle, pour connaître la position réelle du train après avoir effectué les manœuvres de secours. Les informations à disposition de l'équipage ("train partiellement sorti") ne correspondant pas aux constata-



LES BONDS TECHNOLOGIQUES DES AIRBUS

L'A 320 (1) est le premier avion dont la planche du cockpit est entièrement équipée d'écrans à tubes cathodiques. Seuls trois instruments traditionnels s'y trouvent encore, en cas de défaillance des premiers. Les nouveaux écrans offrent une information plus synthétique et plus complète à l'équipage. Ainsi, toute la navigation du vol est directement visible sur l'un d'entre eux, et l'image évolue en temps réel au fur et à mesure du déplacement de l'avion, alors que sur les avions traditionnels, ce suivi est effectué par le pilote sur une carte en papier sur laquelle il reporte les positions successives données par les équipements de bord (récepteur de radiobalises, radiocompas, platine inertielle, etc.). Mais ces écrans peuvent aussi, malheureusement, livrer des informations erronées si l'un des systèmes qui les alimentent est défaillant ; et l'ennui est que, souvent, ces informations ne peuvent être vérifiées par les pilotes en vol (voir dessins p. 98). Avion de la technologie précédente, l'A 310 (2) était déjà équipé de quelques écrans, alors que l'A 300 (3), qui a été développé au début des années 70, n'est doté que d'instruments électromécaniques classiques.

tions des contrôleurs de Roissy (train sorti), la cabine passagers a été préparée pour un *crash* éventuel, qui ne s'est fort heureusement pas produit. Le même incident s'est renouvelé sur un autre avion, le 29 novembre 1988. Il aura fallu finalement attendre neuf mois d'exploitation pour qu'une nouvelle version, plus fiable, du calculateur d'alarme (FWC, *Flight Warning Computer*) mis en cause dans ces deux cas soit mise à la disposition des exploitants.

Une altimétrie capricieuse. Bon nombre de problèmes liés à la conception de certains systèmes se sont révélés dès le début de l'exploitation. Les plus spectaculaires, pour les passagers, auront été les caprices du système de communication intégré de la cabine (CIDS), qui modifiait les éclairages ou les annonces lumineuses de manière fantaisiste. Plus grave, les équipages ont découvert que la régulation de la température de la cabine passagers, pouvait troubler le fonctionnement des calculateurs des commandes de poussée des réacteurs (FADEC), en générant des pannes et des alarmes. Pour éviter ces interférences, il a été demandé aux équipages de ne pas "réinitialiser" le système de régulation de température de la cabine lorsque les moteurs étaient lancés.

Mais le phénomène le plus préoccupant pour les



équipages a été les modifications intempestives du réglage des altimètres en vol. Parvenus à une certaine altitude, les pilotes règlent leurs altimètres d'une façon standard, calculée par rapport à la pression atmosphérique théorique au niveau de la mer (1 013 hPa), afin que tous les avions utilisant l'espace aérien aient la même référence d'altitude (calage QNH). Sur ce calage l'altimètre indique une altitude pression, qui est une altitude "QNE". Lorsque l'avion est en descente, à un niveau déter-

1. PFD. Ecran de pilotage. C'est lui qui a affiché "manual pitch trim only" dans le cas A du texte, et l'altitude QFE erronée dans le cas B.

3. PA. Pilote automatique.
4. Minimanche.
5. FCU. Calculateur de programmation du vol.
6. DMC. Générateur de symboles pour l'affichage des écrans.

7. SEC-ELAC-FAC. Calculateur des commandes de vol (ailerons, gouverne de profondeur, volets, spoilers, etc.).
8. ADIRU. Centrale inertielle et aérodynamique.
9. SDAC. Calculateur d'acquisition de données des systèmes, qui traduit en langage informatique les données reçues des systèmes en amont (capteurs, commandes, etc.).

miné, l'équipage doit régler ses altimètres par rapport à l'altitude de l'aéroport de destination (calage QFE). Mis à part quelques très rares terrains situés en-dessous du niveau de la mer, les aéroports se trouvent au-dessus de ce niveau. La pression diminuant avec l'altitude, la valeur du QFE est en général inférieure à 1 013 hPa.

La modification soudaine du réglage des altimètres du calculateur de programmation du vol (FCU, *Flight Control Unit*) s'est produite parfois dans des conditions peu confortables. Ainsi, en juillet 1988, lors d'une approche sur Roissy, la modification intempestive du réglage altimétrique, qui s'est traduite par une inversion du calage altimétrique, a provoqué une remise des gaz automatique afin de compenser le faux écart d'altitude généré par le calculateur défaillant et détecté automatiquement par les systèmes de sécurité de l'avion. Cette remise des gaz est intervenue alors que l'avion était piloté manuellement en descente. L'intervention rapide du pilote n'a pu éviter la mise en survitesse pendant quelques secondes.

Les modifications intempestives de calages altimétriques se sont manifestées au moins sur les trois premiers avions livrés à Air France, parmi lesquels l'appareil qui s'est écrasé à Habsheim. La commission d'enquête a révélé dans son rapport final qu'un tel incident a eu lieu sur l'avion quelques heures avant son *crash*, en concluant toutefois que cette anomalie issue d'une erreur de conception n'a joué aucun rôle dans l'accident. Par ailleurs, le compte-rendu de vol d'un équipage (CRM, compte-rendu matériel), concernant un troisième avion d'Air

A. Calculateurs alarmistes. Ce schéma simplifié des systèmes de l'A 320 (qui ne tient pas compte de la localisation réelle des calculateurs) montre comment l'équipage du vol AF 914 du 25 août 1988 s'est trouvé confronté à une information aberrante générée par le calculateur d'alarme (FWC). Celui-ci a envoyé le message erroné "manual pitch trim only" sur

l'écran de pilotage (PFD) et sur la "boîte noire paramètres" (DFDR), message informant d'une perte de contrôle de la commande de profondeur (flèches rouges). En clair : le pilote ne peut plus commander la montée ou la descente de son avion avec le manche (mais seulement grâce à une commande de compensation manuelle). En fait (flèches vertes), cette com-

PANNES ET DANGERS

France, fait état de caprices de l'altimétrie.

Il est donc surprenant que le rapport du sous-directeur technique d'Air France limite ce genre d'incidents à un seul A 320 de sa flotte (l'appareil immatriculé F-GFKB), alors qu'il s'est aussi produit au moins sur deux autres avions (immatriculés F-GFKA et F-GFKC). Mais le plus étonnant reste que cette anomalie de fonctionnement aurait cessé sans que personne ait pu en identifier l'origine !

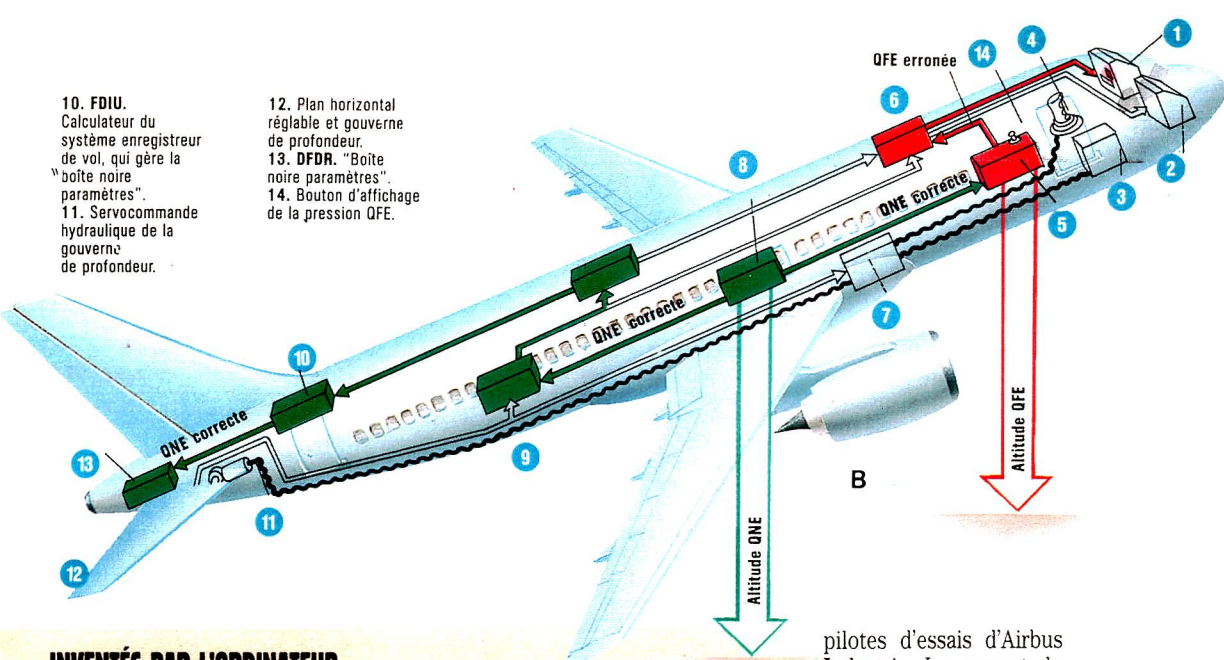
L'enregistrement des paramètres. D'une manière indirecte, ces deux types d'incidents ont révélé une autre source potentielle de problèmes au niveau de l'enregistrement des paramètres par la "boîte noire paramètres" (DFDR, *Digital Flight Data Recorder*). En effet, chaque information donnée au pilote est traitée par une cascade de calculateurs. Or, cette "boîte noire" enregistre la plupart de ses informations sur des calculateurs intermédiaires et non pas en début ou en fin de chaîne de traitement. Lors du dépouillement des données, rien ne permet donc de savoir rigoureusement ce que les pilotes avaient comme informations, car il n'y a pas d'enregistrement à la sortie du générateur de symboles de leurs écrans.

Les problèmes posés par le système d'enregistrement des données de vol peut être illustré en s'ap-

10. FDIU.
Calculateur du
système enregistreur
de vol, qui gère la
"boîte noire
paramètres".

12. Plan horizontal
réglable et gouverne
de profondeur.
13. DFDR. "Boîte
noire paramètres".
14. Bouton d'affichage
de la pression QFE.

11. Servocommande
hydraulique de la
gouverne
de profondeur.



INVENTÉS PAR L'ORDINATEUR

mande fonctionnait parfaitement.

B. Altitude fantaisiste. Le deuxième schéma montre comment les pilotes ont eu sur leurs écrans une modification intempestive de leur réglage altimétrique, générée par le calculateur de programmation de vol (FCU), alors que les données d'altitude de la centrale inertielle et aérodynamique (ADIRU) étaient correctes. Le FCU

a provoqué une inversion entre l'altitude de pression (QNE) et l'altitude du terrain d'arrivée (QFE). Le QFE donnant une altitude inférieure à l'altitude QNE (ce qui laissait penser que l'avion volait dangereusement plus bas qu'il ne l'était en réalité), les systèmes de sécurité de l'avion ont commandé une remise de gaz automatique pour reprendre de l'altitude.

puyant sur les deux incidents mentionnés. Si le vol Paris/Amsterdam évoqué ci-dessus s'était terminé par un *crash*, la "boîte noire paramètres", qui saisit une grande partie de ses informations sur le calculateur d'alarmes (FWC), aurait révélé que l'équipage n'avait plus de commandes de profondeur disponibles. En fait, toutes les commandes de vol fonctionnaient, mais le calculateur d'alarmes, qui est l'une des principales sources d'informations de la "boîte noire paramètres", était défaillant (*dessin p. 98*).

Si les modifications intempestives de calage altimétrique s'étaient terminées par un *crash* également, la "boîte noire paramètres" n'aurait révélé aucun dysfonctionnement de l'ensemble altimétrique, car l'enregistrement des altitudes pression (QNE), qui était correcte, est effectué sur un équipement qui se trouve en amont du calculateur défaillant. Ce calculateur (FCU) a fait un traitement aberrant de l'information qui lui était transmise et une indication d'altitude erronée a été envoyée sur les écrans de pilotage (*dessin ci-dessus*).

Les campagnes de modifications. Avant la mise en service des A 320, les instructeurs des compagnies de lancement — qui ne peuvent être taxés de partialité puisqu'ils étaient tous volontaires — se sont plaints de ne pas avoir eu de contact avec les

pilotes d'essais d'Airbus Industrie. Le rapport du sous-directeur technique d'Air-France, de son côté, confirme cette préoccupation en révélant qu'une "relation franche" (page 17) a pu enfin être établie au bout de six mois. Les adaptations des systèmes défaillants ont été intégrées progressivement au cours de plusieurs campagnes de modifications

qui ont commencé au début et à la mi-89, lorsque les problèmes ont été identifiés et répertoriés. Il aura fallu attendre la fin de l'année dernière, pour obtenir la version définitive de certains équipements, soit dix-huit mois après la certification et la mise en service commercial de l'A 320.

A la fin de l'année dernière, le dossier de renseignements complémentaires techniques (RCT) distribué aux équipages d'A 320 comportait encore onze pages, alors que les RCT des autres appareils de la flotte d'Air France dépasseraient rarement les trois pages.

Contrairement aux craintes maintes fois exprimées au cours de ces dernières années, non seulement par certains syndicats de pilotes, mais aussi par les autorités de certification américaine (FAA, *Federal Aviation Administration*), les commandes de vol électriques et le système de régulation électronique des réacteurs, qui constituent les deux grandes innovations technologiques de l'A 320, n'auraient jamais été directement à l'origine d'incidents significatifs, notamment en vol en conditions orageuses. En essais comme en exploitation, l'A 320 a reçu la foudre plusieurs fois sans la moindre influence sur les commandes de vol.

La plupart des maladies de jeunesse et des dé-

fauts de conception de l'A 320 concernent donc des systèmes plus classiques. Le rapport du sous-directeur technique d'Air France est une fois encore sans appel : « Pressurisation, gestion des communications cabine (CIDS), génération pneumatique, toilettes, groupe auxiliaire de puissance (APU)... ont été longtemps d'une fiabilité inacceptable. Tout n'est pas réglé à ce jour (NDLR : 11 juillet 89). » (Rapport déjà cité, page 17).

Secret industriel. On pourrait donc penser que le certificateur a surtout porté son attention sur les éléments novateurs (commandes de vol, FADEC, etc.) de l'A 320. Cependant, cette explication, si elle n'est pas dénuée de tout fondement, ne prend pas en compte le fait que les systèmes dits classiques ont aussi subi des innovations majeures, puisqu'ils font pratiquement tous appel à l'informatique.

Sans invoquer les jeunes démons de l'informatique, l'embarquement de nombreux logiciels à bord des avions de la nouvelle génération (A 320, mais aussi McDonnell-Douglas MD 11, Boeing 747-400, entre autres) peut poser des problèmes aux services officiels. Jusqu'alors, les certificateurs étaient confrontés à des systèmes beaucoup plus simples (câblages, par exemple) et à des technologies parfaitement maîtrisées (électricité, par exemple). Avec l'A 320, le certificateur s'est retrouvé devant un gigantesque système informatique interactif, constitué de "boîtes" qui comportaient des entrées et des sorties. Personne n'ayant prévu une installation de l'informatique aussi rapide à bord des avions de ligne, il n'a pas été possible de trouver dans la réglementation internationale des normes directement applicables à ce domaine.

De plus, le certificateur se heurte à la protection par le secret industriel des logiciels embarqués. Les services officiels sont finalement contraints parfois de donner leur agrément à un matériel, sur simple

ACCIDENT D'HABSHEIM : CFMI EXPERTISE CFMI

Le 26 juin 1988, la fête aérienne organisée par le petit aéroclub d'Habsheim, dans le Haut-Rhin, tournait au drame lorsqu'un A 320 d'Air France s'écrasait avec 130 passagers, dans la forêt qui borde le terrain, au cours de sa présentation en vol. En quelques minutes, l'avion devait presque complètement brûler. Bilan : 3 morts, 34 blessés, les 93 autres occupants de l'avion étant indemnes.

Près de dix-huit mois après l'accident, la Commission d'enquête a rendu son rapport. Contrairement à ce qui a pu être affirmé, ce document (dit "rapport Béchet", du nom du président de cette commission) n'établit aucune responsabilité, mais se borne à constater des faits et suggère des mesures. Seuls les juges seront ensuite habilités à déterminer les fautes et les responsabilités. Or, cette détermination n'a pas encore eu lieu. Le juge d'instruction a même demandé récemment la réouverture de l'enquête pour un complément d'information.

Nul ne sait donc ce que pense le magistrat de Mulhouse, mais le contexte dans lequel a été entamée l'enquête sur cet accident pourrait être marqué par certaines irrégularités. En effet, le soir du drame, le directeur général de l'Aviation civile a été filmé par une équipe de télévision alors qu'il prenait en charge le transport des deux "boîtes noires" (CVR et DFDR). Or ces deux enregistreurs sont des éléments primordiaux pour l'enquête. La présence du directeur général de l'Avia-

tion civile sur les lieux de l'accident et le rôle particulièrement actif qu'il a joué ce soir-là semblent difficilement compatibles avec l'instruction ministérielle du 3 janvier 1953 relative à la coordination de l'information judiciaire et de l'enquête technique, et avec une instruction n° 300 IGAC/SA du 3 juin 1957 concernant les dispositions à prendre en cas d'irrégularité, d'incident ou d'accident d'aviation. La direction générale de l'Aviation civile ayant eu la responsabilité de certifier l'avion et ayant autorisé la tenue du meeting, il est légitime de se demander si son directeur n'est pas à la fois juge et partie. D'ailleurs, l'autorité désignée par les règlements comme étant compétente en matière d'enquêtes n'est pas la DGAC mais l'Inspection générale de l'Aviation civile (IGAC), placée sous l'autorité directe du ministre des Transports.

Un deuxième élément, qui découle du premier, pourrait laisser soupçonner que le souci de la seule enquête technique aurait pris le pas sur celui de l'enquête juridique. Tout d'abord, il a fallu attendre deux jours pour qu'un juge d'instruction soit désigné, alors que cela se fait en général dans la demi-journée pour les accidents majeurs ; et celui-ci en est un, avec, en plus, des enjeux de taille. Par ailleurs, les deux boîtes noires sont restées neuf jours sans aucun contrôle judiciaire, puisque la mise sous scellés ne s'est faite que le 5 juillet seulement (l'accident a eu lieu, rappelons-le, le

démonstration du résultat exigé, sans pouvoir connaître précisément l'organisation du système qui permet de l'atteindre. Dans un tel contexte, seule une campagne plus approfondie d'essais aurait sans doute permis de révéler les défauts majeurs de conception de certains systèmes et aurait évité à certaines compagnies de lancement de devoir procéder à la modification de près de la moitié des calculateurs principaux de leurs premiers A 320.

La protection des logiciels par le secret industriel constitue aussi une source de problèmes pour les services de maintenance des exploitants, qui doivent s'en remettre au fabricant pour connaître les raisons de leur défaillance. Pour l'heure, les compagnies les mieux équipées sont dotées de certains bancs de test des logiciels, mais à terme les exploitants pourront tester directement leurs systèmes sur la batterie de bancs du fabricant par l'intermédiaire de réseaux de transmission de données.

Les impasses de la certification. Il est intéres-



26 juin). Entre-temps, des parties de l'enregistrement des conversations tenues dans le cockpit pendant le vol étaient publiées dans la presse, au mépris du secret de l'instruction.

La lecture du rapport Béchet (page 41) révèle que l'expertise des moteurs de l'avion accidenté a été confiée à leur constructeur même (CFMI), dans les locaux de la SNECMA à Melun-Villaroche. Sans que la qualité de l'expertise réalisée par le constructeur dans les locaux de l'un de ses partenaires avec la participation de la Commission d'enquête soit mise en doute, il semble étonnant que le motoriste ait eu la maîtrise d'une procédure qui le concernait si directement. Comme on sait, dans le cas d'une enquête relative à un accident, une expertise est toujours susceptible d'a-

voir des conséquences judiciaires.

Cela est d'autant plus surprenant que les moteurs de ce constructeur avaient été directement mis en cause par les déclarations de l'équipage, immédiatement après l'accident. On peut donc se demander pourquoi l'expertise des deux CFM56-5A1 n'a pas été confiée aux experts du Centre d'essais des propulseurs de Saclay, qui dépendent du Centre d'essais en vol. Ce centre n'a en effet aucun lien juridique, industriel ou commercial avec le matériel mis en cause.

Même si les conclusions de la commission d'enquête, basées sur cette expertise et sur l'enregistrement de la "boîte noire paramètres", mettent catégoriquement hors de cause les deux réacteurs, cela ne coupera pas court aux objections que quelques avocats

pourraient être tentés de formuler devant les juges de Mulhouse. Tel n'aurait pas été le cas si cette expertise avait été confiée à un organisme qui n'aurait pas été aussi partie prenante.

Si les défauts d'accélération des réacteurs CFM56-5A1 de l'A 320 d'Air France, constatés parfois dans certains cas de vol à basse altitude, ne se sont pas produits lors de l'accident, pourquoi, alors, un bulletin de consignes provisoires (OEB 19/1) émis en mai 1988 a-t-il été modifié au mois d'août suivant (OEB 19/2) ? De plus, le réglage des aubes de stator (tarage des vérins qui modifient leur pas) de ces réacteurs, qui a un lien direct avec leur efficacité à bas régime et à basse altitude, a également été modifié peu de temps après l'accident. Là aussi, pourquoi ?

sant de noter que l'exploitation a révélé plusieurs lacunes de la certification. Un bulletin de consigne provisoire daté du mois de mai 1988 (OEB n° 06/2) révèle par exemple que la source d'information des altimètres du pilote et du copilote de l'A 320, qui est unique, n'est pas compatible avec les normes de certification.

Un autre bulletin de consigne provisoire émis en août 1988 (OEB n° 33/1), signale que le système d'éclairage de secours du plancher de la cabine passagers n'est pas conforme aux normes de certification. Ce système ne s'allumait pas automatiquement en cas de perte de l'alimentation électrique normale lorsque l'un des dispositifs d'évacuation d'urgence de l'appareil était activé. Or, ce système d'éclairage alimente un cheminement lumineux dans la travée centrale de la cabine, qui doit permettre aux passagers de trouver les issues de secours ou les portes pendant une évacuation dans l'obscurité ou dans la fumée. Ce défaut de concep-

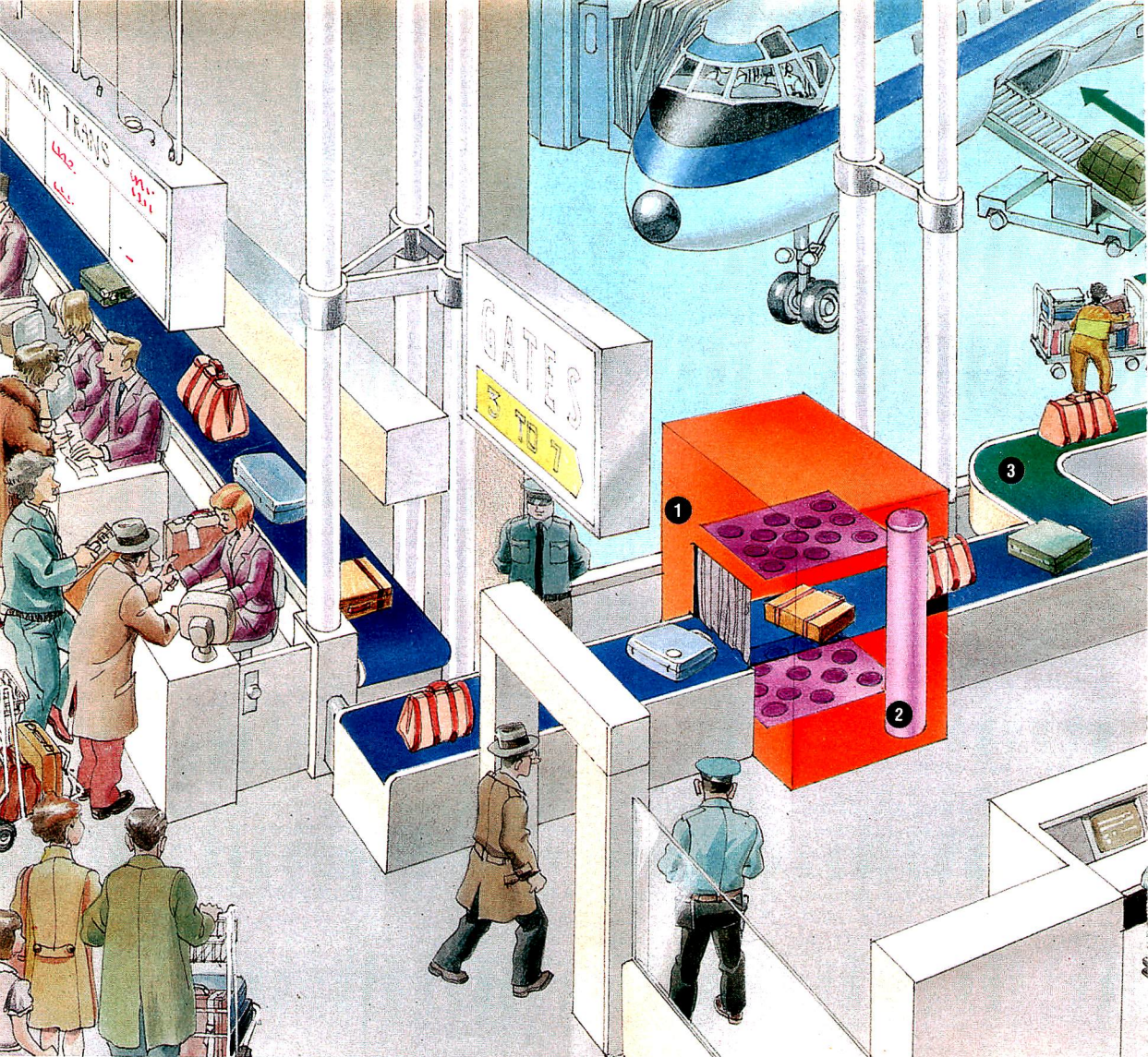
tion a été souligné par le rapport final de la commission d'enquête de l'accident Habsheim.

« Être le client de lancement d'un nouvel avion est parfois une tâche pénible, confiait l'un des dirigeants d'Air France l'an dernier, avant d'ajouter que l'A 320 aura atteint le niveau de fiabilité de la flotte (d'Air France) dès le début de 1990. » Soit pratiquement deux ans après la certification de l'avion. Un dernier exemple : il a fallu attendre le mois de juillet 1989 pour s'apercevoir, au cours d'un vol d'essai, que le train d'atterrissage pouvait dans certains cas ne pas se rétracter complètement en cas d'arrêt du moteur n° 1 pendant le décollage (OEB n° 62/1) ⁽¹⁾.

L'ensemble de ces éléments pourrait donc laisser croire que vitesse et précipitation auraient été confondues.

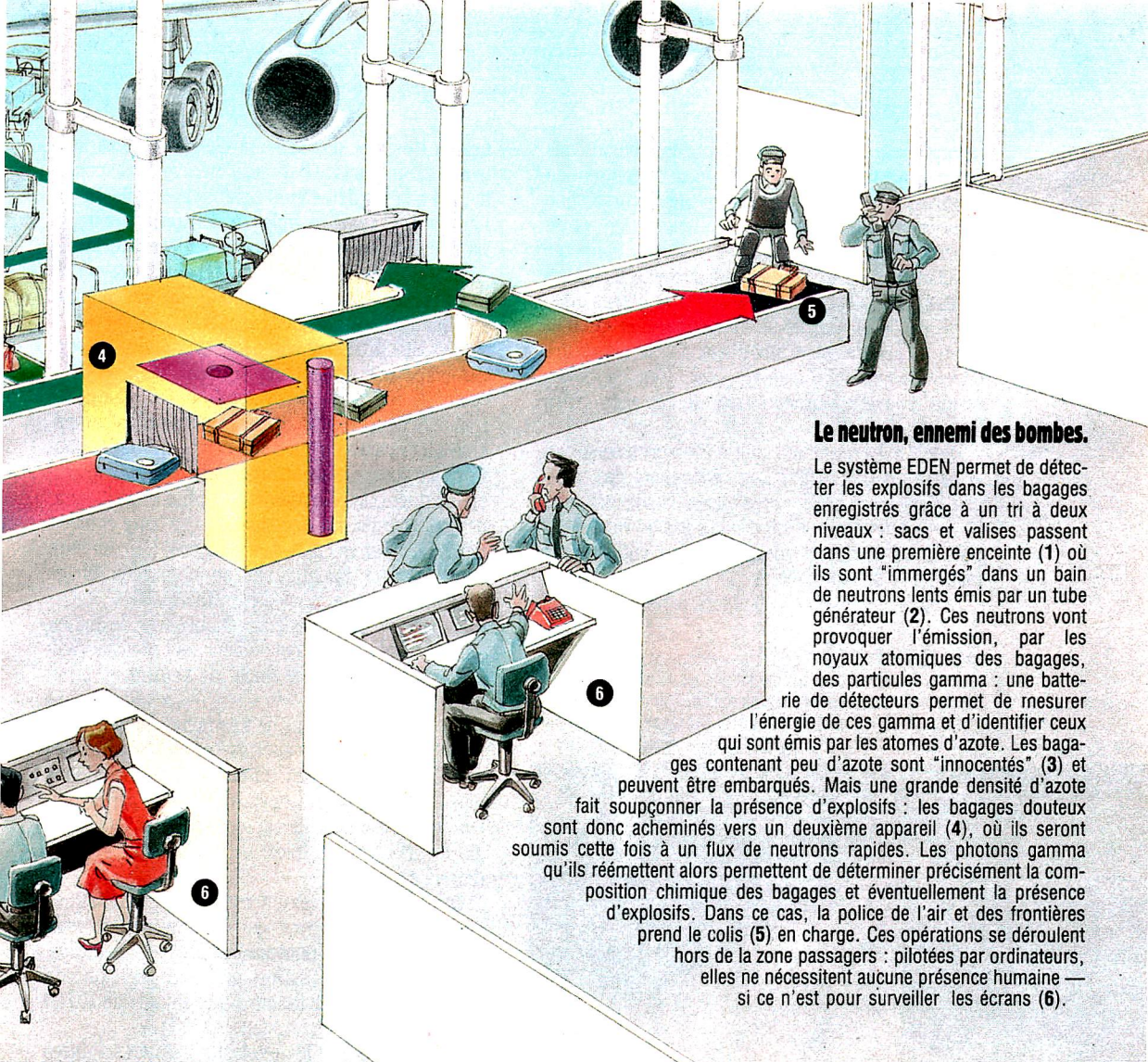
Bertrand Bonneau

⁽¹⁾ Les OEB ont vocation à être temporaires. Par conséquent les anomalies qui les concernaient lors de leur émission, ont été normalement corrigées.



AVEC EDEN, FINI LE PAR

Dès octobre prochain, les bagages embarquant à Orly passeront d'abord dans un bain de neutrons pour voir s'ils cachent des bombes. Entièrement automatique et capable de reconnaître tous les explosifs quel que soit leur emballage, le nouveau détecteur à neutrons, Eden, équippa sans doute d'ici à quelques années tous les grands aéroports dans le monde.



Le neutron, ennemi des bombes.

Le système EDEN permet de détecter les explosifs dans les bagages enregistrés grâce à un tri à deux niveaux : sacs et valises passent dans une première enceinte (1) où ils sont "immergés" dans un bain de neutrons lents émis par un tube générateur (2). Ces neutrons vont provoquer l'émission, par les noyaux atomiques des bagages, des particules gamma : une batterie de détecteurs permet de mesurer l'énergie de ces gamma et d'identifier ceux qui sont émis par les atomes d'azote. Les bagages contenant peu d'azote sont "innocents" (3) et peuvent être embarqués. Mais une grande densité d'azote fait soupçonner la présence d'explosifs : les bagages douteux sont donc acheminés vers un deuxième appareil (4), où ils seront soumis cette fois à un flux de neutrons rapides. Les photons gamma qu'ils réémettent alors permettent de déterminer précisément la composition chimique des bagages et éventuellement la présence d'explosifs. Dans ce cas, la police de l'air et des frontières prend le colis (5) en charge. Ces opérations se déroulent hors de la zone passagers : pilotées par ordinateurs, elles ne nécessitent aucune présence humaine — si ce n'est pour surveiller les écrans (6).

ADIS DES TERRORISTES

PAR HÉLÈNE GUILLEMOT

Du matériel nucléaire contre le terrorisme ? C'est d'un nouveau détecteur d'explosifs pour bagages dont il s'agit : il émet des neutrons (particules du noyau atomique) qui vont atteindre les noyaux des atomes des bagages et permettre d'en identifier la nature. Premiers intéressés : les aéroports.

Détecter les explosifs dans les bagages est, en effet, devenu l'objectif prioritaire de sécurité pour les aéroports et les compagnies aériennes. Car, dans la minicourse aux armements à laquelle se livrent les terroristes et les autorités, l'attentat à la bombe anonyme a supplanté le détournement d'a-

vion des années 70 : l'attaque à main armée est en baisse, grâce à la fouille systématique des bagages à main par des appareils à rayons X de plus en plus perfectionnés. Pour les terroristes, les explosifs présentent des avantages évidents : ils ne comportent pas de pièces métalliques (excepté les détonateurs qui peuvent être très miniaturisés) et échappent ainsi aux rayons X ordinaires ; ils sont malléables, peuvent donc adopter n'importe quelle forme et être cachés à l'intérieur d'objets apparemment inoffensifs. Et les auteurs de ce type d'attentat restent dans l'ombre...

Face à cette tendance, on a imaginé diverses techniques de détection d'explosifs : les appareils à

rayons X de seconde génération, combinant des rayonnements de plusieurs énergies, permettent de discerner la matière organique de l'inorganique dans les bagages à main ; leur installation va se généraliser. Plus sensibles et précis sont les "renifleurs" en tout genre qui analysent les vapeurs émises par les explosifs : d'abord... les chiens dressés à cet effet (or, ils se lassent vite, et coûtent cher), et aussi la spectrométrie de masse, la capture d'électrons, la chromatographie... Ces méthodes restent souvent lourdes et trop lentes pour qu'on les généralise.

De plus, les renifleurs sont parfois trop sensibles et détectent divers aérosols s'échappant des bagages. Mais aussi, beaucoup d'explosifs sont très stables et ne dégagent pratiquement pas de vapeur ; et puis il est toujours possible de les emballer de manière vraiment étanche.

Avec les nouveaux détecteurs à neutrons, plus

Bombe ou pull-over ? Les explosifs étalés en couche mince ont parfois des densités d'azote proches de celles de la laine ou des synthétiques. D'où l'intérêt du système EDEN, dont le deuxième bain neutronique décèle les autres composants des bagages, levant ainsi tout doute.



besoin d'aspirer des vapeurs d'explosifs : les neutrons entrent dans le bagage et en révèlent le contenu. En fait, les détecteurs à neutrons semblent aujourd'hui les seuls capables de satisfaire aux impératifs dictés par les aéroports et les compagnies de transport : sensibilité et fiabilité, mais également rapidité et automatisme, afin de ne pas ralentir l'embarquement et gêner l'usager.

Il existe actuellement dans le monde un seul détecteur neutronique en service : c'est le TNA (pour *Thermal Neutron Analyser*), à l'aéroport Kennedy de New York. Il a été conçu par la compagnie américaine Science Application International Corp. La source de neutrons est du californium 252, élément très lourd, radioactif, qui fissionne spontanément (c'est-à-dire dont le noyau se brise en deux morceaux) en éjectant des neutrons. Ceux-ci sont complètement ralentis par de nombreux chocs dans une enceinte, jusqu'à être "thermalisés", autrement dit en équilibre énergétique avec le milieu ambiant. Les bagages qui défilent sont plongés quelques secondes dans ce "bain" de neutrons thermiques.

En effet, les neutrons de très faible énergie pénètrent facilement (**voir encadré ci-contre**) dans les noyaux atomiques des différents objets contenus dans les bagages ; ces noyaux "excités" par le neutron qu'ils viennent de capturer perdent leur énergie d'excitation en émettant des photons gamma, dits de capture.

Or, l'énergie de ces photons est caractéristique de la nature du noyau qui les émet : c'est cette "signature" par les photons qui permet l'identification des explosifs (1). Ainsi, par exemple, le photon de capture émis par l'azote a une énergie de 10,830 MeV (2), celui de l'hydrogène 2,223 MeV.

Il se trouve que les explosifs militaires utilisés par les terroristes contiennent tous principalement du cyclométhylènetrinitramine, ou hexogène, et du tétranitrate de pentaérythrite, ou pentrite. La racine "nitr" désigne les composés à base d'azote (du latin *nitrum*, pour azotate de potassium, d'où le symbole N de l'azote) ; autrement dit, les explosifs sont des composés organiques à base de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, mais surtout d'une quantité inhabituelle d'azote.

L'azote est particulièrement facile à détecter avec des neutrons thermiques, car son photon gamma de capture possède une énergie particulière-

(1) De même que les électrons d'un atome occupent des niveaux d'énergie précis et ne peuvent avoir n'importe quelle énergie, de même à l'intérieur d'un noyau, les protons et les neutrons ont, eux aussi, des énergies bien définies, quantifiées. Lorsqu'un noyau est excité, plusieurs protons ou neutrons occupent un niveau plus élevé qu'à l'état stable, et ils redescendent à leur niveau d'équilibre lorsque le noyau se désexcite. Le "saut" d'un niveau d'énergie à un niveau inférieur s'accompagne de l'émission d'un photon dont l'énergie vaut exactement la différence d'énergie entre les deux niveaux : c'est pourquoi ce photon est caractéristique de l'élément qu'il émet.

(2) Le MeV, ou méga-électronvolt vaut un million d'électrons-volts.

rement élevée et se "détache" bien des autres éléments. Conclusion : si l'on détecte un nombre anormal de photons de 10,830 MeV dans un bagage, on soupçonnera la présence d'explosifs. En fait, plus qu'une quantité élevée d'azote, c'est une densité anormale (concentration dans un petit espace) qui éveille les soupçons. D'abord, un explosif peut être de petite taille. Puis la soie, la laine, le Nylon contiennent aussi beaucoup d'azote... et ces matériaux ne sont pas précisément rares dans des bagages ! En revanche, leur densité est généralement inférieure à celle des explosifs.

Pourtant, faire la différence entre un pull-over et une bombe reste parfois malaisé : il faut prévoir le cas des explosifs "étalés" en couches minces, donc de densité relativement faible. Dilemme classique : pour conserver une sensibilité satisfaisante, on est contraint d'accroître le nombre des fausses alarmes. C'est bien là le point faible du TNA : après plusieurs mois d'utilisation, il a un peu déçu ; il déclenche presque 10 % de fausses alarmes. En une journée, plusieurs centaines de bagages sont virtuellement considérés comme suspects et nécessitent un examen détaillé par d'autres moyens.

Le taux de fausses alarmes constitue un paramètre essentiel pour les compagnies aériennes ; sous peine de ralentir considérablement les manœuvres d'embarquement, un taux inférieur à 1 % est une exigence minimale. De plus, le grand nombre de bagages à regarder de plus près oblige à placer l'appareil près du comptoir d'enregistrement ; alors qu'il serait préférable de contrôler les bagages après l'enregistrement, en zone "bagages" et non "passagers". Différentes études sont donc en cours aux Etats-Unis pour améliorer le score du TNA.

Le système français Eden (équipement de détection d'explosifs par interrogation neutronique) a, lui, un grand avantage sur son homologue d'outre-Atlantique : il parvient à concilier sensibilité et fiabilité ; autrement dit, probabilité de détection élevée et taux de fausses alarmes bas.

SCENARIOS POUR UNE RENCONTRE NEUTRON-NOYAU

Les neutrons sont les particules les plus appropriées pour perturber des noyaux : étant neutres, ils y pénètrent sans être repoussés par leur charge électrique ; et comme les neutrons sont, avec les protons, les constituants du noyau, l'arrivée d'un nouveau neutron dans un noyau provoque souvent d'importantes réactions qui dépendent essentiellement de l'énergie du neutron "envahisseur". Voici 4 des principaux déroulements possibles d'une rencontre neutron-noyau.

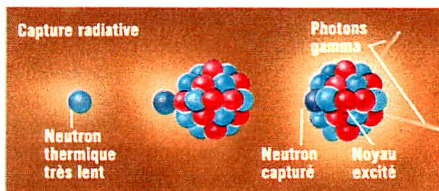
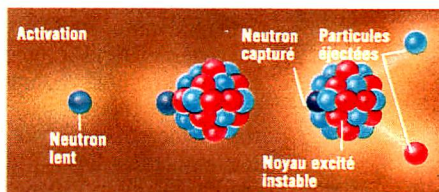
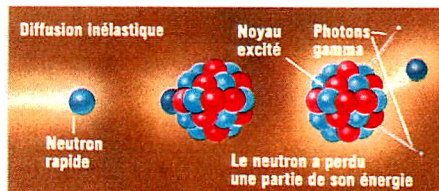
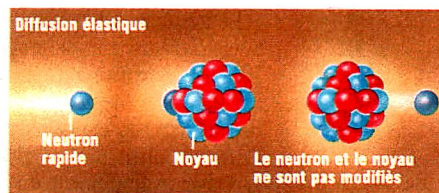
- Premier scénario : le neutron heurte le noyau et lui communique une partie de son énergie. Le noyau n'est pas modifié. C'est ce qu'on appelle la diffusion élastique.

- Deuxième cas : un neutron ressort du noyau avec un peu moins d'énergie que le neutron qui y est entré ; l'énergie perdue a été absorbée par le noyau, qu'on dit alors excité. Pour se désexciter et revenir à son état normal, il émet des photons gamma (particules constituant le rayonnement de grande énergie). C'est la diffusion inélastique.

- Troisième cas : le neutron est absorbé par le noyau, et communique son énergie à une ou plusieurs particules de ce noyau (neutrons ou protons) qui peuvent alors s'échapper. Le noyau est donc devenu excité et instable, et il éjecte une ou plusieurs particules en temps différé, se transformant ainsi en un autre noyau. C'est l'activation par neutron.

- Enfin, dernière possibilité : le neutron est encore capturé par un noyau, mais cette fois il communique son énergie à l'ensemble de ce noyau. Aucune particule du noyau n'a assez d'énergie pour s'échapper, et le noyau excité perd son énergie en émettant des rayonnements gamma. C'est la capture radiative.

Les deux premiers scénarios, dans lesquels le neutron entre et sort du noyau (diffusion), sont les plus fréquents pour des neutrons de grande énergie. Les deux derniers, où le neutron est capturé par le noyau, sont plus probables avec des neutrons lents. Lorsque les neutrons sont totalement ralentis (on les appelle alors



neutrons thermiques car leurs mouvements dépendent uniquement de la température), le phénomène dominant est la capture radiative. Le détecteur français EDEN utilisera deux de ces mécanismes : la capture radiative avec des neutrons thermiques, pour un premier tri de bagages, et la diffusion inélastique avec des neutrons rapides pour les bagages suspects. Dans ces deux réactions, les noyaux excités par les neutrons, émettent des photons gamma dont l'énergie caractéristique permet d'identifier la présence des éléments constituant les explosifs.

Il effectue, en effet, un tri à deux niveaux. D'abord, détection par capture neutronique, le même procédé que pour le TNA. Mais une seconde opération permet de réexaminer les bagages jugés douteux lors du premier tri et d'en analyser le contenu avec plus de précision, grâce à des neutrons

rapides, et cela toujours automatiquement. De sorte qu'après cette double interrogation seul un très petit nombre de bagages seront refusés par EDEN.

Le système est à l'étude depuis trois ans à la Société d'études et de réalisations nucléaires (SODERN), en collaboration avec le Commissariat à l'énergie atomique (CEA). Cette société développe des recherches appliquées dans des technologies de pointe allant du nucléaire à l'optronique, en passant par le traitement du signal et l'imagerie. Sa spécialité, c'est la neutronique, et en particulier les générateurs de neutrons. La SODERN travaille à 70 % pour l'armement, mais aussi pour des industries civiles (c'est elle qui fabrique les appareils de mesure d'attitude et de visées d'étoiles, ainsi que les caméras des satellites Spot 1 et 2, par exemple) et elle cherche à étendre les applications industrielles de techniques développées par ailleurs pour la défense ; le système Eden est un exemple de cette diversification.

Contrairement au TNA américain, qui utilise un élément radioactif comme source de neutrons, EDEN est pourvu de tubes générateurs de neutrons, et peut ainsi se passer de cet élément hautement radioactif qui rebute certains utilisateurs potentiels (surtout lorsqu'il s'agit de détecter des explosifs...) — ainsi, à Miami et à Francfort, l'installation du TNA semble-t-elle se heurter à des oppositions antinucléaires.

Les générateurs de neutrons d'EDEN sont de petits accélérateurs contenus dans des tubes d'environ 1 m de long sur 20 cm de diamètre. Un système EDEN comprend deux générateurs, l'un produisant des neutrons de faible énergie pour le premier niveau de tri, l'autre des neutrons de grande énergie pour le second niveau. Dans le premier générateur, des ions de deutérium (un isotope de l'hydrogène, qui comprend un neutron de plus que l'hydrogène ordinaire) sont accélérés et vont heurter une cible, également de deutérium. La réaction nucléaire deutérium + deutérium produit un noyau d'hélium 3 et un neutron d'énergie 2,5 MeV. Ces neutrons sont ensuite ralentis dans une enceinte en polyéthylène, jusqu'à atteindre 25 milli-électronvolts (soit une réduction d'un facteur cent millions de leur énergie de départ). Alors le principe de ce premier tri est identique à celui du TNA : bagages défilant dans le bain de neutrons thermiques, capture de ces neutrons par leurs noyaux des bagages, excitation de ces noyaux et désexcitation par émission de photons gamma, détection de ces gamma par une batterie de détecteurs à scintillation qui permettent une bonne localisation d'un éventuel signal suspect, analyse des signaux pour repérer les fortes densités en azote. Concrètement, ce premier poste se présentera comme une casemate de 5 m de long sur 2 ou 3 m de large et de haut.

A ce stade, théoriquement un faible pourcentage

de bagages aura déclenché une fausse alarme. Ces bagages seront alors acheminés automatiquement vers le second poste de tri. La source de neutrons utilisée dans cette deuxième phase n'est plus la réaction deutérium sur deutérium, mais celle d'ions deutérium sur une cible de tritium (un autre isotope radioactif de l'hydrogène avec deux neutrons) : on produit ainsi un noyau d'hélium 4 et un neutron très rapide de 14 MeV (énergie que n'atteignent pas les neutrons du californium).

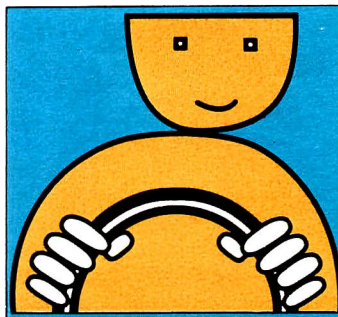
Les bagages douteux sont disposés de telle sorte que le faisceau de ces neutrons rapides frappe précisément la zone jugée suspecte lors du premier tri. Les neutrons de cette énergie étant très pénétrants, il est impossible de dissimuler quoi que ce soit. Contrairement aux neutrons thermiques, ils ne sont pas capturés, mais ressortent du noyau en y laissant une partie de leur énergie : on appelle ce phénomène la diffusion inélastique (*voir encadré p. 105*). Les noyaux ainsi excités perdent leur énergie par émission de photons gamma, comme avec des neutrons thermiques. Mais si le principe est le même, ces photons de diffusion inélastique permettent une analyse beaucoup plus précise que les photons de capture.

Alors qu'on ne prend en compte que l'azote et d'autres constituants caractéristiques lors du premier tri, dans la seconde étape on peut mesurer aussi la quantité et la densité de carbone, d'oxygène ou d'autres éléments. Or, la proportion d'oxygène (O) par rapport à l'azote (N), plus la densité, permet d'identifier sans ambiguïté un explosif. (Le radical NO_2 , on l'a vu, se trouve en grande quantité dans les explosifs ; la présence d'oxygène permet la combustion interne très brusque sans qu'il soit besoin d'emprunter l'oxygène à l'air extérieur). Du début à la fin, aucune présence humaine n'est nécessaire, sinon pour s'assurer que tout va bien par écran interposé. Une alarme se déclenche lorsqu'un bagage est refusé par la double inspection : il est alors pris en charge par les services de police, pour d'autres examens.

Tout cela suppose une informatique très lourde, qui, à partir des informations données par les détecteurs, calcule, analyse et effectue les tris nécessaires en fonction du programme qu'on a introduit. Potentiellement, les photons de diffusion inélastique détectés permettent une analyse très précise de la composition des objets : seul le temps de calcul limite cette possibilité, et on se contentera généralement d'une détection de la présence ou non d'explosifs. Mais on peut, en modifiant le programme, changer les critères de tri et pousser l'analyse en ralentissant le débit des bagages. La SODERN travaille par ailleurs, en collaboration avec la police, à un détecteur mobile capable d'identifier un colis isolé. Programmé à cet effet, EDEN pourrait, par exemple, détecter des drogues dans les bagages.

(suite du texte page 164)

DÉPANNE, DÉFENDU, ASSISTÉ, SÉCURISÉ,
INFORMÉ...TOUT POUR ÊTRE HEUREUX, 24 HEURES SUR 24.
AVEC L'AUTOMOBILE CLUB, 3.500.000 AUTOMOBILISTES SE
PROTÈGENT ET S'ENTRAIDENT.



Une entr'aide puissante et efficace.
Des interventions toutes les fois que c'est
nécessaire : pannes, litiges, contraventions....

Une protection permanente contre
toutes les agressions qui assaillent les
automobilistes. Des services au meilleur prix.

créés et mis au point par les automobilistes
eux- mêmes, parfaitement adaptés à leur vie
et à leurs besoins.

RENSEIGNEMENTS : (1) 42.27.82.00



L'Automobile Club

EN TOUTE CONFIANCE

Je voudrais tout savoir sur l'Automobile Club et ses
différentes formules de protection.

NOM, PRÉNOM

ADRESSE

VILLE

TÉLÉPHONE

SV

BON A REMPLIR ET A ENVOYER

9, rue Anatole de la Forge - 75017 Paris

MOTEUR PROPRE* : ON REMET ÇA !

On croyait le problème réglé avec le pot catalytique. Pas du tout ! Voilà qu'il se révèle gaspilleur d'énergie et antiécologique. Il faut donc trouver autre chose. En France, on va consacrer plus d'un milliard de francs à cette recherche.

Le moteur "propre" est déjà dans la rue — du moins si l'on donne à l'adjectif "propre" le sens restreint de "conforme au règlement". Sous la pression des législateurs, les ingénieurs sont en effet parvenus à réduire de 90 % les émissions nocives (dans des conditions idéales de laboratoire), et ainsi à respecter les normes d'ores et déjà en vigueur aux Etats-Unis et au Japon, et qui seront applicables en Europe dès 1992. Pour le moteur Diesel, la mise en conformité n'a pas été trop difficile ; pour le moteur à essence, il a fallu recourir à un système auxiliaire : un catalyseur dit "trois voies", chargé à la fois d'oxyder les hydrocarbures imbrûlés (HC), de transformer l'oxyde de carbone (CO) en dioxyde de carbone (CO₂) et de réduire les oxydes d'azote (NOx). De la sorte, la combustion, imparfaite dans le moteur, se poursuit à sa sortie, le but recherché étant de ne relâcher dans l'atmosphère que des produits "inoffensifs" (gaz carbonique, azote, vapeur d'eau).

A y regarder de plus près, cependant, les moyens applicables pour atteindre cette "propreté" ne sont satisfaisants ni pour l'esprit, ni pour le portefeuille, ni pour l'environnement. Expliquons-nous.

Le catalyseur a un ennemi mortel : le plomb, qui l'empoisonne et le rend inopérant. Aussi est-il impératif, avec un pot catalytique, d'utiliser de l'essence sans plomb. Mais enlever le plomb d'un carburant, c'est rendre celui-ci beaucoup moins performant. En effet, le plomb est le moyen le plus efficace et le moins onéreux que l'on ait trouvé pour élever l'indice d'octane, c'est-à-dire pour augmenter la capacité d'un carburant à se laisser comprimer sans que se produise une explosion spontanée. Plus l'indice d'octane est élevé, plus le taux de compression et la vitesse de rotation peuvent être impor-

tants, et meilleur est le rendement. Or, + 1% sur le rendement, c'est - 1% sur la consommation.

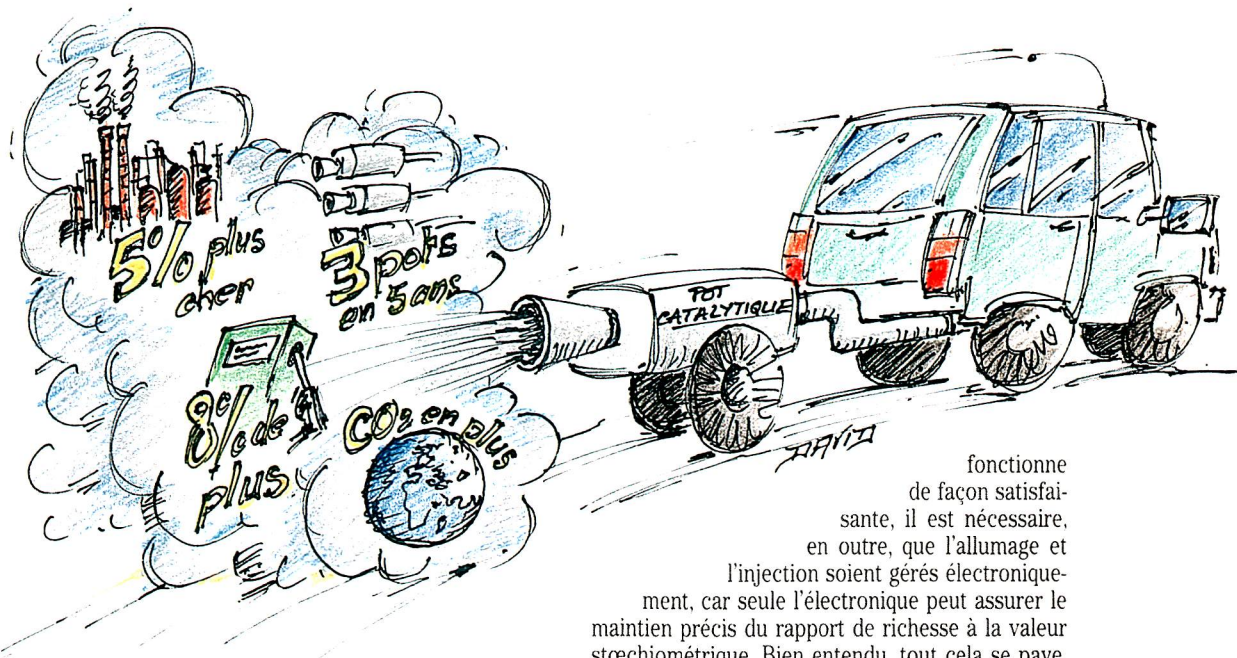
A contrario, diminuer de 1 point l'indice d'octane, c'est perdre 1% de rendement, et donc accroître de 1% la consommation. Le super plombé a un indice d'octane de 98, l'Eurosuper sans plomb un indice de 95. Il faut donc, pour un besoin identique, consommer plus d'Eurosuper que de super.

Mais ce n'est pas tout : pour obtenir cet indice d'octane de 95 sans adjonction de sels de plomb, les pétroliers sont obligés de modifier leurs procédés de raffinage et d'utiliser plus de produits bruts. Ainsi, le pot catalytique entraîne un double gaspillage, puisqu'il faut plus de matière première (payable en devises, de surcroît) pour produire une essence qui sera consommée en plus grande quantité.

Toujours au chapitre du gaspillage, il convient d'ajouter celui qui provient du mode de fonctionnement du moteur "propre". En théorie, il faut 14,6 g d'air pour brûler un gramme d'essence, soit à peu près 10 000 litres d'air pour 1 litre d'essence. Cette proportion, dénommée "richesse 1" ou "rapport stœchiométrique" (la stœchiométrie est l'étude des proportions suivant lesquelles les corps chimiques réagissent), s'explique par le fait que l'air contient 79 % d'azote, un gaz qui n'intervient pas dans la combustion. Cependant, depuis bien longtemps déjà, on a essayé d'abaisser ce rapport, autrement dit d'appauvrir le mélange, cela pour économiser l'essence et, du même coup, diminuer la pollution. Car il n'est pas besoin d'être grand clerc pour comprendre que moins on consomme, moins on émet de gaz, donc de polluants.

Bref, on sait aujourd'hui faire marcher des moteurs dans le rapport 18 grammes d'air pour 1 gram-

* Il s'agit, ici, du moteur thermique. Le moteur électrique, non polluant, a été traité dans notre n° 870.



me d'essence. Peugeot a même présenté un moteur expérimental, dit "à mélange très pauvre", fonctionnant parfaitement avec 22 grammes d'air pour un gramme d'essence, ce qui représente une économie de carburant de 12 % sur route et de 17 % en ville. Malheureusement, cette petite merveille ne satisfait pas tout à fait aux normes édictées : si les émissions de CO ne dépassent pas 20 grammes et sont donc inférieures à la limite prescrite (25 g), celles d'hydrocarbures imbrûlés et d'oxydes d'azote sont en revanche un tantinet supérieures au maximum autorisé, puisqu'elles avoisinent les 7 g, alors qu'elles ne devraient pas excéder 6,5 g. En conséquence, pour respecter la loi, il faut obligatoirement en passer par le catalyseur. Or, pour que ce dernier soit efficace, il est indispensable que le mélange air-essence soit rigoureusement équilibré et maintenu à la richesse 1. D'où, encore une fois, un gaspillage de carburant.

Enfin, autre inconvénient, et non le moindre, le catalyseur constitue un obstacle sur le circuit d'évacuation des gaz : il freine leur écoulement, perturbe la "respiration" du moteur et pénalise son rendement.

Le pot coûte plus cher à l'automobiliste et aux finances nationales. Au total, l'emploi d'essence sans plomb, l'obligation de maintenir la richesse 1 et l'effet contrariant du pot catalytique entraînent, à rendement égal, un surcroît de consommation de l'ordre de 10 %. Donc, pour l'automobiliste, un supplément de dépenses de même niveau. A quoi il faut ajouter le surcoût du pot en question et des adaptations qu'il nécessite. Le catalyseur fait appel à une technique élaborée et à des produits onéreux : substrat en céramique imprégné de 3 ou 4 grammes de métaux précieux (platine et palladium pour l'oxydation ; rhodium pour la réduction). Pour qu'il

fonctionne de façon satisfaisante, il est nécessaire, en outre, que l'allumage et l'injection soient gérés électroniquement, car seule l'électronique peut assurer le maintien précis du rapport de richesse à la valeur stœchiométrique. Bien entendu, tout cela se paye, si bien que la voiture "catalysée" coûte environ 10 % de plus que le modèle conventionnel. Encore ne s'agit-il là que d'une moyenne, car, l'investissement étant le même quelle que soit la catégorie du véhicule, une petite voiture subira, proportionnellement, une majoration plus forte qu'une voiture de grosse cylindrée.

Ce surcoût n'est pas seulement une charge supplémentaire pour le client, il est aussi un poids pour les finances nationales. La France, en effet, n'a pas la maîtrise des pots catalytiques ni des appareillages électroniques de contrôle et de gestion : il faut donc les importer. D'où un préjudice pour la balance commerciale estimé à 3 milliards de francs.

Tous ces sacrifices pourraient à la rigueur être consentis si l'on était absolument sûr du résultat. Or, ce n'est pas le cas. Actuellement, la durée de vie d'un pot catalytique se situe autour de 60 000 kilomètres. Au-delà, il ne remplit plus son rôle et doit être remplacé, moyennant quelque 5 000 francs. Mais ce cycle peut être singulièrement raccourci, soit par une imprudence (plein accidentel avec de l'essence plombée), soit par un défaut de fonctionnement du moteur (ratés d'allumage qui engendrent des pointes de température de 1 000° C et détériorent les constituants, par exemple). Le plus grave, cependant, c'est que ledit pot ne prévient pas d'un dysfonctionnement éventuel : l'usager peut polluer à son insu alors qu'il se croit parfaitement en règle.

Par ailleurs, le pot catalytique ne remplit parfaitement son rôle que lorsqu'il est porté à 300° C, c'est-à-dire lorsque le moteur a lui-même atteint sa température idéale de fonctionnement. Or, la moitié des trajets effectués par les usagers sont inférieurs à 3 km : ils se font donc le plus souvent moteur froid, avec une consommation deux fois plus importante qu'à chaud, et sans que les gaz puissent

être épurés puisque, insuffisamment réchauffé, le catalyseur est inopérant. En somme, c'est au moment où l'on en a le plus besoin que le système d'épuration est défaillant. Circonstance aggravante : ces trajets réduits sont généralement accomplis en milieu urbain, c'est-à-dire dans des zones où la lutte contre la pollution devrait être exemplaire.

Enfin, la réglementation elle-même n'est pas une garantie de "propreté". Que dit-elle en effet ? Qu'à partir de 1992 toutes les voitures neuves devront se soumettre à un test d'homologation sur un banc à rouleaux. Ce test, simulant une utilisation en ville, consiste en un parcours fictif de 4,052 km, accompli en 195 secondes, avec 31 % du temps à l'arrêt (moteur tournant au ralenti), le trajet proprement dit s'effectuant à la moyenne de 18,7 km/h (27,01 km/h arrêts déduits), sans que jamais la vitesse excède 50 km/h. Les émissions nocives sont recueillies tout au long de l'épreuve et pesées en fin de parcours. Elles ne doivent pas dépasser 25 grammes pour les oxydes de carbone et 6,5 g pour les oxydes d'azote et les hydrocarbures imbrûlés cumulés.

En ce qui concerne les moteurs Diesel, les normes sont les mêmes, mais elles sont assorties d'une contrainte supplémentaire : ils ne doivent pas émettre plus de 0,8 g de particules (suies). Ultérieurement, un autre test sera imposé, qui simulera une utilisation extra-urbaine, avec une pointe de vitesse à 120 km/h.

Cela dit, comment être assuré qu'un moteur "propre" à moins de 30 km/h l'est également à plus

de 180 km/h, sur une autoroute allemande ? Car, contrairement à ce que pensent certains écologistes, il ne suffit pas d'édicter des normes pour résoudre un problème.

La meilleure preuve en est que, au plan purement écologiste, le pot catalytique est loin d'apporter la solution idéale. En effet, en transformant les oxydes de carbone en gaz carbonique, il contribue à aggraver notablement l'effet de serre, un mal dénoncé depuis longtemps par les verts.

A la recherche d'un meilleur moteur pauvre.

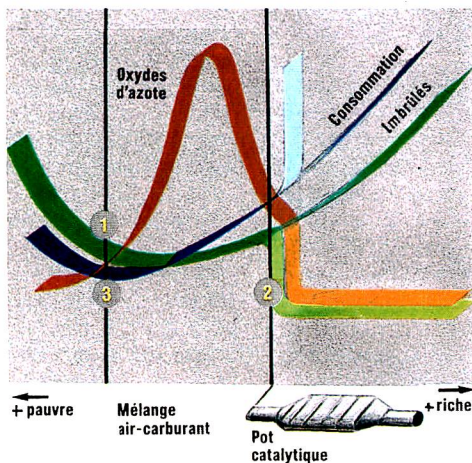
Tout compte fait, le bilan du catalyseur se révèle si médiocre que la recherche d'autres solutions apparaît plus que jamais nécessaire. C'est pourquoi vient de se créer en France un groupement d'intérêt économique (GIE) associant PSA, Renault et l'Etat (par le biais d'organismes publics comme le CEA, le CNRS, les universités, l'Institut français du pétrole, etc.), et dont l'objectif est d'explorer les différentes voies menant à un moteur véritablement "propre". Programme extrêmement ambitieux puisqu'il est prévu d'y consacrer 1,2 milliard de francs en huit ans, soit trois fois plus qu'au cours de la dernière décennie. En se lançant dans ces recherches, notre

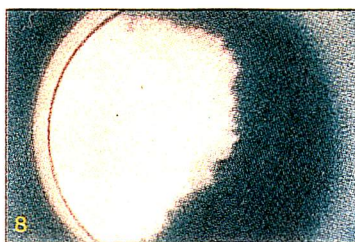
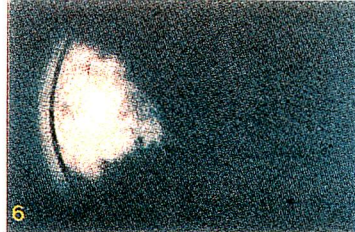
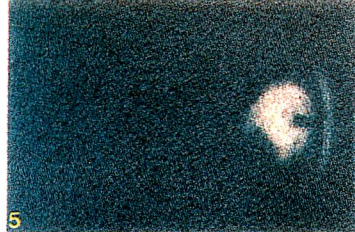
pays ne choisit pas de se singulariser : il ne fait que suivre un mouvement général, où la concurrence le dispute à la coopération pour la conquête de débouchés aléatoires.

Dans un premier temps, c'est encore le moteur conventionnel qui mobilisera le plus de matière grise et d'argent. Le GIE envisage en effet d'affecter 500 millions de francs aux seuls moteurs à essence et Diesel. Certes, ceux-ci étant l'aboutissement de cent années d'expérience, les progrès

LE POT CATALYTIQUE : UN MAL POUR L'INSTANT NECESSAIRE

Aujourd'hui, les moteurs capables de fonctionner avec un mélange pauvre (moins d'essence dans le rapport air-essence), donc intéressants économiquement, ont des niveaux d'émission de polluants (1) un peu plus élevés que les normes actuelles (2), auxquels seul le pot catalytique permet de se conformer. Seulement, pour fonctionner normalement, ce pot implique que l'on utilise un mélange normal, donc plus riche. Demain, on arrivera peut-être (on y travaille) à construire des moteurs pauvres (3) avec des niveaux de pollution aussi bas que ceux des pots catalytiques, et donc de faire l'économie de ces derniers et de leur voracité en carburant.





L'ORDINATEUR PROPOSE ET LA CAMERA DISPOSE

Grâce à la puissance de calcul des très gros ordinateurs Cray et à l'imagerie de synthèse, on arrive à étudier la propagation de l'embrasement du mélange air-essence dans la chambre de combustion (1-2-3-4). Pour valider les solutions, on construit des prototypes transparents avec les diverses formes de chambre de combustion retenues, et on entreprend une vérification rigoureuse avec des caméras tournant à 20 000 images/seconde (5-6-7-8).

à attendre ne sont plus considérables, mais on dispose aujourd'hui de moyens d'investigation et de calcul beaucoup plus puissants et précis, qui vont sans doute permettre une analyse plus fine des réalités physiques et rendre possibles de nouvelles améliorations tant du point de vue du rendement énergétique que des émissions polluantes.

Ces études impliquant des programmes fort complexes, avec plusieurs variables et un très grand nombre de degrés de liberté pour modéliser la combustion, la thermique, la cinétique et la composition des gaz, seuls des moyens informatiques très performants pourront en venir à bout. Les constructeurs automobiles disposent bien de supercalculateurs CRAY, mais c'est le plan de charge de ces machines qui pose un problème : il ne saurait être question de les monopoliser plusieurs heures par jour, au détriment des autres besoins de l'entreprise. C'est donc pendant la nuit ou au cours des week-ends qu'ils seront utilisés.

Présentés sous forme d'images de synthèse, les résultats des calculs seront relativement faciles à interpréter. En revanche, leur vérification expérimentale fera elle aussi appel à des techniques complexes et onéreuses. Par exemple, grâce à des dessus de piston en quartz capables de résister à une température de 2 000° C, on filmara la combustion à 14 000 images/seconde. Ou bien, au moyen de "trains" de fibres optiques, on analysera la propagation d'un front de flamme, etc.

En alliant les calculs à l'expérimentation, il sera certainement possible d'apporter de multiples petites corrections qui, par effet de cascade, entraîneront une réelle amélioration. Cela peut aller de la forme de la chambre de combustion au dessin de la face supérieure du piston ; d'un choix plus judicieux de l'emplacement de la bougie à une meilleure programmation de l'ouverture des soupapes ; d'une nouvelle orientation du jet d'injection à un diagramme de distribution variable en fonction du régime ou de la charge. Avec, au bout du compte, l'espoir de mieux épurer à la source pour alléger les dispositifs de traitement à l'échappement, en dimi-

nuer le prix et en renforcer la fiabilité. L'espoir aussi d'en revenir à une saine logique liant la baisse de la pollution à une baisse de la consommation, par abandon de la richesse stœchiométrique au profit du mélange pauvre. L'espoir enfin d'éliminer les surcoûts imposés au consommateur et les déséquilibres infligés à la balance commerciale.

Il n'y a pas grand-chose à attendre, en revanche, d'une utilisation plus large des céramiques. Leur principal intérêt est de réduire les pertes par frottements ; mais, en tant que bouclier thermique, elles n'ont qu'une incidence limitée sur le rendement : la chaleur qu'elles gardent prisonnière est moins transformée en travail qu'évacuée en pure perte à l'échappement. Limitées également, les perspectives du moteur rotatif. La forme de sa chambre de combustion n'est pas remodelable ; or, elle est inadaptée du double point de vue de la consommation et de la pollution. De plus, son étanchéité est difficile à préserver.

Pour en terminer avec les moteurs conventionnels, disons que leur "propreté" passe aussi par les pétroliers. Récemment, ils ont vanté les qualités détergentes de leur essence sans plomb : à les en croire, avec elle, les réglages des moteurs, optimaux à l'origine, ne risquaient plus de se dégrader sous l'effet de l'encrassement. Mais à vrai dire, sous le couvert d'un progrès technique, il s'agissait avant tout d'un argument publicitaire. Maintenant, il va leur falloir faire du concret. Renault et PSA ont en effet établi un cahier des charges commun, précisant leurs exigences : élimination de toute trace résiduelle de plomb et de silicium ; moindre volatilité, etc. Idem pour le gazole : respect plus soigneux du niveau de l'indice de cétane et bannissement du soufre, qui est un obstacle à l'adoption de catalyseurs légers sur les moteurs Diesel. Car, avec le diesel, qui est par nature peu gourmand en carburant (25 % de moins qu'un moteur à essence) et peu "salissant" (il ne pollue pas plus qu'un moteur à essence catalysé), un simple catalyseur d'oxydation permet de diviser par deux les émissions d'oxyde de carbone et d'hydrocarbures imbrûlés, et de dimi-

nuer de 35 % les rejets de suies... à condition du moins que le gazole ne contienne pas de soufre. Sinon, le catalyseur produit des sulfates et de l'acide sulfurique.

Retour au moteur deux-temps ? Dans cette quête de la "propreté", l'une des possibilités est, à moyen terme, le moteur deux-temps revu et corrigé. Il figure en tout cas au programme de recherches du GIE. Un deux-temps fonctionne selon le même principe qu'un quatre-temps, mais les quatre phases du cycle (admission, compression, détente et échappement) se déroulent sur un seul aller et retour du piston, au lieu de deux. Admission et échappement sont commandés par le mouvement alternatif du piston, qui, dans sa course, obture ou découvre des "lumières" (orifices). Le deux-temps n'a donc pas besoin de soupapes, ni d'arbre à cames, ni de dispositif de distribution. De ce fait, il est plus compact, plus léger, plus simple et moins cher que le quatre-temps. Avec un demi-tour moteur par tour de vilebrequin, son rendement énergétique est plus élevé (et, par conséquent, sa consommation plus faible) ; son alimentation est également meilleure aux faibles charges (quand l'accélérateur est peu sollicité).

Mais le deux-temps a un gros défaut, provenant du fait que le remplissage du cylindre en gaz frais (un mélange air-carburant) s'effectue au même moment que l'éjection des gaz brûlés. De sorte qu'une partie des premiers s'en va directement par l'échappement, et qu'une fraction des seconds demeure dans le cylindre. D'où un gâchis de mélange carburé et un surcroît de pollution. Par ailleurs, comme le mélange air-essence passe par le carter avant de pénétrer dans le cylindre, il a fallu ôter dudit carter l'huile qui assure la lubrification du vilebrequin et l'incorporer à l'essence, afin qu'elle remplisse tout de même sa mission. De ce fait, le deux-temps brûle aussi un peu d'huile, ce qui est une autre cause de pollution. Enfin, quelques problèmes acoustiques sont également à reconsidérer.

Pour supprimer la perte de mélange frais par la lumière d'échappement et, partant, réduire la consommation, on s'oriente vers l'injection électronique. Ainsi, le remplissage du cylindre peut s'effectuer uniquement avec de l'air, et le carburant n'est introduit que lorsque toutes les lumières sont obturées. De plus, on espère apporter diverses améliorations grâce, là encore, au concours des moyens modernes de calcul et d'analyse. Pour ce qui est des émissions, on estime à l'heure actuelle qu'un dispositif de post-traitement devra être conservé, ne serait-ce que pour oxyder les hydrocarbures imbrûlés et les oxydes de carbone. En revanche, on escompte un très faible taux d'oxydes d'azote, en raison surtout de la présence dans le cylindre d'un reliquat de gaz consommés au cours du cycle précédent, et de l'abaissement de température qui en découle (ce

sont précisément les hautes températures qui sont génératrices d'oxydes d'azote).

Jusqu'ici, PSA et Renault exploraient deux formules différentes : injection indirecte assistée par air comprimé (avec une soupape) pour PSA ; injection directe et lumières traditionnelles pour Renault. Les deux groupes, dans le cadre du GIE, vont désormais travailler ensemble et échanger leurs résultats.

Les deux-temps expérimentaux sont généralement des 3-cylindres de 1 400 cm³ et de 100 ch, équivalents en performances à des quatre-temps 1 600 cm³ beaucoup plus encombrants. A l'heure actuelle, c'est le moteur "Orbital" mis au point par l'Australien Ralph Sarich qui est le plus avancé. Il s'agit d'un trois-cylindres de 1,2 litre de cylindrée, dont Ford et General Motors ont acquis la licence.

General Motors, cependant, s'emploie à développer son propre modèle, avec injection électronique, tout comme Chrysler, qui travaille avec Mercury Marine. Toyota, pour sa part, a déjà présenté des deux-temps essence et Diesel qui utilisent des soupapes conventionnelles. Mais cette formule semble peu attrayante dans la mesure où elle exige une ouverture et une fermeture de chaque soupape (il y en a quatre par cylindre) à chaque tour de moteur, et non un tour moteur sur deux comme dans un quatre-temps, ce qui non seulement limite les possibilités de hauts régimes, mais supprime aussi les avantages apportés par la simplicité mécanique des deux-temps. Les Japonais cependant n'ont pas dit leur dernier mot : Subaru est dans la course avec un moteur à lumières, et des firmes comme Suzuki, Yamaha ou Kawasaki ont déjà acquis une sérieuse expérience avec leurs motos.

Autre alternative, mais à plus long terme, au moteur conventionnel : la turbine. Renault, Chrysler, General Motors et Rover, pour ne citer qu'eux, avaient déjà proposé, dans les années 50 et 60, des solutions concrètes, mais aucune n'a abouti sous le capot d'une automobile de série. Parce que, à l'époque, les turbines étaient de



simples adaptations des turbines aéronautiques, fonctionnant à régime fixe et sans souci de la dépense énergétique. Aujourd'hui, une meilleure connaissance de la technique et une plus grande maîtrise des matériaux en relancent l'intérêt.

Le rendement d'une turbine est étroitement lié à la température des gaz d'admission. Aussi toute turbine automobile doit-elle nécessairement être complétée par un échangeur. Celui-ci se présente sous la forme d'un disque de céramique en nid d'abeille, à travers lequel sont évacués les gaz d'échappement, et qui cède en tournant la chaleur qu'il emmagasine à l'air entrant.

Si les premières turbines à usage automobile, faites en acier, ne supportaient pas une température supérieure à 900° C, on espère aujourd'hui, avec des aubages en céramique (nitrure de silicium), pouvoir atteindre les 1 350° C. En outre, l'adoption de diffuseurs variables à l'admission permettra sans doute de mieux moduler le régime et de l'adapter aux besoins du véhicule. Tout compte fait, on pourrait obtenir un rendement analogue à celui d'un moteur Diesel, c'est-à-dire de l'ordre de 40 %.

Au plan de la "propreté", une turbine est naturellement quatre fois moins polluante qu'un moteur à essence catalysé. Cela en raison de la combustion continue, qui laisse peu de "déchets" (faible taux d'hydrocarbures imbrûlés et de particules ; contrôle aisé des oxydes d'azote). De plus, toujours du point de vue de la "propreté", la turbine a l'énorme avantage de s'accommoder des combustibles les plus divers. Elle peut très bien fonctionner avec, par exemple, un gazole pauvre en indice de cétane, à condition qu'il soit d'une pureté absolue. Car la pureté est primordiale pour la tenue mécanique des ailettes. Toute trace de soufre, notamment, doit être bannie.

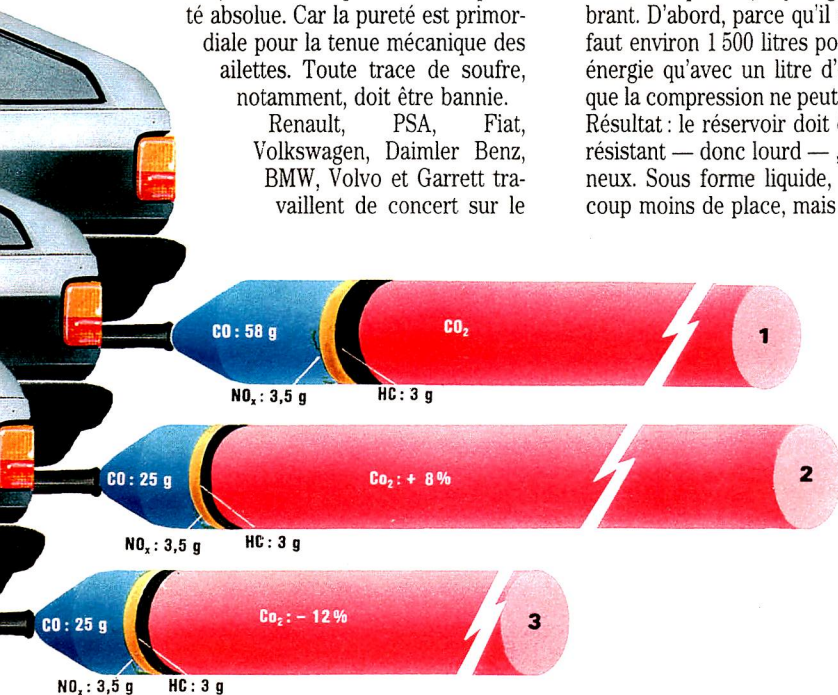
Renault, PSA, Fiat, Volkswagen, Daimler Benz, BMW, Volvo et Garrett travaillent de concert sur le

projet de turbine "Agata", qui a reçu le label Eureka. Le budget de l'opération s'élève à 240 millions de francs, et l'objectif est de présenter un prototype roulant dans six ans. Pour les spécialistes, précisons qu'il s'agit d'un moteur-turbine de 136 ch, avec deux arbres, un compresseur centrifuge, un générateur de gaz axial et une turbine de puissance radiale couplée à une transmission automatique conventionnelle. Le point le plus délicat sera d'éviter toute perte excessive de rendement lors du transfert aux roues du mouvement de la turbine : sur un moteur classique, on réduit la rotation de 6 000 à 1 500 tours/minute, soit dans un rapport de 4 à 1 ; là, il faudra la réduire de 80 000 à 1 500 t/m, soit dans un rapport de 50 à 1 !

L'hydrogène serait un carburant idéal pour cette turbine, comme du reste il pourrait l'être pour tout moteur conventionnel. Très énergétique (28 700 kcal/kg), s'enflammant facilement, même en mélange très pauvre, il est certainement le combustible le plus "écologique", car il ne contient pas de carbone et ne dégage en brûlant que de la vapeur d'eau et des oxydes d'azote.

Malheureusement, beaucoup de problèmes restent à résoudre concernant sa production, sa distribution et son stockage. Pour la production, il faudrait faire le bilan économique de l'électrolyse de l'eau pendant les heures creuses des centrales nucléaires. Certes, une telle activité pourrait réguler le plan de charge de ces centrales, mais le prix de revient de l'hydrogène sera-t-il intéressant ?

Pour la distribution et le stockage, aucune solution ne donne encore satisfaction. Même sous forme comprimée, l'hydrogène reste un gaz encombrant. D'abord, parce qu'il est très léger et qu'il en faut environ 1 500 litres pour disposer de la même énergie qu'avec un litre d'essence. Ensuite, parce que la compression ne peut guère excéder 200 bars. Résultat : le réservoir doit être non seulement très résistant — donc lourd —, mais aussi très volumineux. Sous forme liquide, l'hydrogène tient beaucoup moins de place, mais il faut alors abaisser sa



LE MOTEUR PAUVRE RICHE DE PROMESSES

Si le pot catalytique diminue la quantité des polluants reconnus (CO, HC et NO_x), il augmente en revanche la consommation de 8 % (2) par rapport à celle d'une voiture non équipée (1), et donc d'autant le volume des gaz d'échappement, d'où plus de CO₂ et une aggravation de l'effet de serre. L'idéal est d'en arriver au moteur pauvre (3), qui n'émettrait pas plus de polluants, tout en réduisant 20 % de gaz en moins.

température jusqu'à -153°C , c'est-à-dire dépenser une grande quantité d'énergie. Il faut ensuite le conserver dans une enceinte à double paroi, avec vide interposé. Mais, même dans ces conditions, on ne peut éviter l'évaporation (environ 3 % par jour). Enfin, l'hydrogène est dangereux : il peut détoner spontanément en présence d'air, même si son abondance ne représente que 10 % du rapport de richesse idéal.

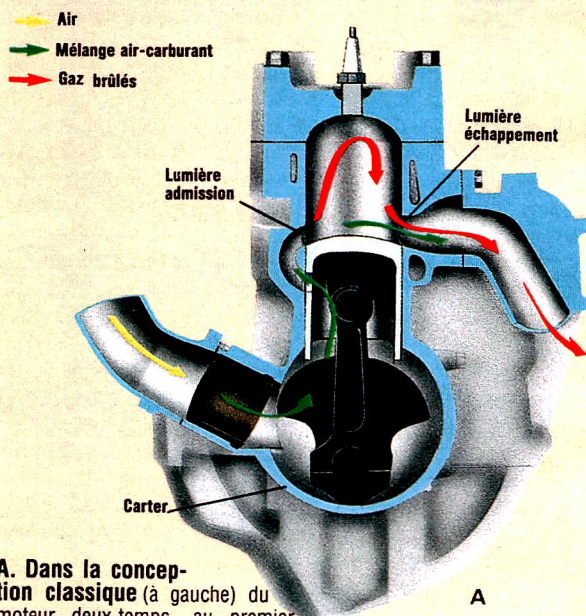
Reste la formule du stockage sous forme combinée. Un composé toluène-hydrogène, par exemple, libère l'hydrogène si on le chauffe. Mais il faudrait une tonne de toluène pour emmagasiner l'hydrogène nécessaire à un parcours de 200 kilomètres ! Quant aux hydrures, des composés métalliques (billes de fer-titane ou de magnésium-nickel) qui piègent dans leurs mailles les atomes d'hydrogène et les relâchent en changeant de température, ils sont sans doute plus "absorbants", mais il en faut tout de même 50 kg pour stocker 1 kg d'hydrogène. Ils représentent pour le moment la solution la plus sûre, mais le rapport poids du contenant/poids du contenu est encore loin d'égaliser celui d'un réservoir et d'un carburant conventionnels.

En attendant que l'on trouve mieux, le GIE a prévu d'explorer d'autres carburants de substitution tels que les alcools, le gaz (naturel ou de pétrole) et les huiles. Leur principal intérêt est qu'ils peuvent alimenter des moteurs classiques, moyennant quelques adaptations.

Le méthanol est *a priori* le plus avantageux, à condition qu'on le produise à partir du gaz naturel et non du charbon. En tant que composé oxygéné, il renferme en lui-même une partie de l'oxygène nécessaire à sa combustion et il émet

15 % de gaz carbonique en moins. Ayant un indice d'octane élevé, il permet aussi de gagner en rendement, tout en étant moins polluant que l'essence (moins d'hydrocarbures imbrûlés, moins d'oxyde de carbone, mais quelques aldéhydes). Cependant, étant, à volume égal, deux fois moins énergétique que l'essence, il implique une consommation plus élevée et nécessite donc un plus gros réservoir. Toyota a fait des essais de diesel au méthanol : ils ont été satisfaisants dans la mesure où ils ont montré qu'il n'y avait pas d'émissions de particules, mais l'allumage s'est révélé difficile. Il existe bien

LES SUCCESEURS DU POT : DEUX NOUVEAUX DEUX-TEMPS...



A. Dans la conception classique (à gauche) du moteur deux-temps, au premier temps, le piston remonte en comprimant devant lui une dose de mélange air-carburant ; mais en montant ainsi, le piston aspire simultanément derrière lui une autre dose de mélange qui va dans le carter via le carburateur. Au deuxième temps, l'étincelle de la bougie se déclenche et enflamme le mélange ; la détente des gaz chassant le piston vers le bas, celui-ci découvre deux lumières dans la paroi du cylindre. L'une, côté carburateur, permet au mélange comprimé dans le carter au premier temps de remonter dans la chambre de combustion ; l'autre, côté pot d'échappement, permet aux gaz brûlés d'être évacués. Un gros inconvénient de ce moteur, c'est qu'en démasquant ainsi les deux lumières une partie du mélange frais s'échappe avec les gaz brûlés ; pendant qu'un reliquat

de ces derniers pollue le mélange frais lors de la combustion suivante. Résultat : gaspillage et rendement médiocre.

B. Dans la solution Renault (au centre), ce problème est évité en n'admettant dans le carter que de l'air. Le carburant, lui, est injecté directement dans la chambre de combustion, et seulement après que les deux lumières sont masquées par la remontée du piston.

C. Chez Peugeot aussi (à droite), on injecte le carburant et on n'admet que de l'air, mais celui-ci est réparti sur deux voies : l'une transite par la lumière d'admission ; l'autre est déviée dans un "poumon" et introduite par une soupape conventionnelle dans la chambre de combustion.

une solution, consistant à injecter un mélange gazole-méthanol pour amorcer la détonation, mais elle a l'inconvénient d'exiger deux réservoirs, un pour chaque carburant.

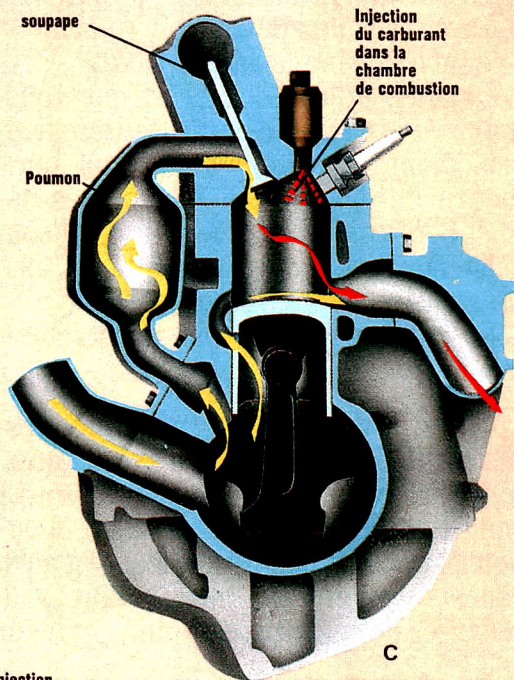
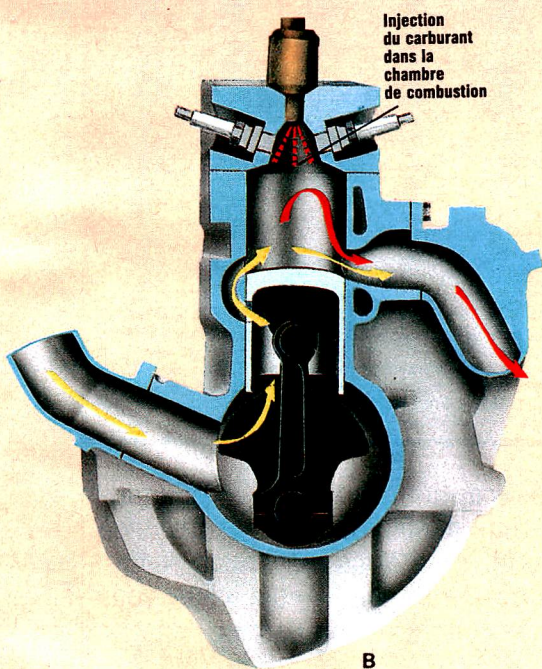
L'éthanol, issu de la filière biologique, est intéressant parce qu'il n'est pas d'origine fossile et n'accroît donc pas la teneur en gaz carbonique de la planète. Reste à le produire à un coût compétitif.

Le gaz de pétrole et le gaz naturel (comprimé ou liquéfié) réclament des réservoirs lourds, et leur avenir est étroitement lié au bon vouloir des gouvernants. Ils peuvent en effet trouver des débou-

chés, mais à condition d'être soutenus par des incitations fiscales.

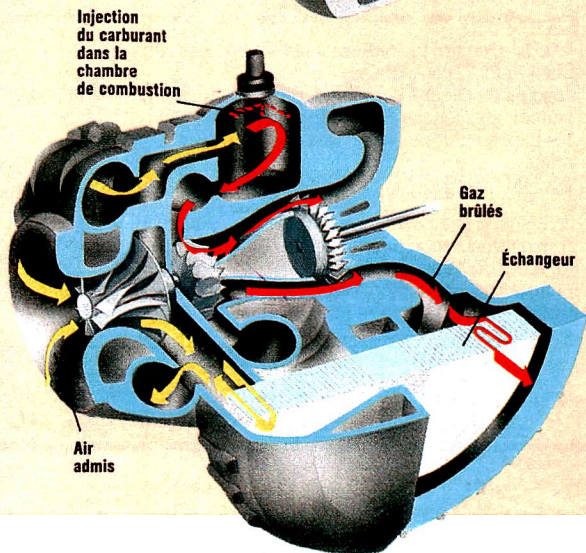
Les huiles végétales, enfin, ne peuvent être utilisées que si on les a préalablement transformées en esters, afin de limiter les résidus et d'éviter l'encrassement du moteur que produirait leur combustion directe. Là encore, on serait tenté de vanter leur innocuité pour l'effet de serre, puisqu'il ne s'agit pas d'énergies fossiles, mais, pour en juger correctement, il faudrait faire le bilan de la chaîne énergétique tout entière, de la production à l'utilisation.

Luc Augier



... ET UNE TURBINE AUX CERAMIQUES

La turbine a, par principe, un meilleur rendement que le moteur à piston. Ensuite, sa combustion continue permet un meilleur contrôle du niveau des émissions. Enfin, elle est polycarburant. Son rendement étant d'autant meilleur que les gaz admis sont chauds, sur une automobile ceux-ci sont préchauffés par échange de température avec les gaz brûlés. Pour cela, des échangeurs tournants en céramique à nid d'abeille sont traversés d'avant en arrière par les gaz d'échappement, et d'arrière en avant par les gaz frais avant combustion. Pour mieux résister aux températures auxquelles elles sont soumises, les ailettes de la turbine sont elles aussi en céramique, ce qui leur permet de tolérer 1 350° C (au lieu de 900° C pour l'acier)



PARRAINER UN ENFANT EN DETRESSE...

...UN COUP DE CŒUR QUI TRANSFORMERA VOTRE VIE!

En parrainant un enfant en détresse avec Parrains de l'Espoir vous mettez fin à une implacable misère.

Le soutien efficace et direct que vous apporterez à cet enfant lui assurera non seulement **la formation** qui lui permettra de devenir indépendant, **mais aussi** les moyens nécessaires à son existence selon ses besoins (p. ex.: **nourriture, soins, vêtements**).

Tout cela pour 150-F par mois seulement.

Alors, n'attendez pas! Comme des milliers de personnes avant vous,

renvoyez le bon à découper ci-dessous. Dès réception, nous vous ferons parvenir le dossier complet de votre filleul(e). Vous découvrirez son visage, son nom, son âge, son adresse, les raisons de sa détresse. Vous recevrez des nouvelles régulières de votre enfant. Vous partagerez son espoir, vous vous réjouirez de ses progrès. Vous apprendrez à le connaître et à l'aimer.



Mme Véronique Ohse-Vercey de Strasbourg est allée voir sa filleule, la petite De Na, 7 ans (ci-dessus avec sa marraine) qui vit dans un camp de réfugiés Karens en Thaïlande. A son retour elle a fait les déclarations suivantes dans un article paru dans la presse: «InterAid - Parrains de l'Espoir fait du travail très efficace. Les gens n'ont rien et l'aide est indispensable.»

☐ **OUI**, je désire parrainer un enfant en détresse

☐ en Asie ☐ en Afrique.

Je joins un chèque de 150 F à l'ordre de InterAid - Parrains de l'Espoir correspondant à mon premier mois de parrainage.

Veuillez me faire parvenir son dossier complet comportant sa photo.

☐ Envoyez-moi une documentation complète sur Parrains de l'Espoir.

☐ Je ne peux pas parrainer un enfant en ce moment, mais je vous prie d'utiliser mon don ci-joint de ☐ 50 F ☐ 100 F ☐ 200 F ☐ 300 F ☐ autre _____ F

pour porter assistance à un enfant en détresse, en espérant qu'il trouve rapidement un parrain.

Nom et prénom _____

Adresse _____

Code Postal _____ Ville _____

Tél. _____

**PARRAINS
DE
L'ESPOIR**
Organisme Humanitaire fondé en 1978

9, rue du Bon Voisin
67400 ILLKIRCH
Tél. **88.66.07.82**

CCP Strasbourg 1896-15 N
BP Strasbourg 01/19/3220151.

NTC

Nous remercions ce journal pour son soutien.

ECHOS DE L'INDUSTRIE

Science & Vie au "Paris-air-trophée"

« Avec un millier d'appareils déjà construits, de l'avion à l'autogyre, la France arrive en deuxième position, après les Etats-Unis, dans la construction aéronautique d'amateur. Le nombre annuel d'immatriculations d'avions légers construits par des amateurs en France est de soixante-dix pour l'année 1989, et supérieur à celui des immatriculations d'avions légers industriels », relève Gérard Feldzer, l'animateur de l'Association Jonathan.

Cette association, depuis une dizaine d'années, a pour but de rendre l'aviation de plaisance accessible au plus grand nombre ; elle organise d'ailleurs des manifestations "Paris-Air-Folies" réservées aux avions d'amateurs à l'hippodrome de Vincennes.

Le "Paris-Air-Trophée", lui, se tiendra à l'aéroport du Bourget, du 21 au 24 juin prochain. Avec un forum GIFAS pour les jeunes sur les carrières aéronautiques et spatiales, des colloques, des expositions, des compétitions aéronautiques et même des "aéropuces", où tout ce qui a trait à l'air et à l'espace sera mis en vente. Voilà qui devrait séduire le public, qui se trouvera ainsi dans les locaux mêmes du musée de l'Air et de l'Espace. M. Feldzer y espère aussi un bon contingent de constructeurs amateurs français désireux de faire connaître leurs réalisations. Un prix *Science & Vie* du meilleur avion d'amateur sera décerné par un jury international composé de personnalités réunies à cette occasion.

C'est de circonstance cette année, où la France fête officiellement le centenaire du premier vol humain sur l'Eole, machine à mo-



Le Cri-Cri, le plus petit bimoteur du monde (75 kg à vide, 250 km/h), et la 2-CV volante seront au "Paris-Air-Trophée" 1990.

teur réalisée par Clément Ader, qui "inventa" le terme avion. Une réplique construite par les élèves de l'Ecole centrale volera pour la première fois au "Paris-Air-Trophée".

Dans le cadre de cette manifestation, un salon "Air Expo" doit permettre à tous les continuatours d'Ader de témoigner de leur génie inventif et manuel.

Ce rassemblement complètera

celui de l'aérodrome de Moulin, organisé par le RSA (Réseau des sports de l'air, l'Association française des constructeurs amateurs qui a lieu chaque année en juillet. Là se regroupent plusieurs centaines d'appareils de construction d'amateur venus de l'Europe entière. C'est l'occasion pour les constructeurs de confronter leurs expériences et leurs travaux.

Les profits de l'Association Jonathan sont reversés à "Aviation sans Frontières", association humanitaire de professionnels de l'aéronautique. G.C.

Paris capitale mondiale des composites

du 4 au 6 avril, avec 3 jours de conférences pour faire le point sur l'évolution de cette industrie et, sur deux étages du Palais des congrès, une exposition de prototypes et de réalisations. Information : Centre de promotion des composites, tél. (1) 47 63 12 59.

INVESTISSEMENT

Les bonnes affaires de la biosphère

Chaque demi-heure, deux cents personnes prennent un médicament pour soigner une affection ou pallier une des multiples nuisances de la vie quotidienne. Dans le même temps, l'équivalent de soixante terrains de football sont détruits par la pollution mondiale. Chaque année un fleuve de l'importance de la Seine est rendu impropre à la consommation.

Aux Etats-Unis, les dépenses de santé, aujourd'hui 11,2 % du produit national brut, grimperont à 15 % en l'an 2000. En Europe (Marché commun), le marché de l'environnement atteindra 280 milliards de francs en 1993, plus de 400 milliards de francs en l'an 2000. Du Pont de Nemours a investi plusieurs dizaines de millions de dollars pour trouver un substitut aux CFC ; Eternit, grande consommatrice d'amiante, a consacré 54 millions de francs au cours des dix dernières années à un programme de lutte contre sa propre pollution.

Cette accumulation de faits et de chiffres montre que :

- l'environnement a perdu la dimension passéiste et folklorique qu'il a pu avoir quelque temps ; il est aujourd'hui devenu une question non seulement scientifique, mais politique ;
- santé et environnement constituent l'une des données économiques les plus importantes de la décennie à venir ; des marchés en train d'exploser ; des investissements porteurs de profits — alors qu'il n'y a guère la sauvegarde de l'environnement était considérée comme un coût pour l'entreprise. En un mot, ce sont maintenant de bonnes affaires, que les spécialistes considèrent par surcroît à l'abri des évolutions traditionnelles en dents de scie du cycle boursier, dans la mesure où dans leur secteur la "demande" sera croissante et prolongée...

Cette analyse a conduit Cyril Finance Gestion, filiale du groupe des Mutuelles du Mans, à lancer le premier produit financier européen, la Sicav Biosphère, centré sur la santé et l'environnement, le bien-être et la qualité de la vie.

PLASTIQUE

Le blé à l'assaut du maïs

Concurrence pour les producteurs de maïs, qui étaient jusqu'ici les seuls à fournir l'amidon qui rend les sacs poubelles biodégradables (*Science & Vie* n° 866 de novembre 1989). L'un des plus importants amidonniers au monde, la société belge Amylum, annonce en effet la production à l'échelle industrielle d'un amidon, de blé cette fois, destiné à la fabrication de plastiques biodégradables.

Selon Amylum, cet amidon de

blé laisserait intacte la résistance physique du plastique. Gros avantage, cette dernière n'aurait donc pas à être "fortifiée", comme dans le cas de l'amidon de maïs, par l'incorporation de davantage de plastique dans les sacs, ce qui rend les films plus épais. Amylum affirme qu'il faudra de six à vingt-quatre mois, sous terre ou dans l'eau, au plastique à l'amidon de blé pour se dégrader, selon le taux d'incorporation d'amidon.

La firme ne vise pas seulement le déjà gigantesque marché des sacs poubelles, mais aussi ceux des films d'emballages alimentaires et des gobelets à jeter.

Département sécurité alimentaire créé au sein de l'INRA (Institut national de la recherche agromatique). Objectifs : d'une part évaluer la "valeur santé" des aliments, c'est-à-dire leurs qualités nutritionnelles, d'autre part étudier la sécurité apportée aux consommateurs et notamment, dans l'immédiat, aux groupes "à risque". A terme, il faudra bien prendre en compte l'alimentation dans l'élaboration d'une politique de prévention pour la santé publique.

Plus de 50 % de la population gênée par le bruit. D'abord par celui du trafic automobile (une personne sur deux), puis par celui des deux-roues (une sur trois), enfin par celui des poids lourds (une sur cinq). 43 % des Français se disent également gênés par des bruits à leur domicile, imputables pour 34 % à leurs voisins, les appareils ménagers n'étant mis en cause que dans 2 % des cas.

Méga-magnétophone. Il peut recevoir jusqu'à 72 appels téléphoniques simultanés et sa bande de... 1 100 m lui permet de stocker 25 heures de messages. Réalisé par Nippon Columbia, ce système est essentiellement destiné aux institutions financières qui traitent par téléphone les ordres d'achat et de vente boursiers.

La créativité anglaise devant celle de la France et de l'Espagne. Du moins en matière de publicité et si l'on en croit le dernier palmarès des trophées annuels de la Création publicitaire européenne. Sur 69 campagnes primées, la Grande-Bretagne remporte 30 récompenses, la France 11 et l'Espagne 8.

L'ordinateur du raider. La firme Nikko Securities s'appête à mettre sur le marché un ordinateur de poche, permettant d'effectuer sur place, sans être relié à un puissant réseau informatique, tous les calculs bancaires et les comparaisons d'une place financière à une autre. De quoi accroître encore la volatilité des marchés...

Conditionnement avec identification en braille pour un nouveau médicament, présenté par Rhône-Poulenc, destiné à traiter les affections pulmonaires des gros chiens. Une telle initiative est prise pour aider les non-voyants à soigner leurs chiens-guides sans risque d'erreur.



Malabar au pays du Taj-Mahal



2

Ce curieux véhicule, familial et/ou commercial, à mi-chemin entre le scooter et l'automobile, le Malabar, a été conçu par deux équipes d'étudiants designers, l'une française (Ecole nationale supérieure de création industrielle, à Paris), l'autre indienne (National Institute of Design, à Ahmedabad) (*).

L'objectif était de créer pour la classe moyenne indienne urbaine un véhicule polyvalent qui ne soit surtout pas le reflet de la technologie occidentale, inadaptée au mode de vie, à la civilisation, aux conditions économiques du pays. « Le peuple qui fit élever le Taj-Mahal doit-il se déplacer à bord d'une Golf ? », demandent les designers français. Les mots qui définissent le mieux le transport en Inde sont surcharge et surutilisation. Quotidiennement, on observe cinq personnes sur un scooter, dix sur un side-car, vingt dans une auto ; les taxis sont des "autorickshaws", des tricycles Vespa qui tournent sur place et sont utilisés de façon plus qu'acrobatique, les vélos ont cinq places : la normale, deux sur le cadre, deux sur le porte-bagages. Les bus se remplissent dans les mêmes proportions, même s'il fait plus de 40 °C. La route est à tout le monde : piétons, cyclistes, charrettes tirées par des vaches, des chameaux ou des hommes. Des animaux de toutes sortes l'empruntent : inévitables vaches sacrées faméliques, qui se nourrissent essentiellement de papier et de carton trouvés dans les ordures, ânes, chèvres, buffles. Le tout se déplace également la nuit, sans éclairage, de façon plus anarchique que le jour. Sur tout cela, bus et camions qui fonctionnent à l'essence, mais dont les chauffeurs carburent plutôt à... l'opium, assurent un règne absolu, affirmant leur présence par de longs et fortement dissuasifs coups de klaxon.

Dans cet environnement, comment se présente Malabar ? Avec son moteur 700 cm³ à essence, 26 ch DIN, à l'arrière ; son châssis

tubulaire acier ; sa suspension quatre roues indépendantes (lame transversale à l'avant, ressorts hélicoïdaux à l'arrière) ; sa carrosserie résine polyester armée (longueur 3,15 m, largeur 1,5 m, hauteur 1,88 m, poids à vide 450 kg, en charge 900 kg), il dispose de six places, dont celle du conducteur, centrale, est fixe, les autres étant escamotables à tout moment ; celle qui se situe à côté du conducteur et deux strapontins latéraux en regard, vers l'avant et vers l'arrière. Implantation qui laisse au conducteur une vision d'ensemble de la situation de son véhicule et une grande liberté de mouvement, indispensable, nous l'avons vu, dans les conditions de circulation que l'on trouve en Inde. De plus, l'habitacle est ainsi utilisable de façon totalement rationnelle : dès qu'un siège n'est pas utilisé, un espace se trouve libéré pour transporter des marchandises.

Le choix du polyester pour la carrosserie permet d'éliminer tous les problèmes de corrosion dans ce pays où les moussons apportent une intense humidité. Pour les mêmes raisons et aussi pour des raisons de coût, les vitres sont en PVC. A cette carrosserie est intégrée une galerie de toit, et des coffres verrouillables ont été aménagés sous le plancher — ce qui explique la hauteur du Malabar —

afin de transporter certaines marchandises en toute sécurité.

Enfin, pour permettre une utilisation maximale de Malabar, l'arrière est transformable grâce à une capote qui se replie dans les montants, ce qui permet le transport d'objets volumineux.

Du fait des multiples petits accrochages de la circulation urbaine indienne, les boucliers ont été étendus aux flancs. Ils créent une véritable ceinture qui résiste aux chocs légers. L'idée directrice retenue pour la mécanique de l'engin est la simplicité : de conception, de fabrication et de maintenance ; le tout au service d'une robustesse maximale, indispensable compte tenu du réseau routier indien. Grâce à son châssis tubulaire, véritable soubassement technique regroupant tous les composants : liaison au sol, moteur, réseau électrique, etc., la mécanique est indépendante. Ce qui permet de libérer pour l'utiliser tout l'espace au-dessus du plancher. Malabar a été conçu pour être fabriqué en deux versions : celle de base comportant uniquement châssis et cabine

(photo 1), destinée aux artisans et commerçants, coûterait 15 000 F, tandis que la version complète (photo 2) visant plus particulièrement la clientèle familiale reviendrait à 25 000 F. Des industriels indiens ont déjà été séduits par le projet. Un beau rêve qui pourrait ainsi prochainement devenir réalité.



1

(1) Maquette fonctionnelle échelle 1 réalisée par les étudiants chez France Design Henri Heuliez.

AMENAGEMENT

Machine-cantonnier pour espaces difficiles

La France ne brille pas particulièrement en matière de machines spécialisées dans le traitement et la gestion d'espaces difficiles. Raison de plus pour saluer les étonnantes performances du SCM Chapuis 92, un engin qualifié de "pluriactif", qui fait son apparition — sur le marché des communes montagnardes, forestières et urbaines — après six années de mise au point et de perfectionnements successifs et grâce à l'appui du groupement d'intérêt économique Alpes et Forêts, dont l'action s'exerce sur les neuf départements des Alpes du Nord et du Sud.

Cet engin réussit à être à la fois polyvalent et spécialisé. Il entre-

tient les espaces les plus divers qui réclamaient jusqu'ici du matériel spécifique, donc coûteux... ou qui étaient abandonnés à la friche. En même temps porte-outils avant et arrière, c'est aussi un tracteur à benne basculante, une véritable centrale hydraulique mobile sur la-

quelle peuvent être branchés des outils.

Le Chapuis élague, fauche, tond, débroussaillie, broie les branches, pour créer et entretenir des pare-feux, dégager les pistes de ski, mettre à la disposition de l'industrie papetière ce petit bois qu'elle consomme à raison de quatre millions de tonnes par an.

Une étrave et une turbine le transforment en chasse-neige, tandis qu'une saleuse tractée ou portée termine le travail ; grâce à son 1,80 mètre de long, et ses quatre roues directrices qui lui permettent de tourner sur place, l'engin passe partout. Il se livre à tous les travaux de fouille et de curage.

Ses prises de servitude avant et arrière offrent une capacité hydraulique de 30 litres/minute à 250 bars pour des accessoires tels que marteau-piqueur, scie, pompe, etc. Il s'agit de nettoyage ?

Sa benne peut recevoir jusqu'à 3 tonnes de charge (terre, sel, petit-bois, etc.) ; pour laver les panneaux indicateurs, par exemple, il suffit de brancher des brosses rotatives sur un bras de 6 mètres de portée ; bien sûr, il peut tracter une balayeuse, et un aspirateur peut même être monté sur sa benne, une prise de force de 75 ch est disponible pendant l'avancement.

La manutention constitue encore un autre exemple d'utilisation de l'engin, mais non le dernier : en effet, on peut aussi installer une nacelle sur la benne arrière, ou encore une grue, ou une remorque pour poser des canalisations. Dans tous les cas, le chauffeur reste à son poste de conduite, installé confortablement.

Le SCM Chapuis 92 peut recevoir des dizaines d'outils (brise-roches, perforateur, tronçonneuse, foreuse, nettoyeuse haute-pression...), et qui se combinent les uns les autres, à l'infini. Cela en fait véritablement le précieux engin polyvalent dont ont besoin les petites communes — et en particulier les 5 000 communes de montagne.



L'ordinateur ou la friche

L'agriculture de la République fédérale d'Allemagne (RFA) se porte bien. Elle est parfaitement concurrentielle. Et pourtant il n'y a plus guère de "bras" dans ses exploitations. En fait, c'est pour cela qu'elle est prospère. L'informatique a remplacé les ouvriers agricoles.

Une informatisation complète, où l'électronique surveille cultures et amendements, calcule et programme l'alimentation des porcs, des veaux ou des volailles, règle la température dans l'écurie et l'entrepôt à lait, contrôle le rendement des récoltes et celui des différents élevages, tient la comptabilité de l'exploitation et précise à l'agriculteur — peut-on encore l'appeler ainsi ? —, les impôts et les taxes qu'il doit verser.



Selon la Société allemande d'agriculture, cette informatisation complète s'est déjà installée dans 20 000 fermes — la moitié des exploitations de 50 ha et plus. Et il faudra, pour cause de rentabilité et de survie, que se mettent pareillement à l'heure de l'informatique totale tous les établissements de 40 à 50 vaches laitières, 400 porcs ou 40 ha de surface cultivable.

Reste tout de même 20 000 petits paysans et 640 000 fermes, certai-

nes gérées à titre secondaire, pour qui l'informatisation est trop coûteuse. Disparaîtront-ils, broyés et éjectés par la machine économique, ou les conservera-t-on pour le "pittoresque" ? Pour l'instant, le gouvernement ne se soucie que des agriculteurs gérant des exploitations économiquement viables selon les critères du moment : à eux les aides, cours d'informatique et financements pour s'équiper en ordinateurs.

TECHNOLOGIE

L'espace descend sur terre

L'Agence spatiale européenne (ESA) plaide coupable : autant les programmes spatiaux américains, notamment celui qui a amené l'homme sur la Lune, ont eu dans l'industrie et dans l'économie des Etats-Unis des retombées aussi concrètes que diverses et importantes, autant il n'y a pas eu sur le Vieux Continent d'« effort systématique pour exploiter les technologies spatiales issues des programmes européens ».

Cet acte de contrition étant prononcé, elle fait pénitence en lançant un programme pilote sur le transfert des technologies spatiales dans les autres secteurs industriels. Ce programme s'appuie sur le groupe Novespace, la filiale du Centre national d'études spatiales, en France ; sur DTE (Defense Technology Enterprise), société britannique spécialisée dans les transferts de technologies d'origi-

ne militaire ; enfin sur MST Aerospace GmbH, société ouest-allemande de conseil, spécialisée dans le secteur aéronautique et spatial.

Selon les termes du contrat qui lie l'ESA à ses trois partenaires, ceux-ci devront identifier et sélectionner les technologies les plus récentes qui pourraient être exploitées commercialement hors du domaine spatial. Cette recherche se fera auprès des principaux contractants de l'ESA, qui pourront ensuite soit effectuer eux-mêmes les transferts, soit les confier au groupe de valorisation constitué par les trois sociétés. Dans ce dernier cas, il y aura partage des revenus émanant des accords de transferts.

Novespace, DTE et MST se sont engagées à contacter 25 000 entreprises non spatiales pour recenser leurs besoins technologiques et éventuellement leur proposer des solutions "venues de l'espace". Le

PDG de Novespace clame sa foi : « Je suis convaincu que les technologies spatiales développées en Europe sont abondantes et peuvent être appliquées aux autres secteurs industriels. »

Il n'empêche que pour l'instant le groupe Novespace demande aux entreprises de venir à lui : « Toute société, qu'elle soit détentrice de technologies spatiales exploitables ou désireuse d'acquérir ces technologies pour des applications non spatiales, peut contacter M. Joël Kermadec, 15 rue des Halles, tél. (1) 42 33 41 41. » Mais comment les sociétés détentrices de technologies spatiales pourraient-elles savoir qu'elles sont susceptibles d'être transférées à d'autres firmes, et comment les sociétés à la recherche de technologies nouvelles pourraient-elles savoir que leur problème serait éventuellement résolu par une technique spatiale ?

DES MARCHES À SAISIR

Les innovations, les techniques et procédés nouveaux présentés dans cette rubrique ne sont pas encore exploités sur le marché français. Il s'agit d'opportunités d'affaires, qui semblent "bonnes à saisir" pour les entreprises industrielles et commerciales françaises. Comme l'ensemble des articles de Science & Vie, les informations que nous sélectionnons ici sont évidemment libres de toute publicité. Les sociétés intéressées sont priées d'écrire à "Des marchés à saisir" c/o Science & Vie, 5 rue de la Baume, 75008 Paris, qui transmettra aux firmes, organismes ou inventeurs concernés. Aucun appel téléphonique ne pourra être pris en considération.

UN CADRAN SOLAIRE PRÉCIS EN TOUT POINT DU GLOBE

Quoi ?

Les cadrans solaires devaient jusqu'ici être calculés puis construits très précisément pour le lieu exact de leur implantation, d'où l'impossibilité d'une production en série. Celui-ci est véritablement universel. A partir d'une production industrielle, il peut être réglé par l'utilisateur en fonction du lieu de son installation. Et il indique l'heure légale, et non plus l'heure solaire, avec une précision d'une minute. Il est enfin "actif" du lever au coucher du soleil.

Comment ?

Le style de ce cadran universel est constitué d'un fil tendu aux extrémités d'un cadre circulaire. Le cadran lui-même est un cylindre ayant le fil pour centre.

L'ensemble cadran-cadre-style pivote sur un support dans un plan vertical, de 0 à 90°. Il s'ajuste ainsi à la latitude du lieu d'utilisation.

L'intérieur du cadran cylindrique comporte une feuille de plastique, positionnée en fonction de cette latitude. Cette feuille est striée verticalement de lignes pour la lecture de l'heure et des minutes. Horizontalement, d'autres lignes indiquent les mois et les décades de l'année.

Un deuxième fil tendu au cadre, au ras du cadran, permet d'effectuer en cours d'année un réglage pour tenir compte de l'équation du temps, c'est-à-dire du décalage entre le temps solaire moyen et le temps solaire vrai.

Deux versions de ce cadran sont

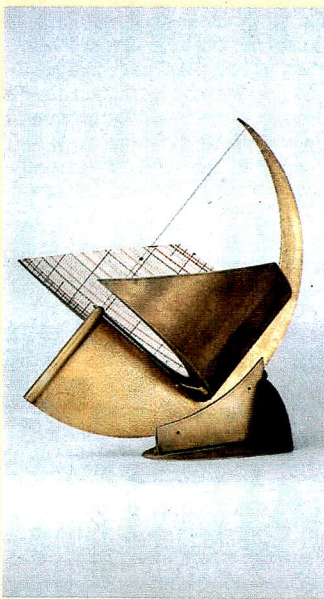
réalisables : 50 cm de large sur 60 cm de haut, pour les particuliers, ou 2,5 m sur 3 m, pour s'intégrer au mobilier urbain. Le cadran pour particuliers est en laiton, ce qui en fait un objet très esthétique.

Marché

Tous les particuliers disposant d'un jardin, quel que soit le pays. Les collectivités, les villes, les centres universitaires, l'architecture industrielle...

Pour qui ?

Le détenteur du brevet cherche des partenaires : fabricants, distributeurs, financiers, au plan mondial.



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.

BOURSES

Pour les économies d'énergie et de matières premières

Les étudiants titulaires d'un DEA, ingénieurs de préférence, qui désirent préparer une thèse de doctorat traitant soit de l'utilisation rationnelle de l'énergie, soit du développement des énergies renouvelables, soit des économies de matières premières, peuvent béné-

ficier d'allocations d'études et de recherches attribuées par l'Agence française pour la maîtrise de l'énergie (AFME).

Ces allocations sont versées pendant deux ans au minimum et peuvent être prolongées jusqu'à trois ans. Leur montant mensuel

brut sera de 7 629 F ou de 9 316 F selon les prises en charge.

Dossier de candidature à retirer et à déposer avant le 15 avril, auprès d'Eliane Jallot, Direction scientifique, AFME, 27 rue Louis-Vicet, 75737 Paris Cedex 15, tél. (1) 47 65 23 10.



TOUT-TERRAIN

Mettez des prothèses à vos roues

Ces curieux cônes crantés en plastiques élastiques qui absorbent les chocs, installés tous les quatre en moins de cinq minutes, se fixent contre les roues des véhicules. En augmentant la surface porteuse, ils apportent un surcroît de traction, tandis que les crans assurent une excellente prise sur sol marécageux, dans la boue, la neige ou sur le sable. Les "Bog-Cog" existent en plusieurs tailles et s'adaptent à de

nombreux véhicules : à quatre roues motrices, fourgonnettes, camions, tracteurs, engins de terrassement, véhicules pour exploitations pétrolières ou... voitures des parcs d'attraction.

Ils présentent un dernier atout : l'accroissement de la surface porteuse rend aussi les engins qu'ils équipent plus stables, ceux-ci pouvant en effet aborder de fortes pentes sans risquer de verser.

Ils se fixent solidement au moyen d'écrous, de clavettes et de pinces. Démontés, ils s'emboîtent pour occuper moins de place. Les Bog-Cog (littéralement les rouages pour marécages) ne sont pour l'instant disponibles qu'en Grande-Bretagne. Pour tout renseignement : Wessex (UK) PLC, Unit 4, Porsham Close, Belliver Industrial Estate, Roborough, Plymouth, Devon, PL6 7DB.

TRADUCTION AUTOMATIQUE

Bientôt sur votre micro...

Mettre au point des programmes de traduction automatique par ordinateur véritablement efficaces et rapides n'est pas si compliqué, estime le Pr Bengt Sigurd, directeur du département de linguistique de l'université de Lund, en Suède. Il suffirait que les textes introduits dans la machine soient adaptés à cette fin, c'est-à-dire que l'on supprime, notamment, les prépositions aux sens ambigus, les expressions propres à une langue et qui n'ont aucun sens dans une autre ("Il pleut des hallebardes") et que l'on évite d'utiliser des mots polysémiques, c'est-à-dire qui pré-

sentent plusieurs sens.

Car le problème de la traduction automatique est, paradoxalement, plus affaire de vocabulaire que de grammaire, aussi compliquée que soit cette dernière. Le Pr Sigurd le sait pertinemment pour avoir mis au point Swetra, un programme de traduction couvrant le suédois, l'anglais et le russe. Swetra est parfaitement capable d'analyser et de construire des phrases relativement complexes, mais son vocabulaire reste très limité.

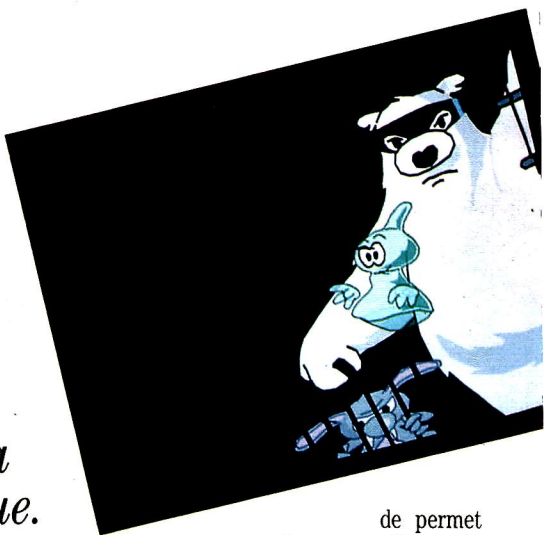
Le chercheur suédois pense, si l'on respecte les précautions indiquées ci-dessus, que la traduction

automatique pourrait sans délai être utilisée pour les accords et les règlements internationaux, les modes d'emploi et les brochures explicatives — si peu clairs lorsqu'ils sont donnés en plusieurs langues — ainsi que pour les bulletins météorologiques. En Finlande, un programme diffuse du reste déjà les prévisions météorologiques à la fois en suédois et en finnois.

Bengt Sigurd va plus loin : les programmes de traduction automatique, comme Swetra, pourront, annonce-t-il, "tourner" aussi bien sur les ordinateurs personnels que sur les grosses machines. ■

DESSINS ANIMÉS : L'ORDINATEUR MOINS CHER QUE LES JAPS

Trop coûteuse en Europe, la réalisation de dessins animés était passée en Extrême-Orient. Aujourd'hui, elle revient chez nous grâce à l'ordinateur, capable de faire moins cher que la main-d'œuvre asiatique.



de permet
de reconstituer le
mouvement.

Lorsque l'ordinateur fit son entrée dans le cinéma, ce fut d'abord pour traiter des images, essentiellement pour faciliter la réalisation d'effets spéciaux. Mais très vite on est passé du traitement à la création pure et simple. Ainsi est né le cinéma de synthèse. Les cinéphiles ont toujours en mémoire le premier long métrage en images de synthèse, *Tron*, que réalisa Lisberger pour les studios Walt-Disney et qui sortit sur les écrans en 1982. Plusieurs années de travail et l'aide d'un Vax, le plus puissant ordinateur de l'époque, furent nécessaires pour mener à bien cette œuvre.

Le paradoxe de cette aventure, c'est que l'ordinateur se soit attaqué au projet le plus difficile, c'est-à-dire la fabrication des dizaines de milliers d'images en couleurs du film, sans s'être au préalable intéressé à un genre plus simple, le dessin animé. Du moins à grande échelle, car, tout de même, on réalisait déjà des séquences d'animation par ordinateur. Mais les producteurs de dessins animés, relativement peu nombreux, amoureux de leur art, s'en tenaient aux techniques classiques.

Celles-ci, rappelons-le, consistent à décomposer chaque seconde d'un mouvement en 24 dessins, peints à la main et enregistrés sur pellicule vue par vue au moyen d'une caméra. À la projection du film, le défilement à la fréquence de 24 images par secon-

Un certain nombre d'astuces et de techniques facilite l'exécution et l'enregistrement des dessins. Ainsi, le décor derrière un personnage restant le même durant un déplacement du sujet, il n'est dessiné qu'une fois. Seul le personnage est dessiné 24 fois (par seconde de mouvement) pour représenter 24 instants. À la prise de vue, ces dessins sont positionnés sur le décor fixe, les uns après les autres. Les scènes complexes comportent plusieurs éléments de dessins superposés, par exemple pour placer plusieurs personnages sur des plans étagés en profondeur. Les dessins se font sur un support transparent (rhodoïde) afin de les éclairer par transparence, comme un vitrail.

Le dessin animé est donc un produit cher, lourdement grevé par le coût de la main-d'œuvre nécessaire à sa réalisation. Pourtant, la demande n'a cessé d'augmenter avec le développement de la télévision. Pour les obtenir à meilleur prix, les producteurs ont fini par faire exécuter les animations en Extrême-Orient, région employant une main-d'œuvre mal payée. Puis, pour réduire encore les coûts, on n'a pas hésité à réduire la qualité en diminuant le nombre des dessins. Ainsi, on se contenta d'une image sur deux pour l'animation, parfois même d'une sur trois. Le mouvement en devint saccadé, sans souplesse.

La télévision commerciale se soucie fort peu de

L'ordinateur-animateur. Sur cette séquence de *l'Île aux ours* réalisée chez Pixi Box, l'image centrale a été entièrement conçue par l'ordinateur à partir des deux images extrêmes, elles tracées à la main. En fonction de l'effet recherché, la machine crée de 3 à 10 images intermédiaires (au-delà de 10, l'ordinateur ne sait plus réaliser une interpolation de qualité).



ce genre de défaut et recherche plutôt le moyen d'accroître ses gains en réduisant encore les coûts. C'est ainsi que l'on songea à l'ordinateur pour remplacer animateurs et coloristes. A l'évidence, cette machine pouvait dessiner les phases successives d'un mouvement à partir des dessins clés — notamment de début et de fin de ce mouvement — préalablement mémorisés.

En France, deux firmes, Pixi Box et Label 35, ont tout misé sur ces possibilités de l'informatique. L'installation d'un réseau de microordinateurs type PC associés à un calculateur central de forte capacité leur a rapidement permis de proposer des coûts de réalisation compétitifs par rapport à ceux des firmes de sous-traitance extrême-orientales. Deux procédés existent actuellement avec leurs limites et leurs contraintes. Notons cependant qu'ils ne travaillent que sur le trait, c'est-à-dire sur le contour des personnages ou des objets d'une scène. Mais cela importe peu, car la mise en couleurs s'effectue ensuite avec des logiciels spécifiques tout à fait comparables à ceux qui servent déjà pour colorier électroniquement les anciens films en noir et blanc (*Science & Vie* n° 856 de janvier 1989).

Premier procédé : la saisie directe des dessins par scanner. C'est le plus ancien. Pour le dessinateur, rien de changé : comme il le faisait sur transparent, il doit dessiner toutes les phases de l'animation sur des feuilles de papier. Celles-ci seront introduites successivement dans un scanner, appareil transformant le dessin en données numériques exploitables par l'ordinateur.

La technique est classique : le dessin est analysé point par point par balayage d'un spot électronique,

la valeur d'intensité de chacun d'eux étant codée en valeur binaire. L'aide ainsi apportée par l'informatique est importante. En effet, les personnages ou les objets peuvent être dessinés distinctement et, surtout, sans tenir compte de leurs échelles relatives ou de leur position dans le décor. Chaque élément d'une scène étant ainsi indépendant, il sera très facile de le réutiliser pour une autre séquence en demandant éventuellement à l'ordinateur de le grossir ou de le réduire en fonction de sa position, de sa place dans le paysage ou par rapport aux dimensions des objets et des personnages environnants. De même, il est possible de définir automatiquement des niveaux de priorité ou de masquage. Si un personnage doit, par exemple, passer devant un autre, l'ordinateur réalisera automatiquement les "découpes" même si au départ les dessins n'ont pas été prévus à cet effet. Ces possibilités inhérentes à l'informatique permettent déjà une sérieuse économie, puisque près de 40 % des dessins sont directement réutilisables dans un contexte différent.

Avec cette technique, le dessin animé prend l'allure d'un programme informatique. Après avoir mémorisé le décor, toujours au scanner, il est demandé à l'ordinateur d'y placer tel personnage dans une attitude déterminée et des dimensions appropriées. L'image ainsi créée à partir de données mémorisées sera à son tour mémorisée et l'ordinateur passera à la composition de l'image suivante. Chez Pixi Box, par exemple, l'ordinateur central est capable de gérer simultanément l'animation de 8 séquences de 150 images chacune. Cette capacité est nécessaire, car plusieurs animateurs travaillent en parallèle sur un même film. Mieux encore, les opérations d'animation proprement dites s'effectuent sans le moindre contrôle humain. L'ordinateur les réalise donc, la plupart du temps, la nuit ou durant le week-end. De jour, il est utilisé pour assister les dessinateurs

dans la recherche de documents réexploitables déjà en mémoire.

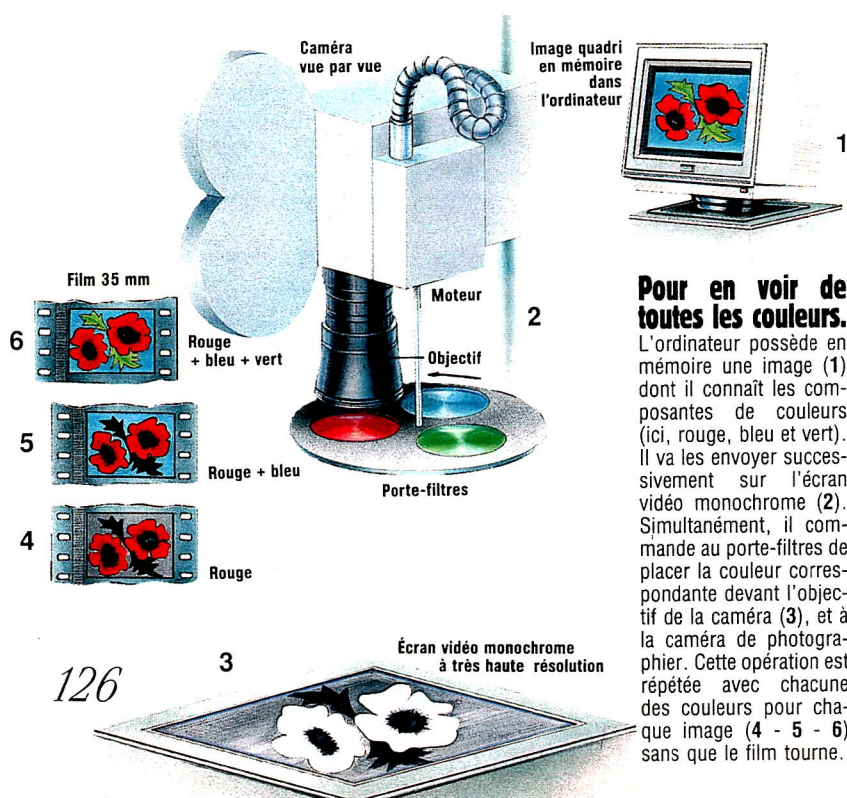
De même, il n'est plus besoin de caméra. Dès que l'animation de 150 images est achevée (ou éventuellement moins si le plan est court), l'ordinateur l'envoie vers un magnétoscope dont il pilote l'enregistrement. Le dessin animé s'y inscrira progressivement sous forme d'une succession de courtes prises de vues, en moyenne d'une ou deux secondes. Puis l'ordinateur efface de sa mémoire la séquence mémorisée sur la bande du magnétoscope et s'attaque aussitôt à la suivante. Notons que le magnétoscope (en fait 8 appareils — un par poste d'animation) a été retenu comme support définitif parce que les chaînes de télévision sont de grosses consommatrices de dessins animés. Autant leur fournir un support directement compatible. Cependant l'ensemble des calculs et des traitements de l'image sont effectués avec une définition bien supérieure, qui correspond, en fait, au standard de télévision à haute définition. Eventuellement, il serait possible de remplacer les magnétoscopes par des dispositifs de transfert d'image numérique sur pellicule 35 mm et la qualité d'image serait alors comparable à celle d'un film conventionnel.

Le second procédé utilisé avec des performances nettement plus élevées s'appelle saisie vectorielle des dessins. Pixi Box, ici encore, a beaucoup investi dans cette technologie. L'artiste ne dessine plus sur une feuille de papier mais directement sur une table à numériser. Il s'agit en fait d'une surface électroniquement sensible qui transmet à l'ordinateur, en

valeurs numériques, les déplacements de la pointe du crayon. Le dessin n'est plus mémorisé par les coordonnées des points dans son cadre, mais sous forme d'une succession de courbes liées entre elles par des paramètres permettant de les positionner les unes par rapport aux autres. Malgré une apparente complexité, ce type de saisie est plus facilement géré par l'ordinateur que la saisie par scanner. En effet, dans ce dernier cas, il ne connaît que certains points de l'image, ceux que le pouvoir de résolution du scanner veut bien lui transmettre. En saisie vectorielle, en revanche, comme il s'agit de courbes, il est parfaitement possible, à l'aide d'algorithmes relativement simples, d'obtenir une résolution supérieure. Ainsi un dessin pourra-t-il être agrandi tout en conservant des lignes pures.

Par ailleurs, la saisie vectorielle se prête particulièrement bien à l'interpolation, au sens mathématique du terme. Cela signifie que si l'on fournit à la machine une courbe de départ et une courbe d'arrivée, elle sera parfaitement capable de créer toutes les lignes intermédiaires correspondant à l'évolution du mouvement d'un sujet. Ce qui constitue une aide considérable pour le dessinateur. Celui-ci peut ainsi se contenter, ici aussi, de dessiner les images clés et laisser à l'ordinateur le soin de les lier entre elles par modifications successives : exactement ce que faisaient les équipes d'animateurs soustraits ! Le gain de temps est considérable. En saisie vectorielle le dessinateur ne représente, en moyenne, qu'une image sur 10 pour une animation de base et beaucoup moins si le dessin est répétitif

ou s'il ne s'agit que de modification d'angle de vue. De plus, la saisie vectorielle est extrêmement performante en traitement en trois dimensions. Faire évoluer un personnage dans une perspective ou donner l'impression qu'on tourne autour de lui n'offre aucune difficulté. Enfin, le lissage du tracé peut être bien meilleur, ce qui élimine le plus gros défaut de la saisie scanner connu sous le nom d'"effet de marches d'escalier" (les contours du trait étant en escalier). En vectoriel, le problème ne se pose même plus. Par ailleurs, les dessins animés produits étant essentiellement destinés à la télévision, les aberrations propres à la vidéo sont corrigées par programmation de l'ordinateur. Ainsi calculera-t-il ses tracés pour qu'ils ne tombent pas entre deux lignes (ce



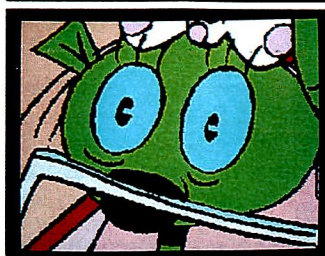
Pour en voir de toutes les couleurs.

L'ordinateur possède en mémoire une image (1) dont il connaît les composantes de couleurs (ici, rouge, bleu et vert). Il va les envoyer successivement sur l'écran vidéo monochrome (2). Simultanément, il commande au porte-filtres de placer la couleur correspondante devant l'objectif de la caméra (3), et à la caméra de photographier. Cette opération est répétée avec chacune des couleurs pour chaque image (4 - 5 - 6) sans que le film tourne.

qui provoquerait un effet de scintillement).

Autre point important, celui du son. En dessin animé conventionnel, des acteurs lisent le texte sur une bande, souvent manuscrite, défilant sous l'écran, en cherchant à synchroniser les paroles avec les mouvements des lèvres des personnages. Pour réussir, ils doivent s'y reprendre à plusieurs fois. De plus cette postsynchronisation ne peut s'effectuer qu'une fois le dessin animé achevé... Ici encore, l'informatique permet de gagner du temps en pratiquant la présynchronisation : les répliques sont lues avant la fin du tournage. Charge ensuite aux animateurs, en jouant des possibilités de doublement ou de saut d'image offertes par l'informatique, de synchroniser les mouvements avec le texte. Cette technique est si prometteuse que le CNET, en collaboration avec Pixi Box, étudie un système informatique de reconnaissance de groupes de phonèmes. Beaucoup plus simple que les systèmes experts de reconnaissance de la parole, il devrait, en fonction des paroles de la bande son, indiquer directement à l'ordinateur utilisant les dessins mémorisés la forme à donner à la bouche sur telle ou telle image.

Chez Label 35, la seconde firme du dessin animé informatisé, les choix techniques ont été légèrement différents. Seule la saisie vectorielle est utilisée et l'interpolation ne l'est pas. Chaque dessin d'animation doit donc être tracé. Les animateurs estiment y trouver une plus grande liberté de création. La réalisation des dessins est donc plus longue, puisqu'ils doivent être plus nombreux. Cette perte de temps est compensée par un emploi massif de la vectorisation autorisant un meilleur taux de réutilisation des dessins que la saisie scanner. De même, il est beaucoup plus facile de modifier les proportions d'un décor ou d'un personnage et de le réutiliser dans un contexte totalement différent, par exemple en le faisant pivoter, grossir ou rapetisser. Concernant le support de conservation de l'œuvre achevée, nous avons vu que Pixi Box utilisait des cassettes vidéo ; Label 35 a préféré rester fidèle au film 35 mm. Cependant, le tournage est totalement automatisé. Une caméra est placée en vis-à-vis d'un écran vidéo très haute résolution. Celui-ci est d'ailleurs noir et blanc, la résolution demandée étant impossible directement sur écran couleurs. Afin de recréer la couleur, la prise d'une image s'effectue en trois fois, l'ordinateur saisissant



Point, ligne, plan. Entre saisie au scanner et saisie vectorielle, la différence majeure reste l'information que reçoit l'ordinateur. Le scanner ne saisit qu'un certain nombre de points par unité de surface. La carence entre ces points, à l'agrandissement, donne un trait en escalier ; alors que, dans la deuxième méthode, au fur et à mesure du tracé par le dessinateur, l'ordinateur saisit successivement des points puis imagine les portions de courbe qui les relient grâce à diverses informations qu'il a enregistrées. Quelle que soit la taille finale du dessin, cette méthode donne la même finesse de réalisation : les courbes restent des courbes.

respectivement les images noir et blanc de sélection du bleu, du rouge et du vert. Pour cela, un plateau tournant piloté par l'ordinateur place successivement un filtre bleu, un rouge et un vert entre l'objectif et le dessin en couleurs. Les trois images sont ainsi surimpressionnées sur la même surface de film avant que celui-ci n'avance pour enregistrer le dessin suivant. Cette automatisation totale contribue à une importante baisse du coût global de réalisation. Par ailleurs, la technologie adoptée par Label 35 convient aussi bien à des séries télévisées qu'à celles de courts métrages destinés à des salles de cinéma.

A l'évidence, le dessin animé français bouge et cherche à se dégager de l'emprise extrême-orientale. Aujourd'hui, les efforts des professionnels tendent à une coordination. Ainsi ont-ils créé le programme Média 92. Sa vocation : rassembler les compétences européennes en matière d'animation. En France, la création de Montpellier-Technopolis devrait servir ces échanges et offrir une vitrine aux productions européennes par l'organisation de salons tels que Cartoon.

Henri-Pierre Penel

CAMESCOPES : LE CRU 1990

Le caméscope n'est plus un simple enregistreur d'images et de sons. Doté d'un nombre grandissant de perfectionnements, il est de plus en plus adapté à la création de films d'amateur, cohérents, parfaitement finis, générique compris.

La guerre des formats vidéo se poursuit, discrète, mais sans trêve. Pour l'instant — nous verrons qu'il n'en sera peut-être pas toujours ainsi —, elle se limite au VHS et au 8 mm.

Dominant à l'origine, le format VHS a dû céder un peu de terrain sur le marché du caméscope. En 1989, il s'est vendu 27 millions de caméscopes amateur dans le monde, dont 58 % en VHS et 42 % en 8 mm. En Europe, avec 60 % des ventes, le VHS a moins perdu. En France, toutefois, le partage est égal : 50-50.

Les armes de cette bataille économique sont de trois ordres : la compacité, les prix, les perfectionnements.

La compacité semblait dès le départ gagnée par la vidéo 8 mm puisqu'elle disposait de la plus petite cassette du monde. Force est de constater aujourd'hui que les producteurs du standard VHS sont parvenus à faire aussi bien, d'abord en créant la cassette VHS-C, deux fois plus petite que la version standard, puis en construisant des caméscopes autour de cette cassette. Toutefois, la miniaturisation des composants aidant, il est probable que tôt ou tard le 8 mm devrait l'emporter... à moins que la guerre des formats ne s'élargisse un jour avec l'arrivée d'un troisième concurrent, la cassette DAT (*Digital Audio Tape*), deux fois plus petite encore que la vidéocassette 8 mm. Pour l'instant, elle est réservée au son sur magnétophone numérique. Mais rien

ne dit qu'elle ne servira pas aussi à la vidéo. A l'état de prototype nous en connaissons deux exemples : un caméscope réalisé par le coréen Samsung et un magnétoscope pour l'enregistrement de photos, présenté en fonctionnement

l'an dernier à Tokyo par Panasonic, sous la référence *Digital Record Still Image* (enregistreur numérique d'image fixe).

Les prix des caméscopes sont plutôt en baisse, tant pour les modèles perfectionnés que pour les modèles simples. Pour les premiers, ils se situent autour des 17 000 F depuis maintenant plusieurs années, avec des caractéristiques offertes (nous le verrons plus loin) qui augmentent de mois en mois.

Quant aux caméscopes simples, leur prix tend franchement à diminuer comme le montrent deux modèles qui arrivent actuellement sur notre marché : l'Hitachi Twist-Cam VMC-1S, 9 500 F en version VHS-C SECAM, et le Canon E50, 8 000 F en version 8 mm PAL. Cette diminution, au surplus, est accompagnée d'une amélioration des performances et des possibilités.

Ainsi l'Hitachi Twist-Cam, caméscope très plat (moins de 7 cm) pesant 980 g, possède-t-il la mise au point automatique par sélection d'une vitesse entre 1/50 et 1/500 s, la prise de vue rapprochée (macro) avec mise au point automatique et la possibilité d'effets spéciaux (titrage en 8 couleurs, mémorisation d'image et fondu au noir audio/vidéo). L'objectif est un zoom 1:1,8 de variation 6 fois, l'analyseur d'image sépare 320 000 points et sa sensibilité atteint 7 lux.

Quoiqu'un peu différentes, les caractéristiques du caméscope Canon restent tout à fait comparables. Équipé comme l'Hitachi d'un analyseur DTC de 320 000 cellules, de la mise au point automatique de l'exposition, d'un zoom macro, d'un dispositif de titrage, ce caméscope est aussi doté d'un intervallo-mètre, d'un retardateur, d'une commande de fondu au blanc et d'un zoom de variation 8 (1,4/8,5-68 mm).

Les perfectionnements des caméscopes, déjà remarquables sur ces modèles simples, deviennent assez fabuleux avec les appareils haut de gamme.



D'abord, il faut le rappeler, ils sont maintenant proposés soit au standard S-VHS, soit au standard Hi-8. Ceux-ci, nos lecteurs le savent (voir *Science & Vie* n° 869 de février 1990), améliorent considérablement la qualité de l'image dont la définition horizontale passe à plus de 400 lignes alors qu'elle atteignait à peine 250 lignes en VHS ou en 8 mm classique. Ce résultat a été obtenu principalement sur trois plans :

- en séparant, à l'enregistrement et à la diffusion, les signaux de luminance (l'image noir et blanc) et ceux de chrominance (la couleur), alors qu'en VHS ou en 8 mm classique ils sont mêlés — puisqu'ils utilisent des standards de TV couleurs comme le PAL, le SECAM ou le NTSC —, ce qui favorise des interférences entre eux ;

- en utilisant des analyseurs d'image à transfert de charge séparant près de 430 000 points, au lieu de 280 000 il n'y a pas deux ans ;

- en ayant conçu de nouvelles bandes magnétiques dont l'enduit est constitué de particules plus fines et plus denses, ce qui permet d'enregistrer un plus grand nombre d'informations.

Tous ceux qui ont pu voir des images dans ces standards S-VHS ou Hi-8 n'ont pu qu'observer l'extraordinaire finesse des images comparée à celle des anciennes cassettes.

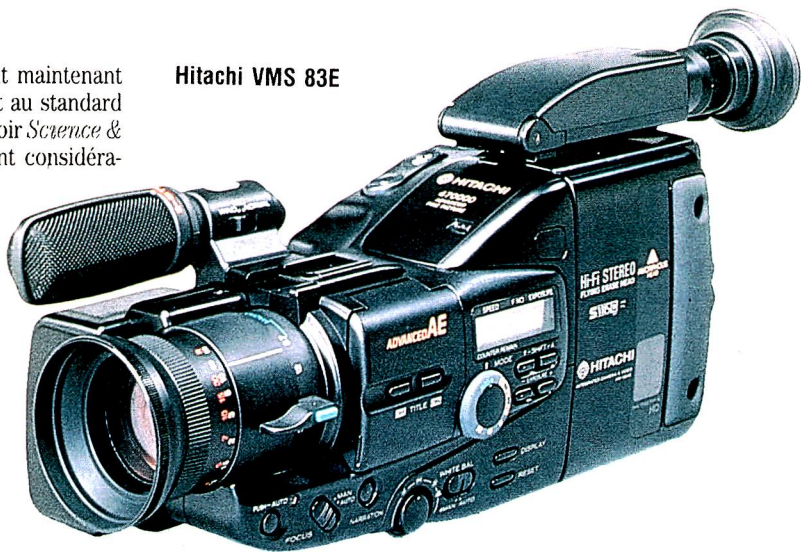
Mais il y a plus. Les caméscopes qui sont lancés actuellement, offrent de vastes possibilités. Pour en juger, voici les perfectionnements que proposent le VMS 83E, commercialisé le mois dernier par Hitachi en version PAL.

C'est bien entendu un caméscope S-VHS. Il reçoit la cassette VHS-C et sépare 450 lignes horizontales, son analyseur ayant une définition de 470 000 points. L'appareil possède d'abord tous les perfectionnements classiques : zoom 1,8/8,7-70 mm à vitesse variable et à mise au point manuelle et automatique par infrarouge, obturateur à 13 vitesses de 1/50 à 1/10 000 s, prises de vues macro (en grand angulaire et en téléobjectif), réglage automatique du blanc, fondu au noir en audio et vidéo, son stéréophonique en haute fidélité, deux vitesses de bande (normale et longue durée), 4 têtes vidéo et 4 têtes audio, viseur électronique noir et blanc, affichage des paramètres en service par cristaux liquides. Toutes ces caractéristiques étant logées dans un boîtier de 33 × 12 × 13 cm, pesant 1,5 kg.

A ces perfectionnements, Hitachi a ajouté de multiples raffinements. Tout d'abord la gestion des prises de vue par microprocesseur avec 7 programmes différents :

- automatisme intégral ;

Hitachi VMS 83E



- programme P éliminant tout scintillement d'image ;
- programme Sport favorisant les vitesses rapides ;
- programme PD favorisant la profondeur de champ ;
- programme S avec lequel le "vidéaste" choisit sa vitesse, le caméscope réglant ensuite le diaphragme ;
- programme D avec lequel le diaphragme s'affiche, le caméscope réglant en conséquence la vitesse ;
- programme manuel, laissant le "vidéaste" choisir ses réglages notamment pour réaliser des effets spéciaux.

Ces effets spéciaux possibles, précisément, sont nombreux : inversion négatif/positif des couleurs, fondu au noir, animation par intervallo-mètre, effet d'accélération, titrage en 8 couleurs grâce à des mémoires numériques de caractères d'une capacité de 4 pages, effacement total ou partiel, doublage vidéo et indexation automatique ou manuelle des débuts de séquence.

En ce qui concerne le son, des têtes tournantes l'enregistrent en haute fidélité, en profondeur dans une couche magnétique située sous la couche vidéo. L'utilisateur peut opérer en stéréo- ou en monophonie.

Le caméscope autorise le doublage du son, le mixage de sources audio et également le mixage automatique de la bande sonore et d'un commentaire, enregistré dès la prise de vue grâce à un micro spécial au dos du caméscope.

Un autre constructeur japonais, Mitsubishi, lance un caméscope S-VHS, le C-40, ayant des possibilités tout à fait identiques.

Ainsi le caméscope prend-il l'allure d'un véritable studio d'enregistrement miniaturisé. Une tendance qui, n'en doutons pas, s'affirmera dans les prochains mois.

Roger Bellone

C'EST AU TOURNANT QU'ON ATTEND LE TRICYCLE !

*Les frissons
de la
conduite moto, mais la stabilité
d'une voiture, tel est le pari tenu par
le Pulsar, un nouveau tricycle
mis au point par l'ingénieur Girardi.*



Toujours commode et maniable, souvent rapide et nerveuse, la moto n'a qu'un défaut, elle est instable, notamment à petite vitesse, et ne tient debout à l'arrêt que si le pilote pose pied à terre. Avec trois roues disposées en triangle isocèle, comme c'est le cas dans le tricycle, on retrouve une stabilité permanente. Mais un autre problème se pose alors : quand il s'agit de négocier un tournant à plus de 20 km/h, la roue arrière intérieure au virage a tendance à se soulever sous l'effet de la force centrifuge, qui attire quant à elle l'ensemble du véhicule vers l'extérieur du virage. En présentant le Gyro-Up Honda et le prototype Moto-Crabe (*Science & Vie* n° 842, de novembre 1987), nous avons montré quelles solutions pouvaient être apportées à ce problème. Philippe Girardi, un jeune ingénieur mécanicien de la Régie Renault passionné de moto, a voulu faire mieux encore.

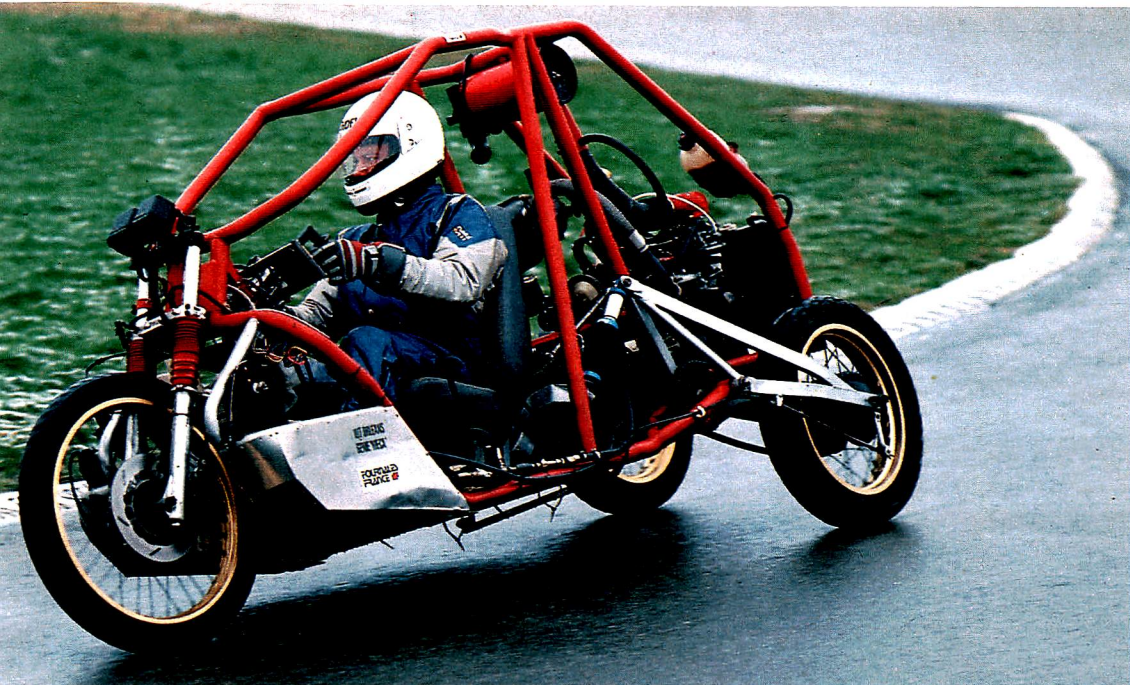
A première vue, le tricycle qu'il a mis au point, le Pulsar, ne semble pas différer de la Moto-Crabe. A la différence du Gyro-Up, dont seule la partie avant s'incline, les roues arrière restant perpendiculaires à la route, les roues arrière de la Moto-Crabe s'inclinent dans les virages en même temps que la fourche supportant la roue avant, cela grâce à un trapèze articulé qui les relie entre elles. Les roues du Pulsar s'inclinent, elles aussi, pour combattre l'effet de la force centrifuge, mais les moyens mis en œuvre pour parvenir à ce mouvement sont totalement différents. Le train de roues arrière est en effet monté sur un balancier dont l'inclinaison est actionnée — ou interdite — par un vérin hydraulique. Un interrupteur à trois positions placé sur le guidon du Pulsar permet de commander ce vérin pour infléchir le balancier à droite ou à gauche et incliner le

tricycle. Lorsque la vitesse tombe en dessous de 20 km/h, le vérin bloque automatiquement l'inclinaison du balancier. Pour prendre un virage, le pilote n'a donc pas besoin de déporter son corps (ce qui serait d'ailleurs sans grand effet étant donné le poids du tricycle) ni d'agir sur le guidon comme il le ferait avec une moto, un Gyro-Up ou une Moto-Crabe.

Cette différence par rapport aux deux autres tricycles est importante pour deux raisons :

- au-delà d'une certaine vitesse, les véhicules à deux ou trois roues s'inclinent en virage au moyen d'un très léger contre-braquage. Ainsi, pour prendre un virage à droite, on imprime une légère poussée à gauche sur le guidon. Cette manœuvre, qui va à l'encontre de la logique mais non de la physique, n'est pas clairement perçue par la plupart des motards. De ce fait, en situation d'urgence, il leur est très difficile de contre-braquer volontairement pour éviter un obstacle imprévu. Le problème ne se pose pas avec le Pulsar, on pousse l'interrupteur à droite pour tourner à droite ou à gauche pour tourner à gauche.

- Par ailleurs, à très basse vitesse, ou à l'arrêt, l'inclinaison du tricycle peut être une gêne, voire un danger, quand il s'agit de descendre du véhicule, comme nous avons pu le constater en pilotant la Moto-Crabe. Son blocage automatique est donc une nécessité. Il a été prévu sur le Pulsar. De plus, le compteur n'étant pas suffisamment précis pour déceler une vitesse de 20 km/h, Philippe Girardi a installé, sur la roue avant, un capteur optoélectronique que l'on retrouve habituellement en association avec les systèmes antiblocage de frein ABS. Après avoir fait des essais concluants avec une maquette radiocommandée du Pulsar au 1/5^e, l'in-



venteur a construit un premier prototype, encore très imparfait, à l'aide de pièces de motos. Un deuxième prototype a pu être réalisé grâce au concours de l'IUT d'Orléans et de la société Fournalès, spécialisée dans la fabrication d'amortisseurs d'avion et de moto.

Équipé d'un châssis-cage tubulaire, d'un siège automobile et d'un moteur de Renault-5, il s'apparente davantage à une voiture qu'à une moto, ce qui entraîne de nombreux inconvénients : longueur et largeur excessives, une seule place, puissance réduite, pédales de commandes à l'avant augmentant la largeur de la base du châssis et limitant l'angle de braquage de la direction... Toutefois, cette disposition a été adoptée pour des raisons pratiques, présence d'un différentiel et d'une marche arrière sur le moteur de voiture, facilité d'adaptation d'une pompe hydraulique, etc.

Si un industriel veut bien s'intéresser au projet, ce qui n'est malheureusement pas encore le cas, c'est bien la forme d'une moto que retrouvera le Pulsar dans sa version définitive. Cette fois, le moteur sera placé au centre du châssis, ce qui libérera la place du passager, diminuera notablement la longueur et réduira le poids (*voir tableau*). De même, la largeur totale pourra être ramenée à 80 cm, c'est-à-dire qu'elle ne dépassera pas celle de certaines motos de grosse cylindrée et qu'elle devrait même permettre la suppression du différentiel.

	PROTOTYPE ACTUEL	PULSAR
Type de véhicule	Tricycle catégorie voiture	Tricycle catégorie moto
Nombre de places	1 (siège automobile)	2 en tandem (selle de moto)
Carrosserie	Aucune	Carénage intégral et capote
Moteur	Renault 4 temps 4 cylindres	Moto à 4 temps
Cylindrée	1 400 cm ³	De 750 cm ³ à 1 300 cm ³
Puissance	63 CV à 5 500 tours/minute	100 ch maximum
Position du moteur	Arrière	Centrale
Transmission secondaire	Par chaîne	Par chaîne ou par cardan
Inclinaison	Balancier commandé par vérin	Balancier commandé par vérin
Longueur	300 cm	230 cm
Largeur	100 cm	80 cm
Poids	400 kg	300 kg environ
Vitesse maximale	150 km/h	250 km/h (prévision)
Prix	—	100 000 F (estimation)

Comme la Moto-Crabe, le Pulsar est une formule proposée aux conducteurs qui recherchent les agréments de la moto sans en accepter les inconvénients. En ville, l'encombrement réduit de ces tricycles leur permet en effet de circuler et de stationner facilement. Sur route, leur puissance élevée, ajoutée à un poids très faible, en fait des véhicules aussi performants qu'une Porsche ou une Ferrari pour un coût bien moindre. Tout cela à l'abri des intempéries, voire de chutes lors d'un freinage trop violent, ou tout simplement en posant le pied à terre.

Selon Philippe Girardi, le Pulsar en version moto, avec une selle biplace et un carénage intégral doublé d'une capote amovible, coûterait environ 100 000 F.

Laurent Douek

Fruit de la passion



Nous, à SVM, on est fou de micro-informatique. Chaque mois, on passe au banc d'essai nouveaux matériels et nouveaux logiciels, on traque l'innovation géniale qui vous fera encore gagner du temps, on enquête partout où ça bouge dans la micro pour vous dire ce qui se fait de mieux.

On est constamment à l'écoute de vos besoins pour y répondre concrètement dans chaque numéro.

On teste, on critique, on sélectionne, bref, on fait SVM et on aime ça, passionnément.

Résultat : notre journal est le N°1 de la presse informatique.

SCIENCE & VIE MICRO

SVM

N°1 DE LA PRESSE INFORMATIQUE

SCIENCE & VIE MICRO

UN CLONE D'HYPERCARD
POUR IBM ET COMPATIBLES

IMPRIMER EN COULEURS
CINQ PROCÉDÉS COMPARÉS

OPÉRA DE LA BASTILLE
L'ORDINATEUR LÈVE LE RIDEAU

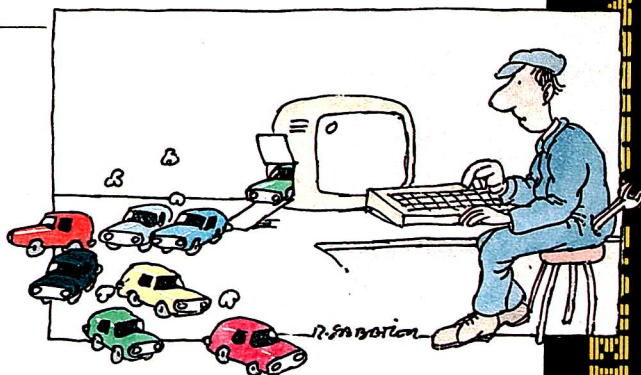
**GONFLEZ
VOTRE ORDINATEUR**

TOUS LES LOGICIELS
POUR AMÉLIORER
LES IBM ET
COMPATIBLES

**COMPAQ
486**

LES NOUVELLES
FRONTIÈRES
DE LA MICRO

AUTOMOBILE : PAS D'AVENIR SANS UNE HAUTE QUALIFICATION



Durement touchée par la crise des années 1980-1985, qui l'a obligée à baisser sa production et à réduire ses effectifs, l'industrie automobile française a aujourd'hui retrouvé sa prospérité. Elle a besoin de cadres, d'ingénieurs, de techniciens supérieurs mais ne recrute plus de personnel sans qualification.

La France figure au deuxième rang des constructeurs européens, derrière la République fédérale d'Allemagne. Plus de 2 millions de personnes, un travailleur sur dix, œuvrent dans l'orbite de l'automobile et 335 000 salariés participent directement à la construction (équipements compris).

Pourtant l'industrie automobile a été durement touchée par la crise des années quatre-vingts : 130 000 emplois ont été supprimés entre 1980 et 1987, dont la moitié entre 1984 et 1986. Et c'est à cette époque qu'on s'est avisé de la faible productivité des usines françaises : 4 000 salariés de Toyota et 6 000 salariés de Fiat fabriquaient autant de voitures que 8 000 salariés de Renault ou de Citroën (rapport Dalle). La crise a eu ceci de bon qu'elle a obligé l'industrie automobile à corriger ses lacunes et à repartir autrement. A l'instar des Américains et de leurs homologues européens, les deux groupes qui concentrent la totalité de la production française, Renault (le seul constructeur nationalisé de la Communauté européenne) et PSA (qui regroupe Peugeot et Citroën) se sont mis à copier les méthodes de production japonaises. Ils s'en sont bien trouvés : ils dégagent, depuis deux ans, les meilleurs résultats de leur histoire !

Une des premières mesures stratégiques a eu pour objectif de faire reculer la standardisation. Les firmes japonaises renouvellent leurs modèles tous

les cinq ans. C'est ce rythme que tentent désormais de suivre les Européens en diversifiant leurs gammes — plus question de se laisser porter par le succès d'un modèle vedette — et en multipliant les versions. C'est ainsi qu'il n'y a pas une 205 mais 28 ! Aux différentes carrosseries (deux, quatre ou cinq portes, berline, break ou cabriolet) s'ajoutent les diverses motorisations (essence ou diesel, avec des puissances qui varient du simple au double), ou les adaptations nécessaires à l'exportation (catalyseur, conduite à gauche, transmission automatique, climatisation...). Un modèle est conçu, dès l'origine, pour se prêter au plus grand nombre possible de variantes (les problèmes rencontrés pour installer un moteur Diesel sous le capot de la Visa sur un modèle ultérieur ont servi de leçon !).

Accélérer le renouvellement des gammes implique le raccourcissement des délais de sortie d'un modèle. « Il nous a fallu travailler de façon moins séquentielle, plus systémique », explique Philippe Millon, chargé du recrutement des cadres chez Renault. La voiture est pensée de façon globale, ce qui signifie que tout ce qui se situe entre le cahier des charges et la sortie du véhicule : étude de marché, technologies et lieux de production, collaboration avec les différents fournisseurs, exigences de qualité, compétitivité des prix, délais de livraison, formation du personnel... est pris en compte dès le début du projet. Dès la conception d'un modèle, on antici-

pe sur sa fabrication, son montage, sa maintenance (1). Le mot d'ordre est "concertation" : concertation avec les équipes de fabrication pour les associer à la réalisation des outils qu'elles auront à utiliser par la suite, concertation avec les "équipementiers" (c'est ainsi que Valeo participe au choix de l'emplacement des commandes de son dispositif de chauffage sur la planche de bord), etc.

Mais la véritable innovation réside dans l'utilisation généralisée de la CFAO (conception-fabrication assistée par ordinateur) qui permet de réaliser directement les prototypes conformes aux spécifications du cahier des charges et qui élabore les outils destinés à les fabriquer. Elle passe en revue un éventail de possibilités toujours plus large, en un minimum de temps. Telle modification d'un détail du design, qui demandait des jours et plusieurs dizaines de dessinateurs, devient, grâce à elle, instantanée. Comme on s'en doute, la CFAO a considérablement réduit les besoins de l'industrie en dessinateurs et en projeteurs (ceux qui conçoivent les pièces prototypes). L'informatique prend également en charge la coordination des flux d'informations, de matière et de pièces qu'exige l'interconnexion générale.

La modernisation des ateliers de fabrication qui en découle s'appuie sur le développement de la robotisation. Les différentes phases de production ne sont, bien entendu, pas automatisées au même degré. En fonderie, la plupart des usines sont très automatisées. Les robots assurent la manipulation et le remplissage des moules. En carrosserie, l'emboutissage des pièces de tôle s'automatise à 100 %

sur des lignes entières. De plus en plus souvent, ce sont des automates qui prennent en charge le déchargement et la manutention. Libérés des tâches d'alimentation des presses, les opérateurs se consacrent à des activités périphériques. Il en est de même dans les ateliers de soudure et de peinture. Des ouvriers qui ne faisaient que de la soudure assurent maintenant l'approvisionnement, règlent l'outillage, surveillent les robots, contrôlent la qualité des pièces, s'aident de logiciels pour diagnostiquer les pannes...

La robotique est devenue une spécialité recherchée. L'électronique aussi. Une voiture intègre aujourd'hui huit fois plus d'électronique qu'il y a sept ans. Cependant, les créations d'emplois pour l'installation, la surveillance et, chez certains constructeurs, la conception de ces installations automatisées sont loin de compenser les suppressions de postes chez les employés les moins qualifiés.

Reste le montage final du véhicule. L'automatisation s'accommode relativement mal de la diversité des opérations à effectuer de même que des problèmes de positionnement de pièces. Aussi cette phase de fabrication continue-t-elle à employer des effectifs nombreux : un tiers de la main-d'œuvre. La robotique y trouve toutefois de nouvelles applications : en démontant les portières pour les habiller hors ligne, on rend l'intérieur plus accessible aux robots, ce qui permet la pose automatisée de la planche de bord et des sièges. De même, le moteur de la Renault-19 fut conçu pour être monté automatiquement par en dessous en trois secondes, et non plus manuellement par au-dessus en dix minutes, et avec des contorsions favorisant les malfaçons.

Les robots deviennent polyvalents. Ils savent distinguer un break d'une berline et sont programmés pour peindre les véhicules de la bonne couleur. De plus en plus, ceux-ci défilent pêle-mêle sur les chaînes, au gré des commandes. Autre tendance récente, lancée par le constructeur suédois Volvo : la déparcellisation de la fabrication des véhicules. A la règle "un homme, un poste" succède la logique "une équipe, un système". Un groupe polyvalent accompagne un même véhicule tout au long de sa fabrication. L'encadrement de ces équipes autonomes demande moins de personnel. A terme, cette nouvelle organisation sonne le glas du travail à la chaîne.

Un autre aspect de la réorganisation industrielle, lui aussi directement inspiré des méthodes japo-

LES BONNES ADRESSES

Les brevets de techniciens supérieurs (BTS) se préparent en deux ans dans les lycées professionnels après un brevet de technicien ou un baccalauréat. Il existe un BTS moteurs à combustion interne qui se prépare dans quatre établissements :

- Lycée d'Etat industriel, rue de Kérichen, 29279 Brest.
- Lycée technique privé Saint-Joseph, La Joliverie, 44230 Saint-Sébastien-sur-Loire.
- Lycée Carnot, 62000 Arras.

D'autres spécialités, comme exploitation des véhicules à moteur, conception de produits industriels, production, électronique, transformation des produits plastiques, intéressent l'industrie automobile.

Autre formation supérieure en deux ans, les diplômes de technologie (DUT) se préparent dans des instituts universitaires de technologie (IUT).

Deux établissements proposent un DUT "génie mécanique et producti-

que", avec des orientations tournées vers le secteur automobile :

- Option automobile et moteurs thermiques. IUT, rue d'Issoudun, 45046 Orléans.
- Option traitements thermiques et traitements de surface. IUT, 63 av. du Maréchal-de-Lattre-de-Tassigny, 18028 Bourges.

L'université n'offre pas de formation spécialisée dans le secteur automobile, mais les titulaires d'un DEUG A sciences des structures et de la matière peuvent recevoir un enseignement en mécanique et en génie industriel. Nombreuses sont les écoles qui proposent des enseignements poussés en mécanique, en électricité, en électronique, en robotique ou qui sont spécialisées en automobile.

- Ecole supérieure des techniques aéronautiques et de constructions automobiles (ESTACA), 3 rue Pablo-Neruda, 92300 Levallois-Perret.
- Ecole supérieure de l'énergie et des matériaux (ESEM), Université, 45046 Orléans.

LES CAPRICES DU MARCHÉ

naïses, concerne la recherche de la qualité et la minimisation des stocks. Cette dernière s'obtient par le "juste à temps", qui réduit les immobilisations financières et améliore la productivité. Le cycle de production est désormais piloté par l'aval, l'informatique ajustant en permanence la production aux besoins réels du réseau commercial (les concessionnaires passent commande auprès des fabricants très peu de temps avant l'entrée en production effective des véhicules). Plus besoin de stocker matières et voitures en prévision des ventes à venir. Plus d'arrêts de fabrication du produit. Cette mise en flux continu ou flux "tendus" implique que les ateliers soient capables d'orienter très vite la fabrication en fonction de la demande.

Les relations avec les fournisseurs s'en trouvent profondément modifiées. Les équipementiers et les sous-traitants, qui fournissent la moitié du véhicule (pneus, phares, essuie-glaces, tableaux de bord, ressorts de suspension, amortisseurs, etc.), synchronisent désormais leur travail avec celui des constructeurs, ce qui les oblige parfois à venir livrer plusieurs fois par jour en bordure de ligne. Ainsi, dès la soudure de la caisse, la commande des sièges et leurs caractéristiques (modèle, couleur, matière) sont télétransmises au fabricant, qui n'aura alors que cinq heures pour livrer. Pour s'adapter à ces contraintes, les équipementiers ont considérablement réduit le nombre de leurs sous-traitants et tendent à fusionner (pour former des groupes comme Valeo, Siemens-Bendix...). Eux aussi ont réduit leurs effectifs.

Au total, les ouvriers qui composaient 65 % des salariés de l'industrie automobile française voilà quelques années en représentent à peine 60 % de nos jours. Et les compressions de personnel se poursuivent. Parallèlement, le niveau de qualification requis augmente. Le recrutement des techniciens supérieurs et des ingénieurs progresse (une tendance qui, paradoxalement, a commencé pendant la crise). En 1988, il a concerné 1 300 personnes, parmi lesquelles 43 % de jeunes diplômés.

Trois secteurs embauchent : les bureaux d'études, les méthodes (conception et mise en place des machines destinées à fabriquer les véhicules) et le commerce. Les activités d'études et de recherches des constructeurs et des équipementiers représen-

tent la première industrie mondiale, celle qui fait travailler le plus de monde ne met pas pour autant à l'abri des crises. Rien qu'en 1982, Volkswagen perdit 300 millions de Deutsche Mark. Les pertes cumulées de British Leyland dépassèrent 1 milliard de livres entre 1980 et 1983, celles de Renault se montèrent à 27,2 milliards de francs entre 1981 et 1985. Mais très sensibles aux mouvements à court terme du revenu des ménages, elle bénéficia alors immédiatement de la reprise de l'économie mondiale. Aujourd'hui la Communauté européenne, qui figure en tête de la production mondiale, fabrique près de 30 % du parc mondial (tous véhicules confondus).

S'il faut en croire les experts, pas de déclin de l'industrie automobile à l'horizon. L'institut international de prévisions DRI prévoit, au moins jusqu'en 1994, une hausse moyenne annuelle de la production européenne de 2 %. Selon le bureau pour la France de la commission des communautés européennes, le marché communautaire aura alors franchi les mille milliards de francs. Pour le Bipe (Bureau d'informations et de prévisions économiques), la hausse du pouvoir d'achat des Français, le taux d'épargne stable, le prix actuel de l'essence sont autant de raisons de penser que la croissance se poursuivra au moins durant quelques temps. Gare aux surprises ce-

pendant, les faits ont montré la fragilité des prévisions dans ce domaine : personne n'avait, par exemple, prédit les résultats spectaculaires de 1988 et 1989, années de tous les records avec une progression des ventes en Europe de 4,5 % par an.

Avec un marché communautaire aussi favorable, il faut s'attendre à une recrudescence de l'offensive des voitures étrangères. De nouveaux concurrents surgissent, Corée du Sud en tête. Les marques japonaises pénétrant déjà fortement sur certains marchés européens, comme l'Irlande (44 % en 1988) ou les Pays-Bas (28 %). Pour protéger leur industrie, d'autres pays, comme la France et l'Italie, limitent leurs importations de voitures nippones. Mais à partir du 1^{er} janvier 1993, les constructeurs japonais ne devraient plus subir ces quotas d'importation. C'est du moins ce que souhaite la Commission de Bruxelles. Les Japonais avaient d'ailleurs déjà trouvé le moyen de contourner les quotas en installant des usines en Europe (notamment au Royaume-Uni), comme ils l'avaient fait aux Etats-Unis. Dans deux ans, ces unités produiront environ 500 000 voitures en Europe. Nul doute qu'une concurrence acharnée guette les constructeurs européens et les français en particulier dont la part sur le marché national ne fait que baisser (79 % des immatriculations en 1979, 60 % en 1989).

tent aujourd'hui 19 % des recrutements de cadres.

Cette année, la direction des études de Renault embauchera 150 ingénieurs et techniciens supérieurs. La direction des moteurs du groupe en recrutera à elle seule une trentaine. Les constructeurs européens ont en effet découvert qu'ils doivent porter leurs efforts sur les moteurs pour résister aux Japonais qui, dans ce domaine comme dans bien d'autres, innoveront de manière quasi permanente. Ils ont également compris l'urgence d'investir dans la recherche sur l'électronique des moteurs, l'optimisation de l'injection, la sécurité et la fiabilité, la dépollution... La voiture propre est d'ailleurs un des thèmes de recherche privilégiés des constructeurs. En France, un programme prévoit l'investissement de 1 200 millions de francs sur huit ans, dont 500 MF à la charge des pouvoirs publics. PSA et Renault financent le reste. Les recherches porteront sur la combustion proprement dite (pour réduire les émissions polluantes à la source), les turbines à

(suite du texte p. 166)

(1) L'accessibilité des pièces du moteur est, en principe, prise en compte à ce stade.

LIVRES

Jean Bernard DE LA BIOLOGIE À L'ÉTHIQUE

Buchet-Chastel, 309 p., 120 F.

Pourquoi les règles d'Hippocrate, qui dictaient le comportement du médecin en matière d'éthique, ne suffisent-elles plus ? Parce que la biologie rend l'homme aujourd'hui maître de la procréation, de l'hérédité et du cerveau. Aux nouveaux pouvoirs que voilà correspondent obligatoirement de nouveaux devoirs que le Pr Jean Bernard, président du Comité d'éthique, mais aussi grand savant, est à coup sûr l'un des plus qualifiés pour analyser, puis définir.

Or, les principes de la bioéthique ne sont définissables que dans un cadre philosophique, lequel semble d'abord idéologique. C'est-à-dire que cette discipline risquerait d'asservir la recherche biologique à l'idéologie, erreur grave qui inspira autrefois à l'Eglise de Rome, par exemple, la condamnation de Galilée. Ce n'est certes plus la seule Eglise de Rome qui pourrait commander cette recherche, et cela d'autant plus qu'elle ne dispose plus de pouvoir temporel, mais aussi bien d'autres confessions et maintes sectes.

C'est pourquoi le Pr Bernard cite cette réflexion de Jacques Monod : « Dans pratiquement tous les systèmes mythiques religieux ou philosophiques, l'existence de l'homme prend son sens si l'on admet qu'il fait partie d'un plan général quelconque, qui explique toute la nature et la création. » Nous ajoutons : ce fut l'objet des religions révélées que d'indiquer, dans la révélation, donc, ce plan général. Mais, poursuit Monod, « l'adoption de la méthode scientifique, définissant la véritable connaissance comme ne pouvant avoir d'autre source que la confrontation objec-

tive de la logique et de l'observation, élimine *ipso facto* l'hypothèse animiste de l'existence d'une certaine subjectivité dans la nature ». Autrement dit, la science et la recherche qu'elle mène n'ont que faire de la philosophie ni de l'hypothèse d'un plan révélé de la création.

L'auteur ne propose certes pas un nouveau système philosophique, mais se limite, avec prudence, à énoncer des principes fondamentaux (dont la modération n'exclut certes pas qu'ils soient incompatibles avec plus d'un credo religieux ou philosophique).

D'abord, le respect de la science, qui exige que les comités d'éthique ne se mêlent pas de régler les questions scientifiques ; ensuite, les expériences sur l'homme ne doivent être envisagées que si elles sont seules capables d'apporter les solutions souhaitées.

C'est en fonction de ce principe, rappelons-le, que les expériences américaines sur l'AZT, drogue antisida, ont été interrompues, les médecins ayant jugé immoral de donner des placebos à des malades en vertu de la loi du double aveugle ; en effet, l'on sait déjà que l'AZT est efficace et il est désormais immoral de ne pas en offrir le bénéfice à des malades qui participent à une expérience ; troisième principe, le corps humain n'est pas l'objet de commerce. Quatrième : le bilan risques-avantages doit être attentivement étudié ; c'est-à-dire qu'il n'est pas licite de soumettre un individu à des expériences pénibles, dont il ne retirerait qu'un mince bénéfice. Cinquième principe : le consentement libre et éclairé de celui qui participe à une expérience. Et dernier principe : celui de la solidarité universelle des gens sains et des malades.

Un livre de référence.

Gerald Messadié

David Macaulay COMMENT ÇA MARCHE ?

Larousse, album 384 p., 175 F.

L'auteur a dû écrire ce livre par pitié pour les pères ! Car c'est sur eux que fondent les questions des enfants curieux, comment marche une boussole, un ouvre-boîte, une souris ou un téléphone, pourquoi voit-on du rouge ou du noir, d'où vient le froid du réfrigérateur et le bruit de la sonnette d'entrée ?... Tous les pères n'ont pas le savoir de Neil Ardrey, qui a fourni l'aide scientifique et technique permettant d'illustrer les mouvements, les forces, l'énergie, la lumière que traquent sans relâche les machines de notre environnement ordinaire. Le grand mammouth laineux, personnage central de cette encyclopédie, conduit le lecteur à travers les grandes théories qui ont mené à des inventions aussi géniales que la clef, le scanner ou le satellite. Mais l'enfant aura sans doute encore besoin de son père pour être mené d'illustration en illustration, celles-ci étant agencées en un copieux fouillis. Un bloc-notes de l'auteur fournit, en revanche, un historique clair et concis de chaque objet mentionné, de la fermeture à glissière à la chasse d'eau. Gage d'humour et de sérieux tout à la fois, ce livre a été couronné par l'hebdomadaire anglais *New Scientist* comme le meilleur ouvrage de vulgarisation scientifique.

Marie-Laure Moinet

Hiram Bingham LA CITÉ PERDUE DES INCAS

Pygmalion-Gérard Watelet, 315 p., ill. n., 135 F.

Hiram Bingham fut, en 1911, le découvreur de Machu Picchu, cité inca sise à quelque 2 000 m d'altitude, dans la cordillère des Andes et qu'on avait "perdue" depuis quatre siècles. A ce titre, son nom figure au panthéon de l'archéologie. Bingham était un de ces passionnés des civilisations anciennes, comme Schliemann, de la découverte et donc du voyage. Il partit à la découverte de la civilisation inca comme il fallait le faire, c'est-à-dire à dos de mulet, et trouva donc d'innombrables vestiges. Ce fut ainsi qu'il trouva Machu Picchu, le Vieux Pic, dans la vallée de l'Urubamba.

Voyageur cultivé et avec des yeux, il notait tout, l'alimentation, la faune, la flore, et c'est ce qui contribue au plaisir de la lecture. Nid d'aigle riche en constructions monumentales, remarquables par l'agencement rigoureux de gros blocs de pierre, Machu Picchu reste énigmatique à maints égards. Si Bingham se trompe catégoriquement quand il identifie Machu Picchu à Vilcabamba, ancienne capitale, sa thèse selon laquelle ce fut un sanctuaire construit au déclin de l'empire inca reste plausible sur de nombreux points. On ne sait si c'est aux soins de Danièle Lavallée, du CNRS, préfacière, qu'on doit aussi les rectifications apportées depuis lors aux attributions de Bingham, mais elles sont opportunes. Nombreuses illustrations. Un livre à avoir et garder.

André Jouette

TOUTE L'HISTOIRE

Perrin, 973 p., 250 F.

La première tentation qui vient, avouons-le, au vu de ce livre, est de penser que l'auteur et l'éditeur ont été saisis de folie. Puis l'on pense à l'histoire de ce potentat de légende qui chargea ses historiens de lui raconter l'histoire du monde ; ils se mirent à l'ouvrage et pondirent une trentaine de volumes énormes. « Je n'aurai pas le temps de les lire ! » se lamenta le potentat. Ils abrégèrent et fournirent trois volumes. « Trop long encore ! » gémit le potentat qui se faisait vieux. Il était sur son lit de mort quand les historiens vinrent lui fournir le résumé : « Ils vécurent, ils souffrirent, ils moururent. » Voilà donc 35 000 dates sous un format presque maniable. Beaucoup sur les sciences et les techniques : c'est le 13 mars 1879 que Siemens expérimente à Berlin une locomotive électrique, le 15 juin 1919 que l'acide acétylsalicylique devient l'aspirine, le 20 janvier 1977 que Julien, à Limoges, fabrique des protéines à partir de cellules vivantes nourries d'acides aminés... et c'est en 1405 que fut inventée la bielle à manivelle ! L'ensemble est prodigieux. Littérature donc encore des héritiers ! Un ouvrage qui peut, non, doit figurer dans toutes les bibliothèques de gens cultivés qui voudraient être davantage informés. **G.M.**

Jean-Claude Kaplan & Marc Delpêch BIOLOGIE MOLÉCULAIRE ET MÉDECINE

Flammarion, 610 p., 400 F.

Les manuels scientifiques "pointus" en langue française sont trop rares pour ne pas mentionner la sortie de l'un d'eux. Celui dont le titre figure ci-dessus n'a pas d'équivalent en librairie pour exposer l'état actuel de la biologie moléculaire. Ses auteurs, respectivement chef de service et praticien dans le service de biochimie génétique de l'hôpital Cochin, rappellent d'abord les concepts de base sur le génome des eucaryotes, les principes et les outils de l'analyse de ce génome et sa cartographie. Ils recensent aussi les maladies génétiques connues, les étapes qui ont conduit à une théorie moléculaire du cancer, et les espoirs de thérapie génique. Les outils en question sont décrits en détail et l'ouvrage, de présentation très agréable, est largement illustré. Il est bien adapté à un public ayant une culture minimale en biologie. Très complet et orienté vers la pratique, peut-être appelle-t-il quelques révisions, comme en témoigne une erreur qui nous paraît considérable et qui reflète le hiatus entre la biologie moléculaire moderne, qui est réductionniste, et la biologie traditionnelle, qui est globalisante mais qui reste indispensable, même si elle n'intéresse plus guère les jeunes loups de la médecine. Cette erreur se trouve dans la description de la méiose, processus fondamental symétrique de la fécondation et sans lequel aucune reproduction sexuée ne serait possible. Le point de départ et le point d'arrivée de ce processus sont bien définis, mais ce qui se passe entre les deux est tout simplement inversé et émaillé d'erreurs. C'est ainsi qu'au cours de la méiose les cellules qui donnent les gamètes, ovules et spermatozoïdes, voient leur nombre de chromosomes passer de l'état diploïde $2n$ (46 pour l'homme) à n (23), la diploïdie étant restaurée par la fécondation. Cette méiose se fait en deux temps successifs ; une première division cellulaire réduit chez les deux cellules filles d'une cellule mère le nombre de chromosomes de moitié ; c'est ce qu'on ap-

pelle la division réductionnelle. Une seconde division conserve chez les deux cellules filles de chacune des cellules filles précédentes le nombre de chromosomes ; et c'est ce qu'on appelle la division équationnelle. Dans la description des auteurs, inexplicablement, la division réductionnelle succède à la division équationnelle, ce qui pourrait faire perdre son latin au plus studieux des étudiants, et restreint le brassage de gènes qui s'opère au cours de cette méiose et qui est si important pour la diversité des individus à l'intérieur de l'espèce.

L'erreur, même publiée, est humaine, mais ce qui est contrariant dans celle-ci c'est que les auteurs appuient leur interprétation toute personnelle de ce dogme central de la biologie sur des explications très cohérentes !

Néanmoins, ce livre présente bien d'autres qualités et ne peut que se bonifier au cours des éditions successives. A acheter donc, mais plutôt la troisième édition que la première... **M.-L.M.**

Jean-Henri Fabre

SOUVENIRS

ENTOMOLOGIQUES

Robert Laffont-Bouquins, 2 vol. sous emboîtement, 1 160 et 1 120 p., 125 F chacun.

« Douze mois de méditations, en compagnie de ma petite table, me valent enfin le titre de licencié ès sciences mathématiques. Me voici capable de remplir, un siècle plus tard, les fonctions éminemment lucratives d'arpenteur de toiles d'araignée », écrivait donc le père de l'entomologie moderne, avec cet humour, cette modestie, cette clarté et cette honnêteté dans la compétence qu'on aimerait retrouver chez maint auteur contemporain. On comprend, à relire ces pages, l'immense succès qu'elles remportèrent au XIX^e siècle. Fabre décrit les insectes comme Swift décrivait les Yahous et les Houynhms, c'est-à-dire comme des peuples fantastiques dont les moindres gestes méritent d'être analysés et consignés pour la mémoire de l'humanité. Admirable initiative que d'avoir réédité une œuvre presque introuvable et qui, lorsqu'on la trouve, occupe bien son mètre d'étagère. **G.M.**

Jérôme Rousseau
HABITER DEMAIN :
LA DOMOTIQUE

EGT/Nathan, 190 p., 230 F.

La domotique est l'art (ou la technologie) de l'habitation. L'invention du terme procéderait de l'évolution en cours dans le confort des locaux qui a déjà gagné les lieux de travail. Dotée d'équipements qui communiquent entre eux et heureusement aussi avec l'habitant, la maison (qu'on nous fasse grâce du mot "habitat") des années 90 est dite "interactive", ce que n'étaient pas les maisons du passé, dont l'auteur dresse un panorama historique. Du passé, elle conserve toutefois son rôle défenseur et protecteur que complètent les équipements techniques.

Ceux-ci sont, selon l'auteur, destinés à satisfaire l'individualisme croissant dans notre société (à moins que ce ne soit la manie du confort). La seconde partie décrit ceux des équipements qui sont disponibles, et tous les cas et pièces qui peuvent les accueillir sont analysés, avec leurs exigences spécifiques : éclairage, hygiène, son, vidéo, programmation des installations électriques (elle existe depuis quelque temps déjà), etc., mais aussi systèmes de détection d'incendie et d'inondation et surveillance générale. Quelques modèles sont présentés. Puis l'auteur élargit son propos aux métiers de la domotique. Tout cela est précis et jamais ennuyeux. Beaucoup d'éloges pour les sociétés de télécommunications... **C. Mercier**

Michel Peissel
ITZA OU LE MYSTÈRE
DU NAUFRAGE MAYA

Robert Laffont, 250 p., 100 F.

La thèse est intéressante : la chute de l'empire maya, au IX^e siècle, aurait été causée par l'ouverture de voies maritimes par les Itzas, qui abrégèrent considérablement l'itinéraire de transport des graines de cacaoyer du Mexique vers l'Amérique du Sud. Privé des redevances caravanières, l'empire maya s'appauvrit. En dix-huit jours, c'est-à-dire en trois fois moins de temps que n'en mettaient les caravanes anciennes,

sur une pirogue spécialement creusée pour lui dans un tronc d'arbre, l'auteur parvint à transporter 600 kg de graines sur 600 km ; c'était là une preuve de la faisabilité du commerce maritime dans la région.

Le récit de l'expédition, certes très audacieuse, est un peu longuet. On eût aimé en savoir davantage sur les Mayas et les Itzas et sauter un peu les aventures et, surtout, mésaventures.

Arno Penzias
INTELLIGENCE
ET INFORMATIQUE

Plon, 194 p., 160 F.

L'auteur fut prix Nobel de physique en 1978. Cela n'en fait pas pour autant un écrivain de talent. Si son exposé sur le développement de l'informatique (en remontant au Déluge, c'est-à-dire à George Boole), n'est pas sans intérêt, bien qu'on ait déjà lu ces choses-là en maints lieux, il abonde en passages de ce genre : « Il y a des jeunes qui apprennent à se servir d'un ordinateur avec ingéniosité avant même d'entrer au collège. J'ai rencontré Dahlia Schwartz... » Ou encore : « Savoir programmer un ordinateur n'est pas une fin en soi. »

Jean-Pierre Bâton &
Gilles Cohen-Tannoudji
L'HORIZON
DES PARTICULES

NRF, 248 p., 150 F.

Il s'agit là d'un des états les plus clairs et les plus complets des connaissances les plus récentes de la physique. Titres des chapitres : les trois infinis, l'interaction électromagnétique, les interactions nucléaires forte et faible, l'unification électrofaible, l'horizon quantique et la nécessité de la coopération internationale (postface). Leur énoncé ne peut rendre compte de l'extrême richesse des informations et des analyses, serrées, dans un style d'une grande (et parfois excessive) concision.

L'ouvrage abonde en exposés aussi abordables que possible sur des notions aussi complexes et difficiles à expliquer que les inégali-

tés d'Heisenberg ou l'hypothèse du charme.

Nous y avons aussi trouvé de nombreuses pages particulièrement réconfortantes, en une époque où, sous couleur d'épistémologie, certains s'en vont professant que tout ce que l'on voit est faux, que la raison est inexistante et que les acquis de la science sont des illusions. Dans la conclusion, Jean-Pierre Bâton et Gilles Cohen-Tannoudji citent longuement le point de vue de Jean-Paul Gonthier sur l'attitude à adopter en face des redéfinitions successives des termes et des objectifs de la science : c'est celle qui consiste à considérer que la réalité des choses ne se dévoile que progressivement : « On ne commence jamais dans l'achevé. » Bel ouvrage de référence.

Philippe Besnard
MŒURS ET HUMEURS
DES FRANÇAIS AU FIL
DES SAISONS

Balland, 282 p., 119 F.

Auteur de l'étude *Un prénom pour toujours*, sociologue et directeur de recherche au CNRS, l'auteur s'est assigné une tâche originale, qui consiste à faire le tableau des variations du visage de la société française au cours de l'année. Cela implique qu'on y trouve de la chronobiologie, de l'histoire, de la psychologie et pas mal de données curieuses. C'est ainsi qu'avril et novembre sont les deux mois les plus propices aux coups d'Etat, depuis 1945 en tout cas, mais que, depuis 1789, les insurrections urbaines ont surtout lieu entre avril et juillet.

Dans la décennie 1950 on se mariait le plus en avril, dans la décennie 60 juillet rivalisa avec avril, dans la décennie 70 avril déclina et l'on se maria surtout en juillet, et dans la décennie 80 on s'est surtout marié en juin et en septembre. Aujourd'hui, la mortalité générale la plus forte est enregistrée en janvier et février, mais le suicide printanier atteint ses pics entre mars et juillet. Juillet et décembre sont les mois les plus propices aux meurtres et aux assassinats, et juin et septembre aux outrages à la pudeur !

Gérard Pommier L'ORDRE SEXUEL

Aubier, 288 p., 138 F.

Ce livre traite de psychanalyse. Il se propose d'expliquer les particularités essentielles au désir sexuel, qui sont parfois cause de frustration. Nous avouons n'avoir pas été convaincus par ces explications, qui se fondent sur des postulats invérifiés (si du moins ils sont vérifiables), dont celui-ci : le premier amour de l'être humain, sa mère, conditionne celui qu'il portera à d'autres êtres. Il se trouverait que, si cet amour filial est excessif, il engendrerait un interdit à l'égard des autres femmes, le fils s'identifiant à sa mère ; admettons. Déduction : l'homosexualité dériverait d'un amour filial excessif. C'est là qu'une paille s'insère dans le raisonnement : dans l'hétérosexualité, « un homme aimera une femme au personnage féminisé qu'il (le garçon) était pour son propre père » (p. 177). Il s'ensuivrait que l'hétérosexualité serait une forme déguisée d'homosexualité. Si l'on suivait ce raisonnement, tout amour serait homosexuel... Et les femmes, alors ? Un peu court, ou bien un peu tortueux.

Sous la direction de Lionel Salem LE DICTIONNAIRE DES SCIENCES

Hachette, 482 p., 198 F.

Condenser tant d'informations, et de haut niveau, en si peu de pages, fût-ce en très petits caractères, ce n'est pas mal du tout. Qui plus est, le format est maniable. On compte 1 000 entrées et 4 000 mots indexés, qui renvoient aux mots clefs. Chaque entrée comporte une définition et un développement. On peut toujours faire des critiques, évidemment, sur ce genre de prouesses. C'est ainsi qu'on peut s'étonner de trouver, tout de suite après "mammifères", une sous-entrée sur les monotrèmes, alors qu'il n'y a pas de fausse entrée sur les marsupiaux ni les monotrèmes, fût-ce à titre de renvoi ; pour trouver ces deux mots, il faut se référer à l'index. Mais on se félicitera de trouver des entrées rares telles que "enthalpie", "théorie ergodi-

que", "diagramme de Feynmann", "langage infinitaire", "calcul des prédicats", y compris une sur la "théorie des catastrophes". Chimiste, l'auteur a fait une belle part à sa spécialité ainsi qu'aux maths. Il a élégamment oublié d'inclure l'homéopathie dans ce dictionnaire, où elle n'eût sans doute pas été à sa place... Haut niveau, on l'a dit.

Albert Jacquard IDÉES VÉCUES

Flammarion, 195 p., 79 F.

Intéressant témoignage : le spécialiste de la génétique des populations explique l'influence de sa propre vie sur sa pensée scientifique. Il fait partager ses indignations : « Je reste effaré devant des garçons ou des filles dotés du bac et qui ne font pas la différence entre le verbe "être" au présent de l'indicatif et le verbe "avoir" au présent du subjonctif. » Il explique aussi les difficultés auxquelles il se heurta pour faire publier sa thèse probabiliste sur les variations du patrimoine génétique et dénonce les conformismes universitaires. Fait aussi de la polémique et dénonce la querelle qui lui a été faite sur l'héritabilité de l'intelligence (il ne croit pas à celle-ci, mais ne s'en explique pas assez).

Trinh Xuan Thuan LA MÉLODIE SECRÈTE

Fayard, 390 p., 160 F.

Cette longue leçon d'astronomie évoque par son aisance les célèbres *Entretiens sur la pluralité des mondes* de M. de Fontenelle. C'est élégant et l'on comprend sans peine ce qui, énoncé de but en blanc, eût semblé impénétrable ; par exemple, l'équilibre obligé entre la force explosive du big-bang et la force gravitationnelle, qui agit en sens inverse. Ou encore le flou quantique, qui fait que la montre la plus précise est un chef-d'œuvre d'imprécision.

Les pages les moins intéressantes sont celles qui traitent de métaphysique, parce qu'elles évoquent subtilement les considérations semblables de M. Bernardin de Saint-Pierre, qui pensait en son temps que les côtes du melon illustraient la sagesse de la Providence,

qui les avait tracées afin qu'on pût manger le melon en famille. On s'en consolera à la lecture de l'histoire du fameux chat de Schrödinger, qui était 50 % mort et 50 % vivant, et qui sert d'excellent introducteur à la théorie des univers parallèles.

Gérard Badou

LES NOUVEAUX VIEUX

Le Pré aux Clercs, 269 p., 95 F.

La France, qui vieillit, compte déjà 3 000 centenaires ! On croirait volontiers que les pouvoirs publics sont tout pleins de sollicitude pour les gérontes qui augmentent et qui, d'ici à la fin du siècle, constitueront une part appréciable de l'électorat (à moins qu'on retire aussi le droit de voter à 65 ans). Eh bien, non ! et l'auteur, journaliste médical, offre à profusion des chiffres et des faits qui le démontrent. Ainsi, une dame atteinte de la maladie d'Alzheimer, et qui est hospitalisée, paie quand même son impôt foncier, parce que sa maison est devenue une résidence secondaire. Et surtout, pas de prise en charge pour l'alzheimer ! Soit 13 000 F par mois, à la charge exclusive de la famille, alors qu'on prend en charge les alcooliques et les drogués. Mais il est vrai que les malades de cette maladie, eux, ne votent plus. « Les vieux, c'est comme les étrangers », dit Brigitte L., 28 ans. Va-t-on en arriver à la solution de l'Américain Callahan ? « Au lieu de dispenser des soins aux vieux, dispensons les vieux de soins. » Un livre dur, mais d'une brûlante actualité.

Jacques Brosse

LA MAGIE DES PLANTES

Albin Michel, 311 p., 55 F.

Il s'agit plutôt des plantes "magiques", c'est-à-dire qui contiennent des substances aux propriétés rares. Ainsi du girofle, dont les clous, mis à macérer dans du vin, permettent à quatre malandrins de détrousser autrefois les cadavres des victimes de la peste, car ce vin devenait une boisson antiseptique ; d'où le "vinaigre des quatre voleurs". De la bonne botanique en introduction, des foules d'anecdotes et un talent littéraire certain.

G.M. ▲ 139

En équilibre sur une colonne de vent

PHYSIQUE AMUSANTE

Nous avons déjà traité dans cette rubrique la lévitation électrostatique (la plus belle) et la lévitation magnétique (plus forte, mais moins stable). Il manquait la lévitation aérodynamique, un peu plus forte que la lévitation électrique et beaucoup plus facile à stabiliser que le magnétisme. C'est un oubli que nous allons combler aujourd'hui.

C hose curieuse, cette poussée aérodynamique a longtemps été ignorée malgré ses effets évidents. C'est ainsi que les Anciens pensaient que l'air est impondérable, alors même qu'on voyait le vent emporter les feuilles, soulever les vagues, pousser les navires ou faire tourner les moulins. Pour les Grecs, l'air s'apparentait plus au souffle de l'esprit qu'à la matière.

Le vent avait toutefois une importance pratique suffisante pour qu'on lui donnât une existence mythologique sous la forme d'un dieu joufflu qui s'évertuait à bousculer les nuages. Il fallut attendre Galilée, Toricelli, Pascal, puis Magnus, Venturi et bien d'autres pour apprendre que l'air est fait de molécules tout à fait matérielles et pesantes, et qu'il suffit de le refroidir pour le voir devenir liquide puis solide.

Même à l'état gazeux, il pèse continuellement sur nos épaules, se révèle capable d'enlever un toit ou d'abattre les chênes, comme on l'a vu récemment, et c'est encore

lui qui, sous le nom de résistance aérodynamique, empêche une honnête 2-CV de dépasser facilement le TGV. C'est d'ailleurs cette même résistance que nous allons exploiter pour mettre en lévitation une petite boule de plastique qu'on verra rester immobile en l'air sans le moindre fil pour la tenir.

En réalité, ce qui la tient en équilibre, c'est le choc des molécules d'air allant de bas en haut. Que l'air soit constitué de petits grains de matière est une découverte récente qui ruina d'ailleurs la notion de fluide au sens absolu du terme : pendant fort longtemps — en fait jusque vers 1800 ; en 1811, Avogadro donnera le nombre de molécules qu'il y a dans un litre de gaz —, un fluide était considéré comme une masse mobile continue.

La théorie cinétique des gaz, constamment confirmée par l'expérience, montrera qu'il n'en est rien : tout comme les solides et les liquides, les gaz sont constitués d'un nombre énorme de molécules dont les dimensions sont minuscules.

De ce fait, elles échappent complètement à l'observation standard, au même titre que le flot de blé s'écoulant d'une moissonneuse-batteuse a, vu de loin, le comportement d'un liquide.

Or, si les grains de blé sont parfaitement visibles à l'œil nu à condition de se rapprocher un peu, les molécules restent totalement invisibles même en se rapprochant beaucoup, et le meilleur microscope ne permettra toujours pas d'en voir une seule. En revanche, il existe quantité de preuves indirectes de leur existence, et la théorie moléculaire permet d'expliquer nombre de phénomènes tels que la viscosité des gaz, les propriétés des mélanges, la température thermodynamique, la perméabilité de certaines membranes.

Et surtout, la théorie moléculaire permet de très bien comprendre pourquoi un souffle d'air peut soulever une boule de plastique léger. Bien que ces molécules soient très petites (diamètre de l'ordre de 10^{-10} m), elles sont très nombreuses : un mètre cube de gaz dans les conditions normales en contient 3.10^{23} .

L'expérience a montré aussi que ces molécules sont animées d'un perpétuel mouvement aléatoire qui n'est autre que l'agitation thermique. Au zéro absolu, les molécules sont au repos, puis elles s'agitent de plus en plus vite au fur et à mesure que la température augmente. Ce mouvement explique la pression qu'exerce un gaz sur les parois du récipient qui le contient — les molécules frappent sans cesse sur les parois, ce qui tend à les repousser.

Mais ce mouvement étant totalement désordonné (il y a autant de molécules qui vont dans un sens que dans le sens contraire), la pression due au choc des molécules ne se fait sentir que dans une enceinte fermée, puisqu'il y a toujours deux parois opposées qui vont subir les chocs des molécules allant vers elles. Pour que ces chocs agissent dans une direction préférentielle, il faut orienter le mouvement global de toutes les particules, donc donner une certaine vitesse à la masse de gaz.

À ce moment, comme on le vérifie en régalant contre le vent, l'air exerce une pression qui n'est nullement négligeable. C'est cette pres-

sion que nous allons mettre en œuvre pour assurer la lévitation d'une boule de polystyrène, et le phénomène s'explique très bien dans le cadre de la théorie cinétique des gaz, où il s'apparente à un processus de mécanique classique.

Pour schématiser encore plus, on peut même le comparer à ce jeu de foire qui consiste à faire tomber des têtes ou des boîtes en fer-blanc en lançant dessus des boules de chiffon. Le choc d'une boule fait facilement tomber la boîte, mais on conçoit assez intuitivement qu'une légère boule de coton, même bien pointée, n'aura pas le même résultat. Mais si on tasse le coton en une petite bille bien serrée, et qu'on envoie une poignée de ces billes d'une main sûre, la boîte tombera encore.

On peut d'ailleurs descendre encore dans la dimension des projectiles — des miettes de pain ou des grains de sable — et obtenir la chute de la cible à condition de lui envoyer une véritable volée de particules. Et maintenant, si, au lieu d'une volée, on envoie un jet continu de particules, on va non seulement faire tomber la boîte, mais on pourra aussi la pousser une fois au sol.

Si le jet était vertical, la boîte tiendrait en équilibre dessus, les innombrables chocs de milliers de grains de sable la repoussant vers le haut et compensant son poids. Il en va un peu de même avec un jet d'air : les molécules sont minuscules, mais extrêmement nombreuses, et la somme de leurs chocs successifs est capable de compenser le poids d'un objet léger — cette somme de chocs est justement ce qui crée la pression.

En revanche, l'équilibre ainsi obtenu est en principe assez instable, car une boule sur un jet d'air est un peu comme un crayon debout sur la pointe — il faut toutefois tenir compte de phénomènes plus complexes liés à la résultante des chocs sur une surface courbe, qui font que la boule revient vers le centre du jet si elle en est écartée, à condition qu'aucun autre mouvement d'air parasite ne perturbe le processus.

En pratique, il y a toujours un courant d'air arrivé d'on ne sait où qui vient troubler l'expérience, mais dans une chambre calme elle réussit très bien. Le matériel né-

cessaire à la construction est réduit, mais il comporte obligatoirement une source de vent, en l'occurrence un ventilateur normalement destiné à refroidir des circuits d'ordinateur.

Ce modèle a été retenu par Pierre Courbier, créateur de l'ensemble, pour son excellente qualité et son très bon rendement. Afin de former un jet d'air suffisamment puissant pour tenir en sustentation une petite sphère de polystyrène expansé, on construira une tuyère en polystyrène choc. Il faudra donc :

— Cutter, règle métallique, colle Uhu-Plast et trichloréthylène, papier abrasif, fer à souder, etc.

— Polystyrène choc de 2 mm d'épaisseur ; directement ou par correspondance chez Adam-Montparnasse, 11 bd Edgar-Quinet, 75014 Paris, ou chez Pierron, 57206 Sarreguemines Cedex.

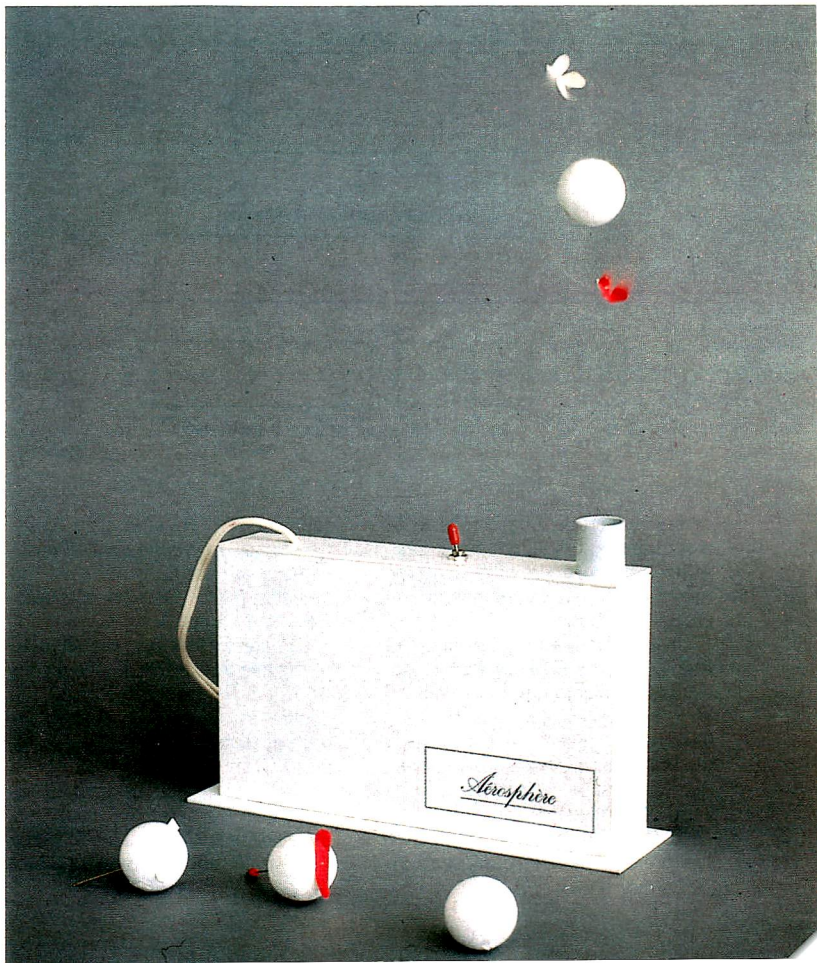
— Fil électrique souple type lumière, interrupteur de châssis (ou

de type olive), connecteur à bornes à vis.

— Raccord en PVC, diamètre extérieur 22 mm, intérieur 19 mm ; à couper à 26 mm de long. Type pour canalisations électriques en vente dans les magasins de bricolage.

— Ventilateur système Papst à turbine à effet tangentiel, 220 V et 0,125 A ; en vente par correspondance, franco de port, chez RAM (la quantité de ventilateurs Papst est limitée ; en cas de rupture de stock, les Ets RAM enverront en lieu et place, et pour le même prix, un ventilateur Torin TA 450, 220 V et 0,15 A, à flux perpendiculaire à l'axe de rotation. On verra dans le texte l'exemple d'utilisation de ce modèle). Adresser en même temps que la commande un chèque de 110 F à RAM, 131 bd Diderot, 75012 Paris.

— Sphères en polystyrène expansé, disponibles au Bon Marché, 22 rue de Sèvres, 75006 Paris,



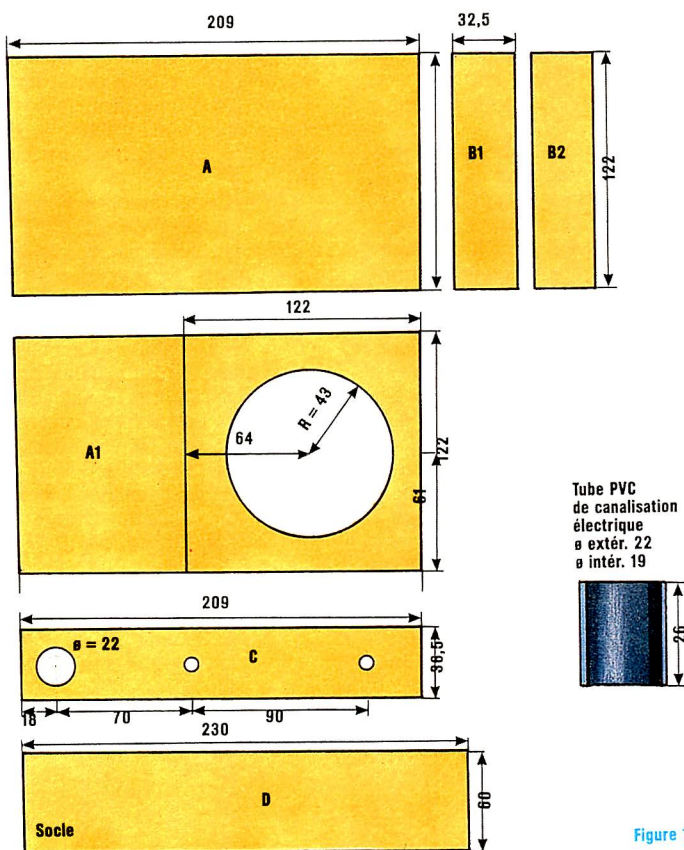


Figure 1.

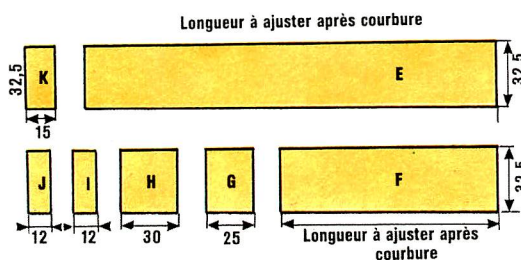


Figure 2.

rayon des Trois Hiboux. Par correspondance, 5 sphères de 30 mm, franco de port, en adressant en même temps que la commande un chèque de 40 F.

On commence par fabriquer le boîtier, illustré **figures 1 et 2**, qui est destiné à contenir le ventilateur et la tuyère. On trace, marque et découpe les pièces de A à D, dont les cotes sont données **figure 1**. Sur la pièce A on collera le rectangle B2, **figure 3**, puis on fixera le ventilateur, du côté opposé à l'entrée d'air de la turbine, avec du

ruban adhésif double face épais. Ce faisant, on veillera à l'affleurement de la base du ventilateur, qui ne devra pas dépasser le côté inférieur de la pièce A.

La tuyère de section rectangulaire, **figure 3**, est formée des pièces de E à J. Sa grande ouverture recouvre la sortie d'air du ventilateur, et la petite débouche sous la pièce C. Un petit morceau de tube en PVC de 26 mm de haut et de 22 mm de diamètre extérieur sera ultérieurement collé dans la pièce C. C'est ce tube qui donnera au jet

d'air sa vitesse et sa direction.

On collera sur A l'autre côté B1 du boîtier (**figure 3**). Les pièces E et F, rectangles de 32,5 mm de largeur, seront découpées à une longueur supérieure à celle qui est nécessaire, afin de pouvoir aisément les courber à froid avec les deux mains. Pour cela, on procédera avec lenteur aussi régulièrement que possible en lissant la courbe. On présentera ensuite les pièces à leurs emplacements, on marquera leurs extrémités, on coupera et on ajustera par ponçage.

Les cales G, H, I, J, K seront ensuite disposées comme indiqué **figure 3** et collées (colle Uhu-Plast plutôt que trichloréthylène), en même temps que les pièces E et F. Le tout sera maintenu en place par du ruban adhésif pendant le séchage (une ou deux heures environ). Deux petits morceaux de ruban adhésif destinés à améliorer l'étanchéité seront disposés aux endroits indiqués **figure 3**.

On vérifiera que les tranches non encore collées (en hachures sur la **figure 3**) se situent dans le même plan ; on poncera éventuellement. De fait, l'étanchéité de la tuyère dépend également d'un collage régulier de ces tranches sur la pièce A1 — que l'on ne collera pas encore. Le câblage consistera, après avoir éventuellement fixé un interrupteur sur le boîtier (ou une simple olive sur le fil d'alimentation secteur), à réunir comme indiqué **figures 4 et 5** les fils en provenance du ventilateur à ceux qui apportent le 220-V via l'interrupteur.

Contrairement à la plupart des montages présentés dans cette rubrique, nous utilisons cette fois le courant du secteur ; il en résulte que l'on doit prendre les précautions qui s'imposent et, notamment, ne pas mettre sous tension avant d'avoir complètement vérifié les connexions. Dans tous les cas, ce montage ne doit pas être utilisé par des enfants qui ne seraient pas sous la surveillance active d'adultes compétents.

On collera à son emplacement la pièce C, le tube de PVC simplement enfoncé dans son logement, mais non collé. On disposera correctement le connecteur à vis en plaçant les fils de telle façon qu'ils ne gênent pas et on refermera le boîtier en mettant la pièce A1, qui sera maintenue en place provisoirement.

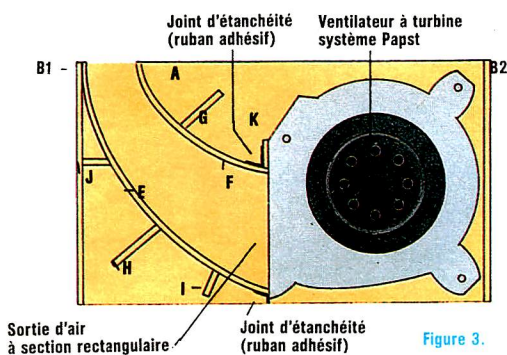


Figure 3.

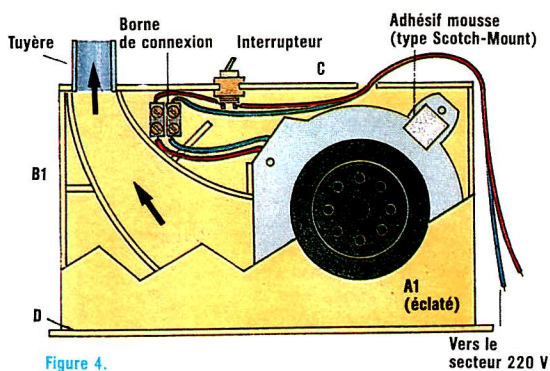


Figure 4.

rement avec du ruban adhésif collé extérieurement.

Toutes précautions respectées, on branchera la prise et on vérifiera que le ventilateur tourne correctement ; un flux d'air doit s'échapper du tube et être suffisant pour maintenir en suspension une sphère de polystyrène expansé de 30 mm. A noter que les essais pratiqués avec d'autres matériaux ont été négatifs : ni les balles de Ping-Pong ni les petites sphères en cellulose du type cotonne ne conviennent.

Il faut donc se procurer le modèle préconisé, à moins de fabriquer soi-même des boules à partir de polystyrène expansé récupéré dans des emballages. Mais cette fabrication est assez délicate, c'est pourquoi nous avons obtenu du grand magasin Le Bon Marché, rayon les Trois Hiboux, l'envoi à nos lecteurs qui en passeront commande (40 F) de 5 sphères du modèle en question.

Pendant que la sphère est en lévitation, on réglera l'enfoncement du tube de PVC afin d'obtenir l'altitude maximale — environ 20 cm dans notre prototype. On collera ensuite le tube dans son logement avec de la colle cyanacrylate.

Il restera, après avoir débranché le fil du secteur, à enlever la pièce

Figure 5. Vue en éclaté.

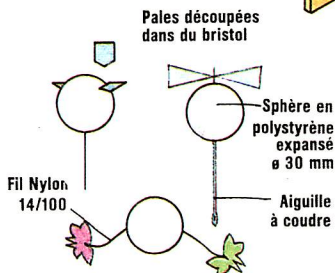
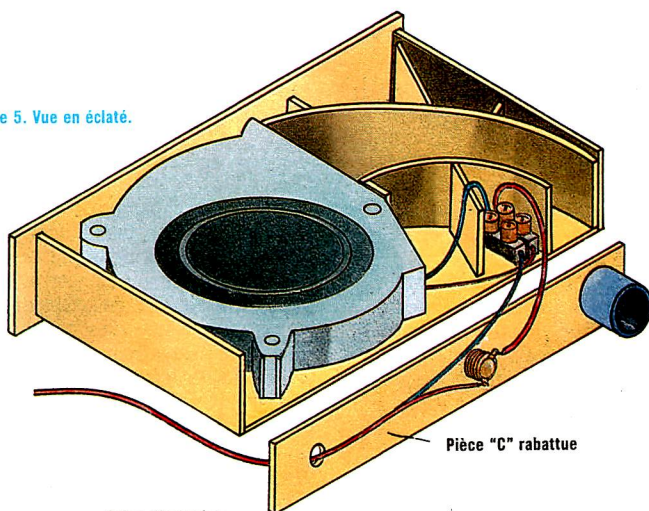


Figure 6.

Papillons découpés dans du papier de couleur

peut parfaitement et très facilement se procurer un modèle à flux d'air perpendiculaire à l'axe de rotation de l'hélice — par exemple type Torin TA 450. Il faut seulement qu'il ait une puissance au moins équivalente.

Dans ce cas, la tuyère sera construite sous la forme d'un tronc de pyramide selon le schéma de la fi-

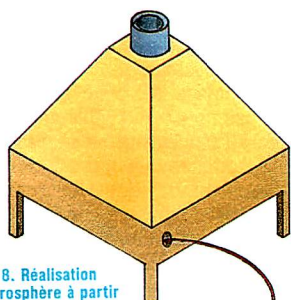
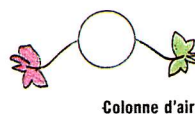


Figure 8. Réalisation de l'aérosphère à partir d'un ventilateur à pales générant un flux perpendiculaire à son axe de rotation.

A1, à mettre 3 ou 4 morceaux de Scotch-Mount sur le ventilateur — voir figure 4 — et à enduire de colle toutes les tranches visibles en hachures sur la figure 3, puis à appliquer fortement la pièce A1 sur ces tranches en veillant à son alignement. On maintiendra le collage avec du ruban adhésif et, après séchage, on terminera en collant le boîtier sur son socle — pièce D, voir figures 4 et 7.

Si l'on ne peut se procurer le modèle de ventilateur décrit, on



Colonne d'air



Figure 7. Vue générale de l'aérosphère en fonctionnement.

figure 8, ce qui ne posera pas de problème particulier en utilisant la méthode Hobbystyrène de Paul Courbier. On veillera simplement à ajuster les tranches formant la tuyère en les usinant sur une feuille de papier abrasif.

Si l'écoulement du jet d'air était idéal, sans la moindre turbulence, et si la sphère en suspension était parfaitement homogène, elle se maintiendrait immobile dans l'espace indéfiniment. Comme nous l'avons dit plus haut, la résultante des forces aérodynamiques mises en jeu ramène normalement la boule dans le jet d'air.

Il s'agit toutefois d'un équilibre instable dans l'absolu, d'où les perpétuels déplacements et rotations de la sphère — utilisés d'ailleurs pour rendre plus difficile la visée dans les stands de tir forains, qui utilisent le même principe, avec souvent un jet d'eau à la place du jet d'air.

Mais il est possible de se servir de ces réactions aérodynamiques pour ajouter à l'effet de notre montage en munissant la sphère d'une hélice et d'un contre-poids. La première sera faite avec deux morceaux de bristol enfoncés dans le plastique et disposés dans la traînée de la veine d'air. Si les pales sont placées en dessous, elles déséquilibrent le mobile.

Le contre-poids sera tout simplement constitué par une aiguille à coudre dont on réglera la longueur afin d'obtenir la meilleure stabilité possible. La figure 6 montre également un autre exemple qui met en scène des papillons voletant autour de la sphère. Ils sont découpés dans du papier de couleur et collés (cyanoacrylate) à un petit morceau de fil de Nylon pour pêche de 0,14 mm.

Bien d'autres types de mobiles restent à trouver à partir de ces modèles : cônes équilibrés, sphères munies de brins de laine colorés, etc. Il ne restera plus qu'à les expérimenter ; les enfants surtout ne manqueront pas de se passionner intelligemment à mettre au point ces levitations du troisième type. Enfin, on suscitera à tout coup l'étonnement si on masque le montage avec un livre pour ne laisser apparaître que la sphère flottant de manière totalement inexplicable.

Renaud de La Taille
Modèle Pierre Courbier



Une balise de détresse

ÉLECTRONIQUE AMUSANTE

Lors d'une panne de voiture de nuit ou par temps de brouillard, le plus important reste d'être vu par les autres automobilistes, afin d'éviter des accidents en cascade. Nous vous proposons donc de réaliser, ce mois-ci, une balise de détresse de forte luminosité. Son alimentation sera assurée par la fiche allume-cigare du véhicule et nous l'avons doté de deux modes de fonctionnement. Un interrupteur permettra, en effet, soit de lui faire émettre une lumière clignotante, soit de la bloquer en position allumée. Dans ce dernier cas, elle pourra être utilisée comme éclairage pour pratiquer une intervention dans le moteur ou, plus simplement, pour changer une roue.

Comme source lumineuse, nous utiliserons une lampe halogène pour cette balise ; ces dernières

permettent effectivement d'obtenir une forte intensité lumineuse sous de faibles tensions et, notamment, sous les 12-volts que délivre la batterie d'une voiture. Nous la commanderons par l'intermédiaire d'un relais. La bobine de celui-ci sera, par un interrupteur, soit connectée au plus-12-volts, cela correspondant à l'allumage permanent de la lampe, soit à la sortie d'un NE 555. C'est par ce moyen que nous commanderons le clignotement. Nous avons volontairement choisi une durée d'allumage de l'ampoule inférieure à celui de l'extinction, cela afin de réduire notablement la consommation moyenne de notre balise et, par voie de conséquence, d'éviter de trop décharger la batterie, même si notre montage doit rester en fonctionnement plusieurs dizaines de minutes. Son efficacité de signalisation n'en sera cependant pas pour autant réduite. En ce qui concerne le NE 555, son câblage restera tout à fait classique. Il sera en effet "entouré" de ses composants habituels, à savoir deux résistances, un potentiomètre ajustable et un condensateur.

Le câblage de cette balise ne doit pas poser de problème particulier. Il faudra surtout ne pas oublier, comme nous le précisons régulièrement, de couper l'ensemble des bandes cuivrées conductrices de la plaquette de câblage sous le NE 555. De même, il faudra prendre soin de respecter son brochage, ainsi que la polarité du conden-

OÙ SE PROCURER LES COMPOSANTS ?

Δ MAGNETIC FRANCE, 11 place de la Nation. 75011 Paris. tél. (1) 43 79 39 88.

Δ PENTASONIC, 10 boulevard Arago. 75013 Paris. tél. 43 36 26 05.

Δ T.S.M., 15 rue des Onze-Arpents, 95130 Franconville. tél. 34 13 37 52.

Δ URS MEYER ELECTRONIC, 2052 Fontainemelon Suisse.

Δ Ces composants sont également disponibles chez la plupart des revendeurs régionaux.

sateur. Seule difficulté, peut-être, le câblage du relais. En effet, en fonction du modèle disponible chez le revendeur, son brochage, bornes d'alimentation de la bobine et position des contacts, peut différer. Il sera donc conseillé de faire préciser son câblage par le détaillant lors de son achat. Pour la fiche allume-cigare, le plus-12-volts correspond, au moins sur les voitures actuelles, toujours au contact central et le 0-volt au périphérique (négatif à la masse). Si ces quelques précautions sont respectées, le montage doit fonctionner dès sa mise sous tension.

Une fois ce câblage entièrement terminé, il faudra procéder à l'ajustage de l'intervalle séparant deux allumages de la lampe. Pour cela, il suffira d'agir sur le potentiomètre. Nous vous conseillons de le régler de manière que l'ampoule s'allume environ deux fois par seconde ; cependant tout autre intervalle de temps pourra être choisi et ne nuira en rien à la fiabilité de votre balise. Une fois cet ajustage effectué, on vérifiera qu'en agissant sur l'interrupteur l'allumage permanent est obtenu.

Pour "habiller" ce montage, bien des solutions seront possibles. Les lampes halogènes dégagent beaucoup de chaleur — surtout dans notre cas lorsque l'allumage continu est utilisé —, si un boîtier en plastique est adopté, l'ampoule ne devra donc pas être en contact avec lui directement. Le fil de liaison entre la fiche allume-cigare et le montage pourra, en revanche, être du fil ordinaire type Sindex, utilisé pour réaliser des rallonges électriques. Il sera nécessaire cependant ici de vérifier que le conducteur correspondant au plus-12-volts de la fiche est effectivement relié au plus du montage, et il faudra éviter d'employer une longueur de fil supérieure à 5 mètres. Enfin, il est possible de se procurer des aimants souples constitués de grains de ferrite noyés dans du caoutchouc (macarons "90" magnétiques, par exemple). Nous vous conseillerons de fixer un tel aimant sur l'une des faces de notre balise ; il sera, en effet, alors possible de la fixer très rapidement et simplement sur un point quelconque de la carrosserie du véhicule en cas de problème.

Henri-Pierre Penel

IMPLANTATION DES COMPOSANTS

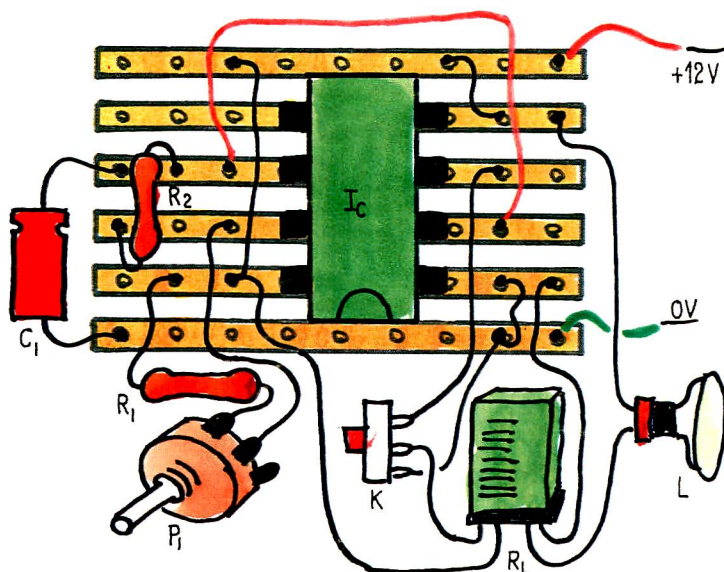
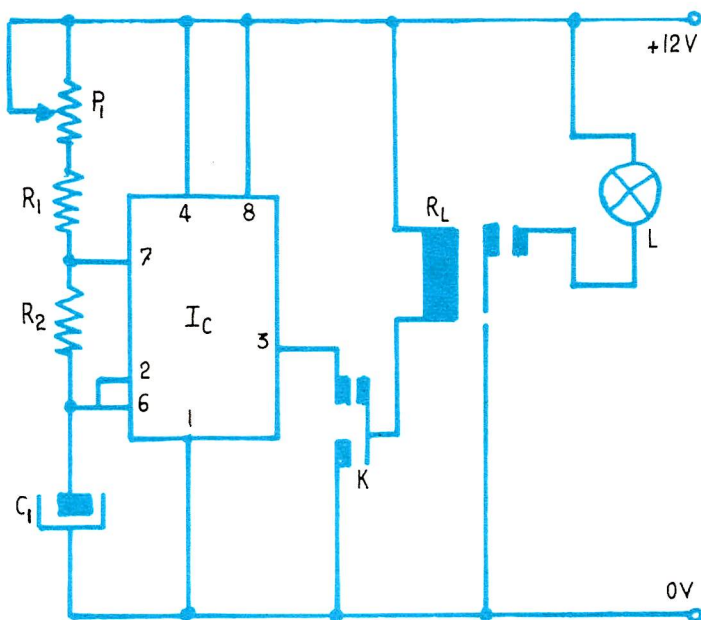


SCHÉMA ÉLECTRIQUE



NOMENCLATURE

$R_1 = 470 \Omega$ (jaune, violet, brun, or)
 $R_2 = 470 \Omega$ (jaune, violet, brun, or)
 $P_1 =$ potentiomètre ajustable 2,2 K Ω
 $C_1 = 1 \mu F$ 12 volts
 $IC = NE 555$
 $RI =$ relais 12 volts 1RT

$K =$ interrupteur inverseur
 $L =$ lampe halogène Mazda 50 watts-12 volts
 1 fiche-allume cigare
 Facultatif : 1 boîtier
 1 disque magnétique "90"

Une tablette sensitive

INFORMATIQUE PRATIQUE

Le but de la réalisation que nous vous proposons ce mois-ci est de permettre aux tout-petits d'accéder à l'ordinateur. En effet, il est possible de concevoir des programmes susceptibles d'éveiller leur curiosité dès leur plus jeune âge. Cependant, l'utilisation d'un clavier standard est loin d'être évidente pour de petites mains encore maladroitement. La tablette que nous vous présentons propose donc 12 zones sensibles; c'est-à-dire que, si l'enfant appuie sur l'une de ces zones, l'ordinateur sera capable de déterminer de laquelle il s'agit.

De plus, au départ, notre tablette sera blanche, mais, au format 21 x 29,7, elle acceptera parfaitement de fonctionner recouverte d'une feuille de papier ordinaire sur la-

comment —, de réaliser une tablette au format A3 équipée de 24 zones sensibles. La limite, du moins avec ce type de fonctionnement, étant fixée à 64 zones sensibles. Dans ce dernier cas, afin que chaque zone occupe une surface de l'ordre de 9 cm x 6 cm, les dimensions du panneau à réaliser deviennent déjà respectables et ne nous semblent guère correspondre à un usage domestique (72 cm x 48 cm).

Ces quelques précisions apportées, passons à la confection de notre tablette. En fait, elle ne nécessitera l'utilisation d'aucun composant électronique. En effet, elle exploite directement les possibilités offertes par nos interfaces principales. Rappelons à ce propos que la réalisation de ces dernières a été proposée, toutes modifications comprises, dans nos numéros 863 et 864 d'août et de septembre 1989. Il est vrai que deux modèles différents existent, mais le choix de l'interface ne dépend que du type de

micro-ordinateur que vous possédez. En sortie de ces dernières, les signaux disponibles sont rigoureusement identiques. Notre tablette sera donc parfaitement compatible avec l'une ou l'autre des interfaces.

Le courant que demandent nos interfaces principales pour déterminer un contact restant extrêmement faible, nous n'utiliserons pas de réels interrupteurs, mais simplement un "croisillon" de bandes conductrices réalisé à l'aide de feuilles d'aluminium ménager genre Albal. En premier lieu, sur une plaquette de contreplaqué de dimensions légèrement supérieures aux définitives, seront appliquées trois bandes parallèles horizontales d'autocollant double face large, espacées d'environ 5 mm. La largeur de l'autocollant sera choisie de manière que ces trois bandes couvrent la surface utile de la tablette. Il est éventuellement possible de coller deux bandes côte à côte si la largeur de l'adhésif n'est pas suffisante.

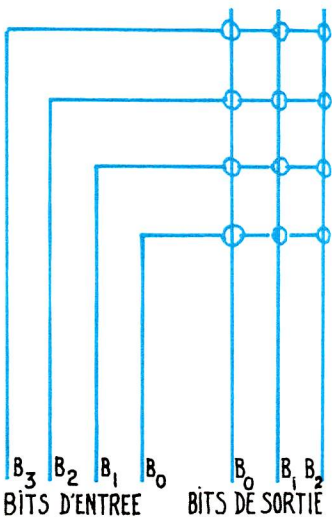
Cette opération effectuée, une feuille d'aluminium ménager sera collée, puis découpée de manière qu'aucun contact ne soit établi entre deux bandes adjacentes. L'extrémité d'un fil dénudé sera connectée à chaque bande. Ici, un problème se pose: il est en effet impossible de souder sur de l'aluminium. Le plus simple consiste à coincer l'extrémité du fil sous une punaise enfoncée dans le contre-

```
10 DATA 6,5,3
20 RESTORE 10
30 FOR I=0 TO 2
40 READ Y
50 OUT 255,Y
60 IN 255,X
70 IF X=255 THEN GOTO 90
80 PRINT (255-X); I
90 NEXT I
100 GOTO 20
```

quelle seront tracés des dessins correspondant au programme d'éveil que vous aurez conçu. Son usage sera donc quasiment illimité; il suffira de prévoir une feuille adaptée aux problèmes posés par le programme.

Enfin, si nous n'avons prévu que 12 zones sensibles, c'est uniquement dans le dessein de simplifier sa réalisation, et ce nombre apparaît comme étant largement suffisant pour "couvrir" la surface que représente une feuille de papier machine standard. Cependant, rien n'interdit d'augmenter le nombre de zones sensibles, en modifiant toutefois les dimensions de notre tablette.

Il sera possible, par exemple — nous vous expliquerons plus loin



plaqué. Cette première couche réalisée, des bandes d'adhésif double face de 2 cm de large et de 1 mm d'épaisseur au moins seront collées sur l'espace séparant chaque bande conductrice.

De même, par découpes de petite longueur, placées verticalement, les 12 cases sensibles seront déterminées. Une nouvelle feuille d'aluminium sera collée sur un film adhésif type Venilia. Celui-ci sera alors découpé en 4 bandes suffisamment larges pour couvrir une case, mais sans qu'un contact puisse s'établir entre deux d'entre elles. Les 4 bandes seront alors posées sur le quadrillage autocollant. L'extrémité de chacune d'entre elle sera repliée, et un fil sera fixé de nouveau à l'aide d'une punaise. Enfin, une dernière feuille de Venilia sera posée afin de protéger l'ensemble. A l'issue de cette préparation, on obtiendra donc une tablette comportant 3 fils pour l'horizontale et 4 pour la verticale (3 lignes de 4 colonnes chacune). Si ce nombre vous semble insuffisant, il sera parfaitement possible de l'augmenter en utilisant la même technique de collage successif d'aluminium et d'autocollant.

Les trois fils correspondant aux lignes seront respectivement connectés aux bits B0, B1 et B2 de sortie de notre interface principale ; les quatre fils correspondant aux colonnes seront connectés aux bits B0, B1, B2 et B3 d'entrée. Le brochage de ce câblage est précisé sur notre schéma.

Enfin, le petit programme que nous vous proposons permet de contrôler le bon fonctionnement de notre tablette. Dès qu'une zone sera touchée, il indiquera son numéro, de gauche à droite et de haut en bas, sur l'écran. Il est également conçu pour une tablette comportant 12 cases et devra donc être modifié si un nombre plus important de zones sensibles est souhaité. Néanmoins, il pourra parfaitement être employé en tant que tel dans les programmes que vous concevrez ultérieurement et exploitant cette nouvelle option. L'idéal reste d'associer cette réalisation à un synthétiseur vocal, ce qui rend son utilisation encore plus accessible aux tout-petits, mais notre tablette permet déjà de belles réalisations. **Henri-Pierre Penel**

Austin, la Rolls des comètes

JOURNAL DE L'ASTRONOME

Une nouvelle comète est née. Heureux événement qui, pour la plus grande satisfaction des astronomes, n'est tout de même pas rare.

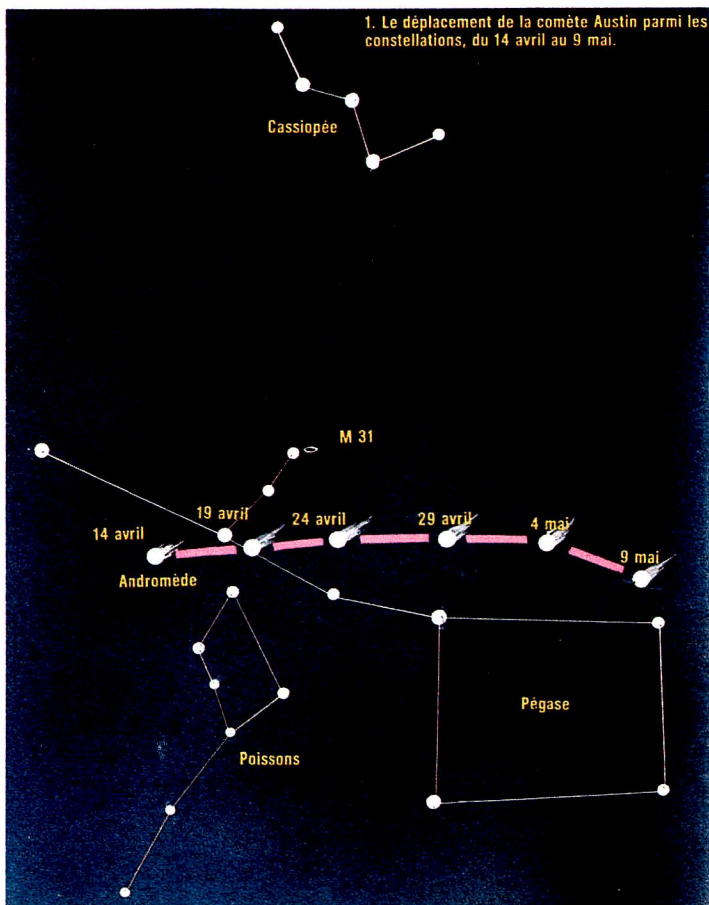
Ces dernières années auront vu le retour ou la découverte d'une vingtaine de comètes par an. En 1989, on a même approché la trentaine. Mais, sur ce nombre, une petite proportion seulement est observable par les amateurs outillés de lunettes ou de télescopes. Depuis le passage de la comète de Halley en 1985-1986, aucune n'a été visible à l'œil nu.

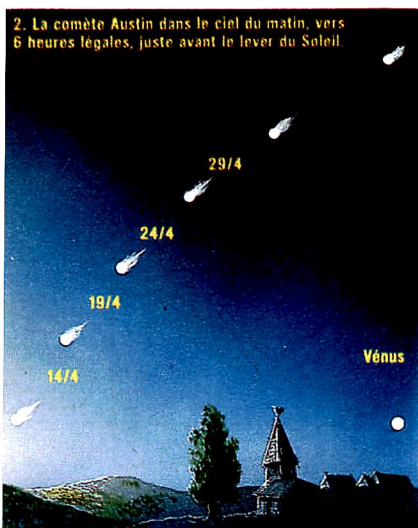
Cette situation va changer en 1990, avec la venue d'une comète très brillante et parfaitement située, visible sans difficulté par les moins avertis.

1989 c₁. Dans la nuit du 6 décembre 1989, l'astronome amateur

néo-zélandais Rodney Austin observe la constellation du Toucan, lorsqu'il y détecte une petite tache floue que ne signale aucune carte ou atlas céleste. Les observations des nuits suivantes ne permettent aucun doute : il s'agit bien d'une nouvelle comète. Il faut dire qu'Austin est un habitué de ce genre de découverte, puisqu'il a déjà inscrit deux astres chevelus à son palmarès ! Le bureau des télégrammes astronomiques de Washington, aussitôt prévenu, signale la découverte à la communauté astronomique mondiale et baptise, selon la coutume, cette comète du nom de son découvreur Austin, ainsi que du numéro provisoire "1989 c₁".

Rappelons à cette occasion que, à chaque fois qu'une comète est découverte ou redécouverte, dans





2. La comète Austin dans le ciel du matin, vers 6 heures légales, juste avant le lever du Soleil.

le cas des comètes périodiques, on lui attribue un numéro provisoire, composé de l'année d'observation et suivi d'une lettre minuscule dans l'ordre des apparitions. Ainsi, 1989 a est la première comète observée en 1989, 1989 b, la deuxième et ainsi de suite. Comme, en 1989, on a observé plus de 26 comètes, la 27^e fut appelée a₁... "Austin" est donc la 29^e comète de l'année écoulée.

Plus tard, lorsque tous les calculs ont été effectués — ce qui nécessite un délai d'environ deux ans —, la comète reçoit un numéro définitif composé de l'année de son passage au périhélie et d'un chiffre romain selon l'ordre du passage dans l'année à ce périhélie, le périhélie étant le point de l'orbite d'une comète au plus près du Soleil. Ce classement définitif peut être différent du premier ; il arrive, en effet, qu'une comète soit découverte après son passage, celui-ci ayant pu se produire l'année précédente.

Lorsque la nouvelle de la découverte d'"Austin 1989 c₁" est répandue, elle ne bouleverse pas les observatoires, car l'astre se trouve alors à plus de 380 millions de kilomètres, bien au-delà de l'orbite de Mars, et il n'atteint que la 11^e magnitude. Seuls les spécialistes s'en préoccupent.

Comète du siècle. La situation change en janvier, lorsqu'un nombre suffisant d'observations permet de prévoir une brillance exceptionnelle. Il ne faut pas oublier, en effet, la difficulté qu'il y a pour établir de telles prévi-

sions en matière de comète.

En fait, deux cas se présentent : soit il s'agit d'une comète périodique dont on a déjà observé un ou plusieurs passages — on peut alors se fonder sur les observations antérieures et établir des équations de luminosité, qui, confrontées aux données récemment recueillies, donnent des prévisions assez exactes — ; soit il s'agit d'une nouvelle comète et on est donc dépourvu de données de base. Il ne reste plus qu'à observer la comète, puis à la comparer à d'autres connues pour chercher, dans le lot, si l'une d'entre elles lui ressemble. Partant d'une telle similitude, des éphémérides peuvent être établies.

Bien entendu, il faut toujours être extrêmement prudent. Les comètes sont des astres capricieux, qui réservent souvent des surprises. Difficile notamment pour une nouvelle comète de savoir longtemps à l'avance si elle aura une queue et quelle en sera l'importance. Difficile également de connaître exactement son degré de visibilité pour un observateur non averti. Trop de paramètres sont en jeu ; il n'est, pour s'en convaincre, que de se rappeler le dernier passage de "Halley"... encore que, là, trop de médias non scientifiques avaient exagéré l'événement, pourtant ramené à sa juste valeur par les astronomes. A l'opposé, la comète Bennet, en 1970, ou West, en 1976, fut facilement observée à l'œil nu sans déclencher une campagne de presse tapageuse.

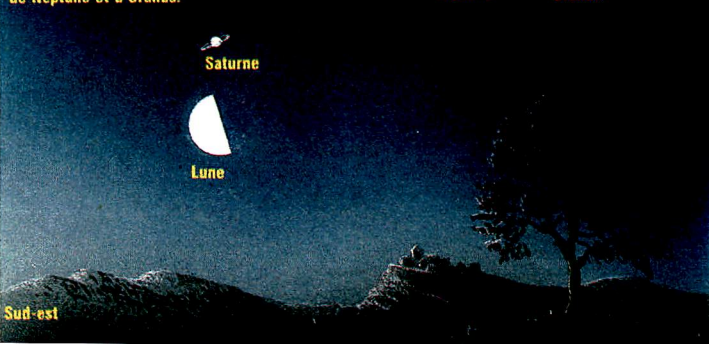
La prudence est donc de mise avec "Austin", mais les derniers calculs et l'évolution récente de l'astre autorisent un certain optimisme. Un mois après sa découverte, son éclat était multiplié par 10 ; début mars, sa magnitude atteignait 4,5, soit une brillance cent

dix fois supérieure à celle d'origine ! Et ce n'est probablement pas fini. Son éclat ira en augmentant jusqu'à son périhélie, qu'elle atteindra le 9 avril, avec environ 58 millions de kilomètres.

Jusqu'à son périhélie, "Austin" traverse les constellations de la Baleine et des Poissons et sera difficile à suivre dans le ciel du soir. Mais ensuite, les observateurs de l'hémisphère Nord que nous sommes seront très favorablement placés. A partir des 20-25 avril, elle devrait, selon les dernières prévisions, atteindre la magnitude zéro, soit un éclat comparable à Véra dans la Lyre, Capella du Cocher ou Bételgeuse d'Orion ! Impossible alors de ne pas la voir dans la constellation d'Andromède, vers 5 heures (heure légale), à plus de 15 degrés au-dessus de l'horizon et environ une heure trois quarts avant le lever du Soleil.

En mai, son éclat devrait décroître peu à peu, tout en se situant largement dans une plage de visibilité à l'œil nu, avec une magnitude de 1 à 3. Elle traversera les constellations de Pégase, du Dauphin, puis de l'Aigle et sera visible de plus en plus tôt, soit dès une heure du matin à partir du 20 mai. Bien entendu, forts des derniers renseignements, nous donnerons des indications plus précises dans notre prochain numéro. Ce mois-ci, les observateurs les plus entraînés pourront, grâce au tableau de coordonnées (*voir tableau*), tenter le repérage d'"Austin", dès le 14 (*figure 1*). Les conditions s'amélioreront ensuite, en particulier à partir du 25, où elle sera suffisamment écartée du Soleil pour être visible à l'œil nu. Cette fin de mois sera d'autant plus propice que la nouvelle lune du 25 avril ne gênera pas les observations.

3. Le rassemblement, le 18 avril vers 5 heures légales, de la Lune, de Saturne, de Neptune et d'Uranus.



L'observation d'"Austin". Au plan pratique, il faut attirer l'attention sur l'importance du site d'observation. La pollution lumineuse est, de nos jours, une réalité qu'on ne peut ignorer. Elle fausse largement l'appréciation qu'on a de la visibilité à l'œil nu d'une comète. Bien souvent, c'est ce qui fait croire que les comètes du début du siècle ou des siècles passés étaient bien plus brillantes que celles de notre époque. Songeons que, un peu avant 1900, à l'observatoire de Paris, *intra muros*, on suivait toutes les comètes de passage, dont certaines de magnitude de 12 à 15. Dans les années trente, les amateurs pouvaient encore voir la galaxie d'Andromède à l'œil nu et des amas comme celui d'Hercule avec des lunettes ou des jumelles de 50 millimètres d'ouverture.

Les conditions ont bien changé ; toutes ces observations ne sont plus possibles depuis les grandes villes ou leur périphérie immédiate.

En ce qui concerne "Austin", il faut être réaliste. Même si sa magnitude atteint les sommets prévus, il faudra impérativement quitter villes et banlieues pour se rendre à la campagne, dans un site dégagé et, surtout, exempt de lumières parasites afin de trouver de bonnes conditions d'observation.

L'équipement de l'observateur comprendra les éphémérides et cartes publiées dans cet article (*figure 2*), une carte mobile et, bien sûr, une lampe de poche éclairant en rouge pour ne pas s'éblouir lors de la lecture des documents. L'observation à l'œil nu permettra la vision globale de la comète et sa localisation par rapport aux constellations.

Ensuite, l'instrument idéal sera une paire de jumelles. Celles-ci of-

POSITION DE LA COMÈTE AUSTIN C₁ À 0 Heure TU

DATE	ASC. DROITE	DECLINAISON
30 mars	1 h 45, 43 min	+11°36',9
4 avril	1 h 45, 87 min	+18°31',1
9 avril	1 h 39, 59 min	+25°17',8
14 avril	1 h 24, 75 min	+30°43',5
19 avril	1 h 03, 63 min	+34°03',3
24 avril	0 h 39, 51 min	+35°32',7
29 avril	0 h 13, 42 min	+35°39',5
4 mai	23 h 44, 29 min	+34°35',7
9 mai	23 h 09, 50 min	+32°09',6

frent une très bonne luminosité et un grand champ de vision, point important notamment si "Austin" développe une queue de grande étendue. Les jumelles offrant les meilleures caractéristiques pour ce type d'observation sont les 7 × 50 ou les 10 × 50, mais ce peut être l'occasion de s'offrir le must en la matière : une 11 ou 12 × 80 et, pourquoi pas ?, une 14 × 100. Ces jumelles de 80 ou 100 millimètres de diamètre seront fixées sur un trépied photographique stable, grâce aux adaptateurs spéciaux disponibles chez tous les spécialistes. On suivra ainsi confortablement l'évolution de la comète et son déplacement au fil des nuits.

La lunette ou le télescope permettront une vision différente et complémentaire. Même aux faibles grossissements, le champ de ces appareils est bien souvent trop petit pour l'observation d'une comète en entier : c'est le rôle des jumelles. En revanche, on pourra, avec un grossissement de 30 à 60 fois, noter les modifications de structure du noyau et de la chevelure.

Par ailleurs, n'oubliez pas que, lorsque vous utilisez un appareil sur monture équatoriale, le mouvement propre de la comète est sen-

sible ; cela signifie que, malgré le mouvement équatorial, il faudra, de temps en temps, effectuer des corrections pour recentrer la comète. Cette remarque vaut, bien sûr, pour ceux qui tenteront la photographie d'"Austin".

Il est impératif dans ce cas de guider l'instrument sur le noyau de la comète, sans se préoccuper du mouvement apparent des étoiles, pour obtenir une comète nette.

Avec un appareil photo sur un simple trépied, il est également possible d'enregistrer un souvenir. L'objectif sera ouvert à son diaphragme maximal, la mise au point réglée sur l'infini, le boîtier muni d'un déclencheur souple. Le film diapositive couleurs donne d'excellents résultats, avec des sensibilités de 200 à 800 ASA. Si l'on ne veut pas que comète et étoiles laissent sur la photo des traînées, en raison de la rotation de la Terre pendant l'exposition, il faudra ne pas dépasser un temps de pose de 18 secondes, avec objectif de 35 mm, 13 secondes, avec un 50 mm, 5 secondes, avec un 135 mm.

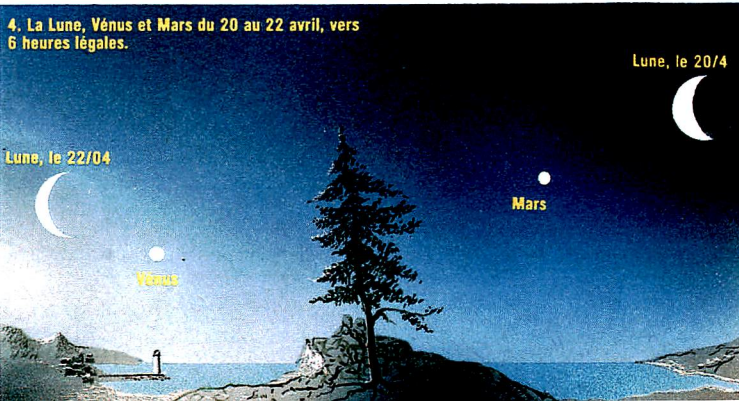
Nous voilà prêts pour attendre cette nouvelle visiteuse des confins du système solaire, mais d'autres spectacles célestes nous attendent en avril.

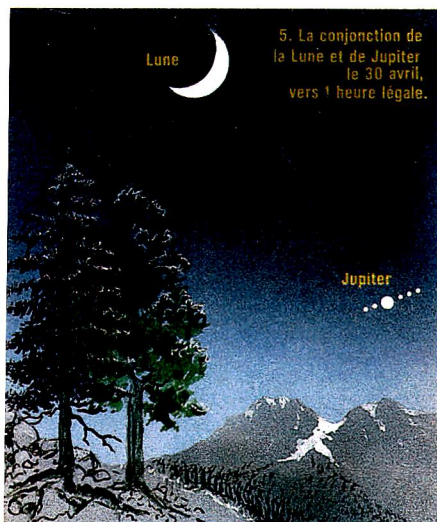
Les observations du mois. Le début du mois sera consacré à l'observation du premier quartier lunaire le 2. Avec une déclinaison de 27°, il sera particulièrement bien placé, car haut sur l'horizon.

Les planètes vedettes sont toujours Jupiter, qui, se couchant après minuit, est bien visible dès la tombée de la nuit, et Vénus, qui, le matin, brille de tous ses feux.

Saturne et Mars, qui se lèvent de plus en plus tôt, sont de plus en

4. La Lune, Vénus et Mars du 20 au 22 avril, vers 6 heures légales.





plus visibles.

Au soir du 13, se trouveront réunies les meilleures conditions de l'année pour le repérage de Mercure. Elle sera écartée d'une quinzaine de degrés du Soleil et se couchera une heure trois quarts après lui. Repérage à effectuer aux jumelles, puis observations de la phase de la planète avec un télescope et un grossissement de cent fois au moins.

Le 18, rassemblement planétaire au petit matin de la Lune, de Saturne, d'Uranus et de Neptune (*figure 3*).

Deux jours plus tard, ce sera la conjonction de Mars, puis, le 22, celle de Vénus avec la Lune (*figure 4*).

A signaler un très important essaim d'étoiles filantes : les Lyrides. Le radiant se situe actuellement au sud-ouest de la constellation de la Lyre. Cet essaim, particulièrement actif ces dernières années, connaît son maximum du 20 au 22 avril, avec une moyenne horaire de 10 à 13 météores. Leur brillance moyenne est de magnitude 2, soit à peu près l'éclat de l'étoile Polaire. La nouvelle lune du 25 place favorablement les Lyrides cette année. A observer du milieu de la nuit jusqu'à l'aurore.

Le mois se termine avec, bien sûr, la comète Austin et la conjonction de Jupiter et de la Lune dans la nuit du 29 au 30 avril (*figure 5*).

Yves Delaye

Lampe rouge, carte mobile et jumelles en vente à la Maison de l'Astronomie, 33 rue de Rivoli, 75004 Paris.

Le bulletin-réponse idéal

JEUX MATHÉMATIQUES

Nous terminons aujourd'hui la correction des éliminatoires *Science et Vie* du IV^e Championnat international de France des Jeux mathématiques et logiques.

Vous trouverez donc plus loin le rappel de trois énoncés, suivi des solutions complètes, ainsi que le bulletin-réponse "idéal", symbole du parcours sans fautes, où la place manquait un peu pour la dernière réponse.

Mais cinq bonnes réponses sur six suffisaient à se qualifier pour les demi-finales. Peut-être même y aura-t-il des "repêchés" à quatre bonnes réponses.

Si vous êtes qualifié, vous recevrez votre convocation avant le 15 avril, mais la liste des demi-finalistes paraîtra progressivement sur 3515 JEULOGIC dès la fin du mois de mars.

En tout état de cause, si vous ne participez pas aux demi-finales, n'oubliez pas de vous brancher sur 3615 JEULOGIC le 28 avril à 14 h 30 — soit une demi-heure après le début officiel des demi-finales —, car un concours parallèle permettra d'attribuer des calculatrices HP 20S et des livres Hatier aux meilleurs parmi ceux qui auront répondu avant 17 h 30.

Gilles Cohen

Un bon chrétien

La date de l'année de naissance d'un de mes aïeux a la particularité suivante : elle est divisible par 2, par 3 si on lui ôte 1, par 5 si on lui

ôte 2, par 7 si on lui ôte 3, et par 11 si on lui ôte 4. Mais de quelle année s'agit-il, sachant que mon ancêtre a toujours été bon chrétien ?

R • Si x est le millésime de l'année cherchée, on a :

$$\begin{aligned} (1) \quad x &\equiv 0 \pmod{2} \\ (2) \quad x &\equiv 1 \pmod{3} \\ (3) \quad x &\equiv 2 \pmod{5} \\ (4) \quad x &\equiv 3 \pmod{7} \\ (5) \quad x &\equiv 4 \pmod{11} \end{aligned}$$

$$(4) \text{ et } (5) \Rightarrow \begin{cases} 11x \equiv 33 \pmod{77} \\ 7x \equiv 28 \pmod{77} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 22x \equiv 66 \pmod{77} \\ 21x \equiv 84 \pmod{77} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x \equiv -18 \pmod{77} \end{cases}$$

$$(2) \text{ et } (3) \Rightarrow \begin{cases} 5x \equiv 5 \pmod{15} \\ 3x \equiv 6 \pmod{15} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 10x \equiv 10 \pmod{15} \\ 9x \equiv 18 \pmod{15} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x \equiv -8 \pmod{15} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} (6) \text{ et } (7) &\Rightarrow \begin{cases} x \equiv -18 \pmod{77} \\ x \equiv -8 \pmod{15} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 15x \equiv -270 \pmod{1155} \\ 77x \equiv -616 \pmod{1155} \end{cases} \\ &\Rightarrow \begin{cases} 75x \equiv -1350 \pmod{1155} \\ 77x \equiv -616 \pmod{1155} \end{cases} \Rightarrow 2x \equiv 734 \pmod{1155} \quad (8) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (1) \text{ et } (8) &\Rightarrow \begin{cases} x \equiv 0 \pmod{2} \\ 2x \equiv 734 \pmod{1155} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 1155x \equiv 0 \pmod{2310} \\ 4x \equiv 1468 \pmod{2310} \end{cases} \\ &\Rightarrow \begin{cases} 1155x \equiv 0 \pmod{2310} \\ 1156x \equiv 289 \times 1468 \pmod{2310} \end{cases} \Rightarrow x \equiv 1522 \pmod{2310} \end{aligned}$$

Or, d'après l'énoncé, $0 < x < 1989$. L'aïeul est donc né en 1522.

Le cadeau cambodgien

Un jeune mathématicien reçoit un paquet en forme de parallélépipède rectangle. Il mesure les arêtes, qui sont des nombres entiers de centimètres, remarque (routine !) que l'aire (en cm^2) et le volume (en cm^3) du paquet sont égaux, et s'exclame :

"C'est le plus grand paquet qui a cette propriété !"

Quel est le volume du paquet ?

R • Si x , y et z sont les arêtes du parallélépipède, il s'agit de résoudre l'équation :

$$2(xy + yz + zx) = xyz,$$

BULLETIN-REPONSE INDIVIDUEL SCIENCE & VIE

à retourner avant le 20 février 1990 à : FFJM, 31 av. des Gobelins 75013 Paris

CATEGORIE : Cocher impérativement ☐ GP ☐ HC

Nom, prénom, adresse :

Code postal : Ville :

Centre de demi-finales souhaité. Inscrivez le code du centre (3 caractères) en consultant la liste,

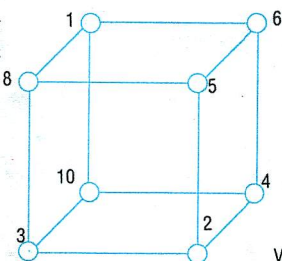
ou le Minitel 3615 JEULOGIC : Premier choix Deuxième choix

☐ Je demande* à (ré)adhérer à la FFJM et je joins un chèque de 60 FF, 400 FB, ou 15 FS.

N° FFJM** Code 89-90 (inscrivez l si l'inscription est en cours).

REPONSES. Pour chacun des problèmes, indiquez le nombre de solutions ; s'il y en a plusieurs, donnez-en 2.

	Nombre de solutions
3	1
1	1
2	1
4	1
5	1
6	1

VOTRE OU
VOS SOLUTIONS

1	1522	2
1	252	2
1	882	2
1	43	2
1	129158041750920	2

* L'adhésion à la FFJM est facultative pour participer aux éliminatoires du championnat, mais sera exigée à partir des demi-finales. Si vous n'êtes pas encore adhérent 89-90, anticipez en adhérent dès maintenant. Tout membre de la FFJM recevra en effet une notification de son score dès que sa réponse sera corrigée, même s'il n'est pas qualifié pour les demi-finales. Si c'est une réadhésion, indiquez votre numéro FFJM au-dessous.

** Si vous êtes adhérent 89-90, indiquez votre N° et votre code. Si vous êtes adhérent des années précédentes, indiquez votre N° sans le code. Si vous adhérez la première fois, cochez uniquement la case du dessus.

assortie de la condition $0 < x < y < z$, x, y et z étant des entiers strictement positifs. L'équation s'écrit : $1/x + 1/y + 1/z = 1/2$

et la condition conduit à : $2 < x < 6$, soit $3 \leq x \leq 5$.

Une étude des 3 valeurs possibles de x donne les solutions :

x	3	3	3	3	4	4	5
y	7	8	9	10	5	6	pas de solution
z	42	24	18	15	20	12	
Volume	882	576	486	450	400	288	

La solution à retenir est : 3, 7, 42 ; d'où la réponse, 882.

Les rouges et les noirs

Sur un damier rectangulaire, 100 \times 50 sont disposés 5 000 pions, dont l'une des faces, visible, est noire, l'autre rouge. Le jeu consiste à retourner des pions et à faire ainsi apparaître un nombre de faces rouges prédéterminé.

Unique règle : on ne peut retour-

ner un pion qu'en retournant la totalité de la rangée (horizontale ou verticale) où se trouve ce pion. On peut retourner toutes les rangées qu'on veut, autant de fois que l'on veut.

Quel est le nombre minimal de retournements de rangées (H et V) pour qu'apparaissent 1990 pions

rouges.

R • Remarques préliminaires

• Si l'on retourne deux fois de suite une même rangée, c'est comme si on n'avait rien fait.

• L'ordre des coups est indifférent.

• La place de la rangée est indifférente.

On peut donc s'en tenir aux rangées touchées 0 fois ou une fois. On peut également regrouper les colonnes retournées une fois dans la partie gauche du damier, et les lignes retournées une fois dans la partie haute. On obtient alors le schéma suivant :

Les zones hachurées correspondent à des pions retournés une fois, donc de couleur rouge.

On doit donc avoir :

$(50 - x)y + (100 - y)x = 1990$, équation transformable facilement en posant

$x' = 25 - x ; y' = 50 - y$

$\rightarrow (25 + x')(50 - y') + (50 + y')(25 - x') = 1990$

soit : $2 \times 25 \times 50 - 2x'y' = 1990$

ou $x'y' = 1250 - 995 = 255$

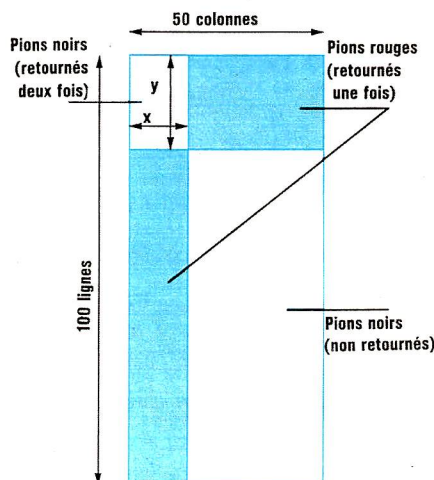
or, $255 = 1 \times 3 \times 5 \times 17$;

mais nous devons avoir :

$0 < x < 50 ; 0 < y < 100$,

soit $-25 < x < 25 ; -50 < y < 50$.

Quatre couples de valeurs con-



viennent :

$x' = 15, y' = 17 ; x' = -15, y' = -17 ; x' = 17, y' = 15 ; x' = -17, y' = -15$

soit : $x = 10, y = 33 ; x = 40, y = 67 ; x = 8, y = 35 ; x = 42, y = 65$.

Le nombre de coups minimal est donc égal à :

$10 + 33 = 8 + 35 = 43$ retournements.

ECHOS DE LA VIE PRATIQUE

PHOTO

Un kit pour diapositives noir et blanc

Kodak commercialise un nécessaire d'inversion T MAX 100 qui permet de produire des diapositives noir et blanc à partir des films Kodak T-MAX 100 et Technical Pan. Le film Technical Pan permet d'obtenir également des diapositives de documents au trait. La capacité de ce kit est de 12 films 135-36 vues. Il permet la préparation d'un litre de bain de traitement.

VIDÉO

Le Mavica enfin disponible... au Japon

Voilà près de dix ans, Sony présentait le Mavica, prototype du premier appareil de photo magnétique. Depuis, sa commercialisation a été constamment différée, alors que le système a fait l'objet d'une normalisation à l'échelle mondiale et que d'autres constructeurs, comme Canon, Fuji ou Nikon, ont proposé des appareils similaires pour la prise de vue. Si l'on en croit les représentants de la firme nipponne, le marché serait encore trop étroit.

Finalement, le Mavica MVC-5000 vient d'être lancé au Japon. Toutefois, il est bien différent du prototype. Plus lourd et plus encombrant, il est équipé d'un puissant

zoom 9,5-120 mm, de la visée reflex et de deux écrans à transfert de charge pour l'analyse de l'image. Il est uniquement destiné aux professionnels.

Pour les amateurs, Sony a aussi présenté un second Mavica, l'A-10, compact, assez proche de l'Ion de Canon, équipé d'un objectif sans mise au point de 2,8/15 mm. Il est au standard couleurs NTSC et Hi-8. Mais la date de sa commercialisation n'est toujours pas fixée.



VIDÉO

Les quatre formats VHS dans un magnétoscope

Le standard VHS conçu par JVC n'a cessé d'évoluer, donnant naissance successivement au VHS-C, au S-VHS et au S-VHS-C.

Aujourd'hui, JVC propose un magnétoscope, le HR-SC 1000, compatible pour les quatre formats. Il reçoit donc indifféremment les quatre sortes de cassettes. Il suffit pour cela de glisser la cassette dans un tiroir qui, en se fermant, la charge automatiquement sur les têtes magnétiques.

AUDIO

Un autoradio-cassette sans ampli

Pour les utilisateurs qui souhaitent monter plusieurs appareils d'enregistrement et de lecture autour d'un amplificateur commun distinct, la firme Alpine a créé la platine 7330 L.

Cet appareil, qui ne possède donc pas d'étage d'amplification, est doté d'un tuner FM stéréophonique GO-PO et d'un moniteur radio permettant l'écoute des stations pendant l'avance ou le retour rapide d'une cassette. La section magnétophone comporte un réducteur de bruit Dolby B et un dispositif de recherche des enregistrements.

Le tiroir de cassette de cet appareil est équipé d'un dispositif antivol. Prix : 3 490 F.

PHOTO

Le reflex aux 13 logiciels

Le plus perfectionné des 24 x 36 de Minolta vient d'arriver : le Dynax 8000 i. Comme tous les grands reflex actuels, il est doté de plusieurs automatismes, tant de l'exposition que de la mise au point. Mais, reprenant une technique inaugurée avec le Minolta 7000, les automatismes du 8000 i sont rendus spécifiques par le jeu de cartes de logiciel. La simple introduction d'une carte dans le boîtier met en service un programme adapté à un sujet ou à une technique de prise de vue.

Dès maintenant, 13 cartes sont proposées (mais d'autres suivront). Elles automatisent les techniques suivantes :

- **Surimpression.** Jusqu'à 9 expositions sur la même vue et ce avec des durées d'exposition variables pour favoriser tel ou tel sujet.
- **Fourchette d'exposition.** Permet de réaliser une série de 3 à 7 vues avec des expositions programmables.
- **Fourchette flash.** Egalement pour prendre de 3 à 7 vues avec des expositions différentes, mais au flash.
- **Multi-spot.** Pour mémoriser jusqu'à 8 mesures sélectives et en déduire la durée d'exposition optimale.
- **Contrôle des fortes et des faibles lumières.** Pour parvenir à une



exposition correcte pour les ombres ou pour les plages claires.

- **Décalage d'un programme.** L'automatisme standard est décalé de un à trois diaphragmes pour prendre une série de vues avec des profondeurs de champ différentes.
- **Effets spéciaux.** Modifie la mise au point pendant l'exposition afin de cumuler sur la même image un sujet net avec un effet de flou.
- **Mémorisation des données.** Permet de mettre en mémoire des paramètres de prise de vue pour 40 photos et de les vérifier ultérieurement.
- **Sport et action.** Favorise la vitesse optimale pour saisir les sujets en déplacement rapide, et ce en fonction du film et de l'objectif en service.
- **Portrait.** Donne la profondeur de champ optimale pour photogra-

phier un visage

• **Profondeur de champ.** Détermine le diaphragme pour qu'un premier plan et un sujet éloigné soient nets en même temps.

• **Photomacrographie.** Adapte la durée d'exposition et la mise au point à la prise de vue rapprochée.

• **Fonctions alternatives.** Permet de mémoriser certaines commandes de l'appareil en vue de leur utilisation automatique (compteur de vues croissant ou décroissant, mémorisation de mise au point, etc.).

Parmi les autres caractéristiques du Dynax 8000 i, mentionnons encore son obturateur donnant les vitesses de 30 s au 1/8 000 s, l'exposition au flash par dosage de l'éclair en temps réel (mesure sur le film) et l'affichage des données sur écran à cristaux liquides.

AUDIO

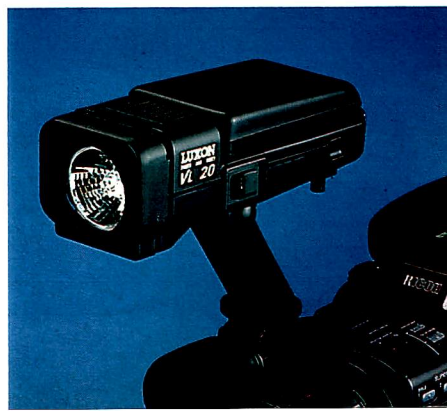
Une radio portable numérique

Le traitement numérique de certains signaux gagne les postes radio à transistors. Ainsi le Thomson PL 400 est-il équipé d'un tuner numérique pour capter 4 gammes d'ondes : FM, PO, GO et OC. Dans chaque gamme, il est possible de mémoriser la recherche automatique de 5 stations. Avec fonction réveil et prise casque. Prix : 790 F.

VIDÉO

Une torche pour camescope

Pour les prises de vues en faible éclairage ou de nuit, la torche Luxon VL 20 apporte une lumière intense, équilibrée pour un rendu correct des couleurs. Dotée d'une lampe halogène 6 V-20 W, elle fournit une lumière à 3 200 K dans un angle de 20°. Le réflecteur est orientable sur 80°. Alimentée par batterie au cadmium-nickel, son autonomie atteint 13 minutes. Prix : 790 F (Somovog, 57 rue Grimaldi, 98000 Monaco).



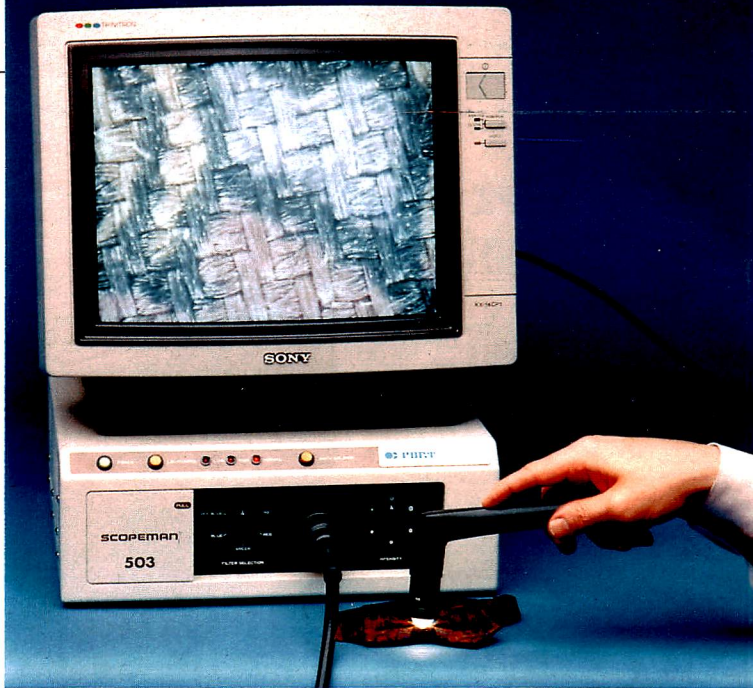
VIDÉO

Le microscope-caméra

Une firme japonaise de la fibre optique, la société Fort, lance le Scopeman, premier microscope-caméra portable. Cet appareil permet tout à la fois l'observation de surfaces jusqu'ici inaccessibles à la microscopie classique, l'obtention d'images couleurs de qualité, puis le stockage, le traitement, l'analyse et la restitution à volonté de ces images.

Le système se présente sous la forme d'un boîtier — directement connectable à tout type d'équipement — sur lequel s'effectue les réglages (puissance lumineuse, sensibilité de la caméra, sélection du filtre) et d'un câble optique de deux mètres contenant une micro-caméra DTC couleurs et un éclairage intégré autour de l'optique.

La caméra a été miniaturisée (15 cm de longueur, 25 mm de diamètre) et est munie d'objectifs interchangeables, actuellement au nombre de 4, qui autorisent des grossissements de 50 à 400 fois.



Différents films (bleu, rouge, vert, infrarouge et neutre) permettent de varier les observations.

La source de lumière est une lampe halogène de 100 watts, avec un miroir dichroïque. La lumière est directement transmise à la caméra via des fibres optiques.

Scopeman ne nécessite aucun statif, aucun système d'éclairage,

ni aucun équipement mécanique supplémentaire, et sa simplicité d'utilisation en fait un outil à la portée de tous. L'image est en effet directement obtenue dès la mise en contact de l'appareil, et le réglage de distance focale est automatique (l'utilisateur, s'il le préfère, peut également avoir recours à une commande manuelle).

PHOTO

Deux appareils dans un seul boîtier

Canon met actuellement sur le marché l'EOS 700, le premier 24 × 36 reflex transformable par retournement du sélecteur de mode. Sur l'une des faces de ce sélecteur, 8 programmes d'automatismes sont



repérés par des pictogrammes : pour portrait, paysage, photo rapprochée, téléobjectif, grande profondeur de champ, flash en éclairage complémentaire... Un amateur n'ayant pas de connaissance technique peut donc choisir un programme adapté au sujet à photographier. A l'inverse, s'il est un amateur expérimenté, il peut retirer le sélecteur, le retourner puis le remettre en place. Il possède alors un reflex à priorité à la vitesse. Il peut donc choisir cette vitesse entre 2 s et 1/2 000 s, l'appareil réglant ensuite le diaphragme.

L'EOS 700 est avant tout un reflex grand public à mise au point et flash automatiques. Il est livré avec un zoom à moteur intégré 35-80 mm. Prix : 3 700 F.

PHOTO

Superzoom sur un compact 24 × 36

L'éventail des focales des appareils 24×36 compacts s'élargit d'année en année. Avec le Pentax Zoom 105 Super, il atteint 105 mm. La plage de variation couvre ainsi 38-105 mm avec des ouvertures maximales passant elles-mêmes de 1 : 4 à 1 : 7,8. La mise au point automatique peut descendre à 0,45 m, autorisant de très gros plans (sujets de 7 à 10 cm). Le Pentax Zoom 105 Super possède par ailleurs l'automatisme de l'exposition, un écran d'affichage à cristaux liquides, un flash automatique et un retardateur. Il peut recevoir les films de 25 à 3 200 ISO. Poids : 480 g.

HAUTE-FIDELITE

AUDIO

Un superlecteur de disques compacts

L'inventeur du disque compact, Philips, vient de créer, avec son modèle CD 840, ce qu'il appelle le lecteur de l'an 2000. La célèbre firme hollandaise estimait que la technologie des années 80 fondée sur la conversion numérique/analogique 16 bits parallèles, bien qu'améliorée par des procédés de suréchantillonnage (quadruple ou octuple), ne permettait pas de franchir le pas décisif vers une plus grande simplicité des circuits électroniques et une meilleure qualité de son laser.

Avec le nouveau lecteur, Philips a remplacé les convertisseurs 16 bits conventionnels par une technologie à très haut débit, donnant plus de 11 millions d'informations binaires par seconde (dite bitstream). Le suréchantillonnage devient presque sans limite. Il ne s'agit plus d'une simple innovation le faisant passer de 4 à 8, mais bien d'un suréchantillonnage 256 fois supérieur. C'est sans doute la solution définitive au problème de non-linéarité des composants inhérent au convertisseur 16 bits conventionnel. Le bitstream, avec son niveau d'échantillonnage très élevé, supprime également les distorsions de raccordement qui apparaissent lorsque le signal audio est proche de 0, ce qui est particulièrement important pour la reproduction des pianissimi.

Le bitstream est complété d'un réducteur de bruit qui permet d'atteindre 100 dB de rapport signal/bruit. La dynamique est de 97 dB. La linéarité d'amplitude est maintenue en dessous de 0,035 dB de 20 Hz à 20 kHz. La linéarité de phase est de 0,2° au lieu de 0,5° habituel.

Le Philips CD 840 possède par ailleurs les caractéristiques des meilleurs lecteurs de la marque (lecture des disques de 12 et 8 cm, programmation jusqu'à 20 plages, répétitions de plages et de programmes, etc.). Prix : 3 490 F.

Un autoradio hi-fi

En dotant le combiné autoradio-magnétophone KE 3500 B de plusieurs perfectionnements, Pioneer en a fait un appareil de prix modéré (2 490 F) ayant de hautes performances. En particulier, il est équipé d'un tuner très sensible, de têtes magnétiques à double cannelure permettant un meilleur contact tête-bande et du système Dolby B (atténuation des bruits de fond). Le tuner



permet de capter la FM, les PO et GO, avec recherche rapide automatique des stations programmées.

La partie magnétophone utilise les cassettes compactes. Le tiroir qui les reçoit est équipé d'un antivol. La puissance de l'amplificateur atteint 2 x 8,5 W ou 4 x 7 W. Un réglage des graves et des aigus est assuré par commandes séparées.

PHOTO

Un Polaroid à multi-programmes

Avec l'Image Pro, les amateurs avertis et les professionnels disposeront d'un appareil de prise de vue pour la photo instantanée ayant des perfectionnements jusqu'ici réservés aux reflex 24x36.

La mise au point automatique, tout d'abord, comporte un dispositif déterminant la profondeur de champ et un réglage augmentant la netteté en arrière du sujet principal. Ensuite, un autre dispositif corrige l'exposition des scènes très lumineuses pour améliorer le rendu des blancs et de la carnation de la peau. Un programme flash autorise des corrections d'éclairage, notamment sur les ombres des contre-jours pour donner plus de détails et de couleur.

En lumière ambiante, un pro-

gramme "double mesure" permet de déterminer l'exposition idéale, en prenant en compte la luminance du sujet mesurée à l'instant du dédoublement (une première mesure faite un instant auparavant sert à un préréglage).

L'Image Pro permet encore les surimpressions, la mise au point manuelle, les poses longues de 1 à 120 secondes, la correction "contre-jour" et la prise de séquences d'images au moyen d'un intervallo-mètre (réglable de 3 s à près de 20 min). Un écran à cristaux liquides assure l'affichage des paramètres de prise de vue. Enfin, un nouveau film, aux couleurs plus pures que celles de l'Image System, a été réalisé pour ce nouvel appareil. Prix : 1 950 F.



1 L'AIR PUR AU VOLANT
disponible en juin 1990
dans les hypermarchés.



3 UN MESUREUR DE PENTE

450 F chez Prunier, BP 7,
Auzielle, 31650 Saint-Orens.



LES OBJETS DU MOIS

2 LE RÉGIME DE L'ESCALIER

28 000 F environ,
chez StairMaster,
CMTS,
21 rue des grands-Champs,
75020 Paris.

1 Proposé par la firme coréenne Samsung, le purificateur Airfreshener FX-7500 permet de maintenir un air propre à l'intérieur de l'habitable d'une voiture. Dans l'appareil, l'air, aspiré par un petit moteur, passe par un préfiltre (arrêt des grosses poussières), puis par un filtre électrique chargé négativement (arrêt des particules microscopiques) et enfin par un filtre au carbone activé qui désodorise et retient certaines substances. Silencieux et compact, ce purificateur fonctionne en 12 V et dispose d'une télécommande.

2 Installé chez vous, cet appareil de StairMaster vous permet de monter des escaliers pour perdre vos kilos superflus ou simplement vous maintenir en forme. Il s'agit d'un simulateur fondé sur un ingénieux système de pédales qui montent et descendent, à la vitesse souhaitée. Un écran informatique fournit des données telles que le nombre d'étages simulés (un étage correspond à 16 marches de 20,32 cm de haut) ou bien la distance parcourue marche par marche, le nombre de calories dépensées, le volume d'oxygène consommé. Cet appareil a été conçu pour travailler le rythme cardiovasculaire. Il propose huit programmes comportant chacun dix niveaux de difficulté. Les pédales sont indépendantes et permettent ainsi de travailler avec une jambe invalide. Enfin, on ne décolle pas les pieds de ces pédales, quel que soit le type d'exercice, ce qui supprime les minichocs (inhérents à la montée et à la descente de vrais escaliers, à la course et même à la marche) qui affecteraient sérieusement la colonne vertébrale d'un sujet vulnérable.

3 Instrument très compact (6 x 7 cm), ce mesureur d'inclinaison, le Nivograd, donne directement le pourcentage de pente ou la mesure d'un angle. Le système est simple : dans un corps transparent plein d'huile, un pointeau lesté par un contrepoids tourne sur un axe sans frottement, grâce à un roulement à billes. L'étalonnage du dispositif permet des mesures avec seulement 1 % d'erreur.

4 On l'appelle Excellence, mais ce n'est qu'un moulinet de pêche à la ligne. Conçu par Mitchell, il est assez classique, toutefois la finition de chaque élément, précise le constructeur, permet un fonctionnement optimal. En particulier, le pick-up, assurant la régulation lors du lancer ou du rembobinage, est équipé d'un tambour freiné par ressort qui assure la tension homogène du fil et évite son emmêlement. De quoi pêcher avec plus de plaisir !

5 Il ressemble à n'importe quel mixer ménager, mais reste silencieux lorsqu'il tourne la mayonnaise ou bat les œufs ! Cette performance, le "Mixer Silence" la doit à sa conception : un moteur à aimant permanent évite le bobinage (stator) et l'hélice est en prise directe sur ce moteur éliminant le réducteur. Ainsi sont supprimés les organes sources de bruit sur les appareils classiques.

6 Observez bien ces jumelles Leica : elles ne comportent aucune rampe de mise au point externe ; celle-ci, unique, est couplée à une seule molette de réglage, disposée au centre et commandant intérieurement le déplacement de lentilles. De ce fait, il a été possible de construire une enveloppe parfaitement fermée — en aluminium sous pression, remplie d'azote. Elle est étanche à l'air, aux poussières et à l'eau. Dans ce dernier cas, sa résistance est garantie jusqu'à une profondeur de 5 m. Même le verre des lentilles a reçu une couche durcissante antirayures. La molette centrale règle à la fois la



4

UN MOULINET
INGÉNIEUR

De 540 à 575 F
chez les détaillants
en articles de pêche.



mise au point et la correction dioptrique. Détail judicieux, cette correction est mémorisée ou bloquée, dès que la molette centrale est en position "mise au point". Il suffit de désolidariser les deux parties qui la composent pour corriger uniquement les dioptries. Par ailleurs, la mise au point interne par déplacement de lentilles a permis non seulement de réduire l'encombrement des jumelles, puisque leur longueur reste fixe, mais aussi de réaliser une mise au point très rapprochée, par exemple 4,60 m pour le modèle Leica 10 × 42. Les prismes ont reçu un traitement spécial améliorant le contraste de l'image. Chaque surface air/verre a été soumise à des traitements multicouches adaptés à la sensibilité de l'œil. Les deux systèmes optiques sont corrigés pour supprimer toute différence de grossissement et assurent un parallélisme des axes des deux tubes quels que soient la distance et l'écart pupillaire. De ce fait, les observations de longue durée ne produisent aucune fatigue des yeux. La nouvelle gamme Leica comprend trois modèles, tous revêtus d'un gainage polyuréthane, mesurant environ 15 cm de long et pesant 890 g :

- Les 8 × 42, jumelles à large champ de vision (de 130 m à 1 000 m) et à haute luminosité. Pour tous usages courants (sport, vacances, randonnées).
- Les 10 × 42, jumelles à fort grossissement, dotées d'un piqué et d'un contraste exceptionnels. Pour le sport, la chasse ou l'ornithologie.
- Les 7 × 42, qui se caractérisent par une très grande pupille de sortie (6 mm) et un vaste champ de vision (de 140 m sur 1 000 m). Pour la navigation, la chasse et l'observation des sujets en déplacement.

Enfin, un œilleton coulissant permet de positionner l'œil de façon telle qu'avec ou sans lunettes le champ observé soit complet.

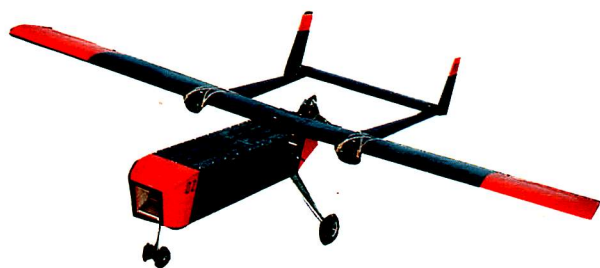
5 MONTEZ VOTRE
MAYONNAISE EN SILENCE

159 F chez Ronic France,
61 bis Corniche-Fleurie, 06200 Nice.

6

DES JUMELLES
SUBMERSIBLES

1 480 F environ.
dans les FNAC
et chez les opticiens



10 UN AVION PHOTOGRAPHE
22 000 F chez PB Modélisme,
112 rue du Mont-d'Arène,
61066 Reims Cedex.

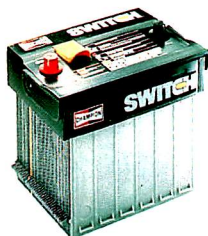
11

UN DÉTECTEUR DE FUMÉE

189 F chez New International,
10 rue Bridaine,
75017 Paris.



LES OBJETS DU MOIS



7

SOS BATTERIE

Batterie (ci-dessus), disponible fin 1990. Renseignements chez CFE, Route de Poilly, 45090 Outarville.

Kit de dépannage (ci-dessous) 2 000 F chez Telwin, 25 rue Prudence, 77500 Chelles.

7 Déjà en vente aux Etats-Unis, la batterie d'automobile Champion Switch est identique aux modèles standard. Mais, à l'intérieur il y a en réalité deux batteries, l'une pour l'alimentation du véhicule, l'autre en réserve. Reliées entre elles par un interrupteur, elles sont rechargées simultanément par l'alternateur. Cette batterie double contient des panneaux d'oxyde de plomb, sur un treillage également de plomb, moulés par injection, d'une épaisseur de 1,3 cm. Ils se composent de trois sections positives alternées avec trois sections négatives, groupées par paires isolées. Une fois suspendue dans l'électrolyte, chaque paire fournit une tension de 12 V. Ce type de batterie permet d'éliminer des composants et allège d'environ 15 % le poids total, à performances égales et pour une plus grande fiabilité, assure le constructeur. Et si, malgré tout, votre véhicule ne veut plus démarrer, le kit Dynamic 3000 vous permet de remédier à l'incident. Constitué d'un chargeur-démarrateur 12/24 V monté sur roues, il autorise sa recharge et, éventuellement, son transport. L'appareil permet également de produire un courant de démarrage pour le véhicule.

8 Le scanner GT-1000 d'Epson permet de transférer une image sur un écran d'ordinateur en la transformant en une multitude de points. Petit (13,5 x 23,5 x 4,6 cm) et rapide, le GT-1000 réalise cette performance en 29 s et en un seul passage pour un document de 13 x 9 cm en couleurs, avec une résolution maximale de 80 points par centimètre, soit 1 600 points par cm², niveau des appareils professionnels. Il peut reconnaître plus de 16 millions de couleurs et 256 niveaux de gris. La particularité du GT-1000 est de s'adapter à tout système micro-informatique, PC, PS, et Macintosh. Il est en effet équipé de deux interfaces standard, et dispose de 4 logiciels spécifiques (Epscan II, Epscan Mac, Edscan et Gem Scan). Il suf-

fit ainsi de choisir parmi ces derniers celui correspondant au microordinateur dont on dispose pour lui permettre d'afficher et de travailler l'image saisie par le scanner.

9 Produit par Hitachi, le "Petit Mitron" — dont nous avons déjà annoncé la naissance au Japon voilà plus d'un an — est arrivé en France. Il regroupe, dans un seul bloc compact, un pétrin et un four de boulanger. Le tout mesure 34,5 cm de hauteur pour 25 cm x 32 cm de base et pèse 8,5 kg. Après avoir branché l'appareil sur le secteur, il suffit de remplir le récipient de brassage et de cuisson (revêtu intérieurement d'une couche anti-adhésive) avec les ingrédients nécessaires : l'eau, la farine, le sel, le sucre et, en dernier, la levure. Après quoi, on met en place le récipient dans l'appareil et on programme le minuteur. Pour la fabrication du pain "normal", un minimum de 4 heures et 20 minutes est requis. Il est possible de régler la mise en route de telle façon que le pain chaud soit prêt pour le petit matin. Plusieurs programmes et recettes permettent de préparer des pains spéciaux (raisins, noix, etc.). La fonction pétrissage seule autorise la fabrication de pâtes à brioche, pizza, gâteaux divers ou croissants avec un avantage sur les robots classiques : le contrôle de la levée de la pâte est automatisé. Nous avons nous-même préparé un pain "normal" qui s'est révélé excellent. Sans ressembler au bon pain français traditionnel, il est à la fois plus souple, plus savoureux et d'une odeur plus agréable que les pains carrés sous film plastique.

10 Modèle réduit, l'avion radiocommandé PB-5 n'est tout de même pas si réduit que ça, car il mesure 3 m d'envergure, 1,50 m de long et pèse 10 kg. Propulsé par un moteur de 50 cm³, il peut voler au-dessus de 3 000 m sur une distance de 3 km. Un fort bel engin capable d'embarquer un appareil photo ou une caméra dont le déclenchement est télécommandé.





9 LE PETIT MITRON

1 995 F chez SEDAO,
39 rue des Grands-Champs - 75020 Paris.

**8 TRANSFÉREZ
VOS PHOTOS
SUR VOTRE
ORDINATEUR**
8 900 F dans
les magasins
spécialisés.



11 Il s'appelle Smokie. Tout en l'examinant, nous avons eu l'imprudence d'allumer une cigarette : aussitôt une alarme s'est mise à sonner. Petit, pesant 130 g, il est doté d'une chambre d'ionisation capable de détecter des traces de fumée dans l'atmosphère. Dès qu'elles atteignent 2 %, un signal de 70 Hz se fait entendre. La mise en place de l'instrument pour surveiller une pièce est des plus simples : il suffit de le fixer sur un support le long d'un mur. L'alimentation sur pile dure un an.

12 Proposé sous le nom de "Tuba américain", il permet de nager, tête sous l'eau, en expulsant l'eau qui entre accidentellement par le tube. A cet effet il possède une partie conique au-dessus de la ligne de flottaison avec une soupape sur le dessus et une au-dessous. La première recueille l'eau tombant dans le tube, la seconde permet de l'expulser au dehors...

13 ...et si vous descendez plus profondément sous l'eau, il vous faudra alors surveiller les paramètres de votre plongée. L'électronique permet d'incorporer toutes les données dans un seul instrument compact. Ainsi en est-il du profondimètre Digi. Celui-ci affiche sur un écran à cristaux liquides la profondeur à laquelle se trouve le plongeur, la profondeur maximale atteinte, la température, le temps de plongée, le temps resté en surface entre deux descentes, l'alerte de remontée rapide, etc. Une mémoire permet de stocker ces données pour quatre plongées. L'instrument se met automatiquement en marche au contact de l'eau.

Les textes des Echos de la vie pratique

ont été réalisés par
Roger Bellone, Pier-
re Courbier, Lionel
Dersot, Habib Eljari
et Christine Mercier. ▲

12
**UN TUBA À DEUX SOUPAPES
POUR RESPIRER SOUS L'EAU...**
238 F chez 3B, 25 rue Vital-Bouchot
92200 Neuilly-sur-Seine.

13
**...ET UN PROFONDIMÈTRE
ÉLECTRONIQUE
POUR LA PLONGÉE
SOUS-MARINE**

1 100 F
chez 3B, 25 rue Vital-Bouchot,
92200 Neuilly-sur-Seine.



MADAME EINSTEIN UN GÉNIE MÉCONNU ?

(suite de la p 35)

Mileva Maric, « la fille d'un paysan slave, son aînée de quatre ans ». Il ajoute plus loin : « Les hommes et les femmes qu'Einstein rencontra au hasard de la vie quotidienne étaient plus que prêts à admettre que la relativité les dépassait... » D'après Clark, elle ne comprenait même pas les travaux de son mari. On a vu, plus récemment, des préjugés de ce genre se manifester à propos de la dette de Rodin à l'égard de Camille Claudel. Tant est grande la réticence à l'égard de l'intelligence des femmes.

Or, les documents rassemblés depuis la mort d'Einstein montrent que l'opinion d'un Clark n'est pas fondée. Mileva, non seulement comprenait le travail de son mari, mais y participait activement, c'est du moins la conviction d'une partie des participants au symposium consacré à ce sujet lors de la réunion de l'AAAS mentionnée plus haut. Le plus ardent défenseur de cette thèse est le physicien Evan Harris Walker d'Aberdeen (Maryland) ; selon lui, il est indubitable qu'Albert et Mileva travaillèrent en étroite collaboration, bien qu'ils aient souvent été séparés. Walker cite pour preuves plusieurs lettres d'Einstein à Mileva. Ainsi, le 27 mars 1901, il lui écrivait : « Comme je serai heureux et fier lorsque tous deux, ensemble, nous aurons mené notre travail sur le mouvement relatif (la relativité, ndr) à une conclusion victorieuse. »

Dans d'autres lettres, Einstein fait plusieurs remarques qui semblent confirmer la réalité de cette collaboration, laquelle ne se serait pas limitée — si l'on ose dire — à la relativité, mais aurait porté sur d'autres domaines auxquels travaillait Albert durant les premières années du siècle : thermodynamique, force moléculaire, mouvement brownien. En voici quelques exemples : « En ce qui concerne l'investigation de l'effet Thomson, je me suis tourné vers une autre méthode, qui a certaines similarités avec la tienne pour la détermination de la dépendance de k sur T . »... « J'ai eu une idée très féconde, qui rendra possible l'application de notre théorie sur les forces moléculaires aux gaz »... « Je lui ai donné notre article (il fait référence à un Pr Weber de Berne) »... « Imagine comme ce sera merveilleux lorsque nous pourrons de nouveau travailler ensemble, totalement, sans être dérangés... Tu seras amplement récompensée » ou encore, « Lorsque je lisais Helmholtz (physicien allemand) pour la première fois, il me semblait inconcevable que tu ne fusses pas avec moi. »

Walker souligne qu'Albert et Mileva ont suivi à peu près le même enseignement à l'ETH, à l'exception d'un semestre (1897-1898) pendant lequel Mile-

va a assisté à Heidelberg aux cours du Pr Philipp von Lenard. Ce fut, remarque Walker, un semestre important parce que von Lenard — qui reçut le prix Nobel en 1905 — avait fait les recherches expérimentales qui avaient fourni les données sur l'effet photoélectrique dont Einstein donne l'explication. Une des lettres de Mileva à Albert décrit un cours de von Lenard sur la théorie cinétique des gaz. (Walker pense que de nombreuses lettres de Mileva à Einstein n'ont pas été conservées. En effet, on possède 43 lettres d'Albert à Mileva, mais 10 seulement de Mileva à Albert. Or, souligne Walker, les jeunes époux, lorsqu'ils étaient séparés, s'écrivaient souvent : à plusieurs reprises, Albert se plaint dans sa correspondance dès qu'elle ne lui a pas écrit depuis trois ou quatre jours.)

Enfin, Walker, qui s'est livré à une enquête quasi policière, cite un ouvrage yougoslave, une biographie de Mileva Einstein par Desanka Truhovic-Ghuric mathématicienne et physicienne, traduite en allemand et publiée en Suisse en 1988 (2). Cet auteur fait état du témoignage troublant d'un grand physicien russe, Abraham F. Joffe (1880-1960), qui fut directeur de l'Institut de physique appliquée à Moscou, puis de l'Institut des semiconducteurs de l'Académie des sciences de l'Union soviétique. Joffe faisait partie du comité des *Annalen der Physik*, dans lesquelles parut, en 1905, le premier article d'Einstein sur la relativité. Selon Truhovic-Ghuric, Joffe avait vu les originaux d'articles d'Einstein publiés cette année-là, et se souvenait qu'ils étaient signés Einstein-Marity. Joffe rédigea par la suite en russe un texte intitulé *Souvenirs d'Albert Einstein*, dans lequel Mileva est citée sous le nom de Einstein-Marity — Marity étant la forme hongroise de Maric (prononcer Maritch). C'est d'ailleurs sous ce nom de Marity que Mileva a signé son certificat de mariage en 1903, et c'est aussi ce nom qui est gravé sur sa tombe à Zurich, où elle mourut en 1948. Selon Walker, le fait même que Joffe ait utilisé le nom Marity, plutôt que Maric, forme serbe du même nom utilisé par les biographes d'Einstein, montre bien que Joffe avait vu les articles originaux de 1905. Ces originaux, hélas, n'existent plus : en 1943, un comité aux Etats-Unis avait demandé à Einstein de faire don des manuscrits pour contribuer à l'effort de guerre. Einstein ne les avait plus, et recopia de sa main le fameux article sur la relativité publié dans *Annalen*. Il y ajouta le commentaire suivant : « Ce qui suit est une copie de mon premier article sur la théorie de la relativité. J'ai fait cette copie en novembre 1943. Le manuscrit original n'existe plus, ayant été jeté par moi après sa publication. »

En 1908, Einstein obtient un poste d'enseignant à Berne, et, en 1909, à l'université de Zurich. En 1910, Mileva donne naissance à un second garçon, Edouard. En 1911, Einstein occupe une chaire de

(3) *Einstein: the Life and Times*, World Publishing Company, 1971, traduit en français aux Ed. Stock sous le titre *Einstein, sa vie, son époque*, 1980.

professeur à l'université allemande de Prague, où il ne reste qu'un an, avant de retourner à Zurich. Il est alors admiré par l'élite des physiciens mondiaux, mais ne s'entend plus avec son épouse.

En 1913, il accepte une chaire à Berlin, où il part avec Mileva et leurs deux enfants. Il a alors 34 ans. Ce sont leurs derniers mois ensemble.

L'année suivante Mileva retourne à Zurich avec les garçons. Le décret du divorce à l'amiable, publié en 1919, contient une clause surprenante : Albert fait don à Mileva de la somme d'argent qu'il recevra avec le prix Nobel qui lui sera sans doute décerné.

L'année même du divorce, il épousera sa cousine Elsa, veuve et mère de deux enfants, qu'il a connue dans son enfance à Munich. Einstein dira plus tard : « Je suis heureux que ma seconde femme ne comprenne rien à la science. Ma première, si. » En 1922 il recevra le prix Nobel, et fera effectivement le voyage de Stockholm à Zurich pour remettre l'argent à Mileva.

D'après les critères actuels, conclut le Dr Walker, le nom de Mileva Einstein-Maric (ou Einstein-Marity) aurait fort bien pu figurer en tant que co-auteur ou collaborateur d'Einstein. Et peut-être le jury aurait-il partagé entre eux deux le prix Nobel, comme il le fit pour Pierre et Marie Curie (qui entretenaient d'ailleurs avec les Einstein des relations amicales).

Un autre participant au débat, Senta Troemel-Ploetz, linguiste à la Forschungsgemeinschaft (société de recherches) à Bonn (RFA), abondait dans le sens du Pr Walker en disant qu'à l'époque « il était tout à fait normal qu'un homme s'appropriât le travail d'une femme et en reçût le crédit... Einstein s'est comporté comme un homme normal ». Le Dr Troemel-Ploetz cite un autre exemple qui, selon elle, souligne la compétence de Mileva ainsi que son dévouement envers Albert. A Zurich, Mileva avait mis au point un appareil pour mesurer de faibles courants électriques. L'appareil fut par la suite breveté au nom d'Albert Einstein et de son ami, le physicien Johann Conrad Habicht. D'après le livre de Truhovic-Ghuric, alors qu'un ami demandait à Mileva pourquoi son nom n'apparaissait pas sur la patente, elle aurait répondu : « A quoi bon, nous deux formons une seule pierre » — jeu de mots sur ein Stein : une pierre.

Le Dr Troemel-Ploetz mentionne également une lettre de Mileva à son père, dans laquelle elle écrivait : « Il y a peu de temps, nous avons terminé un travail très important qui rendra mon mari célèbre dans le monde entier. »

Ainsi, selon Walker et Troemel-Ploetz, Mileva après son mariage fut bien plus qu'une "Hausfrau" s'occupant de ses enfants : elle continua de collaborer avec son mari. D'après la biographie yougoslave de Mileva, Albert lui-même fit, une fois au moins, le

ménage à la maison, pendant que Mileva faisait des calculs mathématiques concernant "leur" théorie.

Lewis R. Pyenson, professeur d'histoire à l'université de Montréal, a également souligné l'importance du contexte social au tournant du siècle. Il est peu probable, selon lui, que le premier enfant d'Albert et Mileva, né hors mariage, ait été un enfant non désiré. Les méthodes de contraception étaient bien connues, et les naissances illégitimes extrêmement rares parmi les juifs. Si Albert et Mileva ont eu un enfant après avoir cohabité ensemble pendant environ deux ans, c'était peut-être par défi, ou rejet du préjugé contre les "naissances illégitimes" ; cela semble en tout cas impliquer qu'ils envisageaient leur vie en commun. Ils ne se marièrent qu'après la mort du père d'Albert qui s'y était farouchement opposé. Leur mariage fut peut-être une concession aux conventions sociales : Einstein cherchait un poste d'enseignant.

Selon Pyenson, Mileva a connu à Zurich, après son divorce, une vie difficile. Son second fils, Edouard, était mentalement perturbé, et mourut jeune. Délaissée par un mari devenu célèbre, elle vécut chichement d'une pension alimentaire, bouclant son budget en donnant des cours particuliers et logeant des étudiants. « Elle serait aujourd'hui, dit le Pr Pyenson, une héroïne du mouvement de libération de la femme. »

John J. Stachel, membre du Centre d'études sur Einstein à l'université de Boston, qui avait dirigé la publication des lettres et documents du savant, pense, lui, que les données historiques disponibles ne sont pas suffisantes pour attribuer à Mileva un rôle aussi important que celui d'une collaboratrice scientifique. Il souligne que la découverte de documents sur les jeunes années d'Einstein commence à éclairer cette période de sa vie, mais qu'il reste beaucoup de zones obscures qui ne permettent pas d'élucider le mythe d'Einstein.

Car il y a indubitablement un mythe Einstein, dit-il, et même plusieurs mythes, qui ont commencé à prendre forme dès 1919, alors que le savant était devenu mondialement célèbre. Un des mythes qui persiste à ce jour, selon lui, est qu'Einstein est "né vieux" : « Lorsqu'on mentionne son nom, qui peut résister à l'évocation quasi automatique d'un ancien sage, auréolé de cheveux gris, dont les yeux reflètent toutes les peines dont son époque a été témoin ? En ce qui concerne son enfance et sa jeunesse, elles ont également été "mythifiées" par la projection dans le passé de cette image de saint en plâtre. »

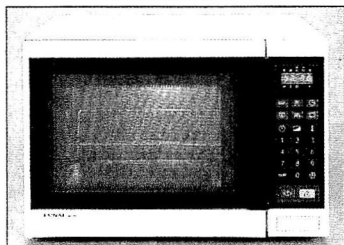
Ce mythe n'est pas le seul, ajoute Stachel : d'autres voient en Einstein une image maléfique — celle du créateur de la bombe atomique — et tentent de projeter cette image maléfique dans le passé. C'est ainsi qu'il interprète la démarche de Walker : « Afin de transformer Mileva Maric en héroïne, il est prêt à

Information commerciale

DIMEL S.A.

Distributeur exclusif du constructeur japonais FUNAI pour le marché français des magnétoscopes produits CD et TV, Dimel SA lance le dernier né de la gamme Funai.

UN MICRO ONDES COMBINÉ CONVECTION/GRILL A DEUX PALIERS



- Capacité 23 litres
- Minuterie 100 min.
- Eclairage intérieur et porte vitrée à ouverture latérale.
- **Cuve en acier inoxydable.**
- Décongélation automatique selon le poids.
- **Affichage digital 24 h** avec compte à rebours du temps de cuisson.
- **Programmation de démarrage de la cuisson.**
- **Puissance variable** de 60 à 600 watts.
- Encombrement (L×H×P) 526×360×471 mm
- Prix public indicatif** : environ 2990 F.



DIMEL SA - 7/9, rue Maryse Bastié - BP 99
93123 La Courneuve - Tél. (1) 48 36 16 00.

MADAME EINSTEIN UN GÉNIE MÉCONNU ?

(suite de la p. 161)

faire un monstre d'Einstein... Walker est prêt à insinuer qu'Einstein a détruit des lettres de Maric révélant sa contribution à leur travail scientifique, il irait jusqu'à insinuer qu'elle aurait écrit la thèse de doctorat d'Albert, et que ce dernier s'est approprié des idées fondamentales (de Mileva) qui étaient le pivot de la théorie de la relativité, et qu'ensuite il a donné à Mileva l'argent du prix Nobel pour l'obliger à taire son rôle dans le développement de la théorie. »

Le Pr Stachel reconnaît que Mileva a peut-être joué un rôle plus important qu'on ne lui attribue généralement, « mais il semblerait plutôt que ce rôle ait été celui d'une caisse de résonance pour les idées d'Einstein, un rôle d'ailleurs partagé par les amis du jeune Albert, Michele Basso, son collègue au Bureau des brevets de Berne, et Conrad Habicht.

Stachel reconnaît que la phrase d'Einstein mentionnant dans une de ses lettres, « notre travail sur le problème du mouvement relatif » peut certes évoquer une collaboration scientifique, mais qu'à part cela, il n'y a pas de preuve véritable que Mileva Maric ait contribué aux travaux de son mari.

On peut, en revanche, parler des seules preuves objectives que nous ayons, qui concernent les talents de Maric en mathématiques, dit-il : ce sont les notes obtenues par Mileva à l'ETH. « Pendant leur première année, elle et Einstein ont pris plusieurs cours de mathématiques qui étaient notés. Ses notes (celles de Mileva) ne sont jamais meilleures que celles d'Albert, et sont plus faibles dans plusieurs cours. Il obtint un total de 32 1/2 sur un maximum possible de 42 ; elle, 30... Nous pouvons comparer ses notes en 1900 avec celles d'Einstein, puisqu'ils étaient les deux seuls étudiants en physique à passer l'examen cette année-là. En physique théorique, il reçut 5 sur 6, et elle, 4 1/2 ; en physique pratique, tous deux reçurent 5 ; en astronomie, il eut 5, et elle, 4. Son travail (celui d'Albert) sur son diplôme, un projet de recherche indépendant, fut noté 4 1/2. Elle reçut un 4. La plus grande différence entre leurs notes respectives est dans le domaine des mathématiques : il reçut 5 1/2 en théorie des fonctions, elle, 2 1/2. » En outre, elle échoua à ses examens en fin de curriculum, alors qu'Albert les réussit (quoique de justesse).

Le Pr Stachel conclut donc que Walker « est un fantaisiste, qui passe jugement sur la réalité en se fondant sur ses propres désirs. Qu'Einstein ait utilisé le pronom "nous" pour décrire divers efforts de recherche dans ses lettres à Mileva pouvait être dû, tout simplement, au fait qu'il était un jeune homme amoureux ».

En science, la tradition aime ses héros masculins et solitaires !

Alexandre Dorozynski



**Pourquoi
emprunter
les cheveux
des autres...**



**n'allez pas chercher ailleurs
ce que vous possédez déjà**

la chirurgie esthétique
vous fera retrouver par une technique
simple - efficace et indolore
votre **VRAIE** chevelure

poussant naturellement souple et vivante,
s'éclaircissant au soleil et s'argentant avec
l'âge, car jamais plus vos cheveux ne tomberont.

**CLINIQUE DU ROND-POINT
DES CHAMPS-ÉLYSÉES**

(Autorisation Ministère de la Santé du 23-10-1950)

61, AV. F.-D. ROSSEVELT, 75008 PARIS - 43 59 49 06 / 71 63
Consultation gratuite et documentation envoyée sur demande

NOM
ADRESSE

SV 04

LE SEXE DES CHROMOSOMES

(suite de la p. 53)

ment, ils sont silencieux sur le chromosome masculin). La complémentarité entre les programmes masculin et féminin est désorganisée, et le fonctionnement de la cellule est complètement perturbé.

Restait à connaître les mécanismes par lesquels les radicaux méthyles bâillonnent les gènes. On pense aujourd'hui qu'ils bloquent non pas directement les gènes programmeurs, mais certains sites clés des chromosomes, ouvrant l'accès aux gènes. Il existe en effet, en amont de chaque gène, une zone dite de "régulation", qui non seulement balise le début du programme, mais contrôle aussi la lecture du gène, autorisant ou non la machinerie cellulaire à fabriquer la protéine codée par le gène en question. Ce sont ces zones de régulation que boucheraient les radicaux méthyles, empêchant les constituants cellulaires affectés au décodage de l'ADN de lire les gènes ainsi "barrés".

Les effets de la méthylation sont, on l'a vu, d'une importance capitale pour le bon fonctionnement de la cellule, et l'on comprend que cette dernière mette tout en œuvre pour préserver ce marquage tout au long de ses successives divisions. Malheureusement, le système de protection n'est pas infailible ; il devient même de moins en moins sûr à mesure que l'organisme avance en âge. Cette accumulation de "ratés" expliquerait, selon certains, le vieillissement cellulaire : en perdant progressivement l'information portée par les méthyles, les tissus rempliraient de moins en moins bien leurs fonctions et ne se renouvelleraient plus suffisamment.

Ces désordres de la méthylation pourraient aussi être à l'origine de certains cancers. En perdant leur marquage, des gènes normalement silencieux s'exprimeraient de façon intempestive, avec pour conséquence la tumorigénèse des cellules qui les hébergent. Cela dit, l'étude des rapports entre la méthylation et le cancer ne fait que commencer et pourrait se révéler extrêmement fructueuse. De nombreux chercheurs pensent, par exemple, que les anti-oncogènes, ces gènes qui protègent les cellules contre la cancérisation, auraient eux aussi une part de responsabilité dans l'apparition des tumeurs : victimes d'une surméthylation, ils seraient réduits au silence et n'assureraient plus leur rôle protecteur.

Par ailleurs, diverses formes de cancer résultent de délétions, c'est-à-dire de pertes d'un segment de chromosome. Or, on a remarqué que ce type d'accident affectait beaucoup plus fréquemment les chromosomes maternels que les paternels. En somme, les premiers seraient plus fragiles. Pourquoi ? Là encore, l'explication tient sans doute à la méthylation différentielle des génomes du père et de la mère.

Marie-Françoise Lantiéri

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'Etudes, vous obtiendrez de votre mémoire (quelle qu'elle soit actuellement) des performances à première vue incroyables. Par exemple, vous pourrez, après quelques jours d'entraînement facile, retenir l'ordre des 52 cartes d'un jeu que l'on effeuille devant vous ou encore rejouer de mémoire une partie d'échecs. Vous retiendrez aussi facilement la liste des 95 départements avec leur numéro-code. Mais naturellement, le but essentiel de la méthode n'est pas de réaliser des prouesses de ce genre mais de donner une mémoire parfaite dans la vie courante : c'est ainsi qu'elle vous permettra de retenir instantanément le nom des gens avec lesquels vous entrez en contact, les courses ou visites que vous avez à faire (sans agenda), l'endroit où vous rangez vos affaires, les chiffres, les tarifs, etc.

Les noms, les visages se fixeront plus facilement dans votre mémoire : 2 mois ou 20 ans après, vous pourrez retrouver le nom d'une personne que vous rencontrerez comme si vous l'aviez vue la veille. Si vous n'y parvenez pas aujourd'hui, c'est que vous vous y prenez mal, car tout le monde peut arriver à ce résultat à condition d'appliquer les bons principes.

La même méthode donne des résultats peut-être plus extraordinaires encore lorsqu'il s'agit de la mémoire dans les études. En effet, elle permet d'assimiler, de façon définitive et en un temps record, des centaines de dates de l'histoire, des milliers de notions de géographie ou de science, l'orthographe, les langues étrangères, etc. Tous les étudiants devraient l'appliquer et il faudrait l'enseigner dans les lycées. L'étude devient alors tellement plus facile ! Si vous voulez avoir plus de détails sur cette remarquable méthode, vous avez certainement intérêt à demander le livret gratuit proposé ci-dessous, mais faites-le tout de suite car, actuellement, vous pouvez profiter d'un avantage exceptionnel.

GRATUITS 1 brochure + 1 test de votre mémoire

Découpez ce bon ou recopiez-le et adressez-le à : Service M, Centre d'Etudes, 1, avenue Stéphane-Mallarmé, 75847 Paris Cédex 17.

© C.E., Paris, 1988
Veillez 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 5 coupons-réponse.) M 14X

Mon nom : Prénom :
(en majuscules S.V.P.)

Mon adresse :

Code postal : Ville :

AVEC EDEN FINI LE PARADIS DES TERRORISTES

(suite de la page 106)

Pour le client, qui dans le cas d'EDEN est la Direction générale de l'aviation civile, quatre critères déterminent la qualité d'un système de détection :

- la vitesse de contrôle, ici 700 bagages à l'heure, soit une heure environ pour l'embarquement d'un gros porteur ;
- la probabilité de détection, de 95 à 99 % ;
- le taux final de fausses alarmes, de 0,5 à 0,01 % selon les cas ;
- la masse critique, c'est-à-dire la masse minimale que doit avoir un explosif pour qu'on puisse le détecter. Ce dernier paramètre est gardé secret, pour des raisons évidentes.

Il y a un autre point important : la sécurité d'utilisation. Les neutrons activent les noyaux qu'ils rencontrent dans les bagages, ce qui signifie qu'ils leur confèrent une radioactivité gamma ; et les rayons gamma sont dangereux pour l'organisme. Mais le temps de désactivation (quand tous les gamma sont émis) est fonction du temps d'activation (durée du bombardement de neutrons) : pour EDEN, cela va de quelques secondes à une minute. Si bien que, lorsque le personnel de l'aéroport ou les passagers

reprennent contact avec les bagages, ceux-ci n'ont plus la moindre activité.

De l'avis de M. Grodzins, un expert reconnu de la FAA, administration fédérale de l'aviation américaine, les détecteurs neutroniques constituent à ce jour la meilleure méthode et la seule suffisamment avancée pour faire face au principal danger dans les transports aériens : les bombes cachées dans les bagages. Le système EDEN semble le plus perfectionné, mais, avec leur TNA, les Américains bénéficient d'une certaine avance dans le domaine des détecteurs à neutrons thermiques. Aussi la SODERN vient-elle de conclure un accord avec une firme américaine Gamma-metrics pour la fabrication d'équipements mixtes : les Américains fournissent le module à neutrons lents tandis que la SODERN apporte les tubes générateurs de neutrons, le détecteur à neutrons rapides, ainsi que l'équipement de liaison entre les deux détecteurs. L'accord de coopération prévoit aussi un partage du marché mondial entre la SODERN et les Américains.

En attendant, le premier prototype d'EDEN sera mis en service en octobre prochain à Orly. Les premiers mois constitueront une période de test : le taux de fausses alarmes sera-t-il respecté ? Seul l'essai sur un grand nombre de bagages pourra le dire. Les ingénieurs de la SODERN, ainsi que les experts du CEA qui les ont assistés, en particulier sur la partie "neutronique", pourront effectuer des mises au point si cela se révèle nécessaire.

Si tout va bien, EDEN pourra équiper une dizaine d'aéroports en France, et qui sait des centaines dans le monde. Bien sûr, toutes les lignes n'en bénéficieront pas : seulement celles de trafic important, ainsi que les grosses correspondances (le transit étant souvent le moment clé où le bagage piégé est abandonné par son propriétaire).

EDEN coûtera en effet très cher : 12 millions de francs pièce. On ajoute généralement « ... mais la sécurité n'a pas de prix ». Elle a un coût bien sûr, comme la santé... Son budget est en hausse : dans le prix du billet, chaque voyageur contribue pour 10F environ, en Europe, au financement d'installations de sécurité.

Les explosions d'avions tuent chaque année plusieurs centaines de personnes ; mais ce ne sont pas ces statistiques macabres qui justifient l'importance des investissements en jeu. Les autorités considèrent que "les attentats sont inacceptables", et prennent très au sérieux la menace terroriste, dans la conjoncture politique actuelle. La sûreté aérienne est une question politique : les terroristes le savent mieux que personne, qui exploitent l'impact médiatique et émotionnel énorme de l'explosion d'un avion en plein vol. D'où l'importance stratégique de "boucliers" ultrasophistiqués comme le détecteur EDEN.

Hélène Guillemot

DIPLOMES DE LANGUES

anglais allemand espagnol italien

Visez européen !

Assurez-vous la maîtrise d'au moins deux langues étrangères, et une compétence linguistique opérationnelle, sanctionnée par des diplômes officiels :

- o Examens européens de langues
- o Chambre de Commerce Etrangères
- o Université de Cambridge

Examens, diplômes, préparation tous niveaux accessible à tous, dans toute la France... Tout est dans la documentation complète (et gratuite !) de :

**LANGUES & AFFAIRES, sce 5002
35, rue Collange - 92303 Levallois.**

Tél. : (1) 42.70.81.88

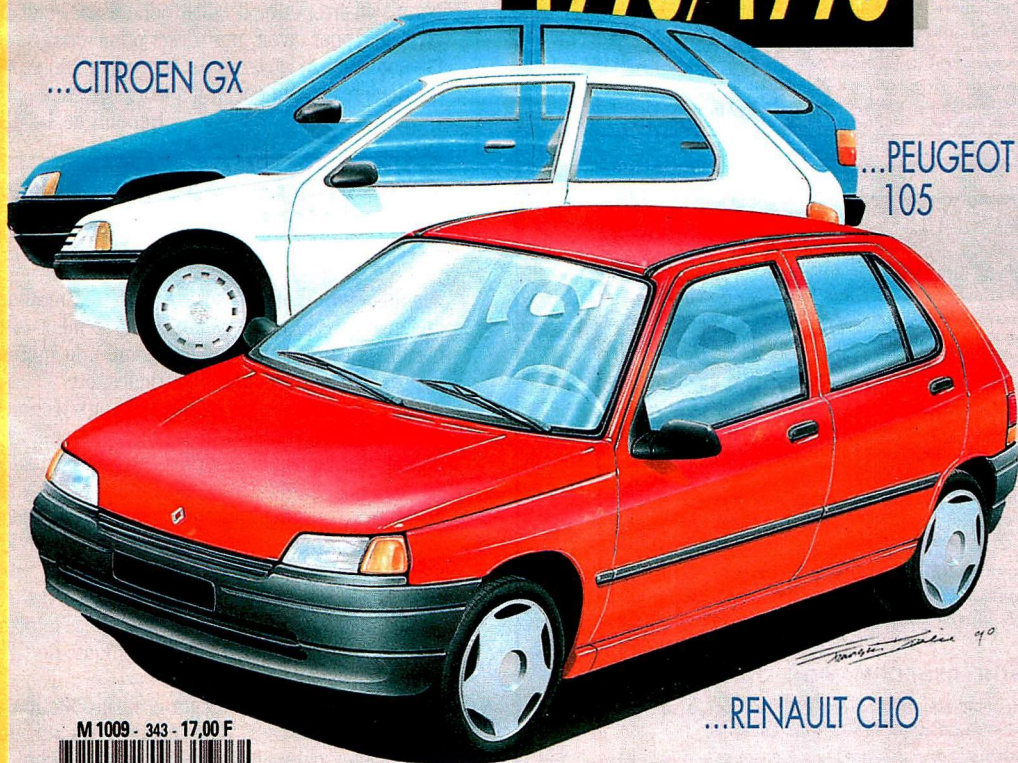
**L'ACTION
AUTOMOBILE**
ET TOURISTIQUE

ELLES
ARRIVENT !...

**SPECIAL
TOUTES LES
NOUVEAUTES
1990/1993**

...CITROEN GX

...PEUGEOT
105



...RENAULT CLIO

M 1009 - 343 - 17,00 F



3791009017003 03430

AVRIL 1990 115 FB - 4,50 - FS - \$CAN 4,25 - 550 PTAS - 24 DH - 2.300 DT - 400 ESC - RCI : 1310 CFA - 7,30 F

EN VENTE PARTOUT

LE TEMPS C'EST DE L'ARGENT!

ENREGISTREUR NOUVEAU! DE MINITEL

Avec le nouvel enregistreur de données **ALGOS DataRecorder 1**, vous pouvez enregistrer rapidement toutes les pages-écrans de votre Minitel et les retrouver ensuite, enregistrés sur simple cassette.

ECONOMIQUE: consultez tranquillement et gratuitement vos pages enregistrées.

PRACTIQUE: enregistrez et archivez sur cassettes audio du commerce (livré avec K7)

FACILE A UTILISER: comme un magnétophone (pile et secteur), branchement immédiat sur votre Minitel.

**PRIX DE
LANCEMENT
EXCEPTIONNEL! 440F
TTC**

ENREGISTREZ TOUTES LES PAGES

Petites annonces - Cours de la Bourse
Messagerie - Astrologie - Récupération
d'adresses et toutes données professionnelles...

RELISEZ ces pages GRATUITEMENT sur votre MINITEL!

BON DE COMMANDE à remplir lisiblement et à retourner à
ALGOS Ingénierie - 10, rue des Grands Riaux 95100 Le Château d'Olonne

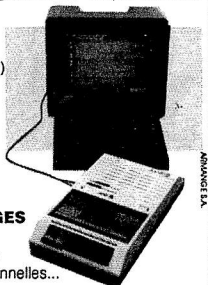
Nom Prénom

Adresse

Code postal Ville

JE COMMANDE enregistreur(s) de Minitel ALGOS DataRecorder 1, complet(s)
garanti 6 mois, avec cordon de branchement, notice et cassette C30 (livré sans pile),
au prix exceptionnel de lancement de 440F TTC + frais envoi et emballage 45F = 485F

☐ par chèque x 485F en recommandé (j'économise la taxe contre-remboursement)
☐ contre-remboursement x 485F. Je paierai en plus au facteur la taxe de contre-remboursement en vigueur. ☐ Joignez à l'envoi une facture avec TVA



LA CULTURE GENERALE

clé de votre réussite aujourd'hui !

Oui, dans toutes vos relations, pour tous les emplois, on vous jugera sur votre culture. Votre réussite professionnelle et personnelle en dépendent.

Oui, grâce à la Méthode de Culture Générale de l'ICF, claire et pratique, vous pouvez en quelques mois compléter vos bases, acquérir plus de confiance et une bien meilleure aisance, affirmer votre personnalité et être à l'aise dans tous les milieux..

20 cours (Arts, littératures, droit, philosophie, économie, sciences, politique, etc...). Le parcours santé de l'équilibre et de la réussite., accessible à tous.

Documentation gratuite à : Institut Culturel Français, Service 7087, 35 rue Collange 92303 Paris-Levallois, Tél. : (1)42.70.73.63

BON D'INFORMATION GRATUITE

à compléter et retourner à ICF, service 7087
35 rue Collange 92303 Paris-Levallois.

Veuillez m'envoyer à l'adresse ci-dessous, la documentation complète sur votre méthode.

Nom :

Adresse :

300 ANS DE LUMIÈRE ONDULATOIRE

(suite de la page 30)

les cristaux biréfringents.

Malgré cela, la théorie ondulatoire de la lumière rencontra peu d'échos à son époque — il devait mourir à La Haye en 1695, à l'âge de soixante-six ans — et beaucoup de chercheurs lui préféraient la théorie corpusculaire — bien qu'elle se révélât alors tout à fait incapable d'expliquer la réfraction. Elle prévalut pourtant pendant tout le XVIII^e siècle, et ce d'autant plus que l'aberration stellaire, découverte par Bradley en 1727, s'expliquait difficilement par les ondes mais très facilement dans le cadre de la mécanique classique par les corpuscules.

En fait le XVIII^e fut très pauvre dans le domaine de l'optique et il fallut attendre le XIX^e siècle, avec Young, Malus et surtout Fresnel, pour que la théorie ondulatoire de la lumière soit complètement établie et démontrée.

On sait que des découvertes ultérieures montrèrent que la lumière avait cependant des propriétés corpusculaires, et qu'il fallait donc associer onde et particule pour avoir une description complète du phénomène que Huygens fut le premier à interpréter de manière scientifique, il y a trois siècles.

Renaud de La Taille

AUTOMOBILE : PAS D'AVENIR SANS QUALIFICATION

(suite de de la p. 135)

gaz, les carburants de substitution, les moteurs à mélange pauvre (qui brûlent intégralement le carburant pour diminuer les émissions), le moteur à hydrogène, les véhicules électriques, etc.

Dans le domaine des métiers liés aux techniques de production, l'industrie recrute, comme par le passé, des mécaniciens, des métallurgistes, des physico-métallurgistes ou des chimistes. Il s'y ajoute aujourd'hui des automaticiens, des "plasturgistes" (ils programment la machine qui modèle les pièces prototypes en glaise, en plâtre, ou en patiline pour la réalisation des plans en volume), des céramistes, des qualitiens... Tous utilisent l'informatique, qu'il s'agisse de calcul scientifique, de CFAO, de robotique.

Championne toute catégorie, la production embauche à elle seule 39 % des cadres : des ingénieurs généralistes dans 80 % des cas, et des techniciens titulaires d'un BTS ou d'un DUT. De même, tous les ouvriers recrutés ont désormais un CAP ou un BEP. Le temps n'est plus où l'industrie automobile représentait le meilleur débouché pour les ouvriers sans qualification.

Isabelle Bourdial

• Le mois prochain, "Les métiers de l'environnement".

LE HOLD-UP DU SIECLE

(suite de la page 63)

Gallo a donc profité du délai de publication du livre pour caser à la dernière minute des résultats qu'il a obtenus près de six mois après le congrès. Et il a recouru deux autres fois au stratagème des publications antidatées: au congrès de Nigata, en novembre 1983, et au congrès de Park City, en février 1984.

Mensonge 4. Un autre élément confondant du dossier rapporté par les avocats de l'Institut Pasteur fut la falsification de la lettre de Mathew Gonda, responsable de la microscopie électronique, adressée à Mikulas Popovic et datée du 14 décembre 1983. Cette lettre est reproduite dans un livre de Steve Connor et de Sharon Kingman (*Research for the Virus*) aux Editions Penguin. Dans cette lettre, deux lignes rapportaient que la culture du LAV était hautement productive dans le laboratoire de Robert Gallo; elles ont été effacées! Et pour cause: elles prouvent que Gallo avait bien mis en culture les échantillons que lui avait envoyés l'Institut Pasteur. C'est apparu de façon éclatante quand on a comparé la lettre fournie par Popovic et Gallo avec la lettre originale, que s'étaient procurée les avocats de l'Institut Pasteur.

Mensonge 5. Gallo a prétendu que LAV et HTLV-3 étaient des variants du virus du sida. C'est faux, il s'agit exactement du même virus et non de variants. Comme on l'a aussi vu plus haut, les variants présentent toujours des différences comprises entre 5 et 10% dans leurs séquences génétiques. LAV et HTLV-3 étaient beaucoup plus proches que ça. Maintenant qu'on connaît l'extrême variabilité du virus du sida, la probabilité que LAV et HTLV-3 aient réellement été des isolats indépendants obtenus chez des patients différents est nulle. En l'état actuel des connaissances, l'homologie observée entre les séquences du LAV et du HTLV-3 prouve donc que le virus a "volé" du tube français dans un tube américain dans le laboratoire. Une question reste posée: est-ce bien accidentellement que le virus s'est retrouvé dans le tube américain? L'hypothèse de l'accident n'est pas improbable. Les virologistes appellent cela une contamination de laboratoire.

De telles contaminations surviennent très fréquemment. En effet, les cellules qui permettent la culture du virus sont souvent maintenues dans des flacons pendant plusieurs semaines et nécessitent de nombreuses manipulations. Si, au cours de ces manipulations, la moindre éblouissement contenant du virus

passé d'un flacon à l'autre, le deuxième flacon se trouve inoculé et l'on peut alors croire, à tort, à la présence d'un second virus.

Mais même si le "vol" a été accidentel, on n'en reprochera pas moins à Gallo et à Popovic d'avoir totalement nié que HTLV-3 et LAV n'étaient qu'un seul et même virus.

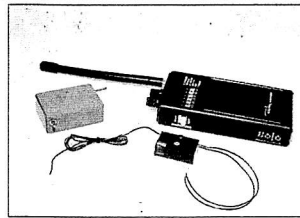
Maintenant que la chambre des représentants américaine s'est saisie de l'affaire, ceux qui s'étaient tus jusqu'à présent ne donnent pas cher des chances de Gallo. Documents falsifiés, mensonges, photos mal étiquetées, persistance dans l'erreur scientifique, publications antidatées, les chefs d'accusation s'accumulent contre lui. Son pouvoir financier et son influence politique risquent de ne pas suffire, cette fois, à le tirer d'affaire.

La science n'a de raison d'être que dans sa recherche de la vérité. Même si les chercheurs français ont montré en cette occasion qu'ils pouvaient faire mieux que les chercheurs américains, aux yeux de l'histoire, personne ne sortira vraiment grandi de cette affaire sordide.

Car la vanité, la xénophobie et la cupidité qui ont sous-tendu cette affaire, ont fait perdre à la recherche ce qu'elle doit aux malades, à leurs proches et, en résumé, à la souffrance.

Eric Mason

SPECIAL SURVEILLANCE



**MATERIEL
PROFESSIONNEL
GARANTI 1 AN**

HEURES OUVERTURE
9 à 13 HEURES
14 à 19 HEURES
LUNDI AU VENDREDI
SAMEDI SUR RDV

EMETTEURS & RECEPTEURS à QUARTZ
La solution à tous problèmes de réception
FIABILITE : pas de dérive en fréquence.
SECURITE : fréquence spéciale.
SIMPLICITE D'UTILISATION : aucun réglage.
DISPONIBLE EN VERSION CODEE ou SECTEUR 220 V
MICRO ESPION QUARTZ ambiant 1 200 F
MICRO ESPION QUARTZ téléphonique 1 200 F
RECEPTEUR QUARTZ 10 CANAUX 2 400 F
RECEPTEUR QUARTZ MINIATURE 3 CANAUX 3 100 F
Enregistrement automatique & simultané possible.

Egalement disponible une gamme complète de matériel de contre surveillance :
DETECTEUR DE MICROS ESPIONS; DETECTEUR D'ECOUTES TELEPHONIQUES;
BROUILLEURS; SYSTEMES DE SIMULATION; Systèmes d'écoutes à
INDUCTION.

CATALOGUE GENERAL SUR SIMPLE DEMANDE : 100 PRODUITS DIFFERENTS.



CRELEC

6, rue des Jeûneurs - 75002 PARIS
Tél. : 45.08.87.77
Fax : 42.33.06.96

VOTRE HELICOPTERE COMPLET POUR 9 000 F franco

DECouvrez UNE NOUVELLE PASSION :
PILOTEZ UN HELICOPTERE RADIOCOMMANDE !

Un spécialiste
depuis 30 ans
HOBBY PARK
vous aide à choisir
le meilleur hélicoptère,
à apprendre rapidement
le pilotage et à vous perfectionner jusqu'à la voltige.



Ecoutez notre message "SPECIAL HELICO"
sur répondeur : 77 38 94 79

HOBBY PARK
14 rue Gambetta - 42000 ST ETIENNE
77 38 68 78

Découpez ce coupon pour recevoir notre documentation

Nom Prénom
adresse
code postal tél.
VILLE

PHOTOGRAPHES ET ILLUSTRATEURS

(Les crédits sont indiqués page par page, de gauche à droite et de haut).

Couverture : Sipa ; p. 2 : Tannenbaum/Sygma - Zefa - Pêchiney Research Center - DR ; p. 3 : David - A. et J. Six - M. Garanger - Gamma ; p. 20/21 : B. Coudrec ; p. 22/23 : NOAO - AAT - Peebles/Ciel et espace ; p. 26/27 : C. Netscher-Portrait of Christian Huygens/ "Collection Haags Gemeentemuseum - The Hague" ; p. 28/29 : D. Galland ; p. 33 : D.J.T.E./IPS - DR Paul Haupt Berne ; p. 34/35 : DR Paul Haupt Berne - ETH - Bibliothek Zurich ; p. 37 : R. Sabatier ; p. 40 : Lauros/Giraudon ; p. 41 : Pêchiney Research Center ; p. 42/43/44/45/46/47 : B. Coudrec ; p. 48/49 : B. Thesnon - L. Cousin ; p. 51/52/53 : A. Meyer ; p. 54 : John Radcliffe Hospital ; p. 55 : I. Python - A. Meyer ; p. 56 : Pennstate ; p. 57 : G. Delpit ; p. 58/59 : Ch. Vioujard/Gamma ; p. 60/61 : M. Philippot/Sygma - DR ; p. 62/63 : Science, Vol. 232 - Ch. L. Ortleb - N.Y. Native ; p. 64/65 : œM. Giraud - A. et J. Six ; p. 66/67 : A et J Six ; p. 68/69 : M. Giraud ; p. 70/71 : A et J Six - M. Giraud ; p. 72/73 : Schimmelpennig/Zefa - D. Huot/Jacana ; p. 74/75 : M. Garanger ; p. 76/77/78 : I. Python ; p. 79 : M. Garanger ; p. 80 : I. Python ; p. 81 : F. Hibon/Sygma - M. Garanger ; p. 83 : Novosti ; p. 85 : Tass ; p. 87 : Fondation St Thomas-Strasbourg ; p. 89 : P. Menzel/Cosmos ; p. 91 : Danrigal ; p. 93 : Cell ; p. 94/95 : Airbus Industrie - J. Guichard/Gamma ; p. 96 : G. Uzan/Gamma ; p. 97 : E. de Malglaive - Airbus Industrie ; p. 98/99 : C. Lacroix ; p. 101 : Maître-Reglain/Gamma ; p. 442/103 : C. Lacroix ; p. 104 : A. Tsiaras/Cosmos ; p. 105 : C. Lacroix ; p. 109 : David ; p. 110/111 : DR - G. Marié ; p. 112/113/114/115 : G. Marié ; p. 117 : Jonathan ; p. 118 : N. Papamiltadiés ; p. 120 : DR - N. Papamiltadiés - DAD/DPA ; p. 124/125 : Pixi Box ; p. 126 : G. Delpit ; p. 128 : Pixi Box ; p. 130/131 : M. Montange ; p. 133 : R. Sabatier ; p. 141 : M. Toscas/gal ; p. 142/143 : M. Roux-Saget ; p. 144/146 : M. Toscas ; p. 147/148/149/150 : M. Roux-Saget ; p. 156/157 : DR ; p. 158/159 : DR - E. Malemanche.

LA MORT SILENCIEUSE DES CHARPENTES

(suite de la p. 71)

fit pour tuer une fourmi. Cette arme n'est pas inutile : périodiquement, les fourmis, notamment celles de l'espèce *Pheidola pallidula*, se lancent par milliers à l'assaut de la termitière, qui représente pour elles de fabuleuses réserves de nourriture. S'ensuivent des combats meurtriers qui ne sont pas sans évoquer les guerres de tranchées avec échanges de gaz toxiques. Bien que disposant chacun en théorie d'une capacité de destruction de 10 000 fourmis, les soldats-termites succombent généralement sous le nombre, abandonnant leur citadelle aux envahisseurs.

Mais les fourmis du genre *Monomorium* ont à leur disposition une arme chimique encore plus efficace. Jean-Luc Clément et ses collègues ont en effet découvert qu'elles sécrètent un venin composé de cinq alcaloïdes — trois dérivés de pyrrolidine et deux dérivés de pyrroline et d'hétérocycles azotés. Déposée par la fourmi sur la carapace du soldat au moyen d'un aiguillon en forme de spatule, cette substance foudroie le termite par blocage de son système nerveux.

La découverte de ce termiticide naturel ouvre d'immenses horizons. Un contrat de recherche a d'ailleurs été signé entre les trois chercheurs français et le géant américain de la chimie, la firme Du Pont de Nemours. Déjà quelque 500 molécules apparentées à ces alcaloïdes ont été synthétisées en laboratoire. Ils représentent un premier pas vers la mise au point d'un produit efficace et non polluant qui permettrait de venir à bout non seulement des termites, mais également d'une multitude d'autres ravageurs. Déjà ces nouveaux insecticides se seraient révélés actifs contre mouches, papillons (*Spodoptera*, *Pieris*), criquets, coléoptères, punaises et acariens. Tous les espoirs semblent permis. Jean-Luc Clément tient cependant à préciser qu'« il s'agit là de recherches à long terme qui n'aboutiront probablement pas avant dix ou quinze ans ». Les termites n'en auraient donc plus pour longtemps à manger leur pain — ou plutôt leur bois — blanc.

Marc Mennessier

(1) On a longtemps cru à tort que les termites d'Europe — il en existe tout au plus cinq espèces en France, en Italie et en Espagne — avaient été importés d'Afrique en même temps que les bois tropicaux débarqués sur le port de La Rochelle. En fait, au moins depuis la dernière glaciation, il y en a toujours eu, de même qu'il y a toujours eu des fourmis.

(2) CTBA : 10 avenue de Saint-Mandé, 75 012 Paris, tél. : (1) 43 44 06 20.

(3) Matériau de construction constitué de paille, d'argile et de chaux.

(4) Une phéromone est une substance chimique émise par un insecte et capable d'agir sur le comportement d'autres insectes. C'est par le biais de phéromones sexuelles, par exemple, que les femelles attirent les mâles — dans un rayon pouvant atteindre plusieurs kilomètres — au moment de la reproduction.

1990 : UN NOUVEL AGE DE LA TÉLÉVISION COMMENCE.

**SCIENCE
& VIE**

PHOTO VIDEO TV

**LA REVOLUTION
DES ANNEES 90**



HORS SERIE

**PARUTION
LE 10 AVRIL**

Les mois qui viennent verront débarquer les nouvelles images
de la télé haute définition.

Avec elles, c'est une nouvelle façon de vivre l'audiovisuel
chez soi qu'il va falloir apprendre.

CD vidéo, photo magnétique, écran géant, antenne satellite ...

Que faut-il acheter et quand ?

D2 MAC, HD-MAC, S-VHS, HI-8,
qu'est-ce qui se cache derrière

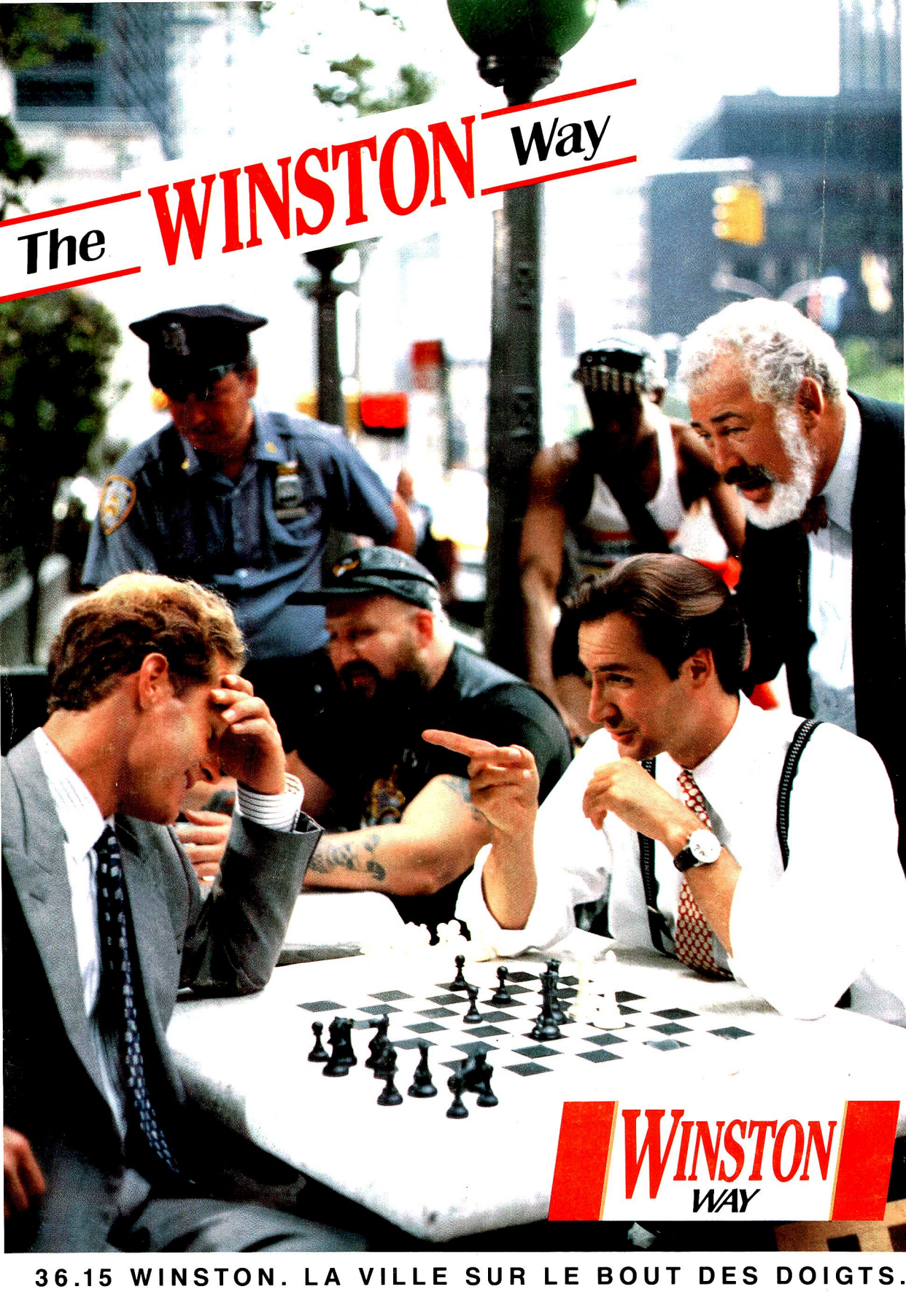
le mystérieux jargon des technologies nouvelles ?

Ce numéro spécial de SCIENCE & VIE vous révèle
et vous explique tout ce que vous devez savoir
sur votre futur environnement image et son.

Un numéro de référence pour les 5 ans à venir.

PHOTO VIDEO TV. 25 F. Chez votre marchand de journaux.

Cette publication est exclusivement réservée à la vente au numéro.



The **WINSTON** Way

WINSTON
WAY

36.15 WINSTON. LA VILLE SUR LE BOUT DES DOIGTS.