SCIENCE & VIE

N° 865
OCTOBRE 1989

- Le laser à compression temporelle

LE SU 27 CHASSEUR ACROBATE

- Ce que mangent les Français

- Métiers d'avenir : la recherche

M 2578 - 865 - 18,00 F
3792578018002 08650

Quel est le prix de la seule programmable ayant toutes ces qualités ?

– Statistiques à 2 variables.

– 100 pas de programme.

– Fonctions d'édition exceptionnelles.

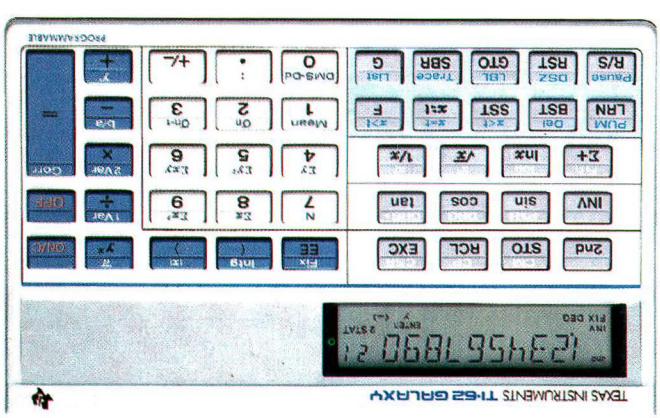
– Et... une facilité d'utilisation inégalée :
modes trace, list, prompting.

Du 28 Août au 31 octobre 89 : TI vous aide à choisir votre calculatrice.

36.15 Code Texas

199 F | 406 F | 636 F | 1059 F

RÉPONSE : 199 F* la TI-62 GALAXY.



Développée avec des enseignants, la TI-62 Galaxy a été conçue en réponse aux textes officiels.
91 fonctions scientifiques préprogrammées dont statistiques à 2 variables, jusqu'à 100 pas de programme ou 10 mémoires, fonctions d'édition exceptionnelles...
Comme toutes les calculatrices scolaires Texas Instruments, la TI-62 Galaxy bénéficie d'une garantie de 2 ans.

Pour des maths plus faciles.

TEXAS INSTRUMENTS

*Prix indicatif pour la rentrée 89.

SYNERGIE/POLARS

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. (1) 40 74 48 48
FAX : (1) 45 63 70 24 - 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 : OLLIVIER HEUZE
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
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

• ILLUSTRATION
ANNE LÉVY, SARAH BASCHET
Photographe : MILTOS TOSCAS

• DOCUMENTATION
CATHERINE MONTARON

• CONCEPTION GRAPHIQUE
TOTEMA, ANTONIO BELLAVITA

• MAQUETTE
CHRISTINE VAN DAELE,
LIONEL CROOSON

• RELATIONS EXTÉRIEURES
MICHÈLE HILLING
Assistée de : CAPUCINE THÉVENOUX

• SERVICES COMMERCIAUX
Abonnements : SUSAN TROMEUR
Vente au numéro : JEAN-CHARLES GUERAULT
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, 115 East 9 Street - NY 10003 - 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 : PHILIPPE TURCAN
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 1987 SCIENCE & VIE

PRIX NORMAL D'ABONNEMENT A SCIENCE & VIE

1AN - 12 Numéros
198 F 2 ans : 376 F

1 AN - 12 Numéros + 4 Hors Série
258 F 2 ans : 490 F

ÉTRANGER :

BENELUX : 1 an simple
1430 FB - 1 an couplé **1910 FB**
EXCELSIOR PUBLICATIONS - BP N° 20 IXELLES 6
1000 BRUXELLES

CANADA 1 an simple 40 **$ Can.** - 1 an couplé 55 **$ Can.**
PERIODICA Inc. C.P. **444,** Outremont, P.Q. CANADA HVV 4 R6.

SUISSE 1 an simple **57 FS** - 1 an couplé **80 FS**
NAVILLE & CIE, 5-7, rue Levrier. 1211 GENÈVE 1.

USA 1 an couplé **70 $.**
International Messengers Inc. P.O. Box 60326 Houston
Texas 77205

AUTRE PAYS 1 an simple **271 F** - 1 an couplé **341 F.**
Commande à adresser directement à SCIENCE & VIE.
Recommandé et par avion nous consulter.

PROGRESSEZ EN MATHS AVEC :

Le Courrier des Mathématiques

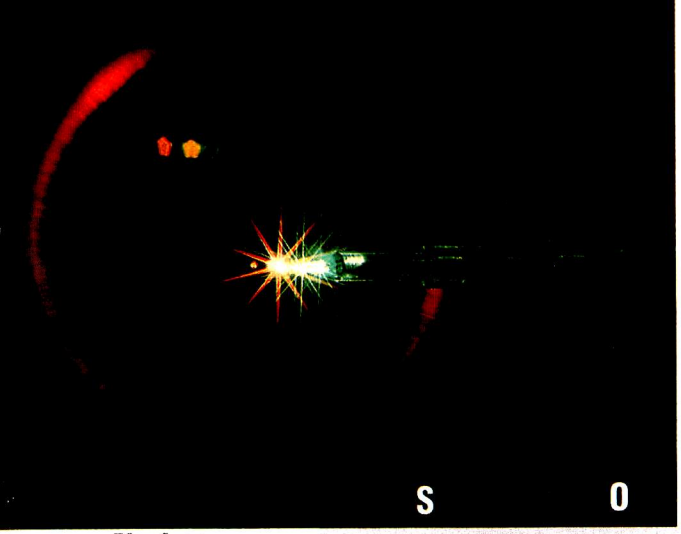
ELEVES : Vous êtes en 4e, 3e, 2e, 1re S ou E, Ter C ou E, Ter D.
PARENTS : Vous voulez actualiser vos connaissances.
ADULTES : Vous êtes en formation professionnelle.
PROFESSEURS : Vous enseignez les mathématiques.

« TOUTE L'ANNEE, LE COURRIER DES MATHEMATIQUES VOUS APPORTERA L'AIDE ET LES INFORMATIONS INDISPENSABLES A VOTRE PROGRESSION »

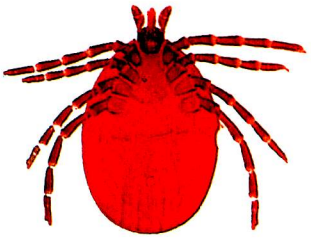
Nom : ..... Prénom : .....
Adresse : .....
.....
Code postal : ..... Ville : .....
Classe(s) souhaitée(s) (indispensable) :
..... S V

Désire recevoir une documentation gratuite.
A retourner au « Courrier des Mathématiques »
1, place Alfonse-Jourdain, 5e étage - 31000 Toulouse

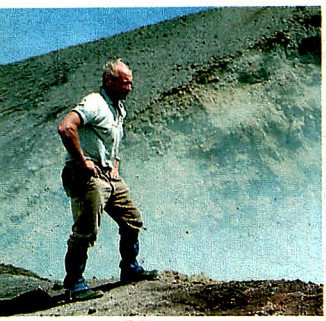
REPRINT



Médecine. On sait enfin soigner la maladie de Lyme, cette affection transmise par les tiques et qui peut prendre le visage de nombreuses autres maladies. **p. 66**



Physique. Après les accélérateurs de particules, les lasers à compression temporelle, de nouveaux outils pour "fouiller" la matière. **p. 34**



Séismes. Trois chercheurs grecs on trouvé une méthode pour les prévoir. Nos mandarins font la sourde oreille, ce qui fâche Haroun Tazieff. **p. 50**

Société. Tout ce que vous mangez, en chiffres... des chiffres qu'utilisent les industries alimentaires pour fabriquer, aujourd'hui, ce que vous mangerez demain. **p. 74**

SAVOIR

Forum **10**

Neptune : portrait du 8e enfant de la famille
Jean-François Robredo **24**

Une galaxie en formation remet en cause le Big-Bang
Jean-François Robredo **32**

Le laser à compression temporelle
Bernard Thesnon **34**

Prévoir la foudre
Patrice Lanoy **46**

Tremblements de terre sur rendez-vous
Un livre de Haroun Tazieff présenté par Roger Bellone **50**

Jean Perrin, le père oublié de la physique française
Philippe Dautry **54**

Cancer du sein : dépistage mal fait
Pierre-Yves Poindron **61**

La maladie de Lyme démasquée
Dr Michel Ruel **66**

La vallée des merveilles toujours menacée
Roger Bellone **70**

Les Français entre la soupe aux choux et le "big mac"
Jacqueline Denis-Lempereur **74**

Echos de la recherche
Dirigés par Gerald Messadié **85**

POUVOIR

La forêt ininflammable
Didier Dubrana **92**

Le Canada va-t-il manquer de bois ?
Marc Mennessier **98**

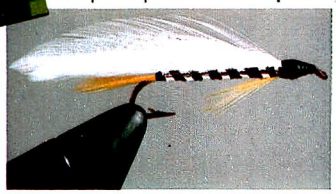
Voyage au centre des terres rares
Olivier Bedue, Valérie Borde, Didier Chaloupe et Franck Maubuisson **102**

Le Cobra de Pougatchev fait peur aux Etats-Unis
Jean-René Germain **108**

Echos de l'industrie
Dirigés par Gérard Morice **113**

Des marchés à saisir **118**

Photo-vidéo. Au moment des salons de Berlin et Paris, le point de notre spécialiste. Entre autres curiosités, Polaroïd, qui se met à la "photo photo". **p. 130**



Technologie. On la surveillait. On pouvait même la provoquer. Maintenant, grâce à un système français, on sait prévoir la foudre. **p. 46**

I R E

UTILISER

Maths réformées : quel bilan vingt ans après ?
Renaud de La Taille **120**

Recherche publique : on recrute
Isabelle Bourdial **125**

200 000 esclaves électroniques dans votre appareil photo
Roger Bellone **130**

Science & Jeux
Gilles Cohen, Yves Delaye, Renaud de La Taille et Henri-Pierre Penel **136**

Science & Vie a lu pour vous **150**

Echos de la vie pratique
Dirigés par Roger Bellone **158**

Enseignement. 20 ans de maths réformées : lecteurs dites nous quel est le bilan, écrivez - nous ! **p. 120**

ous les crédits des photos et des dessins de ce uméro se trouvent en page 176
ncart *Time-Life*, 6 pages, entre les pages 80 et 81 split run).
ncart *Encyclopdia Universalis*, 4 pages, entre la 2e e couverture et la page 1 (split run).
ncart abonnement, entre la page 176 et la 3e de ouverture.

LA ROUTE MAÎTRISÉE.

Désormais, on ne parlera plus de l'automobile comme avant. Fruit de 5 ans de recherches et de 7,5 milliards d'investissements, la nouvelle Citroën XM inaugure une nouvelle conduite.

Elle anticipe les irrégularités de la route, supprime toute sensation parasite, accroît la sécurité. La suspension hydractive pilotée par ordinateur enregistre les contraintes de la route avant même que vous ne les ressentiez... 5 capteurs reliés à un calculateur analysent les impulsions à la source : direction, freinage, accélération, transmission, débattement.

Le calculateur adapte aux centièmes de seconde l'état de la suspension et corrige, efface, maîtrise les imperfections de la route.

CITROËN XM 2 l	CITROËN XM Injection	CITROËN XM V6	CITROËN XM Diesel 12
115 ch Din (84 kw)	130 ch Din (94 kw)	170 ch Din (123 kw)	83 ch Din (60 kw) 12 soupapes
193 km/h* 6,3 l - 7,9 l - 10,7 l**	205 km/h* 6,3 l - 8,1 l - 11,5 l**	222 km/h* 7,8 l - 9,6 l - 15 l**	173 km/h* 5,1 l - 6,7 l - 8 l**

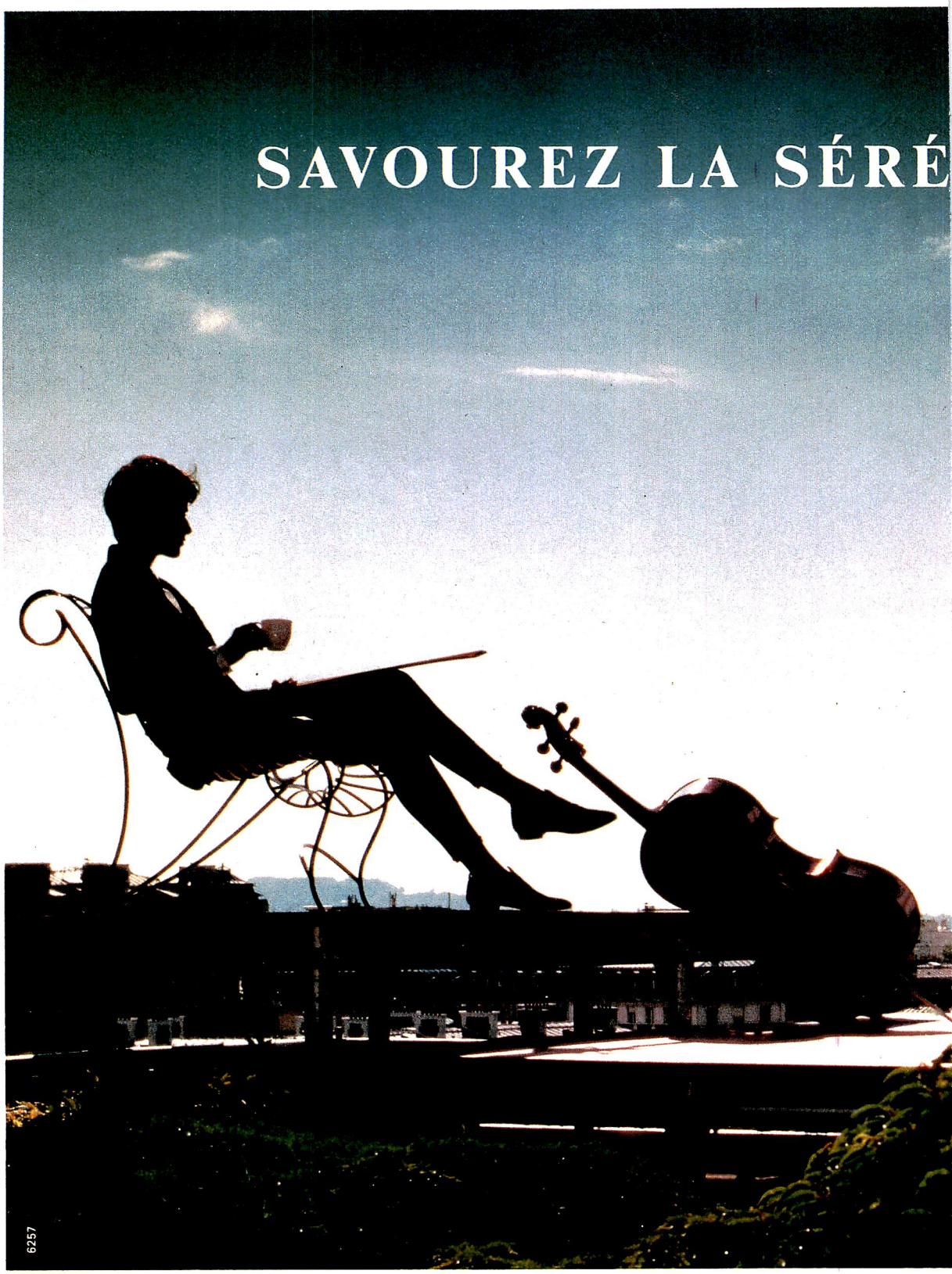
* Vitesse maxi sur circuit. ** Consommation à 90 km/h, 120 km/h et circuit urbain.

L'assiette reste constante dans les virages, la tenue le route parfaite.

La maîtrise de la route, c'est aussi la maîtrise de 'espace intérieur, du confort et du calme. Dans ses moin-lres détails, la XM a été pensée pour offrir ce que la tech-ıologie du bien-être a de meilleur : conception anatomi-ıue des sièges à réglage électrique, volant inclinable selon a position du conducteur, orientation des appuis-tête ; sélection soignée du revêtement, des armatures et des coussins, ergonomie poussée des équipements, habitabilité et visibilité optimisée. La XM est une nouvelle approche du confort Citroën. Et vous connaîtrez la sérénité.

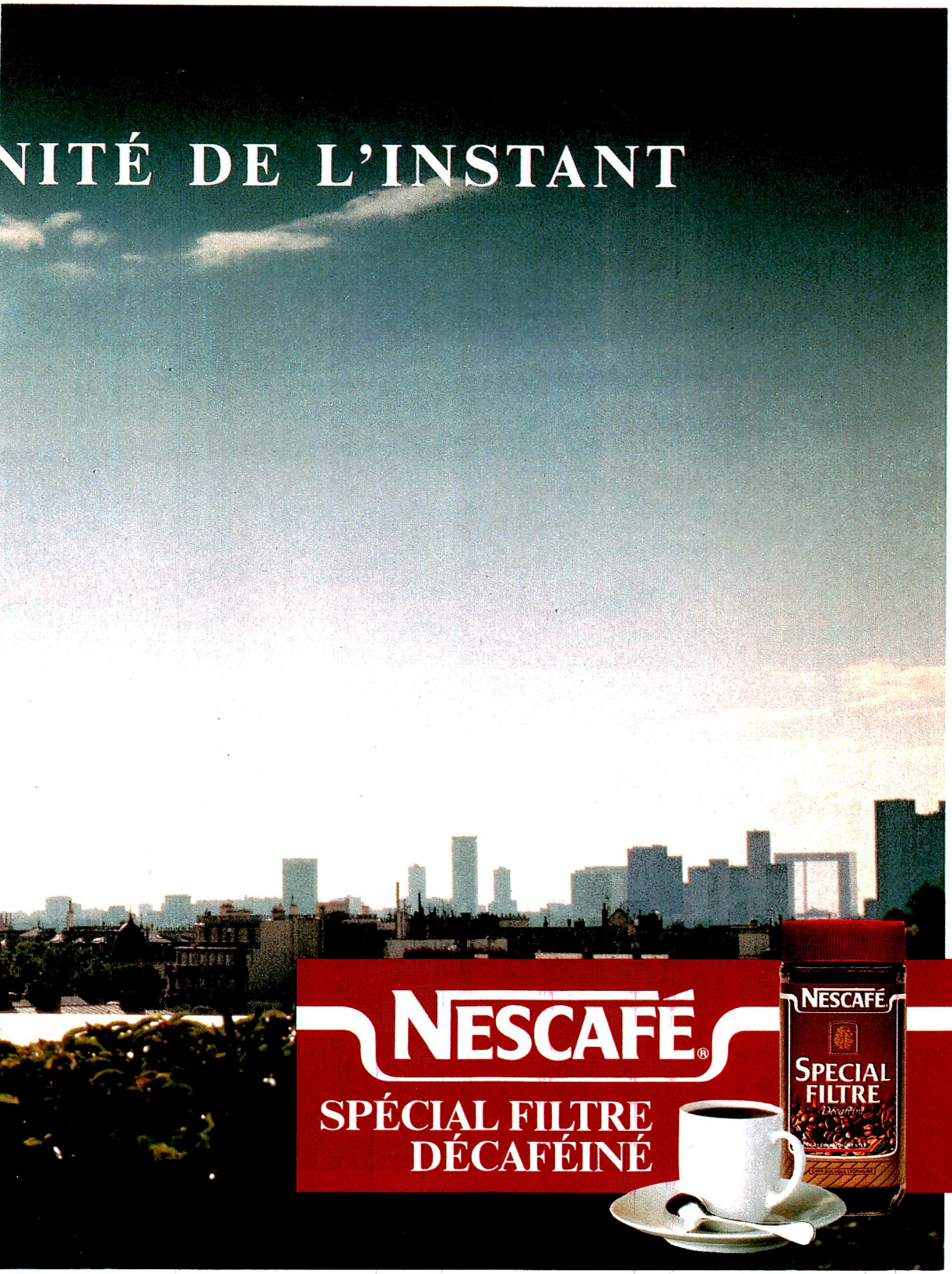
Modèle présenté : XM V6 avec options : garnissage cuir, auto-radio avec commandes au volant et climatiseur. Relations clientèle 05.05.24.24 (appel gratuit) ou Minitel 3615 Citroën.

CITROËN XM



DÉCAFÉINATION NESTLÉ

Avec le procédé de décaféination Nestlé, la caféine
l'eau. Ainsi se trouvent préservés tout l'arôme et toute la



st éliminée directement sur le grain vert, avant torréfaction, par un élément naturel :
aveur de Nescafé Spécial Filtre décaféiné... et toute la sérénité de vrais moments café.

Le quotidien.
Si chargé,
qu'on s'en fait
tout un monde.

Minitel. Et le mor

le est si simple.

'apex 36 14 MGS. Le guide des 8.000 services qui simplifient la vie.

FRANCE TELECOM

UN AVENIR D'AVANCE

FORUM

Enseignement de l'homéopathie : une lettre significative d'un professeur de pharmacologie

Nous recevons du Dr J. Costentin, professeur de pharmacologie à l'unité de pharmacologie expérimentale de Saint-Etienne-du-Rouvray, unité associée du CNRS, par ailleurs président de l'Association des enseignants de pharmacologie des facultés de pharmacie de France, la lettre suivante :

« *Le Forum de* Science & Vie *n° 862 rapporte les propos d'un étudiant en pharmacie de première année, à la faculté de Paris-Luxembourg. Ses jeunes convictions sont troublées par l'analyse critique que vous consacrez à l'homéopathie. Cette analyse sérieuse est d'autant plus nécessaire que les progrès dans l'opinion de l'homéopathie contrastent avec l'extrême pauvreté de son substratum scientifique. Elle croit pouvoir faire l'économie de la démonstration de son efficacité en focalisant l'attention du public sur des mécanismes d'action pour le moins oiseux. Votre correspondant a l'excuse de n'avoir pas encore accompli l'ensemble du cursus des études pharmaceutiques (soit six années). Il n'a pas encore bénéficié de plus de cent heures d'enseignements magistraux de pharmacologie (pharmacologie moléculaire, pharmacologie générale, pharmacocinétique, pharmacométrie, pharmacologie appliquée à la thérapeutique...), dont chacune des bases scientifiques est un démenti cinglant aux assertions de l'homéopathie. Cette dernière est une croyance. Elle doit être présentée comme telle, en respectant ses adeptes, eu égard aux petits services qu'elle leur rend parfois dans les troubles fonctionnels à dépendance psychique, dans des affections spontanément régressives et dans la prévention de maux éminemment erratiques ; ce qui peut entretenir leur conviction.*

Il n'existe pas, stricto sensu, *d'enseignement d'homéopathie dans les facultés de pharmacie. Aucun professeur de pharmacologie n'enseigne ni ne cautionne cette approche à ambition thérapeutique et maintenant scientifique. Par contre, en raison de l'engouement qu'elle suscite auprès d'un certain public, il est apparu nécessaire d'informer les étudiants se destinant à l'officine, car ils délivreront des préparations homéopathiques, ou pour d'autres se destinant aux laboratoires homéopathiques, car ils auront à les réaliser. C'est dans le cadre de l'enseignement de la pharmacie galénique que cette méthodologie des préparations est décrite. Quant aux "bases théoriques et à la pratique de l'homéopathie", elles sont complaisamment exposées par des médecins homéopathes libéraux ou de l'industrie ou par des pharmaciens de laboratoires homéopathiques. L'homéopathie n'est pas une discipline pharmaceutique. Il n'existe pas dans nos facultés de professeurs d'homéopathie. Il importe d'insister sur ces points à un moment où le "lobby homéopathique", pourtant si soucieux de nuances et de subtilités dans l'exercice de son art, a vite fait d'assimiler les termes d'exposé, de conférence, d'initiation ou d'information sur l'homéopathie à ceux de cours et d'enseignement.*

J'espère, par cette brève mise au point, avoir éclairé le jugement de notre jeune étudiant et relativisé ses propos auprès de vos lecteurs. Permettez-moi d'ajouter à ces mots mes félicitations pour l'important effort de clarification que vous effectuez dans le domaine de l'homéopathie, où, à dessein, l'impressionnisme tend à transmuer une croyance en science. »

Nous remercions vivement le Dr Costentin de sa mise au point et de ses compliments. Cette lettre est d'autant plus importante qu'en plus de ses compétences professionnelles personnelles le Dr Costentin est habilité à exprimer le point de vue des enseignants de pharmacologie. Sa teneur est sans ambiguïté : les pharmacologues ne croient pas un instant à l'homéopathie.

Cela étant, il convient de faire observer à notre correspondant que la tolérance, aussi sceptique soit-elle, des facultés à l'égard de l'information sur l'homéopathie a bien eu des effets pervers. Même un étudiant en pharmacie est persuadé qu'elle est enseignée en faculté ; que dira-t-on du public, à qui maint diseur de dilutions présentera comme un fait certain que l'homéopathie est non seulement remboursée par la Sécurité sociale, mais encore enseignée en faculté ? Pour efficace qu'elle soit, notre action d'information ne couvre certes pas la totalité de la population française, qui, elle, est beaucoup plus largement couverte par le tapage médiatique des discoureurs sur la "mémoire de l'eau".

Il nous semble qu'il serait considérablement préférable que les facultés de pharmacie lèvent clairement toute ambiguïté, en refusant même l'information sur l'homéopathie, et cela d'autant plus que, selon le Dr Costentin lui-même, les professeurs n'y croient pas. A ce train-là, et si les professeurs de faculté devaient informer leurs étudiants de toutes les coquecigrues qui courent dans le monde, médical ou pas, il faudrait aussi que les facultés de médecine enseignent l'iridologie ou le magnétisme des guérisseurs philippins et les facultés de sciences la numérologie et l'astrologie.

(suite page 12)

Abbaye
de
Leffe
L'infini
d'un peu plus près.
Abbaye
de
Leffe
Ayez soif d'infini mais sachez consommer avec modération.

L'argument de notre éminent correspondant est, en somme, que "ça fait un peu de bien". Mais il n'est pas douteux que "ça fait un peu de bien" aussi à certaines personnes de lire leur horoscope le matin, de croire qu'en changeant leur lit d'orientation elles vont guérir de leur diabète et que, si elles avaient un cancer, elles pourraient toujours aller aux Philippines se le faire extirper. Si "ça fait un peu de bien" d'une part, combien de mal cela ne fait-il pas de l'autre ? Combien de personnes ne vont-elles pas croire qu'elles "traitent" une maladie véritable avec une dilution, et perdre ainsi un temps précieux ? Est-ce bien le rôle des facultés que de prêter indirectement secours à une "croyance", puisque tel est bien le terme qu'emploie le Dr Costentin ? Et d'ailleurs, quel est l'intérêt d'un enseignement classique pour des pharmacologues qui se destinent à l'homéopathie, puisqu'il n'y a rien dans leurs produits ?

Maigrir, gros souci

A propos de notre article "Le faux sucre contre le vrai", dans notre n° 852, M.L.-V.S., de Paris, écrit que celui-ci « *contient une inexactitude flagrante et très répandue, qui fait le malheur de millions d'individus* ». Et de citer une phrase contre laquelle il s'insurge en faux : "Quiconque désire maigrir ou, tout au moins, ne pas grossir, devrait donc songer, en priorité, à réduire sa consommation de graisses et d'alcool."... « *Ce qui empêche de maigrir, ce ne sont pas les graisses, mais le sucre sous toutes ses formes, c'est-à-dire les hydrates de carbone* ». Notre correspondant cite à titre de référence l'ouvrage d'un diététicien américain et assure avoir réussi à perdre 30 kg.

Il faudrait un long débat pour exposer ici toutes les théories sur les causes de l'obésité. Il est, en effet, certain qu'en réduisant les hydrates de carbone on peut parvenir à une diminution de poids ; mais on arrive le plus souvent à un poids plancher irréductible, et cependant supérieur à la moyenne. Il est encore plus certain qu'en réduisant les lipides on enregistre une baisse de poids de plus grande amplitude. Enfin, il est peu douteux que certains cas d'obésité sont d'origine génétique et qu'il n'y a pas une obésité, mais plusieurs aspects de l'excès de poids.

Sourcellerie et scepticisme

Nous continuons de recevoir un courrier abondant à propos de notre article sur la sourcellerie. La majorité des lettres comporte au moins une anecdote démonstrative par correspondant telle que celle d'un professeur qui corrigeait ses copies avec un pendule de radiesthésiste et qui détectait le cancer du sein à distance... Bien évidemment, ces lettres nous reprochent notre scepticisme. Nous rappelons donc que notre scepticisme vise les explications pseudoscientifiques offertes pour les phénomènes cités, vrais ou faux. Cela étant, nous persistons à nous interroger sur la nature et la réalité d'une force supposée qui abaisserait les bras des détecteurs de métal ou de coudrier et qui devrait se manifester de bien d'autres façons. De plus, nous sommes étonnés que l'efficacité supposée de la radiesthésie ne serve guère dans les périodes de sécheresse. Que faisaient donc les sourciers cet été ?...

Triangle des Bermudes : dernière!

Nous continuons de recevoir régulièrement du courrier sur le pseudo-Triangle des Bermudes. Nous confessons une certaine lassitude à l'égard de ce sujet, dont nous avons pourtant dit qu'il ne repose sur strictement aucun fait vérifié. M. J. R., de St-Girons, qui ne nous a pas lus, pense pourtant avoir « *une explication plus rationnelle* » que celles qui font appel aux extraterrestres. « *En prenant pour base la force de Lorentz : dans une cuvette remplie d'eau, sous laquelle on place un aimant, on dispose deux plaquettes de métal conductrices d'électricité, reliées chacune à un pôle d'une batterie, et il se crée un courant entre les deux plaquettes. Aux Bermudes, nous avons un phénomène magnétique (boussoles qui s'affolent), un phénomène électrique (batteries qui déchargent) et de très forts courants d'eau, dont le Gulf Stream. Le Triangle des Bermudes n'est-il pas tout simplement l'électropompe du Gulf Stream ?* » Aux Bermudes, où l'auteur de ces lignes a passé quinze jours en 1980, les boussoles ne s'affolent pas, les batteries ne déchargent pas et personne n'a encore retrouvé sous l'eau de plaquettes conductrices. Les Bermudes existent, pas le Triangle. Enfin, rassurons M. A. B., de Sidi Ifni, Maroc, qui suppose qu'il y aurait là « *un trou qui traverserait le globe terrestre* », créant ainsi des tourbillons. Aucun navire n'est réapparu à l'île d'Amsterdam, océan Indien !

Sida : les proportions

« *Le graphique de la page 83 de votre article sur le sida de mai 1989 m'a frappé* », écrit M.F.N., de Bruges. « *Les nombres des malades par pays sont donnés en valeur absolue, et non proportionnellement au nombre d'habitants, ce qui donne un tableau différent de la réalité.* » Ce lecteur a donc reconstitué un tableau proportionnel, que nous soumettons ici à nos lecteurs :

1. France	113*
2. Suisse	112
3. Danemark	73
4. Espagne	64
5. Italie	55
6. Pays-Bas	51
7. All.Féd.	46
8. Belgique	43
9. Royaume-Uni	43
10. Suède	31
11. Autriche	26
12. Portugal	22
13. Grèce	19
14. Norvège	8

* par million d'habitants

(suite page 14)

AVION + AUTO

LES PRIX "PASSEPORT-AIR INTER" GARANTISSENT LA CORRESPONDANCE

DEPLACEMENT AFFAIRES NANTES ET REGION PAYS-DE-LOIRE (Départ Paris-Orly ou Charles-de-Gaulle)	
1 aller-retour AIR INTER PARIS-NANTES (Tarif abonné, hors amortissement carte et avantage horaire-confort)	854 F*
1 location de voiture HERTZ (Tarif 1 jour, Passeport AIR INTER, cat. A, kilométrage illimité, assurances et TVA incluses, hors carburant)	300 F*
TOTAL	1154 F

* Prix au 05.09.89

Air Inter se devait d'offrir une solution performante pour assurer l'acheminement de ses passagers, jusqu'à leur destination finale.

C'est maintenant chose faite !

HERTZ, le N° 1 mondial de la location de voitures, réserve aux passagers Air Inter, des tarifs et des services exclusifs. Pour une ou plusieurs journées, pour le week-end, pour un trajet ville-aéroport ou aéroport-ville, HERTZ a mis au point des forfaits spéciaux très avantageux.

Pour en bénéficier, il suffit de présenter au comptoir HERTZ :

- votre billet Air Inter en cours,
- ou votre carte d'Abonnement Air Inter,
- ou votre carte "Evasion", ou "Evasion Plein Ciel".

Tous ces avantages sont présentés dans le "Passeport Air Inter", disponible sur simple demande auprès de votre Agence de voyages, ou de votre Agence Air Inter, en ville ou à l'aéroport.

PASSEPORT AIR INTER

C'est aussi jusqu'à 50 % de réduction dans plus de 50 hôtels.

DERMAGNE NAUDO ASSOCIES - Picor International

Un graphologue monte au créneau

Nous recevons de M.F.S., qui se présente comme psychologue, consultant en problématique humaine, membre de la Fédération nationale des graphologues professionnels, président d'honneur du groupement syndical des praticiens de la psychologie, DES, CAPES de lettres, docteur en psychologie, ancien membre du jury de l'Ecole centrale, ancien chef de département à l'Ecole nationale de l'aviation civile, membre des jurys de l'aviation civile, créateur de la "gestulogie", une lettre dont nous extrayons les passages suivants :

« Abonné de très longue date à votre revue, et appréciant d'habitude son sérieux, j'ai été choqué par l'article de votre n° 860, "Les gourous de l'embauche", de M. Frézal, qui n'aurait jamais dû tromper votre vigilance pour se retrouver comme article de fond. Tout au plus aurait-il pu figurer condensé en quelques formules lapidaires, car la matière en est pauvre, dans votre rubrique Forum... »

Nous remercions ce lecteur de ses conseils, et lui signalons que l'article n'a pas trompé notre vigilance, mais qu'au contraire il a emporté notre entière approbation.

« Je suis choqué parce que les termes employés, "fadaises", "genre de folie", "coquecigrues", "délire", "charlatanerie" et, apothéose, "nazi", sont ceux d'un séide qui s'insurge contre le recrutement "chasse aux sorcières", mais qui rêve — tel un nouveau Torquemada — d'allumer moult bûchers pour y faire rôtir tous les conseils en recrutement. Cela, bien entendu, au nom de l'antiracisme et du respect de la personne. »

Ce lecteur, qui est lui-même intéressé au premier chef par la question, puisqu'il est donc conseiller en recrutement, nous semble mal venu de taxer M. Frézal de "séide" ("homme d'un dévouement aveugle et fanatique") ; de plus, cet auteur ne rêve de rôtir personne, sinon, en effet, les fadaises et les coquecigrues. On peut très bien combattre des idées tout en respectant les individus s'ils le méritent. Ce que combat cet auteur, c'est l'injustice qui consiste à refuser un emploi à quelqu'un parce qu'il n'a pas l'écriture, la date de naissance, le visage ou les gestes qui paraissent convenables à un recruteur, et à donner le même emploi à quelqu'un d'autre qui les a. Une telle injustice consiste à faire intervenir des éléments irrationnels (date de naissance, traits), soit à titre de privilèges, soit à titre de tares. Outre que c'est une imposture, c'est une pratique discriminatoire en elle-même, immorale et assimilable au racisme.

Dire que tel candidat ne fera pas un bon comptable parce qu'il est né sous le signe du Lion ou qu'il a le visage rond ou carré, prétendre qu'il va porter malheur à l'entreprise parce que l'interprétation numérologique de son nom est défavorable, prétendre que ses gestes trahissent un caractère qui serait inapte au poste requis, puisque notre correspondant se dit inventeur de la "gestulogie", c'est lui refuser sa dignité et ses compétences d'être humain à part entière. L'emportement de notre correspondant nous surprend : quand on croit à l'astrologie ou à la numérologie, on ne se targue pas d'apprécier *Science & Vie*.

« Je suis choqué, poursuit notre correspondant, après avoir proféré quelques propos désobligeants pour M. Frézal, ben voyons !, *parce que M. Frézal, dont la méthode critique est l'anecdote, pratique la bonne vieille technique de l'amalgame, des généralisations, assenées comme des vérités premières. Prenons-en deux exemples. S'agissant des différentes techniques utilisées en recrutement : "Toutes les recherches entreprises depuis quarante ans par les plus grands chercheurs internationaux ont démontré leur peu d'utilité... etc." Allons ! M. Frézal, soyons sérieux ! Quelles sont ces "recherches" ? Qui sont "les plus grands chercheurs" ? Et puis, ce jugement définitif sur les Etats-Unis et la graphologie : "Quant à la graphologie, son utilisation est bannie du recrutement et on la considère comme une forfaiture." C'est affolant et indigne d'un membre de l'enseignement supérieur de laisser s'étaler un tel simplisme avec autant de morgue. Que M. Frézal se renseigne auprès de toutes les instances professionnelles américaines, touchant de près ou de loin le monde de l'entreprise ! Je suis choqué parce que M. Frézal efface la graphologie de la surface de la connaissance... »*

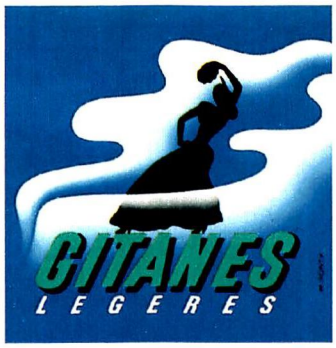
Nous croyons utile, à ce propos, de rappeler que Vincent Frézal n'"efface pas la graphologie du domaine de la connaissance", mais rappelle d'abord qu'elle est interdite pour le recrutement aux Etats-Unis, et ensuite qu'elle n'a pas de valeur scientifique. A preuve, répétons-le, l'affaire des carnets d'Hitler, étonnante tromperie que les graphologues furent incapables de dénoncer, et que notre correspondant se garde de relever, et celle de l'"affaire Gregory". Certes, comme le dit notre correspondant, *« les experts en écriture des tribunaux ne sont pas des graphologues »*, il n'en demeure pas moins que l'expertise en écriture, qui a pourtant des bases, n'a pu, et contrairement à ce qu'affirme le correspondant, permettre de retrouver le "corbeau".

Notre article ne visait ni plus ni moins qu'à dénoncer l'usage de méthodes véritables ou pas de divination de la personnalité dans le recrutement. Nous n'y changeons pas un iota : quand les méthodes ont quelque fondement, elles constituent un viol de personnalité, quand elles n'en ont pas, comme c'est le cas le plus souvent, astrologie, numérologie, morphopsychologie et autres intégrales fadaises, nous maintenons le terme, elles constituent un racisme qui ne dit pas son nom et contreviennent à l'esprit de la loi.

Nous terminerons en conseillant à notre correspondant la lecture du paragraphe "La fin des psy ?" dans *L'état des sciences sociales en France* (Ed. La Découverte, 1986), qui relève « une certaine lassitude vis-à-vis du psy », et qui note que « les tests psychologiques sont regardés aujourd'hui avec beaucoup plus de circonspection (pas seulement en France) ». Et encore, là, l'auteur, Paul Henry, parlait-il de la vraie psychologie, pas de l'imposture qui veut faire accroire que les natifs du Bélier sont impulsifs et ceux de la Vierge réfléchis...

(suite page 16)

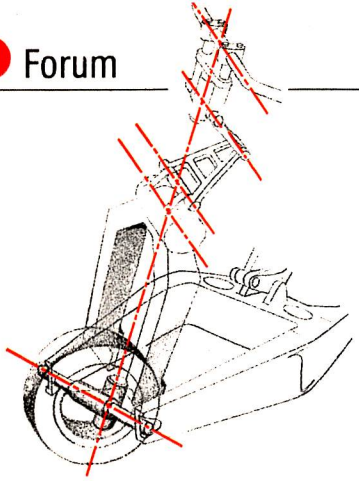
LÉGÈRES



UN GOÛT PRONONCÉ POUR LA LÉGÈRETÉ

EXTRA-LÉGÈRES

HDM



Moto 2 x 2 : les deux trucs étaient trois

M. P. T., d'Aubervilliers, nous écrit à propos de notre article sur la moto 2 x 2 : *« Il n'y a pas deux "trucs", mais trois. L'auteur a omis d'expliquer comment se fait la rotation gauche-droite de la roue avant au niveau du moyeu. En effet, la fourche de suspension avant ne peut avoir de mouvements latéraux, et obligatoirement l'axe traversant le moyeu de la roue reste fixe. Je pense qu'un roulement oscillant au milieu du moyeu relie celui-ci à l'axe, ce qui permettrait cette rotation. Mais alors ! Cette fameuse roue avant se mettrait à osciller dans tous les sens. Donc, je pense qu'il y a deux roulements qui relient chacune des extrémités du moyeu à la fourche, cette fois-ci celle de la direction, ce qui empêcherait tout mouvement vertical intempestif de cette maudite roue. Eclairez ma lanterne ! »* Nous avons soumis cette lettre à l'inventeur ; voici sa réponse : "Bien vu ! Effectivement, il y a un troisième truc, notre système de direction intégré dans le moyeu, et j'en joins un schéma de principe. L'axe est fixe ; il y a deux gros roulements fixés au moyeu, qui tourne grâce aux pivots de la direction sur un axe fixé au pivot. Le principe fait, lui aussi, l'objet d'un dépôt de brevet ; c'est même le point de départ de tout le concept 2 x 2. Félicitations pour votre perspicacité. Signé F. Savard." Le dessin ci-dessus devrait compléter l'explication.

Des "enveloppes" qui n'en sont pas

Grosse colère et accusations calomnieuses de M. S. N., de Paris : *« Je me permets de vous écrire pour vous dire à quel point votre article "L'huile de solja" du n° 852 m'a choqué. Non pas le contenu, mais le fait que ce n'est autre qu'une vulgaire publicité camouflée. Je vous mets au défi : découvrez le nombre de fois où le mot Lesieur est écrit dans cet article. D'autre part, je ne vois pas en quoi cela intéresse le lecteur au sujet de la conclusion : 50 millions de francs investis sur un chiffre d'affaires de 2 milliards. D'autre part, p.122 : "Leica contre Nikon", aux Etats-Unis, cela s'appelle de la publicité comparative. Nouveau défi : seriez-vous capables de me dire à combien se monte, en centaines de milliers (ou millions) de francs les "enveloppes" du ministère de la Défense, ainsi que des entreprises style Lesieur et de marques d'appareils photo ? »* Rassurons ce lecteur : nous n'avons pas touché un sou de Lesieur ni d'aucune marque d'appareils photo ou autres équipements, et le ministère de la Défense rira bien de nous voir accusés de corruption par ses soins. Nous continuerons, comme par le passé, à citer par leurs noms les produits nouveaux, ce qui fait l'objet spécifique de notre rubrique "Utiliser".

Psychothérapie, tranquillisants et SS

« Je me permets de vous signaler quelques inexactitudes dans votre commentaire de la lettre "Tranquillisants, psychothérapie et SS" de votre Forum du n° 860 », nous écrit le Dr R.B., de Boulogne. *« La psychothérapie est remboursée quand elle est mise en œuvre par un médecin et elle est gratuite au centre de soins. La psychothérapie n'est pas à proprement parler un "dialogue", mais une technique de soins comportant ses moyens, ses objectifs, ses indications en fonction de la pathologie du patient. Le budget de la Sécurité sociale ne fait pas partie du budget de l'Etat, et il conserve, au moins en théorie, une petite autonomie par rapport à celui-ci. »* Nous remercions notre correspondant de ses précisions. Il n'en reste pas moins que le budget de la Sécurité sociale est bien un problème d'Etat, on l'a vu à diverses reprises. Mais ce point ne change rien au mystère du malaise apparent des Français, qui motive une consommation si élevée de tranquillisants.

Une mise au point

Dans l'article "Du bon usage de l'hormone de croissance", paru dans notre numéro de juillet, nous avons omis de citer la seule hormone de croissance préparée par génie génétique à partir de cellules de mammifères. Selon la firme Serono, qui commercialise ce produit, celui-ci a l'avantage de reproduire les conditions de synthèse de l'hypophyse humaine ; son utilisation entraîne chez les patients une bien plus faible production d'anticorps que les hormones produites par des techniques bactériennes.

Epistémologie et savoir

Un lecteur de Paris, M. G. L., qui omet de donner son adresse, nous tance d'importance parce que nous aurions confondu théorie de la connaissance et épistémologie, et cela après avoir commis l'imprudence d'aligner *« dans la même phrase philosophe et spécialiste »* ...Rappelons donc à ce lecteur que le premier Larousse venu l'eût dissuadé de sa lettre : l'épistémologie est une "discipline qui prend la connaissance scientifique pour objet" ; c'est bien ce que nous disions. Philosophe, Popper s'est spécialisé dans l'épistémologie.

(suite page 18)

Nouveau

ENCORE PLUS D'INTENSITÉ DES COULEURS.
ENCORE PLUS DE NETTETÉ.

ANTONIN KRATOCHVIL

a photographié Jeff Dunas sur rollfilm Agfachrome 100 RS Professional avec le Rollei 6006.

«Jeff est connu pour ses photos extravagantes de femmes. Il réussit à relier la nudité féminine à la dignité naturelle, quasiment comme un hommage aux belles femmes. J'ai fait son portrait dans une atmosphère élégante avec des jeunes femmes. Pour ce faire, j'ai arrangé une scène «life» qui est caractéristique de mon travail de photographe de reportage: Jeff, élégamment vêtu, lisant le journal au milieu de colonnes et d'incrustations. Toutes ces petites mosaïques qui racontent mon histoire doivent être restituées avec netteté par le film, même dans leur moindre détail. J'ai choisi le nouvel Agfachrome 100 RS Professional. Ses caractéristiques spectaculaires sont la finesse du grain, l'éclat des couleurs qui reste naturel malgré l'énorme brillance, et son extrême netteté.»

Agfa Professional:
Films 24 x 36 et rollfilms pour diapositives (ISO 50—1000) et négatifs couleur (ISO 100—1000).

117

LES NOUVEAUX FILMS AGFA PROFESSIONAL

LA MAÎTRISE TECHNIQUE POUR LES CRÉATEURS D'IMAGES **AGFA**

"Pots catalytiques et sida"...

M. A. D., de Fargeau, nous adresse, en toute bonne foi, un extrait d'une publication confidentielle qui prétend qu'il n'est « *point besoin d'une guerre nucléaire pour avoir une explosion de sida. L'aérosol de platine en provenance d'un nombre suffisant de voitures serait pour le moins aussi efficace. Il n'existe aucun seuil de tolérance du platine* ». Il est exact que le platine est un métal lourd toxique et que les pots catalytiques ne constituent pas la solution ultime pour la réduction des déchets toxiques de carburants fossiles produits par les voitures. Mais il est au moins excessif d'incriminer les pots en question dans la pandémie de sida.

Hahnemann et les puissances célestes

« *Je lis avec intérêt votre excellente revue depuis plusieurs décennies, et je soumets à votre attention l'extrait suivant du Larousse du XX^e^ siècle : "l'homéopathie a été imaginée par un médecin allemand, Samuel Hahnemann, qui croyait en avoir reçu la révélation des puissances célestes." Il en découle que l'homéopathie n'est pas une science médicale, mais une religion, une invention métaphysique de même nature que la magie, la sorcellerie, la radiesthésie, l'astrologie...* », nous écrit M. A.L., de Mulhouse, qui s'interroge par ailleurs sur la véracité des allégations selon lesquelles des gens se trouveraient mieux de l'usage de produits homéopathiques. Nous avons, à plus d'une reprise, attiré l'attention de nos lecteurs sur l'étrangeté qui veut que le texte fondateur de l'homéopathie, *l'Organon* de Hahnemann, soit inconnu de la plupart de ceux qui croient à ses théories. Sa folle extravagance tempérerait sans doute plus d'un partisan de cette médication. Quant aux guérisons, elles exigeraient, pour être vérifiées, un assez vaste et donc coûteux protocole d'expérimentation.

L'homéopathie aux chutes du Zambèze

M. P.B., de Thouars, suggère, dans une lettre où il exprime son peu de foi dans l'homéopathie, d'aller la puiser aux chutes du Zambèze ou du Niagara, car, là, « *elle doit être bien dynamisée* ». Oui, mais alors, quelle est la substance qui y sera active ?...

Prioré : affaire à suivre

Le Comité de soutien pour la découverte d'Antoine Prioré, association déclarée, sise à Gujan-Mestras, 33470, en Gironde, nous prie de communiquer à nos lecteurs qu'il projette d'organiser en octobre une conférence animée par des personnalités de la science, sur les suites à donner à l'invention de Prioré. Les lecteurs désireux d'en être informés sont priés de se mettre en rapport avec M. Edmond Bidault, chargé des relations publiques de ce comité, 58 rue du Dr Dufourg. La "machine de Prioré", rappelons-le, est censée utiliser des effets inconnus des champs électromagnétiques pour le traitement de diverses maladies, dont le cancer.

À quelle heure est-on le plus intelligent ?

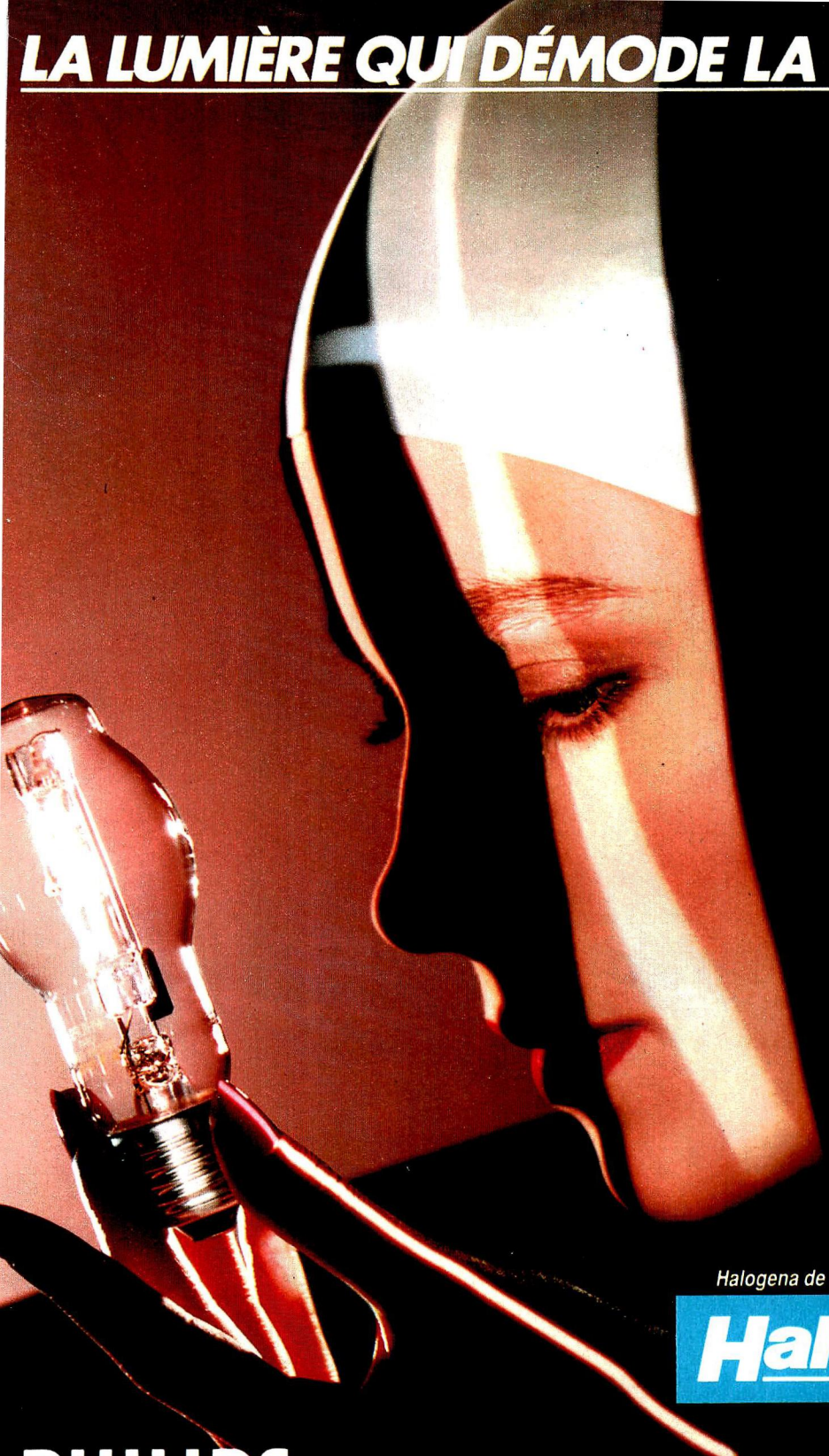
Notre information du n° 880 nous a valu la lettre suivante de M. Marc Dellière, dont nous publions exceptionnellement le nom parce que la communication qu'il nous adresse a fait l'objet d'une thèse de médecine ; cette thèse était fondée sur des recherches effectuées sous l'égide du Pr Mainard, du CHU de Nantes ; elle portait sur les rythmes scolaires dans les écoles de Loire-Atlantique. En voici des extraits :

« *Les élèves passaient les épreuves à quatre périodes différentes, en début de matinée de 9 h à 10 h 15, en fin de matinée de 10 h 45 à 12 h, en début d'après-midi de 14 h à 15 h 15 et en fin d'après-midi de 15 h 45 à 17 h. Chaque épreuve (...) comportait trois parties : mathématiques, français et logique (...) Chacune des épreuves avait lieu le mardi (...) Les résultats ont été traités par un programme informatique basé sur les statistiques non paramétriques (...) conçu par M. Laurent Steffan. Il apparut que la fin de la matinée et le début de l'après-midi étaient les meilleures périodes de la journée pour l'échantillon total.* » Introduisant une distinction entre les élèves faibles et les forts, M. Dellière observe que, « *pour l'échantillon des faibles, la meilleure période correspond à la matinée, alors que la période la plus défavorable est nettement le début d'après-midi* ». Cependant, notre correspondant introduit ici une réserve et estime plus correct de juger les résultats exercice par exercice. Il en découlerait que l'étude des disciplines de grande réflexion, maths et grammaire, devrait être pratiquée le matin et celle des disciplines d'éveil, comme l'histoire, la géographie, les sciences, la musique et la gymnastique, l'après-midi.

Plongeons et plongées

Les troubles décrits dans notre entrefilet du n° 861 intéressaient, comme de nombreux lecteurs nous l'ont fait remarquer, la plongée et non le plongeon. Rappelons toutefois que le plongeon à partir d'une certaine hauteur tel que le pratiquent des jeunes gens à Acapulco (Mexique) pour le bénéfice des touristes est également accusé de provoquer des dégénérescences organiques graves. ●

LA LUMIÈRE QUI DÉMODE LA LUMIÈRE.



LINTAS:PARIS

AMPOULE HALOGENA DE PHILIPS

Sa lumière : halogène, puissante, blanche et vive, très proche de la lumière du jour.
Sa forme : une double enveloppe permettant une manipulation sans contrainte, un culot adaptable sur toutes les lampes.
Existe en ampoule claire, opalisée ou globe opalisé (75 W, 100 W, 150 W).

Halogena de Philips, la lumière absolue.

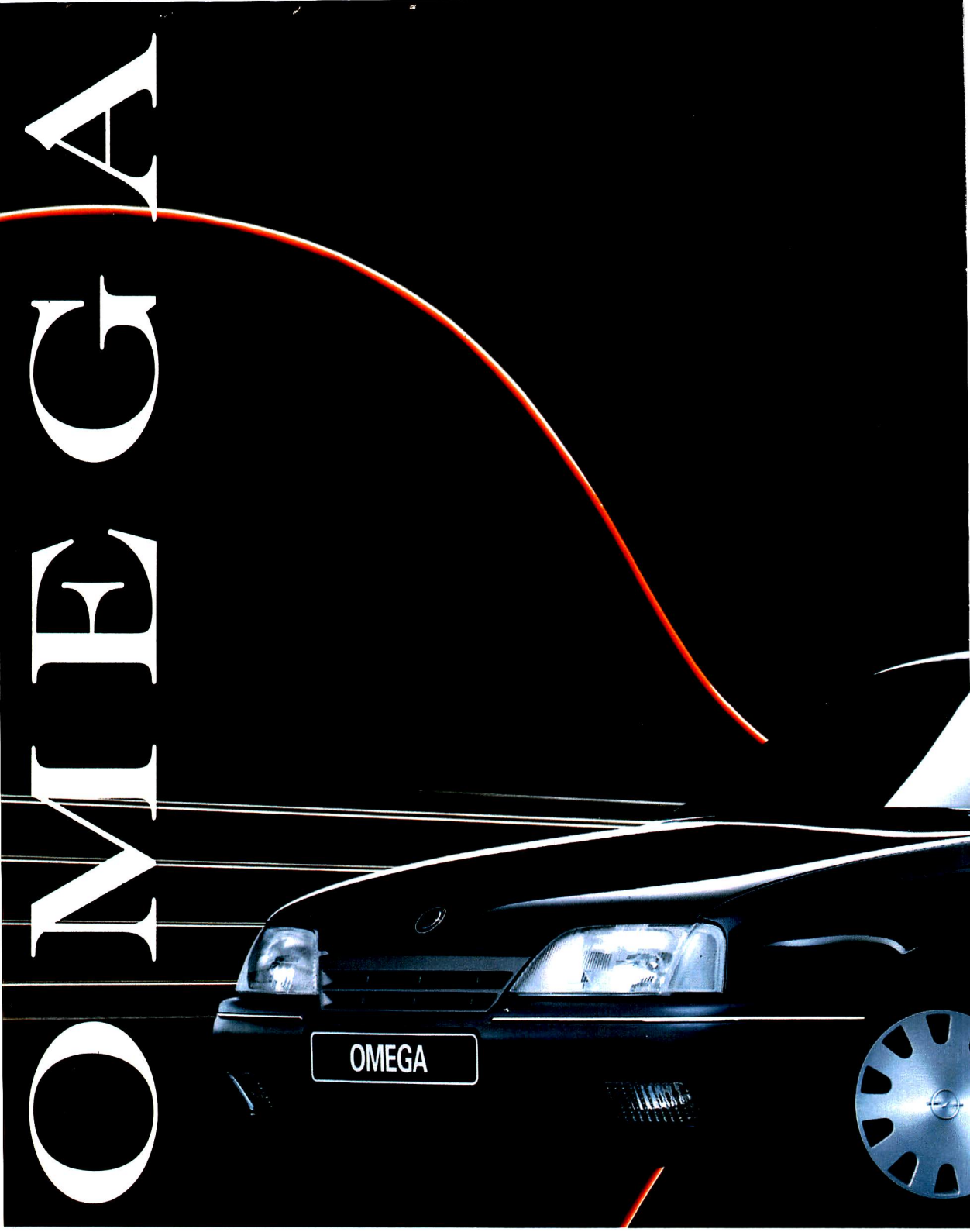
HalogenA

PHILIPS

PHILIPS

Vérifiez que la valeur maximale indiquée sur votre lampe correspond à la puissance de l'ampoule.

OMEGA



Le silence est l'aboutissement d'une obstination dans la recherche des plus hautes solutions technologiques. Pour l'Omega, Opel a systématisé le mariage de tout ce qui se fait de mieux, tel que sa structure conçue par CAO et son Cx record de 0,28, sa suspension autostabilisante DSA

OPEL GM

MINITEL 36.14 OPEL. CARTE OPEL AURORE.

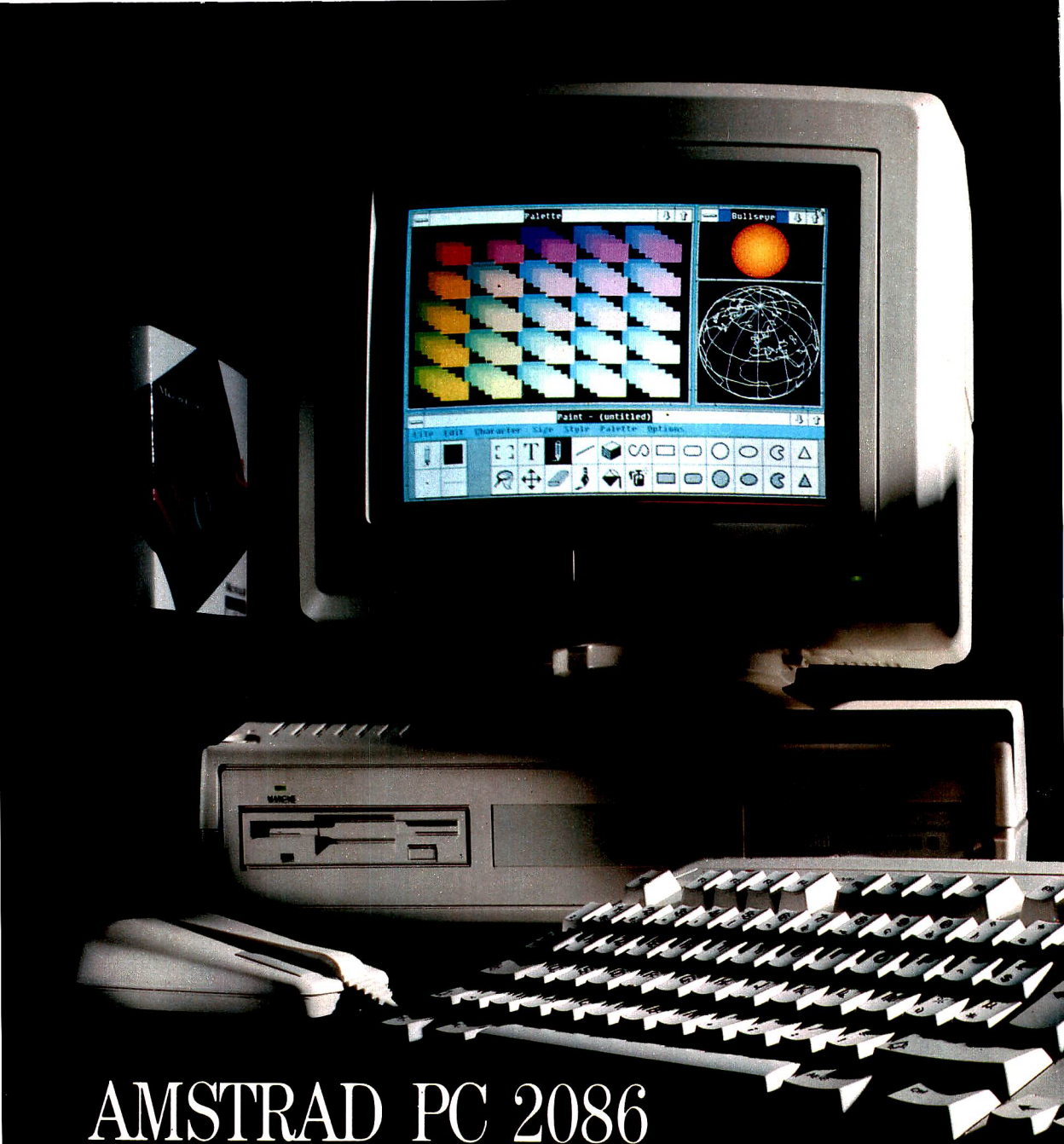
OPEL OMEGA.
Son silence est la plus belle des symphonies.

gérée électroniquement et son système de freinage ABS, son moteur 2 litres injection piloté par micro-ordinateur. Opel Omega, dirigez-la.

C'est Opel aujourd'hui!

OPEL

UNE MARQUE DE GENERAL MOTORS, 1er CONSTRUCTEUR MONDIAL.



AMSTRAD PC 2086

à partir de 6.790 F HT* (8.053 F TTC)

Quand vous achetez un AMSTRAD PC 2000, vous êtes certain de bénéficier des meilleures technologies et de pouvoir utiliser pleinement les nouvelles générations de logiciels dont vous avez besoin, en toute quiétude. Avec le nouvel AMSTRAD PC 2086, vous avez en standard : le processeur Intel 8086 à 8 Mhz, 640 Ko de RAM, un lecteur 3"1/2, un connecteur externe pour lecteur 5"1/4, l'affichage VGA, un moniteur haute résolution, le clavier étendu, MS-DOS 3.3 et GW BASIC, l'environnement Windows 2.03 avec la souris et le célèbre logiciel intégré de Microsoft Works, comprenant traitement de texte, tableur et gestion de fichiers.
C'est ça choisir AMSTRAD !

Du 6 au 10 OCTOBRE
PORTE DE VERSAILLES
AMSTRAD EXPO 89

VGA 256 COULEURS SIMULTANEMENT A L'ECRAN PARMI UNE PALETTE DE 256144, OU 64 NIVEAUX DE GRIS EN AFFICHAGE MONOCHROME.

C'est le dernier-né des systèmes d'affichage, en standard sur AMSTRAD PC 2000. Une résolution graphique de 640 x 480, une compatibilité totale avec vos logiciels en CGA, EGA, ou Hercules.

* avec moniteur analogique graphique haute résolution monochrome. Modèle présenté : version couleur haute résolution à partir de 7 890 F HT (9.360 F TTC)

VGA en standard ! C'est Amstrad.

AMSTRAD PC 2286

Le compatible PC AT d'AMSTRAD, avec en standard : VGA, Intel 80286 à 12 Mhz, 1 Mo RAM, lecteur 3"1/2, MS DOS 4.011, moniteur graphique et souris à partir de 10 990 F HT (13 035 F ttc).

AMSTRAD PC 2386

Le compatible PC d'AMSTRAD [illegible] en standard : VGA, Intel 8038[illegible]30 Mhz, 4 Mo RAM, mémoire cache rapide 64 Ko, disque dur 65 Mo, lecteur 3"1/2, MS DOS 4.011, moniteur graphique et souris à partir de 23 990 Ht (28 453 Ttc).

Je souhaite recevoir :

☐ La documentation gratuite concernant l'ASMTRAD PC 2086.

☐ Le guide AMSTRAD des 1000 meilleurs logiciels PC tournant sur les ordinateurs AMSTRAD.

Ci-joint un chèque de 68 F frais de port et emballage compris.

Nom _____ Prénom _____

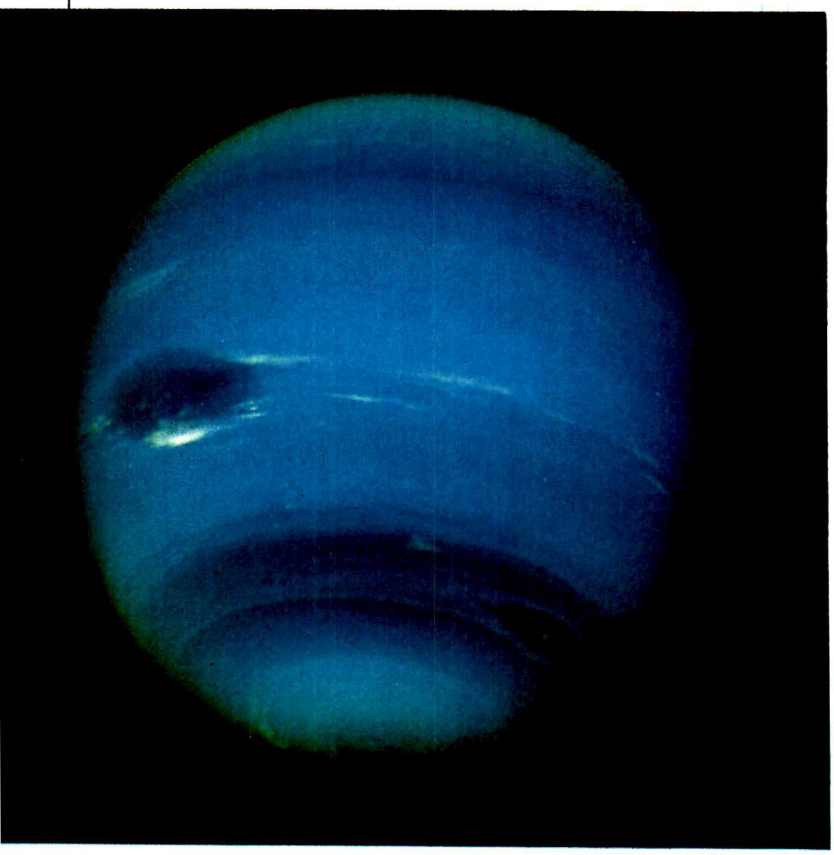
Société _____ Tél _____

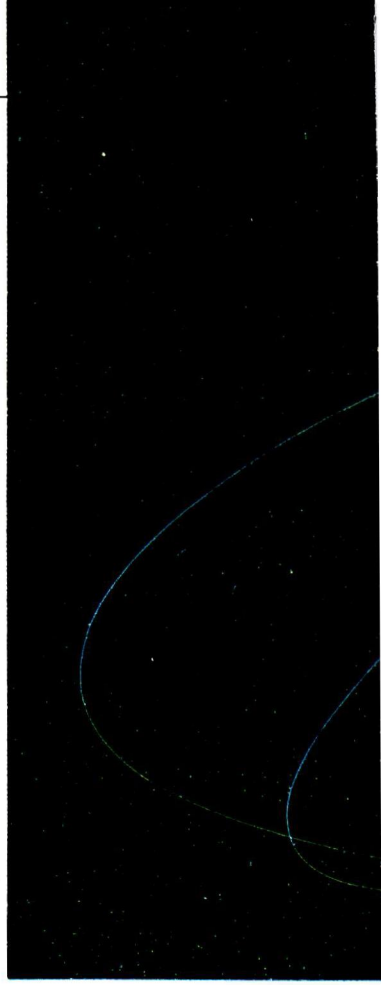
Adresse _____

Code Postal |_|_|_|_|_| Ville _____

AMSTRAD

Renvoyez ce bon à : AMSTRAD FRANCE : BP 73, 72-78 Grande Rue - 92310 SEVRES.

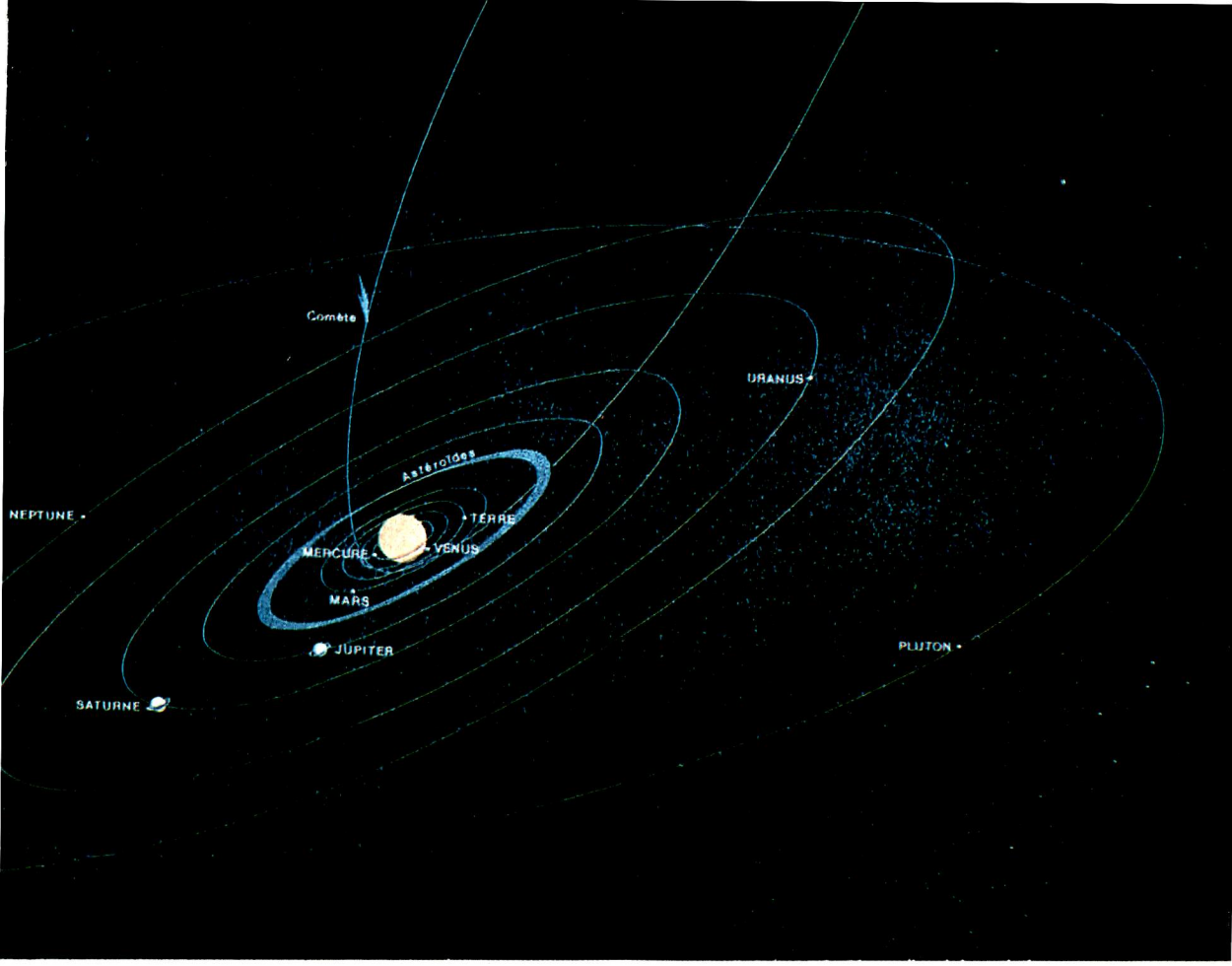




PORTRAIT DU 8e ENFANT DE LA FAMILLE

Nous possédons maintenant des gros plans de 8 planètes sur les 9 qui composent le système solaire. Avec Neptune, le mois dernier, la sonde Voyager 2 en aura, à elle seule, photographié 4 au cours d'un voyage de 12 ans et 7 milliards de km. Seule Pluton manquera à l'album. Mais Voyager fera encore, derrière elle, en s'éloignant vers le Sagittaire où elle sera dans 40 000 ans, une photo de groupe des 9 planètes autour du Soleil.

PAR JEAN-FRANÇOIS ROBREDO



Tous les passionnés d'astronomie retiendront la date du 25 août 1989 comme étant celle de la découverte du visage de la huitième planète du système solaire, Neptune, de ses anneaux et de ses satellites. Cet exploit, on le doit à l'extraordinaire longévité de la sonde américaine Voyager 2; lancée il y a plus de douze ans avec pour objectif de survoler Jupiter et Saturne. Après avoir accompli sa mission, ce vaisseau de l'espace nous a gratifié de deux cadeaux supplémentaires : la visite d'Uranus en janvier 1986 et celle de Neptune cet été.

Une odyssée spatiale de plus de 7 milliards de kilomètres (racontée dans le précédent numéro de *Science & Vie*) qui se poursuit aujourd'hui aux confins du système solaire. Voyager 2 n'a d'ailleurs pas fini de faire parler d'elle puisque les scientifiques du Jet Propulsion Laboratory lui ont assigné une nouvelle mission : prendre, avec pour la première fois le reçul nécessaire, une "photo de famille" de tout le système solaire. Le Soleil, Mercure, Vénus, la Terre, Mars, la ceinture d'astéroïdes, Jupiter, Saturne, Neptune et la seule planète non encore visitée, Pluton, seront réunis sur une seule image !

Un exploit qui rendra caduques toutes les vues d'artiste actuelles, tout comme les images de Neptune ont jeté aux oubliettes les anciennes représentations de la planète. Il faut dire que, de la Terre, Neptune n'apparaît que comme un faible point lumineux dans le ciel. Sa découverte, que l'on doit à l'astronome français Urbain Le Verrier, en 1846, est le fruit non pas de sa perspicacité visuelle mais de son sens mathématique. En effet, cinq ans plus tôt, l'astronome anglais Herschel avait découvert Uranus mais la différence entre les observations et les calculs semblait indiquer qu'un autre corps perturbait son orbite. C'est en partant de cette hypothèse que Le Verrier déduisit la position et l'orbite de celle qui allait devenir Neptune.

Depuis, de nombreuses observations ont peu à peu levé le voile sur la mystérieuse planète mais personne ne soupçonnait, jusqu'à il y a quelques semaines, la richesse et la diversité de la dernière des planètes géantes. Située à 4,5 milliards de kilomètres du Soleil (trente fois plus éloignée de notre étoile que la Terre), le système neptunien reçoit 900 fois moins d'énergie solaire que nous. On s'attendait donc à une planète peu active entourée de satellites pétrifiés dans de la glace. Quelles surprises ! Neptune possède une énergie interne beau-

(suite du texte page 30)

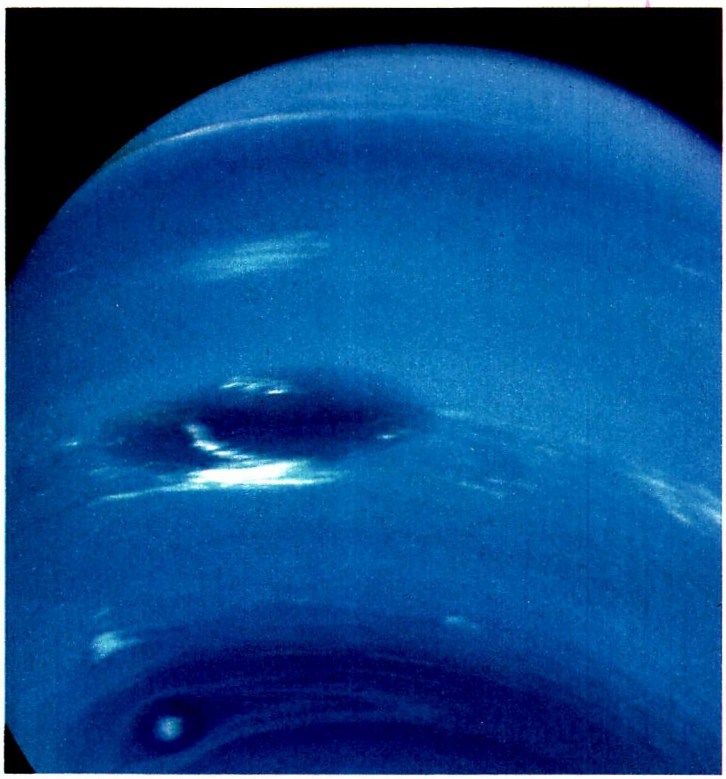
Neptune : un temps de chien, des vents de 1 200

Neptune sera sans aucun doute une des planètes "préférées" de nombreux astronomes professionnels et amateurs. Ne serait-ce que, comme l'a fait remarquer une astronome membre de l'équipe qui a dépouillé les images de Voyager 2 en direct, « parce que sa couleur bleue nous rappelle la Terre ». Un sentiment de familiarité qui ne doit cependant pas nous faire oublier la réalité des faits.

Cette belle apparence est due à la présence de méthane dans l'atmosphère de Neptune. En effet, ce gaz a la propriété d'absorber le rayonnement du Soleil sur certaines longueurs d'onde et de renvoyer cette belle lumière bleue. Cet aspect n'est d'ailleurs pas uniforme.

Deux autres types principaux de structures ont été observés : les "taches sombres" et les "nuages blancs". Ainsi sur les **photos 1 et 2**, on distingue parfaitement la "grande tache sombre" située dans l'hémisphère sud, à 22° de latitude ; la "seconde tache sombre" située, elle, près du pôle sud à 54° de latitude et, au milieu, une perturbation blanche plus petite. Cette dernière a été baptisée par les scientifiques le "scooter" en raison de sa grande vitesse de déplacement dans l'atmosphère.

En effet, toutes ces perturbations se déplacent à la surface de Neptune mais à des vitesses différentes. Ainsi, après une rotation complète de la planète sur elle-même (qui dure seize heures et trois minutes), la grande tache parcourt moins d'un tour complet alors que la seconde tache en parcourt un peu plus, comme on peut le voir sur les images **1** et **2**. La vitesse relative entre les deux est de plus de 100 mètres par seconde.

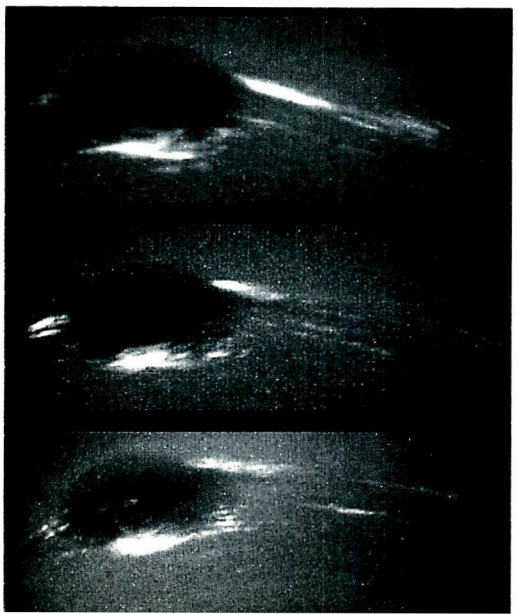


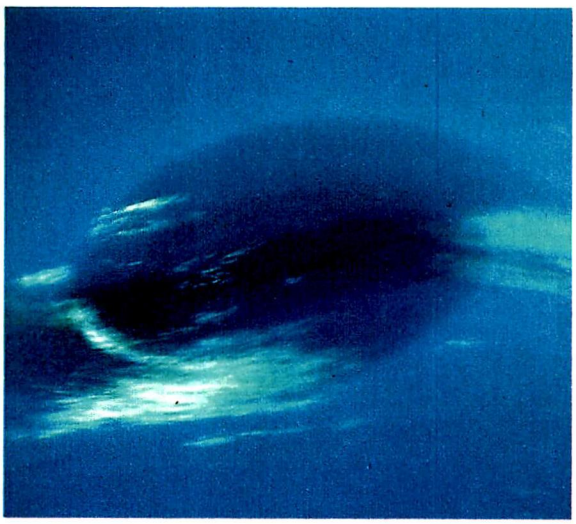
1

A l'inverse, les nuages blancs, composés de méthane, qui accompagnent la grande tache sombre sont, eux, de fidèles compagnons qui voyagent à la même vitesse que cette dernière. Par contre, ils changent fréquemment d'apparence, d'un tour sur l'autre, du fait de leurs mouvements verticaux qui les font s'enfoncer dans l'atmosphère puis ressurgir à nouveau (**photo 5**). Leur dynamique les rapproche de nos cirrus terrestres.

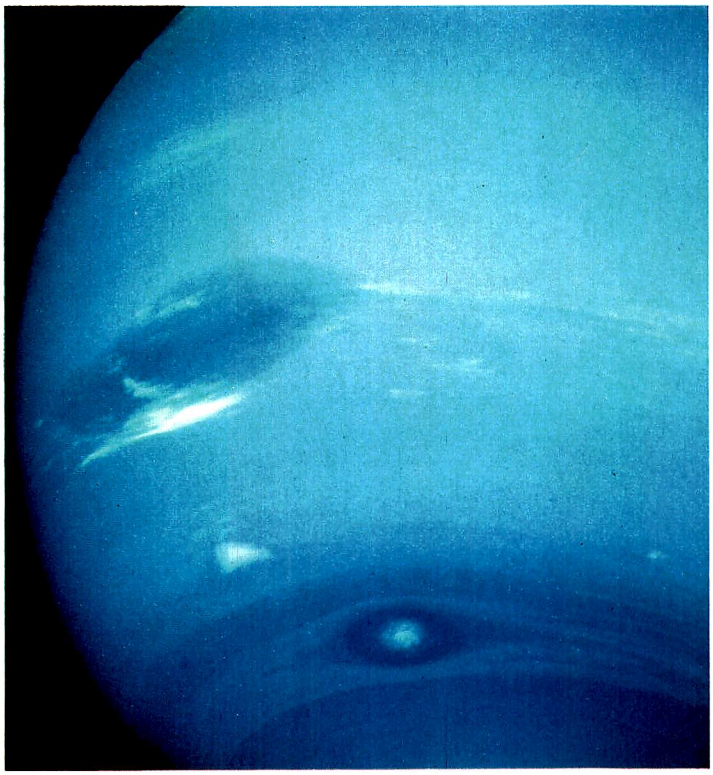
La grande tache sombre (**photo 6**) est la structure la plus étonnante de Neptune. Son apparence la rend comparable à la "grande tache rouge" de

5



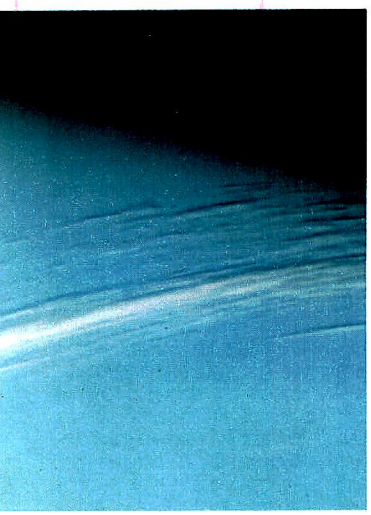


6



2

Jupiter. Elle est, relativement aux tailles respectives des planètes, aussi importante que cette dernière. Sa taille réelle est sensiblement équivalente à celle de la Terre. On suppose qu'il s'agit d'un fantastique anticyclone qui tourne dans le sens contraire des aiguilles d'une montre. La partie centrale apparaît plus sombre parce qu'elle se situe plus en profondeur dans l'atmosphère, alors que les nuages blancs sont placés sur la couche extérieure à environ une soixantaine de kilomètres de hauteur.



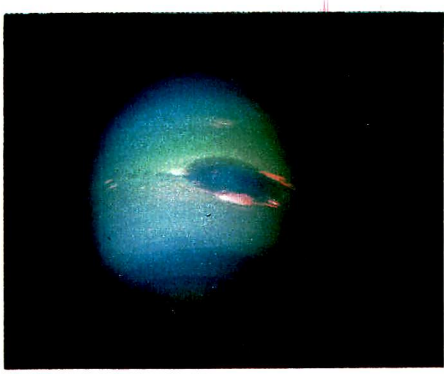
7

La surprise que constitue cette structure ainsi que les autres "taches" provient du fait qu'elles supposent une énergie propre assez forte pour pouvoir créer et maintenir de tels mouvements atmosphériques. Il a ainsi été mesuré que la source de chaleur interne représente près de trois fois la chaleur reçue du Soleil. Une valeur très élevée qui implique que le cœur de la planète soit encore important et étonnament actif.

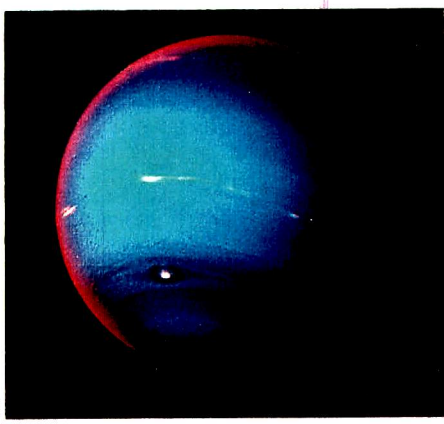
Autre signe de l'activité interne : les nuages, situés sur la couche la plus externe de l'atmosphère, qui balayent horizontalement la planète. Sur la **photo 7**, une vue unique de ces nuages, prise à 157 000 kilomètres de distance, montre leurs ombres sur la surface, ce qui permettra de calculer précisément leur hauteur. D'ores et déjà, les spécialistes ont mesuré des vents circulant à près de 1 200 km/h. Selon les premières estimations, la température "au sol" est d'environ moins 200° C.

Autre caractéristique inattendue et unique dans le système solaire : le champ magnétique de Neptune est incliné de près de 50° par rapport à l'axe de rotation de la planète (pour comparaison, l'angle entre l'axe magnétique et l'axe géographique de la Terre est de 12°). Le pôle nord magnétique se situe donc sur l'équateur, ce qui n'a pas empêché les scientifiques de repérer des aurores très semblables aux aurores boréales que l'on observe sur notre planète.

Les deux photos en fausses couleurs (**photos 3** et **4**) ont été réalisées pour visualiser les différentes couches



4



3

de l'atmosphère de Neptune. Si la couleur bleue au centre de la planète renvoie à la présence du méthane, le halo rouge représente, lui, la couche la plus extérieure qui, vue sous cet angle, diffuse la lumière du Soleil avant qu'elle ne soit absorbée par le méthane. Toutes les taches blanches sont des nuages situés dans la haute atmosphère. Sur certaines photos il est même possible de voir une "brume photochimique" située à environ 144 kilomètres d'altitude.

Le satellite Triton : des lacs d'azote gelé et des

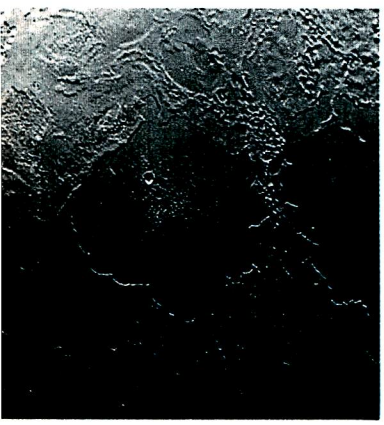
1

L'autre grand objectif de Voyager 2 était de survoler et de photographier Triton, l'enigmatique satellite de Neptune. Cette fois encore, la mission a été un succès au-delà de toutes espérances. Non seulement les caméras et les instruments de mesure ont fonctionné parfaitement, mais la beauté des images a laissé pantois plus d'un astronome chevronné.

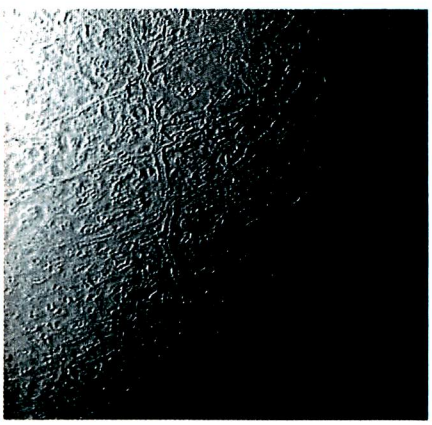
Au chapitre des surprises, il faut surtout signaler la grande diversité du relief de Triton, qui suggère une activité géologique importante, passée et présente.

Sur les images globales ou composées à partir de plusieurs clichés (**photo 1**), on remarque surtout deux parties très distinctes, l'une sombre au nord, l'autre beaucoup plus claire et accidentée au sud. Cette différence est expliquée en partie par la durée de l'année sur Triton (162 ans), qui provoque des expositions prolongées de certaines parties au Soleil (actuellement c'est le pôle sud qui baigne en permanence dans la lumière solaire). Des évaporations de particules provoquées par cet ensoleillement s'échapperaient de la partie claire pour aller se déposer sur la partie non exposée et donner ainsi petit à petit cette couleur sombre.

Le diamètre de Triton, 2 720 kilomètres, est finalement plus faible que ce que l'on pensait. Particularité notable : il tourne sur une orbite rétrograde, c'est-à-dire en sens inverse de Neptune et de ses autres satellites. Cette caractéristique, ainsi que le fait que son orbite soit inclinée d'environ 20°, ont conduit les scientifiques à penser que Triton était un énorme astéroïde capturé par Neptune dans les premiers temps du système solaire. Rien de ce qui a été observé par Voyager et analysé par les astronomes n'invalide cette hypothèse. On pense donc que Triton est constitué d'un noyau



2



3

rocheux surmonté d'une très épaisse couche de glace. Une glace composée d'azote et de méthane que l'on retrouve effectivement sur toute sa surface mais sur des reliefs très différents. Ainsi, sur la **photo 2**, on distingue parfaitement deux grands bassins qui pourraient être des lacs géants gelés. Ce qui suppose que des écoulements de glace se sont produits et se produisent toujours régulièrement. Au centre de l'un d'eux, se trouve la trace d'un impact météoritique.

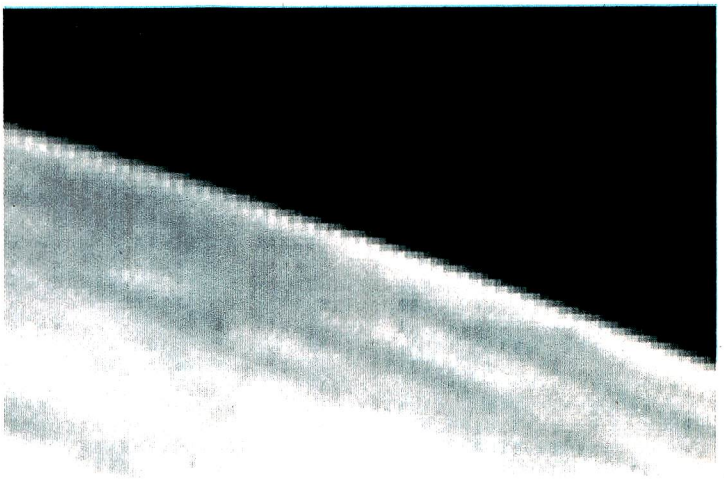
D'une manière générale, ces genres d'impacts sont très peu nombreux sur le sol de Triton, ce qui accrédite encore la thèse selon laquelle l'activité géologique est très importante et aurait en grande partie effacé les traces d'impacts, un peu comme sur la Terre et à l'inverse des planètes telles que la Lune ou Mercure.

La **photo 3** présente une autre partie de la surface de Triton, sur laquelle on peut remarquer de grandes fentes rectilignes que les spécialistes comparent à des failles géologiques. Le phénomène en cause est une sorte de tectonique des glaces qui provoque des brisures de la surface ou des chevauchements de plaques. De nombreuses failles de ce type ont été observées par Voyager (voir aussi **photo 4**).

Qui dit tectonique dit circulation entre le sous-sol et la surface. Dès l'arrivée des premières images sur les écrans des scientifiques, certains détails ont suggéré que Triton était parsemé de volcans. « C'est une des explications les plus plausibles de certaines taches sombres que l'on aperçoit à la surface » (**photo 4**). ont avancé certains spécialistes. Le plus étonnant étant que, toujours d'après ces clichés, les volcans semblent aujourd'hui encore en activité. Les éruptions paraissent très violentes et dégagent de l'azote et du méthane sous forme de glace ou de gaz liquide. La violence des jets pourrait projeter certains matériaux jusqu'à 1,5 kilomètre de hauteur. Les éruptions se produisent quand l'azote liquide souterrain remonte à la surface et provoque une sorte d'explosion.

Avec les volcans terrestres et ceux de Io, satellite de Jupiter (qui crache du souffre), les volcans de glace de Triton sont les troisièmes à être encore en activité dans le système solaire.

Cette image rapprochée du sol de Triton (**photo 4**) est aussi intéressante car elle montre bien la frontière entre la zone sombre et la zone claire. Dans la première, on aperçoit nettement une gigantesque faille géologique. Entre les deux, une zone très accidentée aux multiples formes, dont certaines peuvent suggérer des chaînes de montagnes.



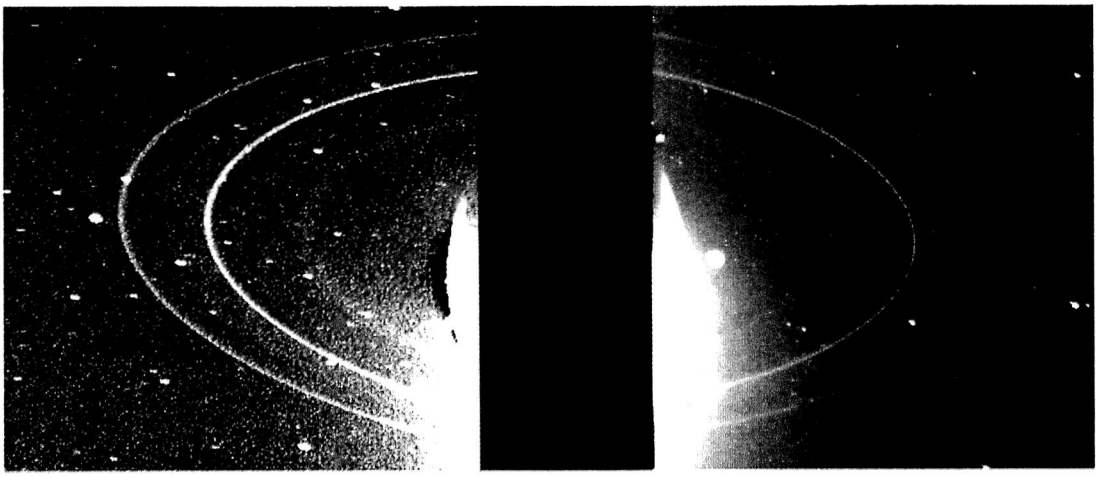
5

4

Malgré cette activité géologique, Triton est un des corps les plus froids du système solaire. Sa surface est totalement recouverte de glace d'azote et de méthane et la température au sol se situe aux environs de moins 240° C. Ces conditions extrêmes ont toutefois réservé une autre surprise de taille aux scientifiques : la présence d'une atmosphère ténue autour de Triton (**photo 5**). Formée par évaporation de la surface gelée, elle est composée comme celle-ci d'azote et de méthane.

Les mesures précises n'ont pas encore pu déterminer la pression qui existe au niveau du sol. C'est elle qui détermine la possibilité d'existence de gaz liquides et de composants complexes comme, par exemple, l'oxyde de carbone que l'on sait être à l'origine des premières molécules de la vie...

Des icebergs dans les anneaux

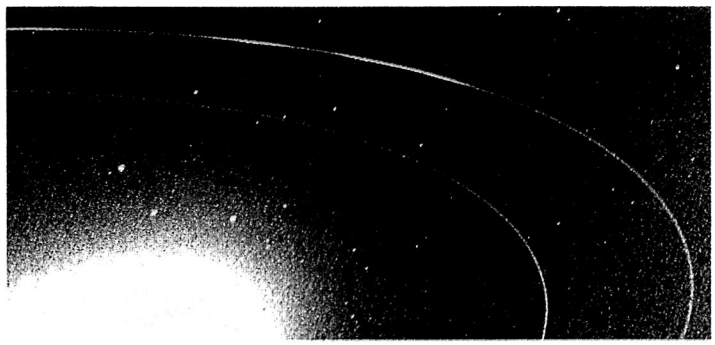


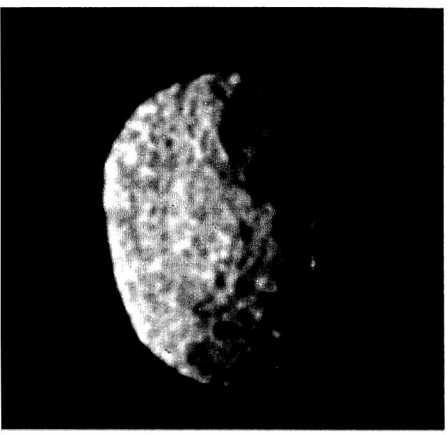
1

Les anneaux sont une des particularités des planètes géantes. On connaît bien ceux de Saturne, auxquels il faut ajouter ceux de Jupiter, Uranus et maintenant Neptune. Au total, Voyager a découvert cinq anneaux, dont deux beaucoup plus importants que les autres (**photo 1**). Ils se situent à 53 000 et 63 000 kilomètres de distance du centre de Neptune. Les deux autres structures les plus remarquables sont un anneau intérieur situé à 42 000 kilomètres et un disque de poussière entre les deux anneaux principaux.

La particularité du système des anneaux de Neptune réside dans ce que l'on a appelé les "arcs" de matière. Observés depuis la Terre par l'astronome français André Brahic et son équipe, ils laissaient penser qu'il s'agissait d'anneaux incomplets. Les arcs ont été confirmés par Voyager, mais ils orbitent sur un anneau complet (**photo 2**).

2





3

Une des photos les plus intéressantes — que la NASA n'a pas encore publiée — a été réalisée "par erreur". En effet, un bougé de la sonde a permis de voir des tracés qui attestent de déplacements de matière à l'intérieur de l'anneau. Il semble que ce sont des blocs de glace de quelques kilomètres de large qui sont concentrés dans certaines zones particulières de l'anneau extérieur.

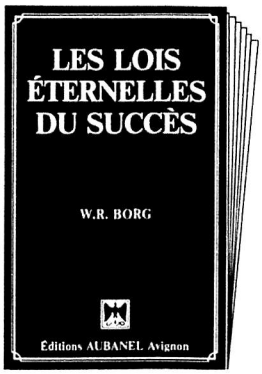
Autre découverte importante de Voyager : les six nouveaux satellites de Neptune. Bien que de petite taille (entre 50 et 420 kilomètres), ils jouent certainement un rôle important notamment dans la distribution de matière des anneaux. Le plus grand a été provisoirement baptisé 1989 N1 (**photo 3**). Il orbite à 117 600 kilomètres de la planète, avec un diamètre de 420 kilomètres. Bien que plus important par la taille que Néréide, second satellite avec Triton observé depuis la Terre, il était resté inconnu jusqu'alors car sa surface est très sombre et renvoie très peu de lumière du Soleil. Sur la photo on aperçoit un immense impact météoritique qui s'étend sur presque la moitié de son diamètre.

(suite de la page 25)

coup plus importante que prévue et une atmosphère très dynamique parcourue par des vents violents. Son système d'anneaux est un des plus complexes du système solaire. Mais surtout, son principal satellite, Triton, que Voyager 2 a frôlé à moins de 40 000 kilomètres, s'est révélé une planète à l'activité géologique intense, avec des volcans qui crachent de la glace, l'ensemble étant entouré d'une atmosphère parcourue par des nuages ! Dans tous ces domaines, les innombrables mesures effectuées par Voyager vont donner aux astronomes "du pain sur la planche" pour de nombreuses années, et les milliers d'images récoltées sont, pour tous, un véritable régal pour les yeux. **Jean-François Robredo**

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

ou l'étrange histoire d'un grand avocat



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

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

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

J'ouvris plusieurs tiroirs et découvris dans l'un d'eux un petit livre que je feuilletai machinalement.

Mais bientôt, m'asseyant sur l'osier grinçant d'une panière, je continuai ma lecture. Page après page. Négligeant même la lumière du jour qui baissait.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Si vous voulez savoir comment obtenir les mêmes résultats et acquérir cette puissance mentale, qui est encore notre meilleure chance de réussir dans la vie, priez simplement l'éditeur de vous envoyer *"Les Lois Eternelles du Succès"*, intéressant petit ouvrage écrit par W.R. Borg comme introduction à sa Méthode. Vous le recevrez gratuitement comme quiconque désire améliorer sa mémoire. Voici l'adresse : *Méthode W.R. Borg, chez Aubanel, dpt 164 — 3, place St-Pierre, 84057 Avignon Cedex.*

Pierre-Henri Marquand

BON GRATUIT

A remplir en **lettres majuscules** en donnant votre adresse permanente et à retourner à : *Méthode W.R. Borg, chez Aubanel, dpt 164 — 3, place Saint-Pierre, 84057 Avignon Cedex, France,* pour recevoir sans engagement de votre part et sous pli fermé *"Les Lois Eternelles du Succès"*

Nom _____ Prénom _____

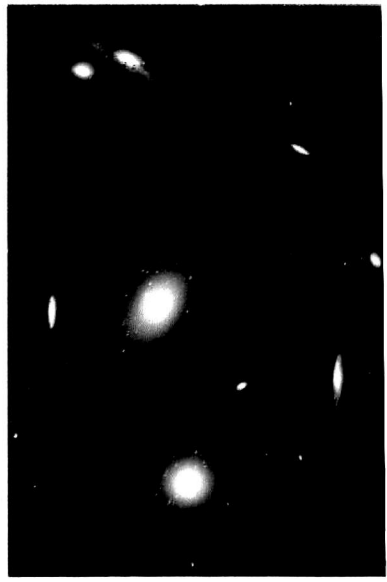
N° _____ Rue _____

Code postal _____ Ville _____

Age _____ Profession _____

Aucun démarcheur ne vous rendra visite

UNE GALAXIE EN FORMATION REMET EN CAUSE LE BIG-BANG



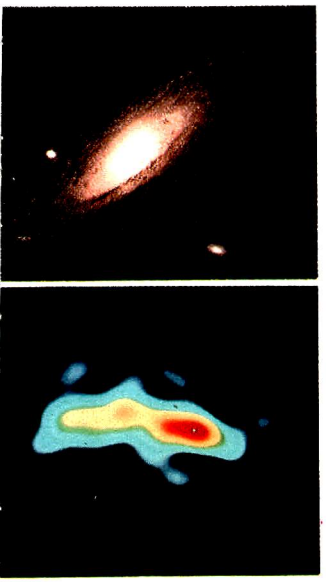
On vient d'apercevoir une galaxie en train de se former. Cela change tout de ce que l'on croyait savoir sur l'origine de l'Univers. Si l'observation est juste, la théorie du Big-Bang serait erronée.

PAR JEAN-FRANCOIS ROBREDO

Pour une surprise ce fut une surprise de taille : les astronomes américains Riccardo Giovanelli et Martha Haynes viennent de découvrir, il y a quelques semaines, un gigantesque nuage d'hydrogène dans une région du ciel considérée jusqu'à ce jour comme "désertique" ! Les chiffres sont impressionnants puisque cette concentration de matière s'étire sur une dimension environ dix fois supérieure à celle de notre galaxie, la Voie lactée, qui a un diamètre de 100 000 années-lumière (une année-lumière correspond à la distance parcourue en un an par les photons lumineux à la vitesse de 300 000 kilomètres par seconde). Si elle n'avait jamais été observée auparavant c'est qu'elle ne contient aucune étoile, ce qui fait dire aux deux astronomes que ce nuage est une galaxie en formation. Cette découverte, unique dans l'histoire de l'observation astronomique, pourrait bien avoir des conséquences fondamentales. En effet, selon les spécialistes, de tels phénomènes pourraient remettre en question la théorie du Big-Bang elle-même, c'est-à-dire celle de l'origine et de l'évolution de notre Univers.

La surprise est aussi venue du fait que l'observation a été faite par hasard, comme cela a souvent été le cas dans le passé pour les découvertes majeures. C'est en voulant recalibrer leurs instruments au Centre astronomique et ionosphérique d'Arecibo, à Porto Rico, que les deux spécialistes, mondialement connus pour leurs travaux sur les nuages galactiques, ont pointé vers une région "vide" de l'espace. Objectif : enregistrer le bruit de fond de l'Univers pour pouvoir ensuite le distinguer des futurs objets à détecter. Mais au lieu du bruit attendu, ce sont de puissants signaux radio qui ont déferlé sur la grande antenne parabolique du centre. Après vérification, l'information ne faisait plus de doute : le puzzle de l'Univers venait d'acquérir une nouvelle pièce placée dans le superamas local (dans lequel se trouve aussi la Voie lactée) à quelque 65 millions d'années-lumière de distance.

Une nouvelle pièce fondamentale même si elle ne représente qu'une goutte d'eau dans un océan de vide. En effet, selon la théorie la plus acceptée, la matière visible et répertoriée dans l'Univers ne représenterait qu'un très faible pourcentage de la matière totale qu'il contient effectivement. Si l'on reprend l'image du puzzle, cela voudrait dire qu'envi-



Un nuage d'hydrogène gigantesque, qui semble être une galaxie en formation, a été détecté dans une région réputée déserte de l'amas de la Vierge (**1**). Entre la galaxie d'Andromède (**2**), la plus proche de nous, et le quasar 1928 +73 (**3**), l'objet observable le plus éloigné : 10 milliards d'années-lumière de distance et donc de différence d'âge. Si, comme le prétend la théorie actuelle, le degré d'évolution des deux galaxies est le même, il faut admettre qu'elles ont été formées en même temps, au début de l'Univers. Comment, alors, interpréter la formation sous nos yeux d'une galaxie.

ron 10 % seulement des pièces de l'Univers sont effectivement disposées ! Malgré les nombreuses recherches, certaines régions restaient jusqu'à aujourd'hui désespérément vides. La matière cachée, comme l'appellent les astronomes, vient peut-être enfin de se laisser entrevoir.

L'autre grande énigme, que cette découverte permettra peut-être de lever, concerne la répartition de la matière dans l'Univers. En effet, en suivant toujours la même métaphore, les quelques pièces de matière visible placées sur le puzzle le sont de manière très particulière. Elles se regroupent par "grumeaux" séparés par des immenses espaces vides.

Pour bien comprendre l'enjeu de cette affirmation, il faut revenir quelques années en arrière. En effet, il y a moins d'un siècle seulement, les limites de l'Univers se confondaient avec celles de notre Galaxie, soit "seulement" un disque d'environ 50 000 années-lumière de rayon. Ce n'est qu'en 1924 que l'astronome Hubble détermine la distance d'"autres univers" qui vont devenir de nouvelles galaxies. La conséquence était double : l'Univers changeait de dimension et de nature. En effet, on le pensait peuplé d'étoiles réparties plus ou moins uniformément dans le ciel, il apparaît maintenant habité de galaxies distribuées comme des îlots de matière dans le grand vide cosmique.

Mais ces galaxies ne sont pas placées n'importe où. Avec l'amélioration des télescopes, la vision de l'Univers s'est peu à peu affinée. On sait maintenant que les galaxies sont elles-mêmes réunies en groupes (la Voie lactée fait partie d'un groupe dit "local" qui contient une dizaine d'autres galaxies), les groupes en amas et les amas en superamas. Ces derniers sont actuellement les grandes structures observées dans l'Univers. Ils peuvent atteindre 300 millions d'années-lumière d'extension avec des formes aplaties comme des galettes ou allongées comme des filaments. Entre les superamas, les vides peuvent atteindre eux aussi 300 millions d'années-lumière.

Parallèlement aux recherches sur les structures de l'Univers, les astronomes doivent aussi répondre à la question de la date de formation des galaxies. C'est ici que la découverte américaine prend tout son sens. En effet, comme la lumière se déplace à une vitesse finie (300 000 kilomètres par seconde), plus on voit loin plus on remonte dans le temps. Or, l'observation des plus lointaines galaxies, que l'on situe à environ 15 milliards d'années-lumière, nous les montre à des stades d'évolution identiques à celui des galaxies proches.

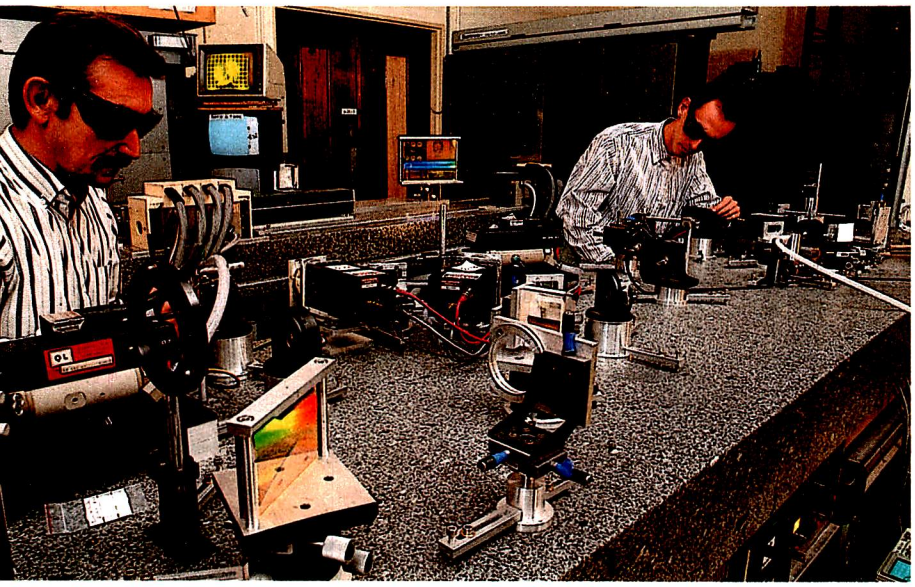
Autrement dit, à l'inverse des étoiles, dont a pu observer des naissances (voir *Science & Vie* n° 864), des "morts" en supernovæ et des époques intermédiaires, en ce qui concerne les galaxies aucune trace d'évolution. D'où la conclusion des astronomes : les galaxies ont dû se former toutes en même temps dans les premiers moments de l'Univers. Pas d'exception donc... sauf, semble-t-il, celle découverte par les astronomes d'Arecibo qui remet donc en cause la théorie de la naissance simultanée des galaxies.

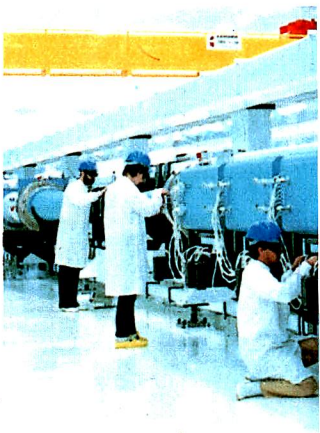
« Le plus important dans cette découverte c'est qu'elle va relancer l'intérêt pour des recherches de matière dans les endroits dits déserts, affirme Richard Schaeffer, physicien au Centre d'études atomiques de Saclay et grand spécialiste de la formation des galaxies ; il faut avant tout bien définir la nature de ce nuage d'hydrogène. Car si l'observation nous apprend que les galaxies semblent s'être formées au début de l'Univers, certaines théories postulent l'existence de "galaxies ratées" qui se seraient formées avec les autres mais n'auraient jamais atteint le seuil de développement nécessaire pour donner naissance aux étoiles. Aucune indication ne permet aujourd'hui de pencher pour l'une ou l'autre (galaxie ratée ou galaxie en formation) des hypothèses ».

Si la première solution est parfaitement compatible avec l'explication standard de l'évolution de l'Univers, la seconde imposerait une remise en question fondamentale. Reste une interrogation : une observation peut-elle, à elle seule, invalider l'hypothèse de la naissance simultanée des galaxies ? « La question reste posée, remarque Richard Schaeffer, mais je suis persuadé que de nombreuses équipes d'astronomes ont déjà pointé leurs instruments sur la région de la découverte ou d'autres zones "désertiques" de l'Univers. Les annonces ne devraient pas tarder à se multiplier et une réponse à nos problématiques actuelles est peut-être déjà en préparation ». Une affaire à suivre.

Jean-François Robredo

LE LASER À COMPRE

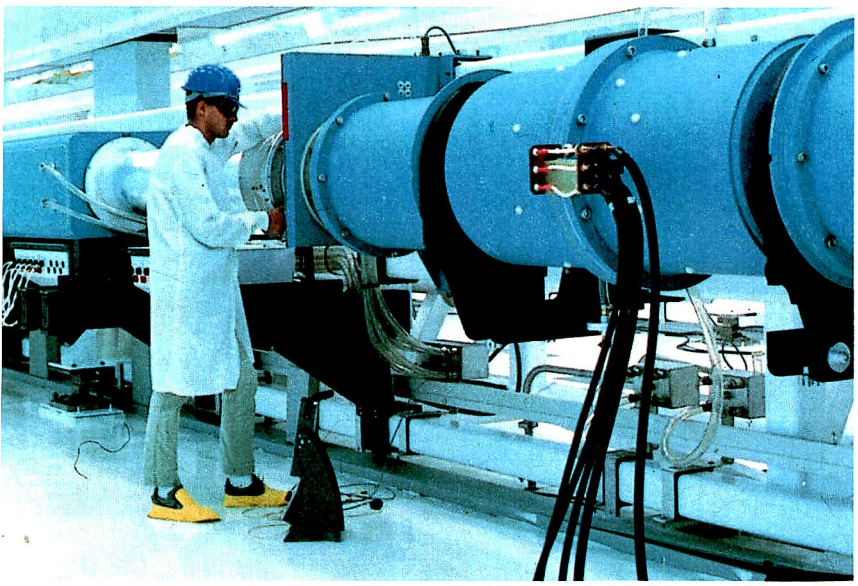




Les lasers pourront peut-être un jour produire les puissances énormes qu'on obtient, à grands frais, des accélérateurs de particules géants. Pour cela, deux voies : soit augmenter l'énergie fournie par les grands lasers de puissance, ce qui les conduira très vite au gigantisme, soit diminuer le temps pendant lequel cette énergie est émise. En effet, une énergie d'un joule délivrée en une seconde ne produit qu'un watt de puissance. Mais un joule délivré en un millionnième de millionnième de seconde produit mille milliards de watts ! C'est à cette fantastique compression du temps qu'une équipe française vient de parvenir, ce qui a permis à un laser de dimension modeste de rivaliser avec les géants.

PAR BERNARD THESNON

SSION TEMPORELLE



La compression de l'impulsion dans le temps permet une miniaturisation extrême des lasers capables de délivrer de grandes puissances. Le hall d'amplification de Phebus (à droite) mesure plus de 100 m de long, et 20 m de large, celui du nouveau laser à compression temporelle (à gauche) tient sur une table. Leurs puissances respectives sont de 20 et de 2 térawatts (1 térawatt = 1 000 milliards de watts). (Sur la photo de gauche, les carters de protection ont été enlevé pour les besoins de la prise de vue.)

Peu de techniques auront connu un développement aussi rapide que le laser. C'est en juin 1960 que Th. Maiman a fait fonctionner le premier laser à rubis, mis au point dans le laboratoire de recherches de la Hughes Craft Co, en Californie. Aujourd'hui, soit à peine trente ans après cette expérience historique, les chercheurs construisent, souvent dans le plus grand secret, des systèmes aussi révolutionnaires que le laser à compression temporelle et le laser à rayons gamma, et envisagent déjà d'en faire soit des outils de production de l'énergie de demain, soit des instruments à explorer la matière jusque dans ses ultimes recoins.

Il est une chose qu'il faut constamment avoir à l'esprit lorsque l'on parle de laser, c'est qu'il ne s'agit ni plus ni moins que d'un rayonnement concentré, ou, si l'on préfère, d'un concentré de photons. Pour obtenir cette concentration, on utilise, comme le nom l'indique (LASER est l'acronyme de *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, c'est-à-dire "amplification de lumière par émission stimulée de radiation"), le phénomène dit d'"émission stimulée" prédit par Einstein — encore lui ! — dès 1917.

Un atome, rappelons-le, est constitué d'un noyau et d'un certain nombre d'électrons qui tournent autour du noyau et qui forment avec ce dernier un ensemble énergétique. Au repos, l'atome se trouve dans un état d'énergie minimale, appelé "état fondamental". En d'autres termes, et pour employer une image sommaire mais parlante, disons qu'à l'état de repos, les électrons se regroupent sur les orbites les plus basses (les plus proches du noyau). Si l'on fournit à cet atome de l'énergie, soit en lui envoyant des photons, soit en le chauffant, il passe de l'état fondamental à un état "excité", c'est-à-dire qu'un certain nombre d'électrons "sautent" sur une orbite supérieure pour y occuper les places disponibles (***voir dessins p. 36***). Cependant tout atome excité a tendance à retourner à son niveau fondamental, soit directement, soit en passant par des niveaux d'énergie intermédiaires. Pour reprendre l'image utilisée précédemment, on peut dire que les électrons qui sont passés sur des couches supérieures, redescendent sur des orbites inférieures. Ce passage d'une orbite à une autre s'appelle une "transition" et s'accompagne, dans le cas qui nous intéresse, de l'émission d'un photon, lequel emporte l'énergie excédentaire.

La fréquence de l'onde associée au photon émis à l'occasion d'une transition est parfaitement définie. Elle correspond précisément à la différence d'énergie entre l'orbite de départ et l'orbite d'arrivée. Il convient toutefois de préciser que les différences de niveau d'énergie entre les orbites ne sont pas égales : elles se resserrent au fur et à mesure que les orbites sont plus excentriques. Ainsi un électron qui descend

de la quatrième couche à la troisième émet un photon d'une fréquence moins élevée qu'un électron qui passe de la seconde couche à la première. (Inversement, pour faire passer un électron de la première couche à la seconde, il faut lui faire absorber un photon de fréquence plus élevée que pour le faire "sauter" de la troisième à la quatrième.)

Ce qu'a mis en évidence Einstein, en 1917, c'est que l'émission de photons par des atomes qui se "désexcitent" peut se faire de deux manières différentes, qu'il a appelées l'"émission spontanée" et l'"émission stimulée".

Dans l'émission spontanée, les photons rayonnent dans toutes les directions et de manière aléatoire, c'est-à-dire que l'instant où chacun d'entre eux est émis est impossible à prévoir. C'est ce qui se passe, par exemple, lorsqu'un courant électrique chauffe le filament d'une ampoule.

Dans l'émission stimulée, ou induite, la production de photons n'est plus spontanée, mais provoquée par d'autres photons. En effet, quand un atome excité est atteint par un photon, il peut, sous certaines conditions, en émettre un second dont toutes les caractéristiques (fréquence, direction, polarisation, phase) seront identiques à celles du photon stimulateur. La principale condition requise est que le photon "inducteur" ait la même fréquence que le photon susceptible d'être émis par l'atome exité.

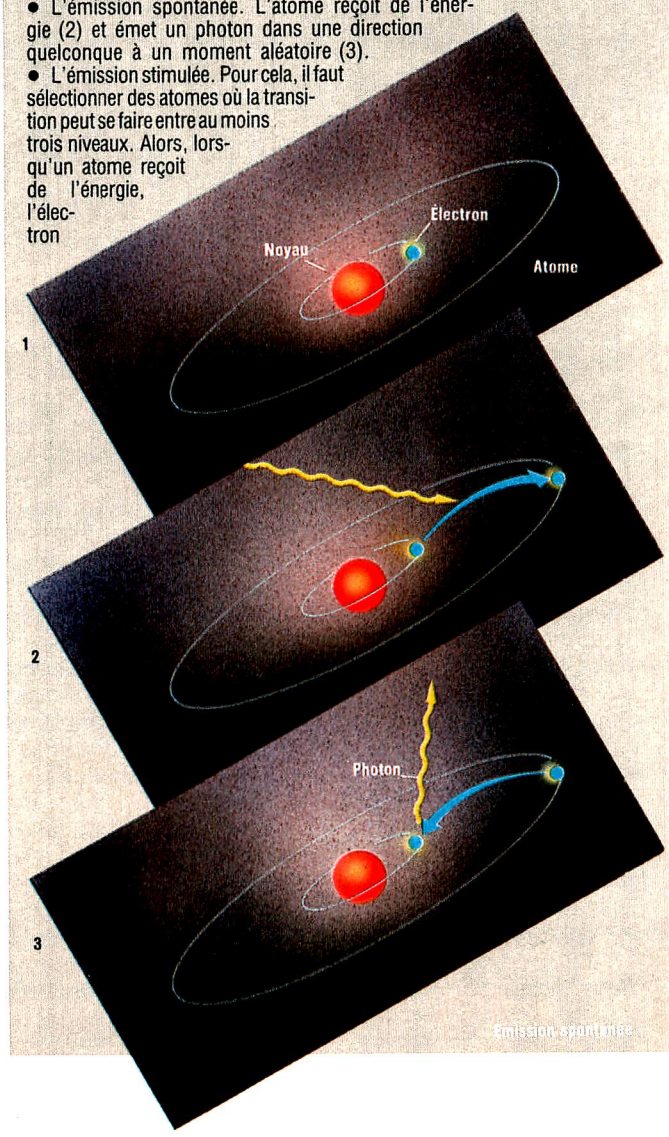
Un dernier point reste à expliquer : l'"inversion de population". Lorsque l'on envoie des photons sur des atomes au repos, ces derniers, ainsi que nous l'avons dit plus haut, les absorbent et deviennent excités. Mais ils se désexcitent rapidement en restituant de façon spontanée le photon absorbé. Si bien que, d'une manière générale, les atomes désexcités sont plus nombreux que les atomes excités. C'est pourquoi, si l'on veut mettre à profit le processus d'émission stimulée, il faut que la population d'atomes excités soit plus élevée que la population d'atomes désexcités : c'est ce que l'on appelle l'inversion de population. Sinon, la majeure partie des photons que l'on enverra sur ces atomes seront absorbés, et perdus (ils n'induiront pas l'émission d'autres photons).

Pour créer artificiellement et entretenir cette inversion de population, on emploie différents procédés dits de "pompage" : décharges électriques, transfert d'énergie entre deux atomes d'espèces différentes, réactions chimiques qui produisent des atomes excités, etc. Mais le procédé le plus couramment utilisé est le "pompage optique" : il consiste à illuminer violemment les atomes avec de puissantes lampes flashes.

À L'ORIGINE DU LASER

Selon la position des électrons par rapport au noyau, les atomes sont dans des états d'énergie différents. Lorsque cette énergie est minimale, l'atome est dit dans son état fondamental (1), dans les autres cas il est dans un état "excité" ; le retour à l'état fondamental s'accompagne de l'émission de photon, selon deux processus différents.

- L'émission spontanée. L'atome reçoit de l'énergie (2) et émet un photon dans une direction quelconque à un moment aléatoire (3).
- L'émission stimulée. Pour cela, il faut sélectionner des atomes où la transition peut se faire entre au moins trois niveaux. Alors, lorsqu'un atome reçoit de l'énergie, l'électron



Afin d'éviter que les atomes excités ne reviennent trop vite à leur niveau d'énergie inférieur, on a imaginé une méthode particulièrement astucieuse. On sélectionne des atomes pour lesquels il est possible de créer une inversion de population. Par un pompage optique adéquat, on excite ces atomes, de façon qu'ils passent, non pas au niveau d'énergie situé immédiatement au-dessus de l'état de repos, mais deux ou trois niveaux plus haut que cet état. S'il y a trois niveaux, le niveau 2 constitue en quelque sorte un réservoir d'énergie, les retombées du niveau 3 au niveau 2 assurant l'inversion de population nécessaire à l'émission stimulée (ces redescentes au niveau 2 se font sans émission de photons).

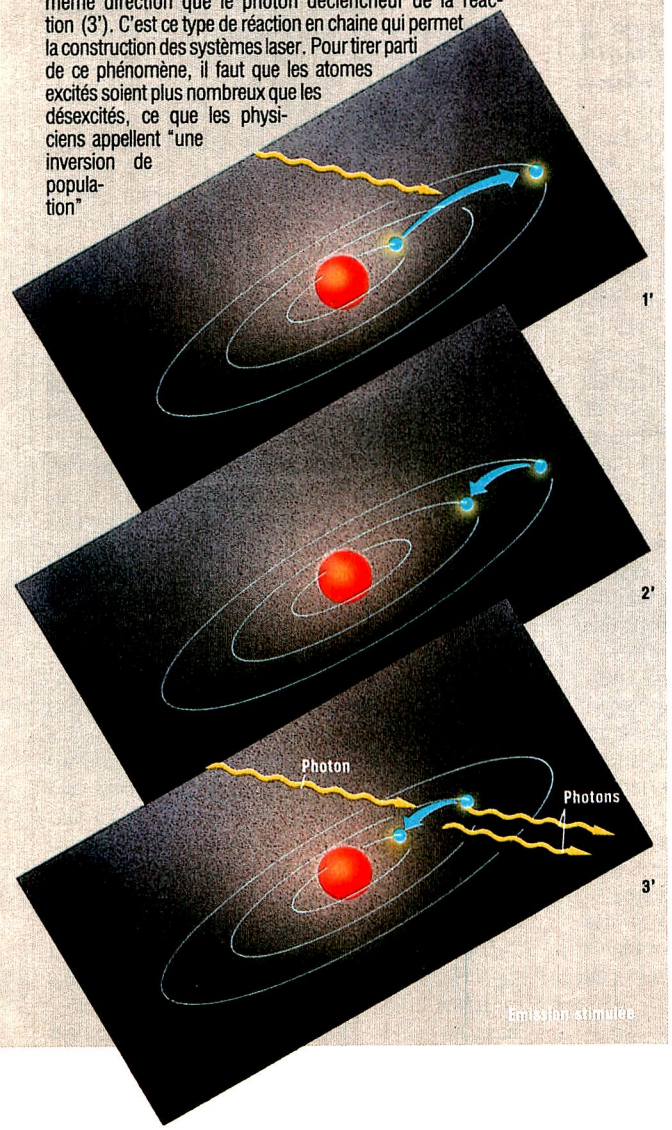
La répétition du processus d'émission stimulée conduit donc à une amplification du rayonnement (***voir dessin p. 39***). C'est tout le principe du laser. En envoyant un faisceau lumineux de fréquence appropriée à travers un milieu constitué d'atomes excités, on "stimule" la production de nouveaux photons, qui viennent renforcer le rayonnement incident, en se propageant dans la même direction que lui, à la même fréquence et avec la même phase.

De ce mode de production découlent toutes les caractéristiques du rayonnement laser. Son intensité d'abord : il peut être plus brillant que le Soleil même avec des lasers de faible puissance. Sa directivité ensuite : le faisceau a une très faible divergence angulaire, c'est-à-dire qu'il reste filiforme sur une très longue distance ; il peut donc être utilisé pour viser des cibles très éloignées (un réflecteur déposé sur la Lune par les astronautes d'Apollo, par exemple) et réaliser des expériences de télémétrie. Sa monochromaticité, en troisième lieu : la radiation émise par un laser occupe une plage de fréquences extrêmement réduite; autrement dit, sa "couleur" est extrêmement pure. Sa cohérence, enfin : toutes les ondes sont en phase ou, plus précisément, les ondes ont, à un instant donné, même phase en tout point d'une section droite du faisceau.

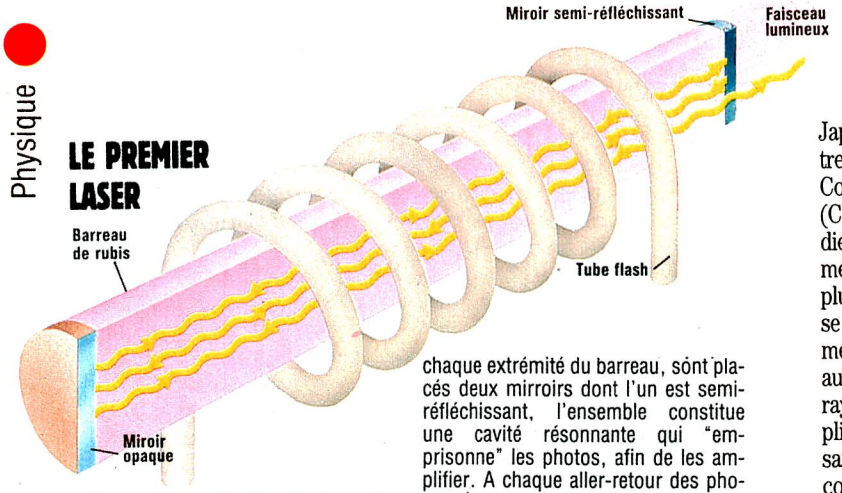
Quant à la nature du milieu amplificateur, laquelle détermine la fréquence du rayonnement laser et confère à celui-ci ses propriétés spécifiques, on peut dire qu'elle a fait l'objet d'expérimentations multiples et variées. Aujourd'hui, il existe : des lasers à gaz, dont le milieu actif est constitué soit par un gaz unique (argon ou xénon), soit par un mélange de deux gaz (hélium et néon ou bien gaz carbonique et azote) ; des lasers à semi-conducteurs, où l'inversion de population est obtenue par un passage massif des électrons de la bande de valence à la bande de conduction

L'ÉMISSION STIMULÉE

ne s'arrête pas au niveau intermédiaire, mais saute directement au niveau supérieur (1'). Il revient ensuite spontanément au niveau intermédiaire, mais sans émission de photon (2') ce qui lui permet de constituer un réservoir d'énergie. Quand un photon identique à celui que peut émettre cet atome frappe cet électron, il y a émission immédiate de deux autres photons ayant la même fréquence (donc la même énergie) et la même direction que le photon déclencheur de la réaction (3'). C'est ce type de réaction en chaine qui permet la construction des systèmes laser. Pour tirer parti de ce phénomène, il faut que les atomes excités soient plus nombreux que les désexcités, ce que les physiciens appellent "une inversion de population"



LE PREMIER LASER



Il se composait d'un barreau de rubis, entouré d'un flash ; les atomes excités par l'éclair sont ceux du chrome présent dans le cristal (Al_2O_3). A chaque extrémité du barreau, sont placés deux mirroirs dont l'un est semi-réfléchissant, l'ensemble constitue une cavité résonnante qui "emprisonne" les photos, afin de les amplifier. A chaque aller-retour des photons, une partie de ceux-ci sortent par le mirroir semi-reflechissant.

C'est le schéma général de tous les lasers à solide.

(en redescendant de la seconde sur la première, ils émettent chacun un photon) ; des lasers à colorants liquides, qui exploitent la fluorescence de certaines molécules organiques, comme les rhodamines.

Cela dit, les systèmes de beaucoup les plus répandus sont les lasers à solides. Dans ce type de lasers, le milieu actif est constitué par des ions métalliques incorporés dans un support cristallin ou vitreux. Ainsi le laser à rubis utilise un barreau de rubis (cristal de corindon AL_2 O_3 contenant des ions de chrome), et le laser à néodyme (un barreau de verre "dopé" avec une terre rare, le néodyme) (1). Dans les deux cas, les ions métalliques, en s'intégrant au support (cristal ou verre), mettent en commun un certain nombre d'électrons avec lui, ce qui a pour effet de modifier considérablement leur état énergétique et les rend capables de transitions à trois niveaux (dans le cas du rubis) ou à quatre niveaux (dans le cas du néodyme).

Dans les lasers à solides, le pompage est réalisé par des lampes flashes disposées tout autour du barreau. A chaque éclair, un certain nombre d'atomes du dopant sont excités. Quand l'inversion de population est réalisée, l'émission stimulée peut commencer.

Après ce rappel de quelques notions de base, indispensables à la compréhension de ce qui va suivre, voyons ce qui, actuellement, se fait de mieux en matière de lasers. Et commençons par les lasers de puissance, tels ceux qui sont utilisés dans les recherches sur la fusion nucléaire contrôlée.

Afin de recréer les conditions de température (quelques millions de degrés) et de pression (des dizaines de millions d'atmosphères) nécessaires au déclenchement d'une réaction de fusion entre des noyaux de deutérium et de tritium, des lasers géants ont récemment vu le jour aux Etats-Unis (Nova), au Japon (Gekko) et en France, au centre d'études de Limeil-Valenton du Commissariat à l'énergie atomique (CEA), (Phébus). Conçus pour irradier une microcapsule contenant le mélange à fusionner, ces lasers, ou plus exactement ces chaînes lasers, se composent de différents éléments disposés les uns à la suite des autres : un oscillateur qui génère le rayonnement pilote ; une série d'amplificateurs qui augmentent la puissance du faisceau ; et, en fin de parcours, un convertisseur de fréquence qui modifie la longueur d'onde de la lumière (pour que l'absorption du rayonnement sur la cible ait un rendement optimal, il faut que la longueur d'onde soit la plus courte possible). Tout au long de la chaîne, sont interposés différents dispositifs annexes : des cellules de Pockels, qui jouent le rôle d'obturateurs, et des rotateurs de Faraday, qui empêchent le retour du faisceau et protègent les amplificateurs.

Examinons ces divers éléments plus en détail. Placé en début de circuit, l'oscillateur, appelé aussi le "pilote", fabrique la vibration initiale. Pour cela, le milieu actif (un barreau de verre dopé au néodyme dans le cas de Phébus), entouré de puissantes lampes flashes qui assurent le pompage, est flanqué à chaque extrémité d'un miroir. Les photons produits par émission stimulée sont ainsi emprisonnés entre les deux surfaces réfléchissantes et retraversent un très grand nombre de fois le milieu actif, induisant à chaque passage de nouvelles émissions photoniques. Quand le rayonnement a atteint son intensité maximale, c'est-à-dire quand les atommes excités ont tous libérés leurs photons, l'un des miroirs, combiné à une cellule de Pockels (***voir dessin p. 40***), s'ouvre comme un obturateur, et le faisceau sort en une impulsion géante de quelques nanosecondes (quelques milliardièmes de seconde). La lumière émise, qui n'est pas rigoureusement monochromatique, est aussitôt remise en forme par un sélecteur de mode, qui ne laisse passer qu'une seule longueur d'onde.

A la sortie du "pilote", le faisceau passe à travers une série d'amplificateurs, eux-mêmes constitués, à l'instar du laser primaire, d'un barreau de verre dopé au néodyme et ceinturé de flashes électroniques dont les éclairs jaillissent juste avant le passage du faisceau. L'ensemble est énergiquement refroidi par un liquide caloporteur (***voir dessin page ci-contre***).

Chaque fois que le faisceau traverse un amplificateur, sa puissance est considérablement renforcée. Cependant, comme la densité de lumière que peut supporter un barreau de verre est limitée (le champ électrique de la lumière est tellement important — plusieurs millions de volts/cm — qu'il peut entraîner

(1) Voir notre article *Voyage au centre des terres rares*, p. 103.

la fracture du barreau), il est indispensable de maintenir cette densité d'énergie lumineuse au-dessous d'un certain seuil. Pour cela, une seule solution : agrandir le diamètre du faisceau chaque fois que ce dernier augmente de puissance.

En conséquence, il faut également accroître le diamètre du barreau de verre d'un amplificateur à l'autre. Toutefois ce diamètre ne peut guère excéder 12 centimètres. En effet, au-delà de cette dimension, il n'est plus possible d'obtenir des barreaux de qualité suffisante. En outre, comme le verre absorbe une partie de la lumière des flashes, le centre du barreau risquerait de ne plus être éclairé, ce qui rendrait le faisceau inhomogène. Pour résoudre ce double problème, on utilise, en fin de chaîne, des amplificateurs dont les barreaux ont été remplacés par des disques de verre (également dopés au néodyme). Ces disques, d'une épaisseur de quelques centimètres, sont disposés de biais sur la trajectoire du faisceau (afin de limiter les pertes par réflexion), et les flashes sont placés de telle façon que leur lumière entre par les faces (elle peut de la sorte irradier les disques en profondeur).

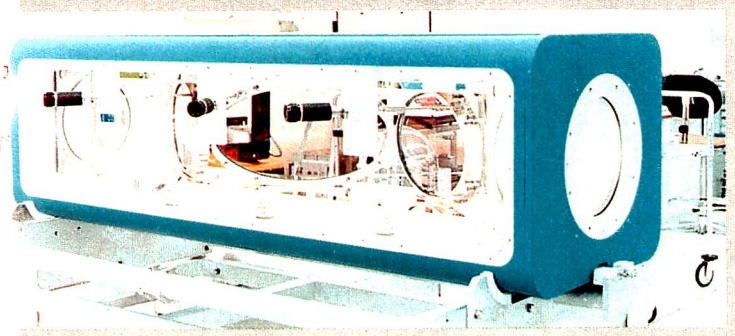
Ainsi, en fin de chaîne, le faisceau de Phébus, après avoir parcouru quelque 250 mètres et traversé une douzaine d'amplificateurs, se retrouve avec un diamètre multiplié par quatorze et une énergie multipliée par dix millions !

Ajoutons que tous les amplificateurs à barreau sont séparés les uns des autres par des cellules de Pockels. Celles-ci ne s'ouvrent qu'à l'instant précis du passage du faisceau et se referment aussitôt après. Cela afin d'éviter que des photons réfléchis par l'extrémité des barreaux ou la cible ne reviennent en arrière, ne se renforcent en retraversant les amplificateurs précédents et ne viennent détériorer les premiers éléments. Un tel "retour de flamme" peut également être provoqué par la cible. Aussi, pour empêcher qu'elle ne renvoie une partie de l'énergie qui la frappe, interpose-t-on un système antiretour sous la forme de rotateurs de Faraday (***voir dessin p. 40***).

Reste, pour obtenir la température et la pression nécessaires au déclenchement d'une réaction de fusion, à focaliser le faisceau, dont le diamètre de sortie, sur Phébus, est de 74 centimètres. Il faut le ramener à un spot de 150 micromètres (millièmes de millimètre), dimension limite imposée par les lois de la diffraction. Pour cela, il est indispensable que le faisceau demeure parfaitement cohérent. Une simple micropoussière sur son trajet pourrait occasionner des différences d'intensité susceptibles d'altérer la focalisation. C'est pourquoi, avec les lasers de puissance, on est obligé de travailler dans des conditions de propreté analogues à celles qui sont pratiquées dans les ateliers de fabrication de puces électroniques.

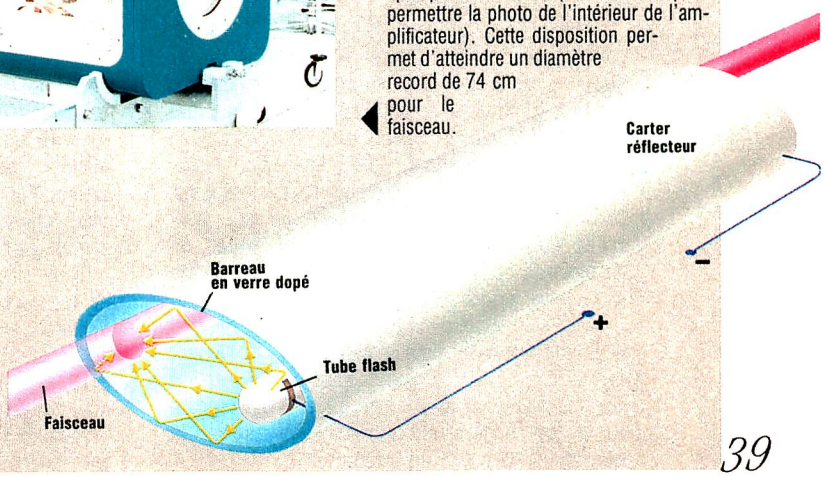
Enfin, ainsi que nous le signalions plus haut, pour que le rayonnement puisse amorcer la fusion à l'intérieur de la microcapsule de verre contenant le mélan-

COMMENT AMPLIFIER LE FAISCEAU LASER



Les amplificateurs à barreau sont constitués d'un barreau de verre dopé au néodyme, situé à l'un des foyers d'un réflecteur de section elliptique. A l'autre foyer est disposé le tube d'un flash électronique, tous les rayons venant du tube sont donc concentrés sur le barreau de verre. Le système baigne dans un circuit de refroidissement (non représenté) qui évacue la chaleur dégagée par le flash et le faisceau. Ces amplificateurs conviennent pour des diamètres du faisceau n'excédant pas 12 cm, passé ce diamètre le verre au néodyme étant relativement opaque la lumière du flash ne peut pas atteindre le centre du barreau.

Les amplificateurs à disques permettent, grâce à une astuce, d'amplifier des faisceaux d'un diamètre supérieur à 12 cm. On remplace les barreaux par des ellipses, disposées en biais dans le faisceau, et on éclaire latéralement le disque ou plutôt l'ellipse par des flashes (ici démontés pour permettre la photo de l'intérieur de l'amplificateur). Cette disposition permet d'atteindre un diamètre record de 74 cm pour le faisceau.



ge deutérium-tritium, il faut encore que la longueur d'onde du faisceau focalisé soit la plus courte possible. Sans entrer dans le détail des interactions complexes entre l'énergie et la matière, disons simplement que la pénétration de la lumière dans un milieu dense est fonction de sa longueur d'onde. Plus l'onde sera longue, plus la lumière sera réfléchie ; plus elle sera courte, plus le rayon sera capable de pénétrer le milieu en profondeur.

Les amplificateurs fonctionnant au verre dopé au néodyme donnent une raie laser dont la longueur d'onde est de 1,06 micromètre, ce qui correspond à l'infrarouge proche, mais encore invisible. Pour abaisser cette longueur d'onde, on fait appel à un convertisseur de fréquence. Grosso modo, il s'agit d'un dispositif qui tire parti de ce que les spécialistes appellent les effets "non linéaires" de certains cristaux. Traversés par un rayonnement de très grande intensité, ces cristaux ont la particularité de générer des "harmoniques" de l'onde incidente, c'est-à-dire, en fait, de doubler sa fréquence — et, donc, de diviser par deux sa longueur d'onde.

Ainsi, en traversant un convertisseur de fréquence constitué de cristaux de di-phosphate de potassium (en abréviation, KDP), le faisceau de Phébus voit sa longueur d'onde passer de 1,06 à 0,53 micromètre, c'est-à-dire que sa lumière qui était jusqu'alors quasi invisible (puisque dans l'infrarouge) devient bleu-vert. Et alors que, avec un faisceau infrarouge, on pouvait focaliser une énergie de 20 kilojoules, on ne dispose plus, après passage dans le convertisseur, que de 13 kilojoules dans le bleu-vert (le convertisseur ne fonctionnant, dans ce cas, qu'à 65 %). Cependant, comme ces 13 kilojoules sont délivrés en un temps extrêmement bref (entre 0,1 et 3 nanosecondes), ils sont largement suffisants pour amorcer la fusion du deutérium et du tritium.

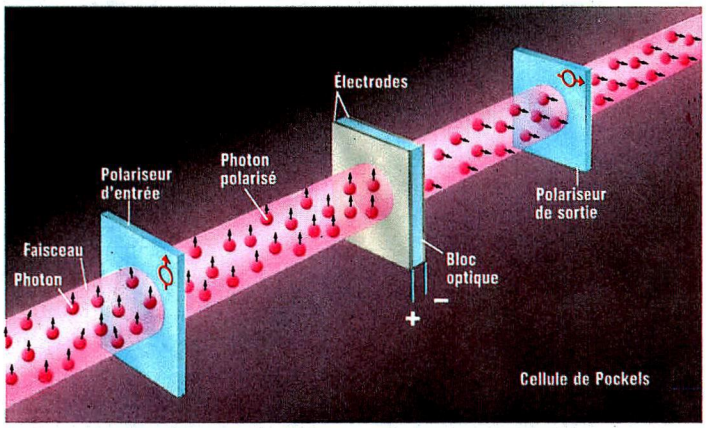
LA PLACE DE LA POLARISATION

Deux dispositifs annexes, mais néanmoins indispensables, sont interposés sur le faisceau lumineux du système laser.

• **La cellule de Pockels** joue le même rôle qu'un obturateur d'appareil photo. Elle est utilisée dans les systèmes laser soit pour sélectionner une impulsion à un instant donné, soit pour faire passer plusieurs fois le faisceau à travers un amplificateur afin d'augmenter le gain de puissance. Le principe de fonctionnement est simple, il repose sur la polarisation de la lumière. Le faisceau traverse, dans un premier temps, un polariseur — tous les photons se trouvent alors polarisés suivant le même angle —, puis passe à travers la cellule de Pockels, un cristal (le phosphate di-acide de potassium, KDP) sur lequel s'appliquent deux électrodes. Si aucune tension n'est envoyée, celle-ci laisse passer le courant sans modifier l'angle de polarisation, et lorsque la lumière arrive sur le second polariseur, orienté à 90° par rapport au premier, celle-ci est arrêtée. Si au contraire une tension est fournie au crystal, celui-ci provoque une rotation de 90° de l'angle de polarisation du faisceau qui peut alors franchir le polariseur de sortie, la cellule est "ouverte". C'est un obturateur ultra-rapide.

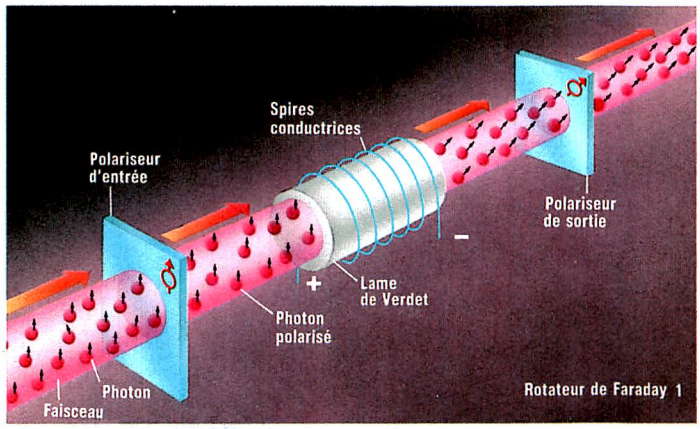
• **Le rotateur de Faraday** est un dispositif "antiretours". Il utilise la "lame de Verdet" qui provoque aussi la rotation de l'angle de polarisation de la lumière, mais le sens de cette rotation est indépendant du sens de propagation du faisceau.

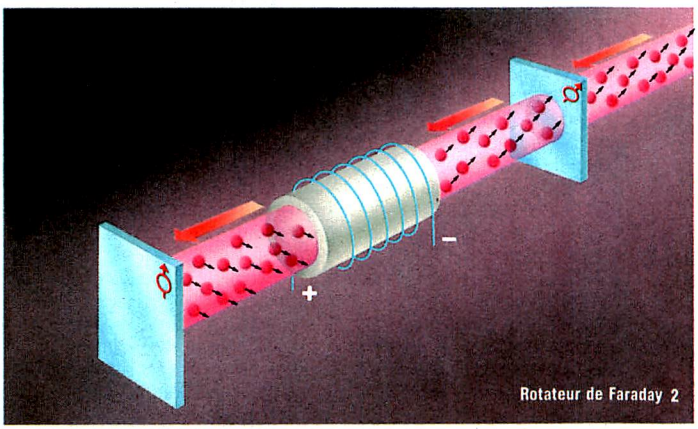
Ainsi, le faisceau, après avoir traversé le premier polariseur, subit dans la "lame de Verdet" une rotation de son angle de polarisation de 45° puis traverse, sans être arrêté, le second polariseur ouvert à cet angle.



Ce qui, en revanche, est nettement insuffisant pour une production industrielle d'énergie, c'est la cadence des tirs. Il faut actuellement plusieurs heures pour refroidir tout l'appareillage avant de procéder à un nouveau tir. Dans l'immédiat, les lasers géants semblent donc être davantage d'appréciables outils de recherche que les instruments de production d'une énergie économiquement rentable.

Très prometteurs, mais dans un tout autre domaine, les lasers à compression temporelle utilisant une technique proposée par le Français Gérard Mourou, ces lasers miniatures sont capables de délivrer une puissance supérieure à deux térawatts (deux mille milliards de watts). Les lasers à ultra-haute intensité — c'est leur nom officiel — tirent leur efficacité de leur capacité à restituer en un temps record l'énergie





Lorsqu'un faisceau réfléchi, venant par exemple de la cible, revient en marche arrière : après avoir traversé le second polariseur, il subit, lui aussi, une rotation de son angle de polarisation de 45° en traversant la "lame de verdet" et en sort avec un angle de polarisation ayant subi, au total, une rotation de 90° par rapport à l'angle du faisceau entrant. Ce faisceau en "sens-interdit" se trouve donc arrêté par le polariseur d'entrée fermé pour cet angle ! Ce dispositif permet de protéger les systèmes optiques en amont.

qu'ils ont accumulée.

Il faut se souvenir en effet que la puissance (qui s'exprime en watts) est le quotient de l'énergie (en joules) par le temps (en secondes) pendant lequel cette énergie est mise en œuvre. Ainsi un système qui fournit une énergie de 1 joule pendant 1 seconde a une puissance de 1 watt. Mais s'il délivre cette même énergie en 1 dixième de seconde, il a une puissance de 10 watts ; en 1 milliardième de seconde, une puissance de 1 milliard de watts...

Il existe donc deux moyens d'augmenter la puissance d'un système : soit accroître l'énergie qu'il fournit, soit diminuer le temps pendant lequel l'énergie est fournie. Jusqu'ici on s'est surtout intéressé à la première de ces deux voies, et cela a donné des "monstres" du type Phébus ou Nova, qui occupent quelques dizaines de milliers de mètres carrés et sont capables de fournir une énergie de plus de 10 000 joules en une nanoseconde (1 milliardième de seconde). Ces machines ont une puissance qui dépasse les 10 000 milliards de watts (10 térawatts).

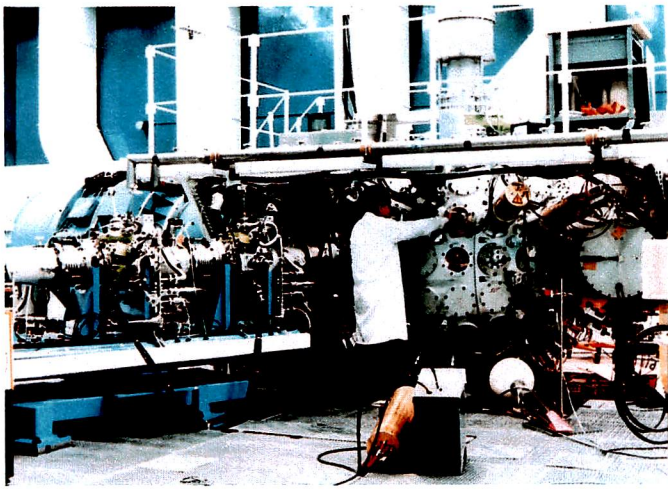
En comprimant davantage le temps d'émission de l'impulsion, les nouveaux lasers parviennent à des puissances de deux térawatts, mais avec une énergie 10 000 fois plus faible (1 joule). De plus, comparés aux précédents, ce sont des engins lilliputiens. Ainsi le laser à compression temporelle réalisé à l'Institut de recherche fondamentale du CEA à Saclay par Michel Ferray, Louis-André Lompré et Gérard Mainfray tiendrait aisément dans une modeste chambre de bonne. C'est actuellement le plus puissant laser de ce type au monde.

Décrire l'arrangement d'un tel laser, c'est aussi en exposer le principe. En début de chaîne, se trouve un oscillateur, qui, comme le "pilote" des grosses machines, donne l'oscillation initiale. Dans le cas présent, il délivre un train d'impulsions de très courte durée. A sa sortie, un système optique prélève une de ces impulsions et l'injecte dans une bobine de fibres optiques de 800 mètres. de long. La silice (Si O) qui compose les fibres optiques a en effet la propriété d'élargir le spectre du rayonnement qui le traverse. Ainsi l'impulsion fournie par l'oscillateur, (c'est-à-dire en fait par un laser primaire) et qui était pratiquement monochromatique (elle ne contenait qu'une seule longueur d'onde), se retrouve, après son passage dans l'enroulement de fibres optiques, "étalée" sur une plage de longueurs d'onde situées de part et d'autre de la longueur d'onde originelle et augmentée dans sa durée (les différentes longueurs d'onde ne se propagent pas à la même vitesse dans la fibre) (***voir dessin p. 44***).

Cette impulsion "étalée" spectralement et tempo-

rellement est alors renforcée de la manière la plus classique qui soit par une batterie de six amplificateurs verre-néodyme, qui portent son énergie à environ 1 joule. C'est à la sortie des amplificateurs que se trouve la pièce maîtresse du système : le compresseur, qui va réduire la durée de l'impulsion et, par là même, augmenter sa puissance.

Le compresseur se compose de deux réseaux de diffraction parallèles. Le réseau est une plaque de verre réfléchissante sur laquelle ont été gravées un très grand nombre de lignes parallèles (plus de 1 800 au millimètre) et qui se comporte exactement comme un prisme : il décompose la lumière incidente en autant de rayons qu'elle contient de longueurs d'onde. Mais ces rayons, à la sortie de la fibre, n'apparaissent pas tous en même temps : ceux qui correspondent aux longueurs d'onde les plus grandes sortent en premier, suivis au fur et à mesure par ceux qui ont des longueurs d'onde inférieures. Il suffit alors de disposer judicieusement les réseaux pour faire parcourir aux retardataires un trajet moins long, qu'ils rattrapent ainsi les autres et que tous arrivent en même temps. C'est ainsi que l'on parvient à comprimer l'impulsion en un flash qui n'excède guère la picoseconde, soit 1 000 fois moins que l'impulsion délivrée par les mastodontes de type Phébus ou Nova.



Fusion dans la chambre d'expérience de Phébus. La photo ci-contre a été prise à l'intérieur de la chambre d'expérience (photo ci-dessus) d'un diamètre de 2,3 m, elle est en alliage d'aluminium de 12 cm d'épaisseur. C'est là où sont focalisés les deux faisceaux laser — venant à la rencontre l'un de l'autre —, sur une microcapsule placée au centre de la sphère et remplie d'un mélange de deutérium et de tritium à parts égales. En absorbant l'énergie du rayonnement, le mélange se trouve porté à des conditions de température — des millions de degrés — et de pression suffisantes pour déclencher une réaction de fusion thermonucléaire. La preuve d'une réaction de fusion est apportée par l'emission d'une bouffée de neutrons détectée par l'appareil de cuivre cylindrique que l'on voit démonté sur le devant de la photo ci-dessus, c'est un scintillateur associé à un photomultiplicateur. Ce cliché a été pris avec un appareil disposé sur une des ouvertures de la chambre. L'objectif est un simple trou de quelques microns de diamètre et la pellicule est un film sensible au rayons X. Les couleurs ont été reconstituées par traitement informatique.

Malgré la faiblesse de l'énergie mise en oeuvre (1 joule), le résultat sur le plan de la puissance est prodigieux, car 1 joule en 1 pîcoseconde, cela donne une puissance de 1 térawatt (ou, rappelons-le, 1 000 milliards de watts).

Les physiciens attendent beaucoup de cette nouvelle génération de lasers. Il se pourrait en effet qu'elle permette d'accéder à des domaines jusqu'alors inexplorés. Une fois focalisée, la lumière d'un laser à compression temporelle est d'une intensité telle que le champ électrique associé à l'onde lumineuse (toute vibration électromagnétique est composée d'un champ électrique et d'un champ magnétique) est supérieur au champ électrique qui lie les électrons au noyau. On se trouve là dans une situation entièrement nouvelle et que l'on commence tout juste à explorer. Déjà, on a réussi avec un tel laser à éplucher des noyaux de presque tout leur cortège d'électrons. Les ions ainsi créés sont d'un immense intérêt, car, ils émettent dans les très hautes fréquences (l'ultraviolet lointain, au seuil du rayonnement X).

En adaptant le procédé de la compression temporelle aux lasers de grande puissance, comme Phébus ou Nova, on pourrait sans doute agir sur la structure nucléaire elle-même : excitation du noyau et pompage d'émission stimulée à l'intérieur du noyau (les nucléons qui composent le noyau, comme les électrons qui gravitent autour de lui, peuvent être excités et passer par différents niveaux d'énergie). Il devrait même être possible de créer, à partir d'un photon, une paire électron-positon, car, au-delà d'une certaine fréquence, les photons se rematérialisent. Ce phénomène, bien connu dans le cosmos, n'a encore jamais été reproduit par l'homme.

Enfin, la concentration d'une énergie très importante dans un laps de temps extrêmement bref pourrait, dans un avenir proche, devenir une technique d'investigation de la matière aussi efficace que les accélérateurs géants. Elle pourrait même remplacer ces derniers là où leur utilisation est impossible en raison des dimensions qu'ils devraient avoir (par exemple, la mise en évidence du graviton, boson vecteur de la force gravitationnelle, exigerait la construction d'un accélérateur plus grand qu'une galaxie !).

Cela étant, la dernière nouveauté est le laser à

rayons gamma.

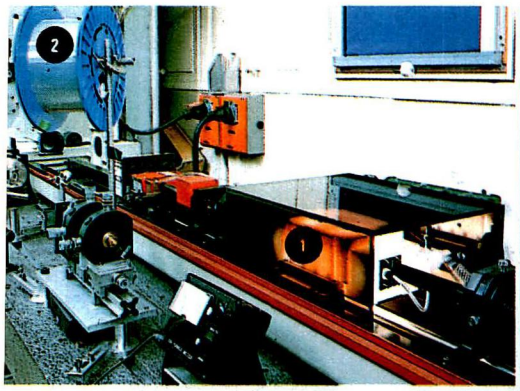
L'idée de faire des lasers fonctionnant sur des fréquences bien supérieures à celles du spectre visible est née avec le lancement de ce que l'on a appelé la "guerre des étoiles". Désireux de posséder une arme qui puisse détruire les missiles nucléaires ennemis à des milliers de kilomètres de distance et de façon instantanée (sitôt qu'ils seraient repérés), les stratèges américains ont tout naturellement pensé au rayon laser. Mais, pour pouvoir percer la carapace métallique qui entoure un missile, ce rayon devrait être très énergétique. Or l'énergie transportée par un photon est proportionnelle à sa fréquence. L'idéal serait donc de pouvoir mettre au point des lasers émettant dans la gamme de fréquence des rayons X ou des rayons gamma.

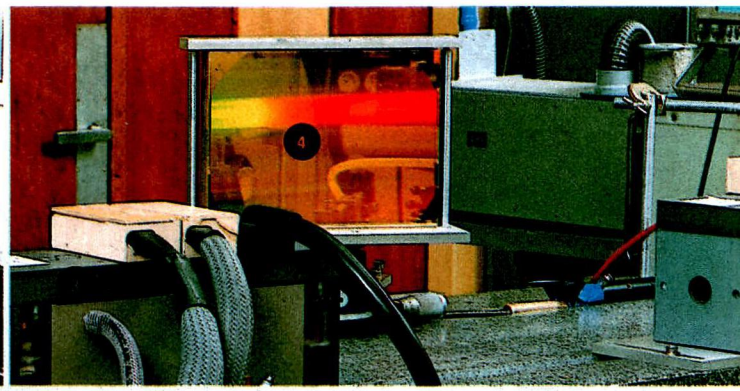
Toute une littérature a alors paru sur ce sujet, relevant souvent de la plus pure affabulation. On a été jusqu'à parler de lasers à rayons X dont le pompage serait assuré par l'explosion souterraine de bombes thermonucléaires. Il a fallu attendre plusieurs années avant que des informations enfin crédibles commencent à filtrer.

C'est que la conception et la fabrication d'un laser fonctionnant dans les très hautes fréquences (X ou gamma) n'est pas une mince affaire. Dans les lasers que nous avons étudiés jusqu'ici, l'émission stimulée provient de la transition d'électrons d'une couche à une autre, et la fréquence des photons émis à cette occasion est d'autant plus élevée que les couches en

Une alimentation de flash à l'echelle de Phébus. Seul est visible le tiers de la batterie de 1 500 condensateurs.

LES PIÈCES MAITRESSES DU LASER A COMPRESSION TEMPORELLE





En sortant de l'oscillateur (**1**), l'impulsion monochromatique passe à travers la fibre optique enroulée sur la bobine (**2**) où elle subit un allongement de sa durée mais aussi un étalement de son spectre de fréquence. Après amplification (**3**), elle va être compressée dans le temps par un système composé de deux réseaux de diffraction (**4**) disposés parallèlement qui décomposent successivement la lumière en autant de rayons qu'elle contient de longueurs d'onde. Les photons de grande longueurs d'onde qui sont sortis les premiers de la fibre suivent un chemin plus long que ceux de plus courte longueur d'onde, de sorte qu'ils arriveront tous en même temps sur la cible donnant une impulsion d'un millionième de millionième de seconde et d'une puissance de 2 mille milliards de watts.

question sont plus près du noyau.

Mais pour obtenir des photons de fréquence X ou gamma, c'est près du noyau ou au cœur même de celui-ci qu'il faut aller les chercher. En effet, aussi étonnant que cela puisse paraître, il existe à l'intérieur du noyau une situation analogue à celle que l'on trouve à l'extérieur. Les nucléons, c'est-à-dire les protons et les neutrons qui constituent le noyau, sont disposés en couches superposées, qui ont chacune un niveau d'énergie bien défini. Comme pour l'électron, la transition d'un nucléon d'une couche plus énergétique vers une couche moins énergétique s'accompagne de l'émission d'un photon. Mais, étant donné que, à l'intérieur du noyau, les niveaux d'énergie sont très élevés, les photons libérés à l'occasion de ces transitions ont automatiquement une très haute fréquence (dans la gamme gamma).

Partant de là, on se dit que, pour faire un laser X ou gamma, il suffirait de transposer le mécanisme bien connu de la dynamique électronique à la dynamique des nucléons. Seulement voilà, si la dynamique des électrons ("l'électrodynamique quantique"), dont les premiers jalons ont été posés au début de ce siècle, est depuis des années parfaitement connue et maîtrisée, il n'en va pas de même de la dynamique des composants du noyau.

C'est en 1947 seulement que deux physiciens américains, Baldwin et Klaiber, découvrirent que le noyau pouvait osciller et entrer en résonance. On peut expliquer ce phénomène de la façon suivante. Les nucléons qui constituent le noyau sont liés entre eux par la force nucléaire (les gluons). Mais cette force peut avoir deux orientations : elle est attractive lorsque les nucléons s'éloignent, et répulsive lorsqu'ils se rapprochent. Tout se passe comme si les nucléons étaient de petites sphères dures reliées entre elles par des ressorts. A l'état de repos, ces ressorts ont une position d'équilibre, mais si l'on tire dessus, ils ont une action attractive, et si on les pousse, ils ont une action répulsive.

L'ensemble du noyau constitue donc un système oscillant. S'il reçoit un choc (un photon, par exemple), il s'éloigne de son état stable et y revient progressivement en oscillant autour de sa position d'équilibre. En outre, comme pour tout système physique en vibration, la réponse est maximale lorsque la fréquence de la stimulation (disons celle du photon) coïncide avec celle de l'oscillation du noyau. On a alors ce que l'on appelle une "résonance géante". Ce sont précisément ces oscillations et ces résonances géantes que Baldwin et Klaiber observèrent en bombardant des noyaux avec des photons gamma de différentes énergies.

Après cette découverte capitale, la dynamique nucléaire s'enlisa dans des théories multiples et souvent contradictoires, dont aucune n'était vraiment satisfaisante pour l'esprit.

On en était là au début des années 60, quand la réalisation des premiers lasers vint relancer l'intérêt pour le comportement oscillant des noyaux. Certains physiciens pensèrent que, puisque l'on pouvait mettre un noyau en résonance géante en le bombardant, soit avec un neutron, soit avec un photon accordé à sa fréquence, ce serait bien le

diable si, soumis à un tel traitement, un nucléon ne finissait pas par changer de couche, passant à un niveau supérieur d'énergie. Après quoi, il ne lui resterait plus qu'à revenir à son niveau originel, en libérant un photon, tout comme un vulgaire électron, à cette différence près qu'il s'agirait cette fois d'un photon gamma.

Le raisonnement était judicieux, mais on était encore loin du laser gamma. L'émission spontanée d'un photon, si énergétique soit-il, n'a jamais donné un faisceau cohérent. Nous l'avons dit et répété : pour qu'il y ait rayonnement laser, il faut une émission "stimulée". Or celle-ci suppose une transition sur au moins trois niveaux : un niveau réservoir où sont stockés les éléments excités ; un niveau d'émission où les éléments sont soumis au rayonnement stimulateur, et un niveau de base où retombent les éléments désexcités.

Il convenait donc en premier lieu de trouver des noyaux dont l'organisation interne comportât au moins trois couches, ou trois niveaux d'énergie. Un physicien américain de l'université du Texas, C. Collins, s'attela à la tâche en 1979. Il passa en revue tous les éléments du tableau de Mendéléiev, soumettant chacun à un rayonnement X très énergétique, afin de provoquer une résonance géante et de voir si une émission cohérente se produisait.

N'ayant rien trouvé qui répondît à son attente, il se tourna vers ce que l'on peut appeler des éléments "monstres" : les isomères nucléaires. Un noyau isomère d'un élément donné a le même nombre de nucléons que le noyau normal, donc le même numéro atomique et la même masse atomique, mais pas la même énergie. Cela provient du fait que les nucléons ne sont pas "arrangés" de la même façon, certaines couches du noyau isomère étant plus peuplées que les mêmes couches du noyau normal. Ayant le niveau d'énergie le plus bas, le noyau normal, appelé aussi "fondamental", est stable. En revanche, le noyau isomère est dans un état dit "métastable", c'est-à-dire un état qui peut perdurer tant qu'il n'est pas soumis à de grosses perturbations, mais qui bascule vers l'état fondamental dès que le trouble devient important. Les isomères nucléaires peuvent être formés naturellement à l'occasion de cataclysmes cosmiques (explosions de supernovae) ou produits artificiellement par un très énergétique bombardement neutronique (dans les centrales nucléaires, par exemple).

Soumettant les noyaux isomères qu'il avait réussi à se procurer, au même processus expérimental qu'auparavant, Collins obtint un effet de rayonnement cohérent avec une trentaine d'entre eux. Le plus "performant" fut le tantale (^{180}Ta), dont l'état excité dure suffisamment longtemps pour que puisse être maintenue l'inversion de population nécessaire à une émission gamma stimulée.

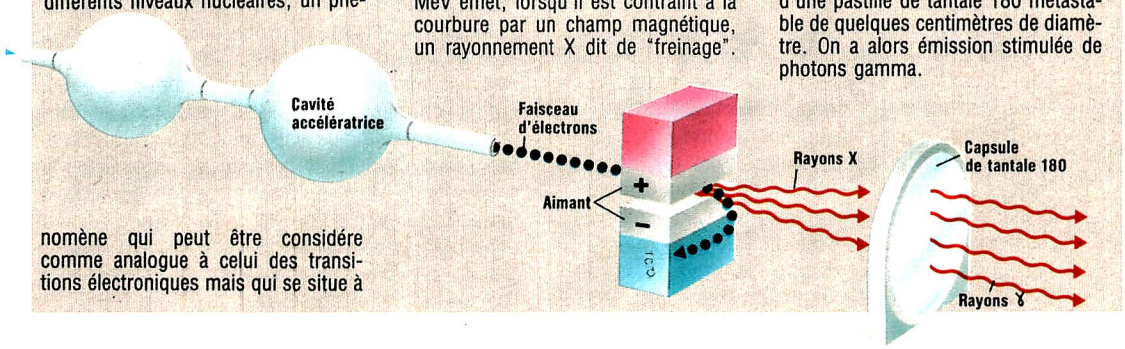
Cet isomère du tantale existe à l'état naturel à la surface de la Terre, mais sa faible abondance et la complexité de sa purification en font une matière hors de prix : 40 000 dollars pour quelques dizaines de milligrammes ! Cependant il pourrait être fabriqué à meilleur compte par un bombardement neutronique approprié.

En résumé, on sait aujourd'hui que le laser gamma est faisable. D'ailleurs quelques prototypes sont actuellement en cours d'expérimentation. Ils intéressent non seulement les militaires, mais tous les physiciens, car les perspectives qu'ouvrent ces lasers "du troisième type" sont vraiment sans limites. A cause de leur extraordinaire puissance, d'abord ; mais surtout parce que, grâce à eux, on espère pouvoir un jour extraire, sans nuisances et sans déchets, l'énergie la plus abondante qui soit : celle des noyaux atomiques.

Bernard Thesnon

LE LASER A RAYONS GAMMA

Dans ce prototype, le rayonnement cohérent vient de transitions entre les différents niveaux nucléaires, un phénomène qui peut être considéré comme analogue à celui des transitions électroniques mais qui se situe à l'intérieur du noyau. Un faisceau d'électrons issu d'un accélérateur de 5 MeV emet, lorsqu'il est contraint à la courbure par un champ magnétique, un rayonnement X dit de "freinage". Ce rayonnement est utilisé pour exiter les nucléons (protons et neutrons) d'une pastille de tantale 180 métastable de quelques centimètres de diamètre. On a alors émission stimulée de photons gamma.



PRÉVOIR LA FOUDRE

Un nouveau système de détection, baptisé SAFIR, commercialisé par une société française, permet pour la première fois de localiser la foudre avant qu'elle ne tombe. Voire, avant même qu'elle ne se forme, au cœur des nuages.

C'est presque toujours dans les cumulo-nimbus, nuages colossaux qui s'étirent parfois de 1 000 à 15 000 m d'altitude, qu'apparaissent les orages. Grâce à SAFIR (Système de surveillance et d'alerte foudre) on sait maintenant osculter ces nuages, pour y repérer la foudre "en formation" avant même qu'elle n'ait frappé.

PAR PATRICE LANOY

Chaque année, la France est foudroyée près de deux millions de fois, et les dégâts occasionnés par cette ire du ciel se chiffrent en milliards de francs. En tombant au début du mois de juillet dernier sur le centre spatial français de Kourou, en Guyane, la foudre a même grillé quelques circuits du banc d'essai du satellite *TV-Sat 2*, retardant ainsi d'une semaine le 33e lancement d'Ariane.

Chaque année, les réseaux de transport et de distribution électrique sont frappés par des dizaines de milliers de coups de foudre, et d'innombrables équipements électroniques ou industriels sont anéantis.

Mais surtout, la foudre tue : le 22 juillet dernier, six personnes périssaient foudroyées dans l'Etat du Bihar, à l'est de l'Inde. Trois jours plus tard, deux hommes trouvaient une mort semblable dans le sud de la France, ainsi qu'une jeune femme, écrasée par un arbre foudroyé dans le département de la Manche. Si les dispositifs de protection, et aujourd'hui de détection, contre la foudre ne s'amélioraient pas d'année en année, les accidents, à n'en pas douter, seraient beaucoup plus nombreux.

Ces forces du ciel, comment se déclenchent-elles ? Tout commence par l'ascension d'une masse d'air chaud et humide. Ascension provoquée soit par l'arrivée d'un front froid (orages cycloniques), soit sous l'effet d'un réchauffement local du sol (orages de chaleur).

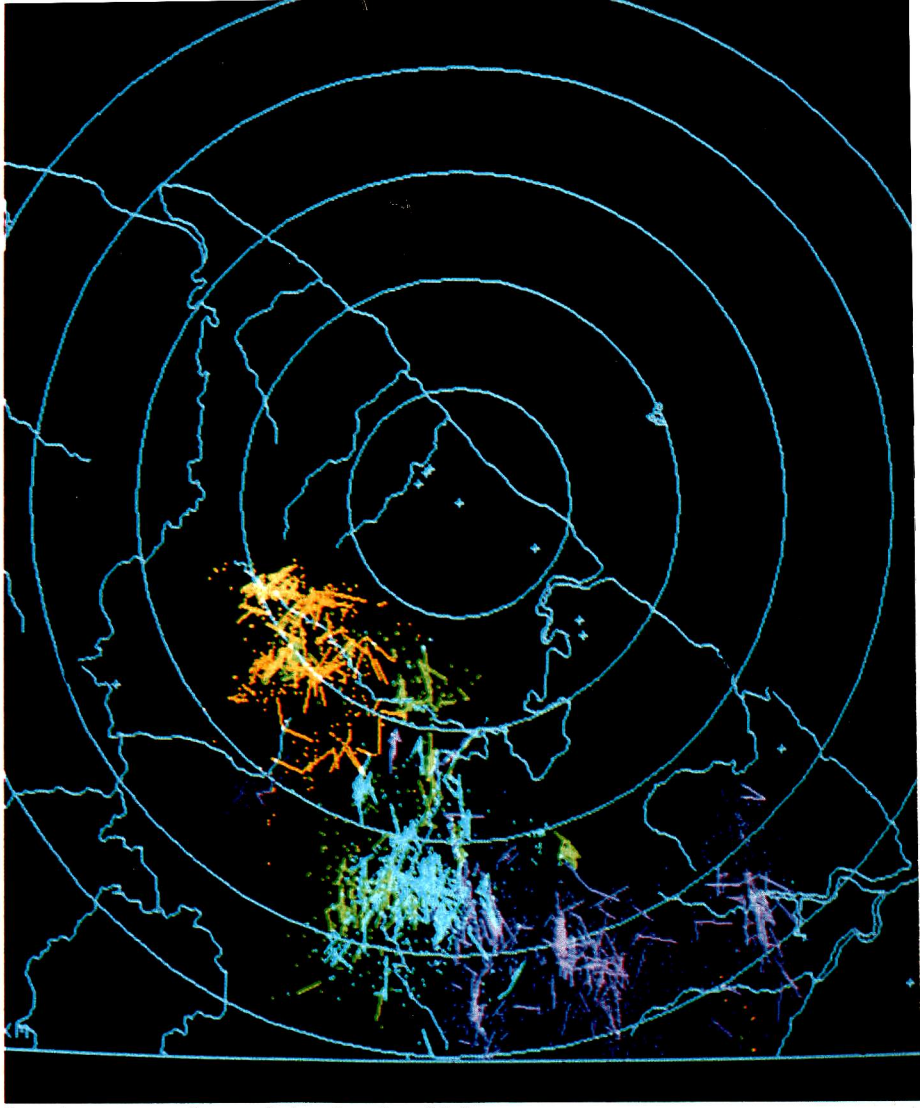
A mesure que cette masse d'air s'élève, sa pression diminue, et elle se refroidit. A partir d'une altitude voisine de 3 km, la vapeur d'eau qu'elle recèle commence à se condenser, selon le même phénomène qui rend notre haleine visible par temps froid, ou qui dessine dans le ciel les traces d'avions volant à haute altitude. Le nuage d'orage devient visible. A mesure qu'il grossit et continue son ascension, les courants horizontaux qui balayent la stratosphère lui donnent progressivement une forme d'enclume, caractéristique du cumulo-nimbus.

Et la foudre, dans tout ça ? Parallèlement à ces phénomènes thermodynamiques, il se produit, au sein du nuage en formation, une séparation des particules qui le composent selon leur charge électrique : la base du nuage se charge négativement, le sommet positivement.

La raison ? Personne, aujourd'hui encore, ne la connaît vraiment. Peut-être faut-il la chercher dans les changements de phase des gouttelettes d'eau, qui se congèlent sous forme de cristaux à mesure que le nuage prend de la hauteur. Mais ce processus ne suffit probablement pas, à lui seul, à expliquer la séparation des charges électriques dans les nuages d'orage. Et la plupart des spécialistes s'accordent à penser que plusieurs mécanismes, liés à la circulation interne du nuage, contribuent simultanément à l'apparition du phénomène.

Quoi qu'il en soit, les faits sont là : lorsqu'il atteint sa maturité, le nuage d'orage, prêt à éclater, s'est transformé en un vaste dipôle électrique. Dans le même temps, les charges négatives disposées à sa base, attirent par induction les charges positives du sol : chargé en temps normal d'électricité négative, ce dernier voit s'inverser son champ électrique, qui croît dans de fortes proportions jusqu'à atteindre 3 à 10 kilovolts/m. Dès lors, du ciel à la Terre, tout est en place pour que se déclenche la foudre.

Lorsque le champ électrique entre le nuage et le sol atteint 200 à 300 kV/m, l'air, normalement isolant, devient brusquement conducteur. Une rafale de décharges électriques part alors du nuage, formant une onde d'ionisation qui descend jusqu'au sol à la vitesse d'un millier de km par seconde. En réponse, la Terre envoie en direction du nuage un "trait de retour", une série de décharges qui remonte à la vitesse proche de 100 000 km/s — soit un tiers de la vitesse de la lumière — le long du canal ionisé.



Dans les nuages, des myriades de micro-éclairs. Sur des écrans du centre spatial guyanais de Kourou, on examine l'activité électrique des nuages d'orage. SAFIR y repère et compte les micro-éclairs pour établir une "carte du risque" d'apparition de la vraie foudre, celle qui frappera le sol. Le risque est exprimé par des couleurs : du violet, le moins actif, au jaune, le plus dangereux, en passant par le bleu et le vert.

Chauffé brutalement à une formidable température (environ 25 000°C), ce dernier se transforme immédiatement en un véritable arc électrique et devient lumineux : c'est l'éclair proprement dit.

L'émission par la Terre de ce trait de retour, indispensable à la formation de la foudre, est d'autant plus facilité que l'air est déjà ionisé au voisinage du sol. C'est la raison pour laquelle les objets pointus et élevés, antennes, clochers ou pylones, en renforçant localement le champ électrique, semblent "attirer" la foudre, de préférence aux sols plats.

Le même principe explique le fonctionnement du paratonnerre, dont l'extrémité supérieure est toujours située à une hauteur plus élevée que celle du bâtiment qu'il est censé protéger. Contrairement à une idée trop souvent répandue, le rôle du paratonnerre n'est donc pas d'éloigner la foudre, mais bien au contraire de l'attirer et de l'empêcher ainsi de tomber ailleurs. Bien meilleur conducteur que la maçonnerie avoisinante, le fil métallique dont il est constitué canalise et conduit jusqu'au sol le très fort courant électrique engendré par la foudre qui, de la sorte, n'endommage pas le bâtiment.

En théorie, tout paraît donc simple. Dans la pratique, hélas, c'est une autre histoire. Mystérieuse et imprévisible, la foudre, chaque année, continue ses ravages. Où va-t-elle tomber ? Avec quelle violence ? Certaines régions sont-elles plus souvent frappées que d'autres ? Comment se déplacent les fronts d'orage ? Autant de questions trop souvent encore sans réponse, qui expliquent les intenses

efforts de recherches menés dans le monde pour décrypter les modalités d'action du capricieux phénomène.

Sécurité oblige, ces recherches se sont, dans un premier temps, portées sur l'identification des menaces dues à la foudre. Depuis une dizaine d'années, les études en vol au milieu de nuages d'orage, menées par des pilotes aguerris à bord de véritables avions-laboratoires bardés de capteurs, se sont ainsi multipliés afin de mesurer les divers paramètres de la foudre.

Provoquer. De leur côté, les chercheurs du Centre d'études nucléaires de Grenoble (CENG) parvenaient à mettre au point, dans les années 1970, ce dont les physiciens rêvaient depuis toujours : une méthode permettant, en lançant depuis le sol une petite fusée de type paragrêle équipée d'un fil de cuivre jouant le rôle d'un très long paratonnerre, de déclencher la foudre à volonté.

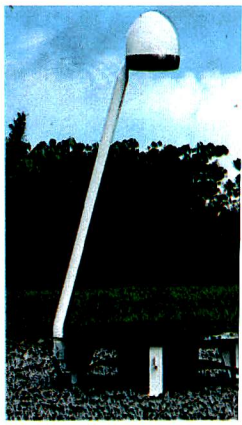
Depuis 1973, les habitants de Saint-Privat d'Allier (Haute-Loire), dans le Massif Central, voisinent ainsi avec la première station expérimentale terrestre de déclenchement artificiel de la foudre. Installée sous l'égide de la Direction des études et recherches d'EDF et du Commissariat à l'énergie atomique (CEA), celle-ci est rapidement devenue l'un des principaux points de rencontres de tous ceux, ingénieurs et physiciens, qui s'intéressent de près ou de loin à ce phénomène. L'Office national d'études et de recherches aérospatiales (ONERA), le Centre national d'études des télécommunications (CNET), l'Institut d'optique et de physique du globe (IOPG), l'Institut national des sciences de l'univers (INSU) : une dizaine d'équipes françaises utilisent désormais régulièrement le déclenchement artificiel de la foudre, pour explorer des thèmes de recherches aussi divers que l'étude de son rayonnement électromagnétique, la répartition des charges électriques dans les nuages ou la protection des lignes de transports et de télécomunications.

Plus généralement, la France et les Etats-Unis ont entamé en coopération, il y a maintenant dix ans, un vaste programme de recherche et d'expérimentation sur la foudre et ses conséquences. Depuis 1981, chaque été, des expériences analogues à celles menées à Saint-Privat d'Allier ont lieu au Nouveau-Mexique et surtout en Floride, au Kennedy Space Center d'où partent les fusées du programme Apollo.

Si le déclenchement artificiel de la foudre offre aux chercheurs un matériel idéal pour explorer ses mécanismes intimes, cette méthode devient en revanche d'un piètre secours dans la détection immédiate des "vrais" éclairs — qui, eux, tombent où ça leur chante avec les effets dévastateurs et parfois meurtriers que nous avons dit. C'est donc d'une toute autre technologie que sont venus, ces derniers temps, les très importants progrès enregistrés en matière de prévention contre la foudre. Plus précisément, de nouveaux systèmes de localisation, développés ces dernières années et fondés sur la détection électromagnétique de la foudre, qui permettent aujourd'hui de surveiller cette dernière avec une précision de l'ordre du km².

Surveiller. Echange de bons procédés, le premier d'entre eux nous est venu des Etats-Unis. Mis au point dans le cadre du programme de recherche américain sur la protection contre la foudre, ce système de capteurs, dit LLS (*Lightening Location System*), enregistre les ondes électromagnétiques longues émises lorsqu'un éclair se produit entre un nuage et le sol, avec une précision allant de 1 à 3 km dans un rayon de 300 km.

Installé depuis deux ans sur le territoire français par la société Météorage-Franklin, un réseau de seize capteurs LLS fournit ainsi, à tous ceux qui le désirent, le compte-rendu exhaustif des coups de foudre survenus sur le pays. Transmises par le biais du réseau Transpac à un centre de calcul, les informations recueillies par chaque station sont ensuite soumises à divers traitements statistiques. La navigation aérienne, la prévention des feux de forêts dus à la foudre, ou encore la surveillance de zones industrielles contenant des produits inflammables ou des explosifs. Météorage vend ses services par Minitel ou réseau informatique à ses abonnés, qui choisissent dans cette banque de données les informations — en temps réel ou différé — les concernant directement.


2

A plus long terme, lorsque les données statistiques auront été accumulées depuis plusieurs années, ce réseau de surveillance permettra également de déterminer si certaines régions sont plus sensibles que d'autres à la foudre, et d'éviter, par exemple, d'y implanter certains sites industriels.

Aussi performant soit-il, le réseau Météorage possède pourtant son talon d'Achille. Uniquement sensibles aux ondes électromagnétiques longues, ses capteurs ne peuvent détecter la foudre que lorsque celle-ci repart du sol. Ils ne peuvent en revanche pas enregistrer les éclairs se produisant entre deux nuages (voire, parfois, dans un même massif nuageux) et sont *a fortiori* incapables d'étudier l'initiation des coups de foudre à l'intérieur de ces mêmes nuages.

Prévoir. Là réside précisément le principal intérêt

de SAFIR (Surveillance et alerte foudre par interférométrie radioélectrique). Développé par l'Office national d'études et de recherches aérospatiales (ONERA) sur un principe similaire à celui de Météorage, ce nouveau système de détection, contrairement à son aîné, est en effet capable d'enregistrer les ondes courtes émises en altitude (là où toute observation optique est impossible), avec une précision de localisation variant de quelques centaines de mètres à 5 km.

Il intéresse donc tout particulièrement les responsables de véhicules aériens ou spatiaux. Sans réseau de surveillance, ces derniers sont en effet toujours susceptibles, lors du décollage ou du retour sur terre, de traverser des cellules orageuses riches en coups de foudre inter-nuages.

« SAFIR est un système sans équivalent, dans la mesure où il repose sur une détection des nuages orageux dès le début de leur formation », explique Philippe Richard, responsable de la société Dimensions. Fondée sous licence par une demi-douzaine d'ingénieurs issus du groupe d'études sur la foudre de l'ONERA, cette entreprise se charge depuis quelques mois de commercialiser (à raison de trois millions de francs pièce) ce nouveau réseau de surveillance. Première clientèle escomptée : les sites de lancement, les aéroports et les centres d'essai en vol. Un domaine dans lequel SAFIR a déjà fait ses preuves, puisque l'un d'entre eux est installé depuis mai 1988, à Kourou, au Centre français de lancement des fusées Ariane. Relié par téléphone au centre météo de la base spatiale, le dispositif de surveillance comporte trois stations de détection, espacées chacune de 20 km (1).

« Nous continuons à travailler sur le site pour mieux comprendre comment apparaissent et évoluent les nuages dans cette région », précise Philippe Richard. Le hasard faisant parfois bien les choses, on s'est ainsi aperçu qu'à Kourou, le centre spatial avait été implanté au bon endroit, juste sur la frange côtière qui connaît le moins de passages orageux directs.

« Mais il faut se méfier, poursuit-il. Parfois, bien que leur base soit à des kilomètres de là, le vent peut pousser le sommet des nuages jusqu'à la verticale des installations... » Témoins les dégâts provoqués au début du mois de juillet dernier par la foudre, tombée à proximité du bâtiment où se trouvaient les satellites *Hipparcos* et *TV-Sat 2*. A ce propos, d'aucun font d'ailleurs remarquer que les techniciens de *TV-Sat* auraient pu, comme le firent ceux qui travaillaient sur *Hipparcos*, débrancher leurs appareils du réseau et ainsi éviter le pire... Ils avaient, en effet, été prévenus en temps utile d'une menace de la foudre par SAFIR.

S'il est probable que l'aspect sécurité interviendra en premier lieu pour les futurs clients de Dimensions (une version plus petite et automatisée du dispositif prévue pour les entreprises de taille plus modeste), le système SAFIR a de bonnes chances d'intéresser aussi grandement les scientifiques. Capable de restituer en trois dimensions les cellules électriquement actives au sein d'une formation nuageuse, SAFIR leur offre en effet, pour déchiffrer les multiples arcanes de la foudre, un outil d'investigation d'une puissance inégalée jusqu'alors.

« A l'heure actuelle, on ne sait toujours pas com-

1

La panoplie SAFIR. Au centre spatial guyanais de Kourou, des antennes (1) détectent et localisent le rayonnement électromagnétique des nuages d'orage : portée, 200 kilomètres et précision, 500 mètres. Les données sont transmises par câble téléphonique jusqu'à la station météorologique du centre spatial où elles sont décryptées par ordinateur. Des capteurs (2), par ailleurs, décelent l'importance du champ électrique à l'aplomb même du nuage. C'est cette dernière mesure qui permettra finalement, sur la zone à protéger, de prévoir le moment de l'éclair : ce sera alors l'"alerte foudre" et les mesures de protection pourront être mises en place autour des fusées Ariane et des satellites.

(1) Un système SAFIR de base est constitué de trois stations de détection et d'une station centrale. Chaque station de détection réalise la localisation angulaire de l'activité électrique et la mesure du champ électrostatique au sol. La station centrale assure le traitement final des données, et l'affichage en temps réel des informations.

(suite du texte page 172)

TREMBLEMENTS DE TERRE SUR RENDEZ-VOUS

Trois chercheurs grecs ont mis au point, et appliqué dans leur pays, une méthode simple et efficace pour prévoir les séismes dans un délai suffisant pour limiter les dégâts et épargner des vies humaines. Malheureusement, nos mandarins refusent de s'y intéresser ! Haroun Tazieff dénonce ce boycott criminel dans son livre "la Prévision des séismes", dont nous publions ici des extraits.

Il y a un peu plus de cinq ans, trois chercheurs grecs, P. Varotsos, K. Alexopoulos et K. Nomicos, découvraient une méthode originale de prévision des séismes qu'ils baptisèrent VAN, des initiales de leurs noms(1). Depuis, l'efficacité de leur technique s'est affirmée. Pourtant, elle laisse sceptiques bien des experts et la plupart des gouvernements, qui ne veulent pas en entendre parler. Pour Haroun Tazieff, il ne s'agit pas seulement de scepticisme, mais surtout d'un rejet de la part de faux experts, de bureaucrates et de certains politiques, procédant d'intérêts particuliers ou d'ambitions personnelles. Situation inadmissible lorsqu'on sait que la méthode VAN sauverait sans doute des vies humaines en cas de séisme majeur. C'est ainsi que le livre *la Prévision des séismes* que publie ce mois-ci Haroun Tazieff (2) débute par une dénonciation des carences des responsables politiques et administratifs. Sur le ton vif qui fut toujours le sien, sans fard, Tazieff démonte minutieusement les mécanismes de leur comportement :

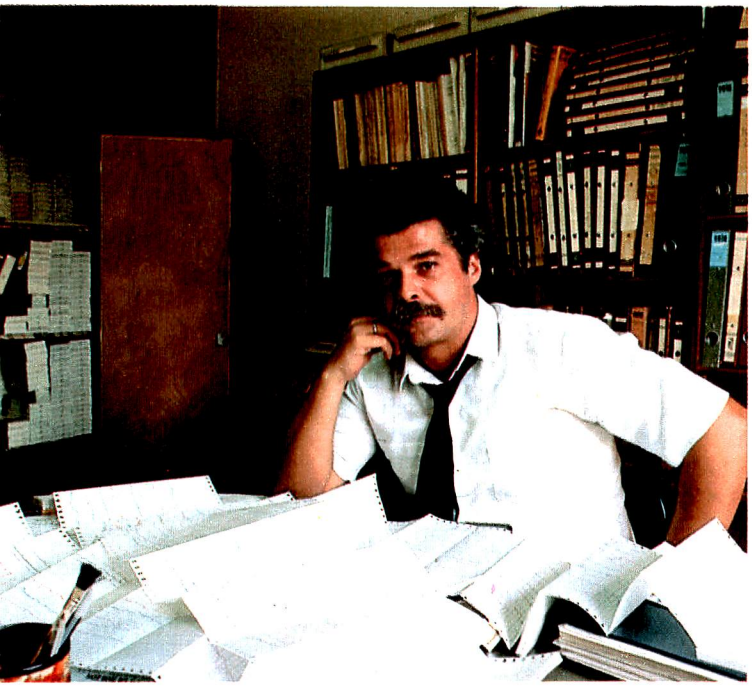
« Pour en revenir à la protection contre les tremblements de terre et, plus précisément, à leur prévision, les hommes politiques responsables de la prévention des catastrophes, parce qu'ils n'ont ni ne prétendent avoir de compétence en la matière, s'appuient sur des personnalités scientifiques que leur situation hiérarchique ou leur profession permet de considérer comme compétentes.

» On peut regretter que ces personnalités, lorsqu'elles sont par exemple géochimiste ou sismologue, ne présentent pas cette qualité.

» Il peut sembler paradoxal qu'un sismologue ne soit pas qualifié en matière de prévision des tremblements de terre, mais c'est cependant bien le cas : non seulement, au terme d'un demi-siècle de coûteux efforts, aucun sismologue n'est arrivé à prévoir un séisme, mais le conseiller en question n'a de surcroît jamais orienté ses propres recherches dans cette direction. La sismologie, en effet, science fondamentale, étudie l'intérieur du globe par l'enregistrement, l'analyse et l'interprétation des ondes sismiques. C'est elle qui, presque seule, a permis de nous faire de notre planète une idée générale apparemment proche de la réalité. Mais cette sismologie fondamentale n'a jamais réussi à prévoir un seul séisme.

» L'importance économique et humaine des tremblements de terre destructeurs a certes incité quelques sismologues à rechercher le moyen de les prévoir. Nous savons, de toute façon, que ces efforts n'ont donc pas eu de résultat positif et que la méthode VAN, seule efficace jusqu'ici, ne repose nullement sur l'utilisation des enregistrements sismographiques : ce n'est pas de sismologie qu'il s'agit en l'occurrence, comme nous allons le voir, mais de physique

(1) Voir *Science & Vie* n° 831 de décembre 1986.
(2) *La Prévision des séismes*, Hachette, collection "Questions de Science", 140 p. 68 F



Les "frissons" électriques de la Terre ont permis à P. Varotsos et à son équipe de prévoir le point d'impact et la force des séismes avec certitude.

de l'état solide et de l'interprétation intelligente d'un signal géophysique.

» On peut se demander pourquoi certaines autorités n'ont pas cru devoir faire bénéficier leur pays de la méthode VAN dont chacun pourtant devrait reconnaître l'efficacité étonnante.

» Combien d'années s'écouleront encore avant qu'un réseau de stations, dûment étalonnées par rapport aux zones sismogènes qui les entourent, soit assez opérationnel pour mettre la population à l'abri des tremblements de terre meurtriers qui ne peuvent guère tarder à survenir ? Faudra-t-il attendre la prochaine catastrophe et, comme d'habitude, n'agir qu'après ? »

Haroun Tazieff aborde ensuite les questions purement scientifiques : que sont les séismes et comment les prévoir ? Il en vient ainsi à la méthode VAN.

Celle-ci « consiste à enregistrer les courants telluriques en continu, grâce à un réseau de stations couvrant la surface du pays. Partout présents, ces courants électriques naturels sont induits par les variations continuelles que subit le champ magnétique terrestre, en quelque endroit que ce soit et quelle qu'en soit la cause. Très superficiels, ils circulent plus ou moins aisément selon la résistivité des sols, et plutôt en nappes d'électricité qu'en ruisseaux étroits. Emile Thellier, professeur de géophysique et l'un des pères des recherches françaises en matière de géomagnétisme, disait que, sur un sol plan, le champ est parallèle à la surface et que, lorsqu'on le mesure par deux lignes telluriques disposées à angle droit, on le détermine de façon complète.

» C'est cela que Varotsos et ses deux collaborateurs décidèrent de faire sur le territoire de la Grèce continentale en y implantant seize stations — chacune pouvant se résumer à ce dispositif de deux capteurs perpendiculaires. Si les îles, tant celles de la mer Egée que celles de la mer Ionienne, ne possèdent pas encore de stations, c'est simplement par manque de moyens financiers.

» Chacune des stations comporte au moins deux capteurs orientés l'un nord-sud, l'autre est-ouest. Ces deux capteurs sont en principe très simples : deux électrodes plantées dans le sol à quelques dizaines, quelques centaines, voire quelques milliers de mètres l'une de l'autre et reliées par un fil conducteur à un amplificateur de tension et à un enregistreur graphique. Ainsi la faible tension des courants qui circulent dans le sol est-elle enregistrée en continu et le fameux signal de Milne, le SES (signal électrique sismique), qui semble toujours précéder un séisme, peut-il être détecté.

» Ce signal est d'autant plus marqué que le séisme qu'il annonce est d'énergie élevée d'une part et, de l'autre, se trouve plus près de la station. Les petits chocs, ceux de magnitude inférieure à 3° Richter, engendrent des signaux aussi petits et, de ce fait, plus difficiles à déceler dans le bruit de fond. Les chocs importants donnent en revanche des SES bien marqués.

» Ce signal électrique sismique se présente la plupart du temps comme un décrochement soudain, positif ou négatif, du trait monotone tracé par le courant tellurique. Représentant quelques millivolts, ce décrochement atteint rapidement son amplitude maximale et, pendant une durée de quelques minutes, ou de quelques douzaines de minutes, le tracé se poursuit parallèlement à la trace initiale. Le décrochement s'annule d'une façon aussi brusque qu'il s'était amorcé et le signal s'inscrit donc d'habitude sous la forme d'un rectangle ou d'un trapèze, plus ou moins allongé selon sa durée, inscrite en abscisse. Cette durée ainsi que l'amplitude mesurée en ordon-

née sont les paramètres qui, par le biais de formules empiriques établies par les trois physiciens Varotsos, Alexopoulos et Nomicos, permettent de calculer magnitude et distance du séisme à venir.

» L'amplitude du signal est évidemment fonction, d'une part, de la magnitude du choc qu'il annonce et, de l'autre, de la distance entre l'épicentre et la station réceptrice. Si trois stations au moins ont enregistré le signal, la localisation de l'épicentre est simple et précise. S'il n'y en a que deux, une certaine incertitude demeure, et s'il n'y en a qu'une seule l'incertitude est certaine. Sauf...

» Sauf, comme l'expérience de ces quelques dernières années nous l'a appris, lorsque, grâce à un séisme antérieur au moins, dont le signal annonciateur a été enregistré par la station, cette station se trouve désormais étalonnée par rapport à la région où ce séisme s'était produit à la suite de ce SES. Autrement dit, le SES arrivant à une station donnée depuis une région sismique donnée possède des caractéristiques désormais reconnaissables.

» Le 1er février 1988, Bernard Massinon, son collaborateur Alain Leroy et moi-même avions eu la fortune, en arrivant à Athènes où nous venions discuter avec Varotsos, de trouver un SES tout juste enregistré après des semaines de calme. Deux stations l'avaient reçu, l'une à Salonique, dans le nord du pays, l'autre à Athènes. Et Varotsos nous avait attendus pour nous associer à l'interprétation de ces signaux, générosité des plus rares parmi les égocentriques trop habituels dans le monde de la recherche scientifique et de l'Université.

» Une demi-douzaine d'heures se passa à discuter, notamment de l'ambiguïté créée par le fait que, tracées avec les stations réceptrices pour centre et la distance calculée à partir de l'amplitude du signal pour rayon, les deux circonférences se recoupaient en deux points. Cette ambiguïté fut levée grâce à des SES et aux séismes correspondants enregistrés naguère à l'une, à l'autre ou aux deux mêmes stations : la polarité des signaux — positive ou négative —, leur amplitude, leurs rapports, les composantes de leurs traces nord-sud et est-ouest permirent d'éliminer finalement la côte orientale de Thessalie — les séismes qui s'y étaient produits antérieurement ayant donné des signaux annonciateurs aux caractéristiques différentes de celles des SES de ce 1er février 1988. Vers 1 heure du matin, le 2 février, le Pr Varotsos adressa à la Commission interministérielle permanente, responsable des mesures à prendre éventuellement, un télégramme confidentiel annonçant l'imminence d'un séisme de magnitude 5 (plus ou moins 0,5) dont l'épicentre serait situé à 200 km au nord-est d'Athènes, c'est-à-dire en mer Egée, près de la côte sud-ouest de l'île de Lesbos.

» Dix jours plus tard, le 11 février, le choc se produisit là où les calculs l'avaient placé et avec la magnitude de 4,7° Richter. De ces fort longs jours d'attente, les quatre derniers m'avaient semblé interminables, car, durant les sept années d'expérience que j'avais en ce domaine, le laps de temps le plus long observé entre le signal et le séisme qu'il annonce avait été de sept jours...

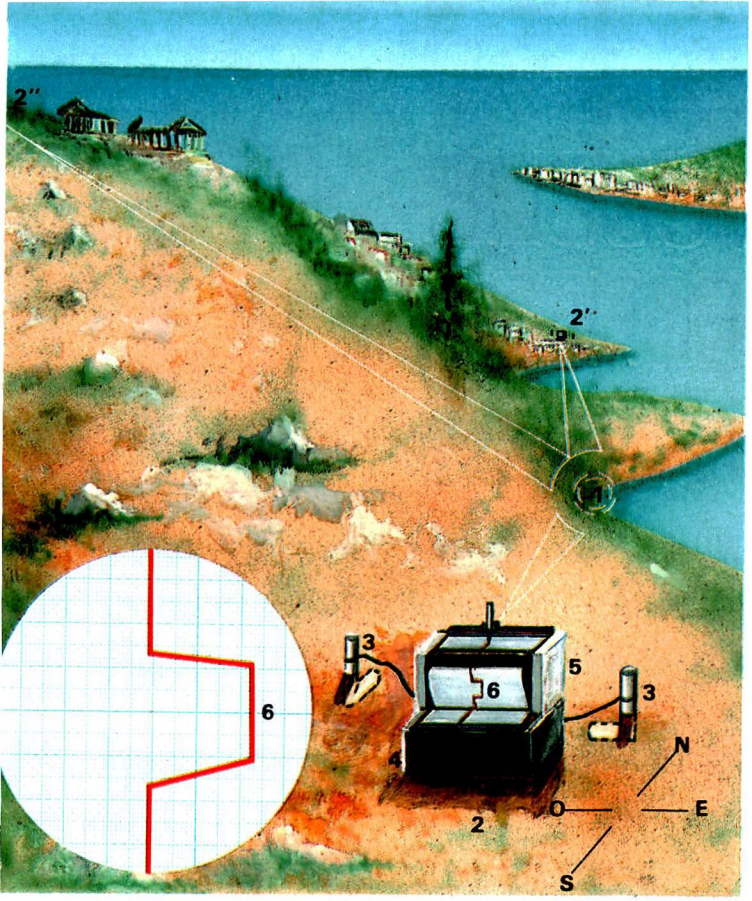
» Si une seule station a reçu le signal, on peut cependant prévoir l'épicentre et la magnitude du séisme ; mais à condition que la station et la zone sismique aient été étalonnées l'une par rapport à l'autre grâce à un SES antérieur au moins. Les caractéristiques de la zone sismique seront dès lors déterminées, ainsi que la "réponse" de la station considérée. C'est ainsi que, le 1er septembre 1988, Varotsos put prévoir la magnitude et la position épicentrale, qu'il télégraphia à la Commission interministérielle *ad hoc*, de quatre séismes que lui annonçaient quatre SES reçus par l'unique station de Ioannina ; la magnitude prévue pour le plus violent d'entre eux était comprise entre 5,3 et 5,8. Ces séismes survinrent les 5, 6, 11 et 22 septembre, avec les magnitudes respectives de 4,0 , 4,2 , 4,3 et 5,5. Le dernier fut assez destructeur.

» Les 29 et 30 septembre, la même station d'Ioannina, et encore une fois elle seule, reçut huit SES provenant de la même région, à environ 240 km à l'ouest d'Athènes. Les huit séismes annoncés, de magnitude allant de 4,0 à 6,0 (plus ou moins 0,5 comme toujours), se produisirent là où Varotsos les avait prévus. Le plus violent, celui du 16 octobre, avait son épicentre par 37°90 N et 20°90 E, c'est-à-dire à 233 km à l'ouest d'Athènes, et sa magnitude fut de 6°. Les dégâts furent importants : un millier de maisons entièrement détruites et 17 000 endommagées jusqu'à 70 %.

» Le 31 octobre, le Pr Varotsos annonçait que trois nouveaux séismes allaient frapper la côte ionienne, cette fois-ci à quelque 275 km (à 20 km près) à l'ouest et au sud-ouest d'Athènes, le plus violent avec une magnitude comprise entre 4,5 et 5,5 (plus ou moins 0,5). Comme prévu, les chocs se produisirent : le 31 octobre (magnitude 4,9), le 8 novembre (magnitude 5,4) et le 11 novembre (magnitude 5,0) à, respectivement, 230 km à l'ouest, 170 km au sud-ouest et 270 km à l'ouest d'Athènes.

» Quatre mois se passèrent ensuite, durant lesquels ne fut enregistré aucun signal correspondant à un séisme de magnitude supérieure à 3,5. Pendant cette période, aucun tremblement de terre d'intensité supérieure à IV MSK ne survint en Grèce. Mais le 1er mars 1989, deux SES importants s'inscrivirent, encore et seulement à Ioannina, et le diagnostic qu'ils permirent de formuler fut qu'un séisme de magnitude 5,4 allait se produire à 300 km à l'ouest, et un autre de magnitude 5,0 à 330 km au nord-ouest d'Athènes. Ils survinrent en effet, conformes à la prévision, les 5 et 8 mars.

» Cette série de dix-sept prévisions portant sur trois crises longues de trois semaines environ chacune (septembre, octobre et novembre 1988), suivies d'un repos d'un tiers d'année et d'une nouvelle crise



La méthode VAN permet de localiser le futur épicentre (**1**) d'un séisme en analysant les données recueillies dans 3 stations (**2**, **2'**, **2''**). Chaque station est équipée de 2 capteurs (**3**) placés dans le sol, reliés à un amplificateur (**4**), lui-même connecté à un enregistreur graphique (**5**). Dès que le signal électrique sismique (SES), précédant le tremblement de terre, se produit, la tension du courant augmente et provoque un décrochement (**6**) — qui varie selon la magnitude du choc annoncé et l'éloignement de l'épicentre — de la ligne en continu tracée par l'enregistreur.

en mars 1989, et qui toutes se sont vérifiées, tant pour ce qui est de la localisation que de la magnitude, montre la valeur de la méthode. »

Reste, bien sûr, à se défendre contre les tremblements de terre. D'abord préventivement, notamment par les constructions parasismiques et l'information des populations. Ensuite, par une organisation des secours en cas de séisme meurtrier. Ce qui n'est pas le plus facile, car, en France comme dans la plupart des pays, il n'existe ni structure ni stratégie adaptées au risque sismique. Haroun Tazieff avance des solutions, la première étant une réforme révolutionnaire de la pyramide administrative consistant à transférer l'organisation des secours à une unité militaire.

« De qui dépendra cette unité et quelle sera l'autorité civile qui portera la responsabilité suprême de toute l'organisation, au-dessus du général spécialisé qui, techniquement, la contrôlera ? Jusqu'ici, en France, c'est le ministre de l'Intérieur qui assume cette charge. Quand je dis assumer... Que l'on se souvienne de l'éruption de la Soufrière, à la Guadeloupe, en 1976 des 70 000 personnes qui furent déplacées pendant quatre mois sans aucune raison, du pont aérien continuel entre la France et les Antilles durant toute cette période, des centaines de sapeurs-pompiers de la brigade de Paris envoyés en Guadeloupe (pour y éteindre le volcan ?), des centaines de millions de francs gaspillés, des milliers de familles pauvres réduites à la misère, de l'économie du département ruinée... Qui s'en souvient ? Le ministre responsable a-t-il jamais dû rendre compte de ses fautes à la nation ?

» Les ministres responsables des erreurs, des fautes lourdes commises tant dans la prévention des catastrophes que dans l'organisation des secours qui leur succèdent, n'ont jamais eu, dans aucun pays, à en rendre compte. En Italie, on a nommé un ministre de la Protection civile, en Grèce c'est le ministre des Travaux publics qui assume cette charge, mais ils ne font guère mieux que, chez nous, le ministre de l'Intérieur. Pourquoi cette situation ? Pour beaucoup de raisons, dont la plus avouable est l'impossibilité dans laquelle se trouvent ces ministres de remplir correctement leur tâche. Cette impossibilité découle, entre autres, du fait qu'ils ne disposent pas des pouvoirs quasi absolus qui seraient indispensables pour bien conduire une mobilisation de l'ampleur de celle qu'exige une catastrophe de crise majeure, ils ne disposent pas du dixième des pouvoirs dont bénéficie, le moment voulu, le responsable de la mobilisation générale.

» Bien d'autres causes encore interdisent toute efficacité acceptable au ministre de l'Intérieur en France, à celui des Travaux publics en Grèce, à celui de la Protection civile en Italie, à leurs homologues ailleurs. Et, parmi elles, les médiocrités politiciennes, la puissance des groupes de pression, le manque de courage politique de certains hommes, pour qui le souci de leur carrière l'emporte sur celui de l'intérêt général...

» Alors, comment faire ? Comme beaucoup de ces causes sont communes à tous les membres d'un gouvernement, il convient de choisir parmi ceux-ci le ministre qui échappe au moins à l'une d'entre elles. Et c'est celui de la Défense nationale. Il ne connaît pas en effet

(suite du texte page 167)

LE PÈRE OUBLIÉ DE LA RECHERCHE FRANÇAISE

Parmi les trop rares lauréats français du prix Nobel de physique, Jean Perrin (1870-1942) se distingue par la double qualité de découvreur de génie et de promoteur enthousiaste de la culture scientifique. Il fut le père du Palais de la découverte et du Centre national de la recherche scientifique (CNRS), qui fête ce mois-ci ses cinquante ans.

PAR PHILIPPE DAUTRY

Naissance dans une famille modeste, en 1870. Un père capitaine d'infanterie sorti du rang. Armé d'un baccalauréat scientifique décroché à Janson-de-Sailly, Jean Perrin remporte le concours de l'Ecole normale supérieure en 1890 et, en 1897, passe sa thèse de doctorat ès sciences. Deux ans plus tôt, déjà, il s'est fait remarquer par une première contribution majeure à l'histoire de la physique. Elle marque le terme d'une controverse, brûlante à l'époque : les rayons cathodiques produits par l'électrode négative d'un tube à gaz sont-ils des ondes semblables à la lumière, telle que la décrit la théorie électromagnétique de Maxwell, ou s'agit-il au contraire de jets de particules électrisées ?

Grâce à une expérience dont la simplicité rehausse encore le brio (***encadré p. 56***), Perrin fait définitivement triompher la deuxième de ces thèses. Les rayons cathodiques sont bel et bien des corpuscules chargés négativement, que Perrin appela "atomes d'électricité" et que nous connaissons aujourd'hui sous le nom d'électrons. Il annonçait par là son œuvre majeure, par laquelle il apportera la preuve de la structure discontinue de la matière en atomes "élémentaires".

En 1901, alors que Joseph John Thomson, le prestigieux physicien de Cambridge qui, lui aussi, allait devenir prix Nobel, n'entrevoyait encore l'atome que comme un ensemble d'électrons baignant dans une atmosphère d'électricité positive, Jean Perrin propose déjà le modèle planétaire de l'atome qui nous est si

familier aujourd'hui : une structure rappelant le système solaire, avec des planètes chargées négativement (les électrons), gravitant autour d'un soleil chargé positivement (le noyau), dont la charge est égale à la somme de celle des électrons, lesquels décrivent autour de lui des orbites circulaires. Intuition remarquable, prémonitoire des modèles atomiques qui seront développés dix ans plus tard par deux autres grands "inventeurs" de l'atome, Niels Bohr et Ernest Rutherford. A l'époque où Perrin émet son audacieuse hypothèse, la communauté scientifique est encore loin d'être tout entière acquise à l'existence d'un constituant élémentaire de la matière.

Le Palais de la découverte, construit pour l'exposition universelle de 1937 grâce à l'opiniâtreté de Perrin, Langevin et quelques autres, est toujours là avec ses expériences qui mettent la Science à la portée de tous.

Paru en 1913, suivi de multiples rééditions, *Les atomes* est le chef-d'œuvre de Jean Perrin, récapitulation brillante des différents travaux qui lui vaudront les honneurs du Nobel de physique en 1926. « Il y a vingt siècles peut-être, sur les bords de la mer divine où le chant des aèdes venait à peine de s'éteindre, quelques philosophes enseignaient déjà que la matière changeante est faite de grains indestructibles en mouvement incessant, atomes que le Hasard ou le destin auraient groupés au cours des âges selon les formes ou les corps qui nous sont familiers » — avec cet exorde lyrique, Perrin rendait compte de l'*atomos* (1) dans lequel l'Antiquité hellénique voyait "l'essence de toutes choses". Ce livre enchanta toute une génération montante de jeunes scientifiques, à commencer par Louis de Broglie, autre pilier de la physique française du XX^{e} siècle.

La vision atomiste de la nature, chez les penseurs grecs, n'était qu'un concept philosophique. C'est seulement avec Antoine-Laurent de Lavoisier, Joseph-Louis Proust, John Dalton et Louis-Joseph Gay-Lussac que s'élaborent, entre 1789 et 1815, les premières théories scientifiques de l'atome. L'Anglais Dalton, le véritable créateur de la théorie atomique, reprend aux Anciens l'idée d'une limite à la divisibilité de la matière mais lui donne enfin des fondements solides et une formulation quantifiée. Partant du principe que sa théorie permet aussi bien d'interpréter les propriétés physiques des gaz que d'expliquer les lois pondérales des combinaisons chimiques. Il énonce que les éléments chimiques de base ne se combinent à l'intérieur de composés différents qu'en proportions relatives déterminées, et non pas continues. En langage d'aujourd'hui, cela se traduit par l'exemple suivant : la masse atomique de l'hydrogène étant 16 fois plus faible que celle de l'oxygène, 2 g d'hydrogène se combinent avec 16 g d'oxygène pour former l'eau (H_2O), et avec 64 g d'oxygène pour donner l'acide sulfurique H_2SO_4. Ces deux corps ne s'associent jamais dans des proportions "irrationnelles", c'est-à-dire qui ne peuvent s'écrire sous la forme d'une fraction de deux nombres entiers.

Perrin allait aborder ce problème par l'intermédiaire de la fameuse hypothèse formulée en 1811 par le chimiste et physicien italien Amedeo Avogadro, selon laquelle il existe toujours le même nombre de molécules dans des volumes égaux de gaz différents, à température identique. La loi d'Avogadro, l'une des bases de la chimie, établit une relation de proportionnalité entre la masse moléculaire et la densité d'un corps gazeux.

Pour Perrin, il s'agissait de trouver un moyen expérimental de mesurer le nombre de molécules, supposé égal, entrant dans 2 g d'hydrogène, 32 g d'oxygène, 28 g d'azote, et ainsi de suite pour les autres gaz. Autrement dit, de déterminer leur masse moléculaire liée au fait qu'ils occupent, à température et pression identiques, le même volume. Par exemple, à 0 °C et

(1) Ce mot grec, signifie : insécable, qui ne peut être coupé, divisé. Nous savons aujourd'hui que l'atome est bel et bien susceptible de désintégration par fission du noyau, et Jean Perrin pouvait écrire déjà : « Les atomes ne sont pas des éléments éternels et insécables. »

sous une pression d'une atmosphère, un volume de 22,4 litres. Si le "nombre d'Avogadro" (on le désigne par N) s'avérait être une constante de la nature, l'expérience donnerait *a posteriori* raison à l'Italien et vérifierait du même coup l'hypothèse atomiste qu'impliquait sa théorie, laquelle restait encore une supposition de l'esprit, brillante mais que rien n'avait jamais confirmée.

Restait donc à prouver que ce nombre "magique", nécessairement très grand, correspondait à une réalité physique et n'était pas simplement une construction intellectuelle. Il fallait en premier lieu résoudre un problème critique : le passage d'un phénomène situé à l'échelle atomique, donc du domaine de l'infiniment petit, à une dimension humainement mesurable. L'époque ne disposait pas d'instruments capables de fouiller véritablement dans l'invisible. Mu par une inspiration géniale, Perrin imagine une voie de travail qui passe par l'équilibre des émulsions ; se servant de la méthode décrite dans notre ***encadré ci-contre***, il obtient une valeur de 68 suivi de 22 zéros, très proche de celle communément admise aujourd'hui : 602 suivi de 21 zéros.

Jean Perrin étaye ce résultat par une série d'autres expériences. Il étudie notamment les mouvements browniens, ces déplacements désordonnés qui agitent des particules de dimensions inférieures à quelques micromètres, en suspension dans un liquide ou un gaz. Détecté au microscope par le botaniste écossais Robert Brown, sur de minuscules poussières de pollen en dispersion dans l'eau, ce phénomène ne pouvait s'expliquer que par la présence d'atomes dans la matière. D'où son importance dans l'histoire de la physique.

Une description théorique ainsi qu'une explication quantitative du mouvement brownien, ont été fournies en 1905 par Einstein, qui démontrait qu'il permettait de mesurer le "nombre d'Avogadro", c'est-à-dire de peser les molécules individuelles du liquide, le déplacement moyen d'une particule en mouvement brownien étant proportionnel au carré de la durée d'observation.

Jean Perrin parvint à vérifier cette proposition expérimentalement. Cette fois, il obtenait des valeurs comprises entre 65×10^{22} et 69×10^{22}, donc dans une fourchette très serrée. Il s'émerveille lui-même d'avoir abouti à des résultats tellement homogènes par deux "manips" expérimentales sans rapport l'une avec l'autre : « Devant le niveau de concordances aussi précises sur cette valeur à partir de phénomènes si différents, dit-il, on ne pouvait qu'être saisi d'admiration. » Ces travaux, développés ensuite par Paul Langevin, donnèrent naissance à une nouvelle science, la mécanique statistique.

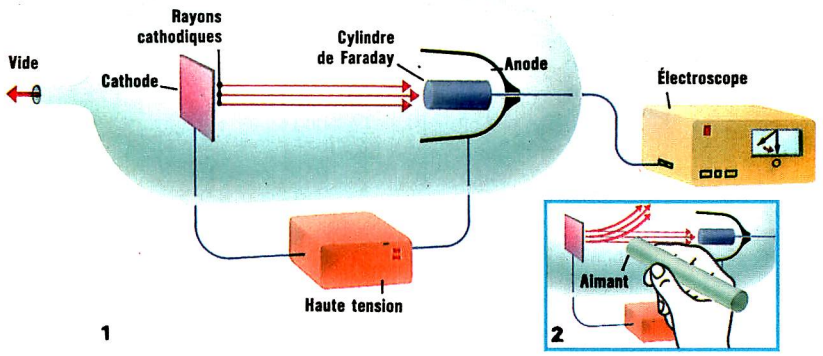
La thèse atomiste l'emportait donc définitivement. Comme le fit remarquer Henri Poincaré à l'époque, les atomes n'étaient plus seulement une fiction commode, on avait maintenant l'impression de pouvoir les toucher puisque, grâce à Jean Perrin, on savait les compter.

Dès lors, pour notre physicien, les honneurs s'amoncellent. Il est élu en 1923 à l'Académie des sciences, dont il devient président en 1938. Et, bien sûr, il y a le prix Nobel de 1926.

Il occupe la première chaire de chimie physique à la Sorbonne, charge qu'il assurera jusqu'en 1939. Durant tout son enseignement, Perrin se battra contre le positivisme étriqué qui s'opposait aux innovations de la science et à toutes les audaces de la pensée théorique. Il personnifie la nouvelle physique, discipline galopante qui n'hésite pas à bazarder les fausses notions accumulées par le passé.

En 1911, l'industriel et philanthrope belge Ernest Solvay, fonde les "conseils" qui aujourd'hui encore

LA DÉCOUVERTE DE L'ÉLECTRON



Comment expliquer, lors des expériences d'électrolyse par exemple, que le courant se "balade" d'une électrode à l'autre. La matière ne serait-elle pas composée d'éléments dotés d'une certaine "puissance électrique" ? C'est cette hypothèse qui, après Faraday, va être retenue puis confirmée par Jean Perrin à la fin du siècle dernier.

1 Lorsque les "rayons" émis par deux plaques métalliques chargées en sens opposé ("rayons cathodiques") sont recueillis par un conducteur évidé de forme cylindrique ("cylindre de Faraday") relié à un électroscope, celui-ci, initialement chargé positivement, se décharge. C'est donc qu'il reçoit une charge négative.

2 D'autre part, sous l'action d'un champ magnétique transversal, le faisceau cathodique n'atteindra plus le cylindre (l'électroscope ne se décharge pas). Il sera dévié suivant la loi de Laplace, qui s'applique à des particules en mouvement, chargées électriquement. Force est donc de conclure que les "rayons" sont des particules, chargées négativement. Perrin les appellera "atomes d'électricité". Ce sont les électrons !

portent son nom, réunions internationales de savants destinées à "discuter et fixer les points controversés des théories physiques et chimiques modernes" ; dès leur création, Jean Perrin en devient une des principales "stars".

Il poursuit inlassablement ses recherches. Sur les "lames minces", notamment. Newton avait été le premier à observer que ce phénomène s'obtient lorsque de petits anneaux sont formés avec de l'eau savonneuse. C'est ce qui se passe quand les enfants soufflent des bulles d'eau additionnée d'un tensioactif. Placée en position verticale, la lame de savon diminue d'épaisseur du fait que l'eau qu'elle contient s'écoule vers le bas. Apparaissent alors des couleurs changeantes, du pourpre au jaune paille, puis des taches noires, qui ne sont pas des trous puisqu'elles réfléchissent encore légèrement la lumière. Ces iridescences sont dues, on le sait maintenant, aux interférences entre les rayons lumineux qui traversent la lame pour se réfléchir sur la paroi intérieure, et ceux qui sont directement renvoyés par la surface extérieure.

Perrin constata que les lames très minces, réalisées par exemple lorsqu'un léger film d'huile se répand à la surface de l'eau, ont une structure stratifiée en épaisseur. Et que la différence d'épaisseur entre deux plages contiguës ne peut descendre en-dessous d'une certaine valeur tout en s'exprimant toujours comme un multiple entier de cette épaisseur minimale. Ainsi obtenait-il une nouvelle mesure des atomes ou des molécules constituant la lame mince, de l'ordre de cent millièmes de millimètre. Perrin rêve déjà de découper ces atomes, alors réputés "insécables", projet jugé insensé par les moins imaginatifs parmi ses pairs.

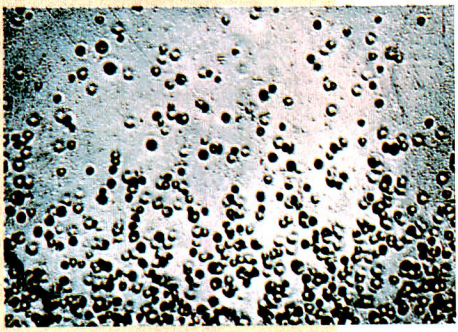
Quand éclate la Première Guerre mondiale, notre physicien accomplit son devoir militaire dans la lignée paternelle, comme lieutenant d'infanterie, avant d'être affecté à des tâches de recherches techniques pour la Défense nationale par Paul Painlevé, le mathématicien alors ministre de la Guerre. Perrin met au point un curieux dispositif acoustique de détection nocturne des avions, grâce auquel on peut également déceler les travaux de fortifications souterraines de l'ennemi.

La guerre terminée, il associe à ses travaux scientifiques son fils Francis, qui deviendra lui aussi un physicien de grand renom. Francis Perrin, en collaboration avec Joliot-Curie, établira dès 1939 la possibilité théorique d'entretenir une réaction nucléaire en chaîne et d'en tirer de l'énergie, et il déterminera les dimensions critiques nécessaires à cette réaction. Pendant la Deuxième Guerre mondiale, il enseignera la physique à l'université Columbia de New York. Il sera délégué à l'Assemblée consultative d'Alger en 1944, puis professeur de physique atomique et moléculaire au Collège de France, après la guerre. Admis à l'Académie des sciences en 1953, il occupera la très importante fonction de haut commissaire à l'énergie atomique de 1951 à 1970.

Les Perrin, père et fils, axent leurs premières études communes sur la fluorescence, propriété que possèdent certaines substances d'absorber la lumière et de la réémettre sous forme de rayonnement de longueur d'onde plus grande, donc de moindre énergie. Jean et Francis démontrent que ce phénomène est dû au retour des atomes, excités de manière transitoire, à leur niveau d'énergie initial.

Avec sa collaboratrice Nine Choucroun, Jean Perrin met en évidence la fluorescence "sensibilisée" : une molécule fluorescente peut se désactiver en quelques milliardièmes de seconde, sans émettre de lumière mais en excitant par induction une molécule voisine qui, elle, se désactive en dégageant de la fluorescence. Cette découverte a eu des répercus-

CHIFFRER LE NOMBRE D'AVOGADRO



On savait, depuis le chimiste italien Avogadro (1776-1856), qu'à des conditions de pression identiques, des volumes égaux de gaz différents contiennent un même nombre de molécules ; on savait aussi qu'il y a une relation de proportionnalité entre la masse moléculaire des gaz et leur densité. Mais on ne savait pas combien de molécules peut contenir telle ou telle quantité de gaz donnée !

Pour calculer ce nombre, Perrin observe une émulsion, c'est-à-dire un mélange de deux composés non miscibles, l'un restant en suspension dans l'autre comme l'huile dans la vinaigrette. En frottant dans l'eau de la gomme-gutte, sorte de résine provenant de la dessiccation d'un latex végétal, il obtient une émulsion jaune de petites sphères dans l'eau.

Après purification, centrifugation et traitement d'un kilogramme de gomme-gutte, Perrin travaille sur des grains de résine (**photo**), homogènes en tailles, dont il peut observer au microscope les positions respectives dans l'eau. Observation impossible sur les atomes eux-mêmes, beaucoup trop petits.

Il comprend que ces granules, à la fois entraînés vers le bas par leur poids et dispersés par l'agitation thermique, doivent voir leur répartition en hauteur obéir au même régime que les molécules des gaz dans l'atmosphère. Et qu'ils doivent suivre la loi de Laplace qui veut que, statistiquement, la densité ou le nombre de particules diminue très rapidement avec l'altitude.

Ayant observé au microscope la densité de l'émulsion et sa répartition, Perrin en calcule le nombre de molécules contenues dans une molécule-gramme, soit le nombre d'Avogadro, tant recherché depuis un siècle : 68 fois 10 puissance 22, soit 68 suivi de 22 zéros. Une valeur proche de celle qui est admise de nos jours ($6{,}02$ fois 10^{23}).

Exposition universelle de 1937, Albert Lebrun, président de la République, inaugure le Palais de la découverte en compagnie de Jean Perrin.

sions considérables, en biologie notamment, où elle permet de mesurer des distances entre les molécules de couples donneurs-receveurs de fluorescence, greffées sur les substances à étudier, et de dresser leur carte topographique, révélant ainsi les mécanismes biologiques en cause.

Jean Perrin confia un jour à H.G. Wells, le fameux auteur anglais de science-fiction, qu'il avait toujours caressé le rêve d'être biologiste ; il pouvait donc se féliciter d'avoir indirectement, en quelque sorte, réalisé ce désir.

Perrin a apporté une importante contribution à la science dans un autre domaine tout aussi inattendu : l'astronomie, discipline qui le fascinait par la dimension incommensurable de son objet, par ses espaces macroscopiques, à l'extrême opposé du monde infinitésimal des atomes. Dès 1919, il conçoit, ce qui sera explicité vingt ans plus tard par Hans Albert Bethe, le physicien germano-américain, le cycle de transformations de la matière au sein des étoiles.

A l'aube de notre siècle, le mystère du Soleil reste entier : comment brûle-t-il, quelle est l'origine de l'énergie qu'il rayonne ? Le génie de Perrin fut de songer à la masse des atomes, légèrement inférieure au multiple entier de la masse des noyaux d'hydrogène qui forment la matière de base de notre astre de feu. Cette différence de masse, équivalant à une création d'énergie selon le principe de la relativité restreinte ($E = mc^2$ exprime la proportionnalité de l'énergie à la masse) devait représenter l'énergie rayonnée et dissipée au cours des synthèses successives qui conduisaient de l'élément le plus simple — l'hydrogène — au produit créé à la fin du cycle. Perrin conclut que la source de rayonnement solaire tenait dans la transmutation de l'hydrogène en hélium par une réaction de fusion.

D'après ses calculs, un soleil d'hydrogène pouvait mettre 100 milliards d'années pour devenir une boule d'hélium. Il donnait ainsi pour la première fois une crédibilité mathématique aux 5 milliards d'années d'existence que les astrophysiciens attribuaient au Soleil.

En faveur de l'astronomie, Perrin fit plus encore, en signant en 1936, en sa qualité de sous-secrétaire d'Etat à la recherche scientifique, le décret qui fondait l'observatoire de Haute-Provence, longtemps le plus beau d'Europe. Il fut également à l'origine de la création de l'Institut d'astrophysique de Paris.

Scientifique avant tout, il n'était cependant pas que cela. A Normale, il s'était lié d'amitié avec Paul Langevin, un autre futur très grand de la physique contemporaine, et avec Léon Blum. Les trois fréquentaient un groupe converti au socialisme par Lucien Herr, le célèbre et fort érudit bibliothécaire de l'école, et dont les membres étaient passionnément dreyfusards.

Avec Langevin, Perrin partagea toute sa vie durant la conviction que la science moderne est un instrument culturel aussi important que les humanités traditionnelles, et que sa diffusion dans le public est un élément majeur du progrès général des peuples. A partir des années 30, il consacre une grande partie de son énergie à l'institutionnalisation de la recherche, et aussi à la "socialisation des découvertes de la science", comme il disait lui-même en parlant de la vulgarisation scientifique.

La recherche française de l'époque était cruellement en manque de moyens financiers, et donc de matériel et de chercheurs. Le député Emile Borel, ami de Perrin, constatait avec humour et humeur, que "les cerveaux qui font de la recherche sont fâcheusement accompagnés d'un estomac". Borel réussit en 1924 à faire voter par les Chambres le "sou des laboratoires", qui représentait le septième de la taxe d'apprentissage, en ce temps-là d'un montant de 20 centimes pour cent heures de salaires. C'était peu. La France, qui occupait autrefois la première place dans la création scientifique, avait déjà glissé au cinquième rang des nations les plus scientifiquement productives.

La co-direction de l'Institut de biologie physico-chimique, construit en 1926 sur un don d'Edmond de Rothschild, rue Pierre-Curie (2), avait dès sa fondation été confiée à Jean Perrin. La gestion et l'administration de cet établissement eurent vite fait de le sensibiliser plus encore à l'état de l'inorganisation de la recherche en France.

Il commence par créer les bourses Rothschild pour les jeunes chercheurs non membres de l'enseignement supérieur, dont un Joliot par exemple pourra bénéficier.

Il propose d'autres mesures en faveur de la science. En 1930, il convaint Edouard Herriot, normalien comme lui, de présenter un projet de loi portant création d'un Service national de la recherche scientifique, qui se chargerait de recruter et de soutenir officiellement de jeunes chercheurs de talent, même dépourvus de titres universitaires.

Ce dernier point est une idée très ancrée chez Jean Perrin, qui n'a qu'une piètre estime pour le formalisme académique. Il songe peut-être à Michael Fara-

(2) Ce centre où œuvre aujourd'hui Pierre Joliot, professeur au Collège de France, fils d'Irène et de Frédéric Joliot-Curie, qui furent tous deux des amis de Perrin. La rue s'appelle depuis quelques années rue Pierre et Marie-Curie.

(suite du texte page 170)

TV - VIDÉO - HIFI - ÉLECTRONIQUE - MICRO-INFORMATIQUE
300 MAGASINS ? 3000 PRODUITS ? UNIQUE !
TANDY®
C'EST UNIQUE !

fini les les les et les voici

Initiation, bancs d'essai des nouveaux logiciels, actualité et premiers clics, dossiers comparatifs, échanges d'expérience entre lecteurs, conseils pratiques... SVM Macintosh vous dit tout, tout, tout, et le reste sur Macintosh. SVM Macintosh c'est comme Macintosh, ça ne s'explique pas... ça s'utilise. Essayez, avec SVM Macintosh, vous allez cliquer à pas de géants!

N° 7, LE 19 SEPT.

CANCER DU SEIN : DEPISTAGE MAL FAIT

La France va enfin organiser un dépistage gratuit du cancer du sein par examen radiologique, pour en finir avec le dépistage "sauvage" actuel et éviter un millier de décès chaque année.

PAR PIERRE-YVES POINDRON

Le Pr Gérard Dubois, de la Caisse nationale d'assurance maladie, vient d'annoncer le lancement d'une campagne de dépistage du cancer du sein dans plusieurs départements. Elle coûtera 500 millions de francs, financés par le Fonds national de prévention, et sera étendue progressivement à l'ensemble du territoire. Saluons donc cette initiative qui n'avait que trop tardé à se manifester, en espérant que les moyens, le personnel qualifié, l'évaluation critique des résultats seront à la hauteur de l'enjeu.

Les plus grands spécialistes le savent et le disent : le dépistage du cancer du sein se fait actuellement en France dans des conditions lamentables. Le médecin qui le pratique honnêtement a tout contre lui. La Sécurité sociale d'abord, dont la nomenclature, incroyablement, ne reconnaît pas l'acte de dépistage, mais uniquement celui de diagnostic — nuance ! Il n'est pas aidé non plus par l'administration sanitaire, qui n'a développé aucune politique concertée et cohérente en la matière. Il se heurte même au comportement de l'ensemble du corps médical, lequel multiplie les actes de dépistage dans la pagaille la plus absolue, sans moyen d'en évaluer les résultats, sans vue globale du problème.

La mammographie — la radiographie des seins — est devenue la hantise des nouvelles générations de femmes, même dans les tranches de population à faible risque. Pour un résultat de santé publique impossible à apprécier, car s'il est seulement possible d'imaginer le prix que coûte chaque année à la collectivité ce débordement d'examens radiologiques, on est incapable d'en chiffrer les bienfaits.

La médecine travaille ici dans la nuit la plus complète. Les techniques elles-mêmes ne sont pas normalisées. Certains radiologues prennent un seul cliché par sein, certains trois, d'autres deux, assortis d'un examen clinique. Comment juger la valeur d'actes aussi disparates ? Ni la Société de radiologie, ni la Direction de la santé, ni les organismes payeurs ne savent qui fait quoi, comment, avec quel matériel et

La thermographie n'est pas un examen fiable pour le dépistage du cancer.

avec quel résultat. Le rapport du Centre d'étude sur l'évaluation de la protection dans le domaine nucléaire est dévastateur : le parc des sénographes (appareils de radiographie des seins) français a 9 ans, 40 % d'entre eux ont une distance foyer-film inadaptée, 30 % n'ont pas de cellule automatique, la moitié n'a pas de grille de repérage. Il y a 19 types de machines pour le développement des clichés !

Si encore ces examens donnaient lieu à une collecte de données épidémiologiques permettant d'orienter la recherche en sénologie (1) et de mieux utiliser les moyens diagnostiques ! Mais rien de tel. Personne n'est capable de dire, au sujet des 1 800 000 mammographies pratiquées en 1988, combien l'ont été au titre du dépistage systématique, combien pour le diagnostic d'une patiente présentant des signes cliniques indicateurs d'un cancer, et encore moins à quelles conclusions les unes et les autres ont abouti.

Ce domaine médical souffre d'une absence totale de coordination. Lorsqu'une femme est suivie par plusieurs spécialistes, simultanément ou successivement, les différents renseignements recueillis sur son cas, en particulier le résultat des mammographies prescrites par les divers médecins consultés, ne sont centralisés par aucun organisme. Ces radiographies multiples et superfétatoires coûtent cher, directement, puisqu'elles sont remboursées par les assurances sociales, et indirectement, parce que dans le cas de mammographies mal faites, elles peuvent conduire à des examens complémentaires superflus ou à des interventions chirurgicales injustifiées.

Seul le suivi d'une population féminine donnée — femmes célibataires, femmes mariées, filles de mères atteintes de cancer mammaire — permettrait de connaître les vrais facteurs de risque et de mesurer l'exacte efficacité des différentes thérapeutiques.

Devant pareille impéritie, on comprend la colère du Pr Renaud, secrétaire général de la Société française de sénologie et de pathologie mammaire, qui récemment décrivait ainsi l'état des choses devant ses pairs : « La situation est insensée. Les radiologues qui font les mammographies n'ont pas tous des appareils suffisamment performants ni la compétence voulue pour analyser les images du dépistage. Il s'agit souvent de modifications particulièrement discrètes de la structure du sein, bien plus difficiles à interpréter que les cancers avérés. N'oublions pas que nous sommes le plus souvent en présence d'anomalies à

DÉPISTAGE OU DIAGNOSTIC

Il ne faut pas confondre dépistage et diagnostic. Le diagnostic repose sur des signes d'appel, des symptômes, la patiente se plaint par exemple d'une grosseur au sein ou d'un écoulement mamelonnaire. On va alors rechercher la cause de ces signes, cause qui peut être bégnine ou cancéreuse.

Le dépistage lui, s'applique à une population apparemment en bonne santé, donc qui ne se plaint de rien. Il classe la population féminine en deux groupes : celles dont le test est positif, et qui ont peut-être un cancer du sein, et celles dont le test est négatif et qui n'en sont probablement pas atteintes. Aux premières, on propose alors de poursuivre les examens pour trouver la cause de l'anomalie dépistée. On mesure tout l'interêt qu'il y a d'avoir à sa disposition un test de dépistage qui cerne au plus près l'affection que l'on se propose de mettre au jour. Il permet de mettre en œuvre au plus vite les examens utiles au diagnostic, et il évite que l'on ne les multiplie pour rien. Sinon, ce serait autant de "coups d'épée dans l'eau" qui coûteraient fort cher.

Il n'y a jamais — quelque soit la nature de la maladie — de test de dépistage efficace à 100 %. Dans tous les cas, il y a des faux positifs et des faux négatifs. Les faux positifs, ce sont des personnes dont le test est positif, mais qui ne couvent pas la maladie recherchée ; ils déclenchent toute une batterie d'examens et alarment inutilement les patients.

Les faux négatifs sont encore plus graves : chez ces personnes, le test est négatif, alors qu'elles sont déjà atteintes de la maladie. Ces tests rassurent de façon illusoire et il faut deux ou trois ans pour en mesurer les méfaits. Mais il est très difficile d'apprécier le nombre de faux négatifs, car les cancers découverts entre deux séances de dépistage peuvent tout aussi bien être des cancers que l'on a laissé passer la première fois, que des cancers survenus brutalement entre-temps.

Un test doit donc avoir une bonne sensibilité — détecter suffisamment de malades — et une bonne spécificité — être capable d'écarter d'emblée ceux qui n'ont pas la maladie.

Enfin la détection ne doit pas se faire au prix de trop de faux positifs, qui alourdiraient la charge financière de la camapagne de dépistage de façon inacceptable.

Les campagnes itinérantes *n'ont malheureusement pas, jusqu'ici, fait la preuve de leur efficacité.*

leur début, qui peuvent évoquer des maladies différentes plus ou moins bénignes. La marge est étroite, car on risque de faire prendre aux patientes des risques inutiles, soit à cause d'investigations pénibles, soit en laissant le cancer se développer. Il s'ensuit que certains cancers ne sont pas dépistés à temps — les images caractéristiques étaient présentes mais n'ont pas été interprétées par le praticien — et qu'à l'inverse des biopsies inutiles ont été faites ».

Nous avons vu que la Sécurité sociale ne reconnaît pas le dépistage parmi les actes radiologiques remboursables. Elle ne reconnaît que le diagnostic, c'est-à-dire l'examen qui intervient pour déterminer la maladie d'après des symptômes déjà constatés ; le dépistage, lui, consiste à rechercher, sur un organe a priori sain, la présence éventuelle de signes pathologiques. Dans le cadre d'une politique de dépistage de masse, les mammographies, pour être "rentables", devraient, selon les professionnels de la santé publique, se limiter à un seul cliché du sein — une vue de trois quarts externe. Si on les pratique selon la technique utilisée pour le diagnostic, avec trois clichés par sein, le prix de chaque cancer dépisté devient complètement prohibitif. La Sécurité sociale, en obligeant le radiologue à camoufler un examen de dépistage sous les apparences d'un acte diagnostique, rend le dépistage de masse tout à fait inabordable financièrement.

Le radiologue qui voudrait malgré tout faire du dépistage dans des conditions honnêtes, risque d'être éventuellement inquiété par la justice. Celle-ci pourrait lui reprocher, s'il "manquait" un cancer chez une patiente, de n'avoir pris qu'une seule vue oblique externe des seins, au lieu des trois clichés habituels du diagnostic. On mesure ici toute l'absurdité de l'administration, dont la nomenclature des actes de radiologie continue d'ignorer officiellement la pratique du dépistage. S'il brave cette règle imbécile, le praticien s'expose à des ennuis médico-légaux.

L'évaluation d'un acte médical est le point de passage obligatoire d'une bonne médecine publique. Evaluer un examen de dépistage ou de diagnostic du cancer du sein, cela implique un énorme travail de renseignement, de statistique et d'analyse. Il faut définir la taille de la population féminine justiciable de cette pratique, et les différentes catégories d'individus qui composent la population visée. Il faut calculer le nombre de faux résultats positifs et de faux résultats négatifs obtenus, et déterminer les raisons de ces erreurs. Sur le plan technique, il faut connaître les caractéristiques des appareils utilisés dans le pays et les résultats délivrés par chaque type d'instrument ; la qualité des films ; le calibrage de la grille de positionnement du sein ; l'exactitude de l'interprétation, avec le pourcentage des bonnes et des mauvaises conclusions, et leur répartition selon le cas. Enfin, on fera la synthèse de toutes ces données parmi bien d'autres, pour finalement élaborer une politique intelligente de dépistage, de manière scientifique.

Or, remarque le Pr Renaud, « on ne connaît ni le nombre de biopsies de sein pratiquées utilement ou inutilement, ni le nombre de lésions laissées en place par certains chirurgiens, peu rodés à cette chirurgie difficile des très petits cancers, ni le nombre et la

LE TRAITEMENT DU CANCER APRÈS CHIRURGIE

TRAITEMENT	CRITÈRES D'APPLICATION	EFFETS INDÉSIRABLES
Pas de traitement La chirurgie, associée ou non à une irradiation, suffit à stopper le mal.	• La tumeur n'a pas envahi le sein. • La tumeur est limitée au canal de la glande. • Si la tumeur a envahi le sein, elle reste inférieure à 1 cm de diamètre. • La tumeur "pousse" lentement. • Il y a des récepteurs pour l'hormone œstrogénique sur les cellules cancéreuses.	• Nuls
Traitement hormonal Des pillules de Tamoxifène, un médicament qui bloque l'effet de l'hormone féminine œstrogénique. A prendre quotidiennement durant des années, parfois la vie entière.	• La tumeur mesure plus d'1 cm et moins de 3 cm. • Au microscope, la tumeur a des caractéristiques "non agressives" et elle pousse lentement. • Il y a des récepteurs pour l'hormone œstrogénique sur les cellules cancéreuses et dans le sang des malades.	• Le Tamoxifene induit une ménopause clinique avec des bouffées de chaleur et une sécheresse vaginale. • Les études sur les effets a long terme sur l'os (ostéoporose) ou le cœur (athérosclérose) sont en cours.
Chimiothérapie agressive L'association la plus utilisée par les médecins comprend du cyclophosphamide, du méthotrexate et du 5 Fluoro-ucile. Ces trois antimétabolites interdisent aux cellules cancéreuses de se diviser pour se reproduire. On y ajoute souvent de la cortisone, en cures de 6 mois.	• La tumeur mesure plus d'1 cm. • Elle a des caractères "agressifs" et elle pousse vite. • Les récepteurs œstrogéniques sont absents de la surface des cellules cancéreuses et du sang des malades, ce qui rend la récidive plus probable.	• Nausées. • Arrêt de production de cellules sanguines par la moelle osseuse. • Prise de poids importante.
Chimiothérapie "douce" Méthotrexate, 5 FU et Leuxovorine (agent diminuant la toxicité du métotrexate). Le traitement dure généralement 1 an.	• Mêmes critères que la chimiothérapie agressive. • L'étude comparative de son efficacité n'est pas terminée.	• Nausées. • Arrêt de production des cellules sanguines par la moelle osseuse. • Ni chute de cheveux. • Ni prise de poids.
Chimiothérapie combinée Antimétabolites et anti-œstrogènes sont associés. Pour certains experts, cette combinaison serait meilleure pour empêcher la récidive, lorsque la tumeur dépasse 3 cm et qu'il y a des récepteurs œstrogéniques.	• La tumeur est grosse, supérieure à 3 cm. • Elle pousse vite et a des caractères malins au microscope. • Des récepteurs œstrogéniques sont présents.	• Ceux des deux chimiothérapies.

(1) Spécialité médicale qui étudie les affections du sein et vise à améliorer le dépistage précoce des tumeurs mammaires.

compétence des chirurgiens qui opèrent ces lésions, ni enfin celui des lésions dépistées et des cancers diagnostiqués en dehors de ce dépistage spontané ».

La situation a beaucoup de points communs avec le dépistage du cancer du col de l'utérus, dont nous avons dénoncé l'inefficacité et la désorganisation (2). La pratique "sauvage" de la mammographie, autant que celle des frottis vaginaux, constitue un gaspillage d'argent et, en définitive, de vies humaines.

Comme pour le cancer du col, il est démontré pour le cancer du sein qu'un dépistage correctement organisé et mis en place, contrôlé et suivi, est un outil de prévention efficace. La Norvège et la Suède ont monté des campagnes de grande ampleur qui ont fait la preuve de leurs excellents résultats : grâce à une participation très bien acceptée de 60 % des femmes suédoises de 50 à 65 ans, ce pays a enregistré une baisse de mortalité par cancer mammaire de l'ordre de 40 %, au moyen d'un seul cliché du sein tous les 33 mois. Un recul de la mortalité de 30 % seulement se traduirait en France par 500 décès de moins chaque année dans cette même tranche d'âge. Les Pays-Bas, eux aussi partisans convaincus d'une politique de dépistage concertée, ont fait reculer la mortalité de 60 % pour ce type d'affection.

Les bienfaits du dépistage correct ne se limitent pas à une économie de vies humaines. Les médecins ont constaté une diminution de moitié des mutilations chirurgicales, une baisse des journées d'hospitalisation et une chute importante des récidives.

La France ne peut pas faire état d'un aussi bon bilan. La mortalité par cancer du sein s'y est maintenue constante depuis la fin de la dernière guerre ! Le découragement qui saisit certains de nos médecins s'exprime d'ailleurs dans le ton pessimiste de leurs titres d'articles, comme par exemple : "Le dépistage du cancer du sein est-il possible en France ?" (3).

La France n'a pas une mentalité très "dépistage". On entend couramment des arguments d'un paradoxe choquant comme celui-ci : le dépistage n'est pas souhaitable, car qui peut dire qu'un cancer débutant va évoluer vers une invasion généralisée ? Si l'on enlève à une femme la totalité de son sein parce qu'elle présente une toute petite tumeur, on n'a rien gagné, puisque c'est le traitement qu'on applique aux plus grands cancers. Raisonnement spécieux qui oublie qu'un dépistage précoce peut laisser la place à d'autres thérapeutiques qu'une ablation de l'organe, et qu'il a justement pour objet d'éviter cette mesure extrême. Une opinion également très répandue veut que les sommes investies dans un dépistage massif de la population seraient mieux employées dans la recherche de traitements nouveaux. La méfiance à l'égard du dépistage systématique s'étend jusqu'à l'homme — ou la femme — de la rue : le complexe "Commission nationale de l'informatique et des libertés", la peur d'être fiché avec son répertoire personnel de maladies. Pendant ce temps, 9 400 femmes meurent chaque année chez nous d'un cancer du sein, dont un bon pourcentage aurait pu être sauvé.

Un cancer du sein pousse lentement, si lentement qu'il est déjà "vieux" lorsqu'il atteint une petite taille enfin palpable. Le temps, dit de "doublement", que met en moyenne une tumeur mammaire pour multiplier par deux le nombre de ses cellules, est de cent jours. Sept à huit années sont alors nécessaires pour passer de la toute première cellule cancéreuse à une tumeur de 3 à 5 mm. Pendant ce temps, la tumeur est encore trop petite pour être palpée. Lorsqu'enfin on en décèle la présence par le toucher, il est déjà tard, très tard.

Ces "petits vieux" cancers envahissent l'organisme avant même de se dévoiler. Une fois sur deux, ils ne mesurent pas encore 3,5 mm qu'ils ont déjà disséminé des "commandos" de cellules malignes dans le reste du corps. Il existe une corrélation entre la taille de la tumeur et le nombre de ces commandos, appelés micro-métastases, qui menacent la vie de la victime, en envahissant et colonisant les organes vitaux.

Il arrive que certaines de ces tumeurs en début de croissance, malgré leur taille minime, se prêtent à la palpation, du fait de leur position dans le sein. Mais ne comptons pas trop sur l'habileté de détection du médecin. Selon le Pr Dubois, cité plut haut, "un cancer de 2 cm n'est repéré que dans 15 % des cas". Affligeant !

Il suffirait pourtant d'affiner les techniques et d'améliorer les connaissances pour gagner du temps — un ou deux ans — sur la marche sournoise de la maladie. Pour prévenir la métastase, cette migration des cellules malignes qui vont investir les os, les poumons, le foie, le cerveau. Car à ce stade, l'organisme a encore le pouvoir de s'opposer à une prolifération néoplasmique anarchique.

Le Pr Maurice Tubiana, directeur

PRÉVENTION ET MAMMASTATINE

La femme sécrète une molécule inconnue chez l'homme : la mammastatine. Cette protéine a la propriété de stopper net la croissance et la division des cellules du cancer du sein.

Dans un sein normal, la "pousse" et le renouvellement cellulaire indispensable, sont dus à l'action de deux types de molécules : d'une part des facteurs de croissance qui accélèrent les processus métaboliques de la division, d'autre part des inhibiteurs de croissance qui empêchent que cette croissance cellulaire ne devienne folle et incontrôlée.

Ce délicat équilibre hormonal serait rompu en cas de cancer : les femmes qui produisent peu de mammastatine laisseraient le champ libre à ces cellules cancéreuses que toute femme fabrique en permanence. Celles-ci prolifèrent follement et deviennent une tumeur maligne.

Si cette hypothèse se confirme, on tient là enfin un véritable test préventif, indiquant quelle prédisposition ont les femmes, apparemment en bonne santé, d'avoir un cancer du sein.

LOURD BILAN

Le cancer du sein tue chaque année en France plus de 9 400 femmes, deux fois le nombre des victimes du cancer de l'utérus. Le néoplasme mammaire est la tumeur maligne la plus fréquemment rencontrée chez la femme, tout au moins dans les pays industrialisés. Les USA connaissent trois fois plus de cancers du sein que du corps de l'utérus, cinq fois plus que des ovaires, huit fois plus que du col de l'utérus.

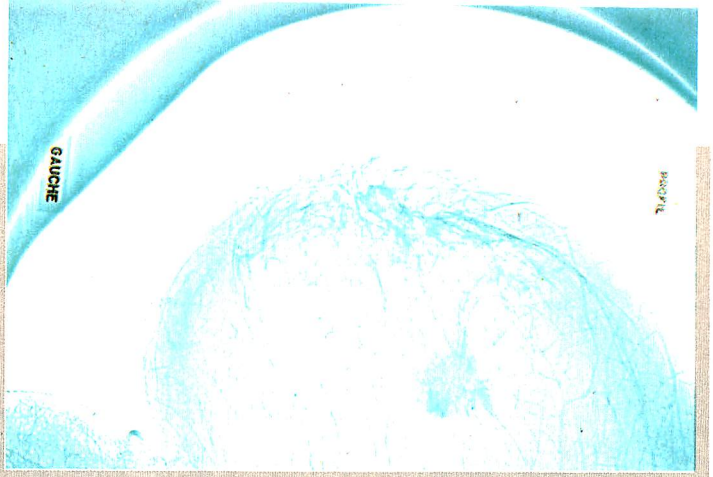
On diagnostique chez nous 2 500 nouveaux cas chaque année, soit 80 pour 100 000 femmes. Ce nombre s'élève à mesure que notre société s'industrialise ; même si l'augmentation des cas décelés est due en partie à la précocité croissante des diagnostics, il est certain que cette maladie est en expansion. Elle touche aujourd'hui deux fois plus de femmes françaises qu'il y a 40 ans. La maladie est en hausse de 2 % par an dans l'ensemble du monde. Une femme de 35 ans a aujourd'hui une "chance" sur 6 ou 7 d'avoir plus tard un cancer du sein. Une probabilité qui est encore plus forte si cette femme appartient à la catégorie des sujets à risque. Une mort sur six dans la population est imputable à ce mal.

Les taux de survie sont encore trop bas. Sur 100 femmes chez qui l'on diagnostique une tumeur mammaire à un moment donné de leur existence, pas plus de 60 seront en vie cinq ans plus tard, et 45 seulement au bout de dix ans.

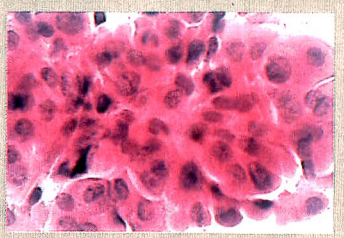
Autre fait inquiétant : alors que la mortalité par cancer du col de l'utérus baisse depuis l'introduction des tests de dépistage, même si ce n'est pas autant qu'on le souhaiterait, celle du cancer du sein s'élève, lentement mais sûrement.

Un facteur d'espoir, paradoxal peut-être : on découvre de plus en plus de cancers du sein chez des femmes relativement jeunes. Or, dans cette tranche d'âge entre 35 et 40 ans, qui de plus en plus bénéficie d'un diagnostic précoce, la mortalité n'augmente pas.

C'est bien la preuve que la maladie prise à temps peut être contrôlée et qu'un traitement rapide est la meilleure arme.



Au cœur de cette planète bleue (un sein vu par mammographie), cette zone sombre arrondie est probablement un cancer. Pour l'affirmer, il faut examiner au microscope le tissu suspect pour y déceler (ci-dessous) des cellules cancéreuses.



de l'Institut anticancéreux Gustave Roussy et président du comité "L'Europe contre le cancer", estime qu'un gain de douze mois de diagnostic ferait baisser de 30 % le nombre de femmes atteintes de métastases.

Il est maintenant prouvé, par les expériences à l'étranger, qu'un dépistage par la mammographie bien faite, constitue le meilleur moyen de détection et de prophylaxie du cancer du sein. Ni la thermographie, ni l'échographie ne sont efficaces, sauf au dire des fabricants des matériels correspondants. La mammographie de dépistage, dans la mesure où elle est pratiquée avec une compétence scientifique, est plus performante que toutes les autres formes d'examen. Sa sensibilité avoisine 90 %. Sur 100 qui se cachent dans une population de 100 000 femmes, la technologie en découvrira 90.

Reste que la mammographie, pour donner son plein rendement, doit être bien mieux réalisée qu'elle ne l'est actuellement, et beaucoup mieux interprétée dans ses résultats.

Selon une source de l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM), sur les 1 800 000 examens effectués l'an dernier, seuls 25 000 l'auraient été dans des conditions irréprochables. Les radiologues ne disposent pas tous, et de loin, d'un matériel digne de leur fonction. La mammographie de dépistage basée sur la lecture d'un seul cliché par sein demande une interprétation délicate ; pour la campagne de dépistage qui a débuté en mai dernier dans le Bas-Rhin, on a introduit la "double lecture obligatoire", où deux radiologues expérimentés examinent indépendamment chaque image. En cas de désaccord, les examens seront relus par un troisième spécialiste. Le parc de sénographes du département a été renouvelé pour cette campagne : 60 appareils neufs ont pu être achetés.

Après les campagnes de Lyon et des Hauts-de-Seine, qui ont fait long feu faute d'une participation suffisante, tout le monde espère que celle du Bas-Rhin mobilisera les intéressées en assez grand nombre pour livrer des résultats significatifs. L'exemple de ce département servira peut-être à faire avancer la santé publique dans le reste du pays, dans un domaine qui en a bien besoin.

Pierre-Yves Poindron

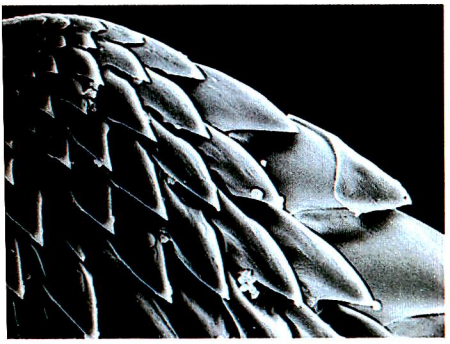
(2) Voir *Science & Vie* n° 839, août 1987

(3) Le Pr Lansac, du CHU de Tour, et le Pr Brémond de l'hôpital Herriot de Lyon.

LA MALADIE DE LYME DÉMASQUÉE

Parce qu'elle prend volontiers la forme d'autres affections, la maladie de Lyme, dont l'agent infectieux est transmis par les morsures de tiques, a trompé les médecins pendant près d'un siècle.

Elle peut simuler une "poussée" de sclérose en plaques, prendre le masque d'une arthrite, provoquer des syncopes déclencher une crise de tachycardie, voire se manifester comme une maladie de peau. Et il n'est pas impossible que certaines maladies, encore inexpliquées aujourd'hui, soient en fait des formes déguisées de la maladie de Lyme. Comme la syphilis, celle-ci est, on le voit, une grande simulatrice qu'en dépit de la multiplication des indices, les médecins n'ont pas encore entièrement démasquée, même si l'on en sait plus aujourd'hui.



C'est à Stockholm, en 1909, que leur enquête a commencé. Là, devant la Société suédoise de dermatologie, le Dr Afzelius décrit la découverte, sur la peau d'un de ses patients, d'une lésion cutanée qu'il appelle érythème migrant : il s'agit d'un anneau de couleur rosée qui s'agrandit à vitesse constante sur les membres et le tronc du malade et qui peut atteindre un diamètre de 60 cm.

Ce même anneau est signalé quatre ans plus tard en Autriche, où le Dr Lipschutz a pu l'observer pendant sept mois chez un chasseur : d'où le nom d'érythème des chasseurs. Aux yeux de ce praticien, il ne fait aucun doute qu'il s'agit d'une affection chronique. Aussi l'érythème migrant devient-il l'érythème migrant chronique (ECM), dont on sait seulement qu'il survient à la suite d'une morsure de tique. Pendant soixante ans, on n'en saura pas davantage, car toutes les études bactériologiques entreprises pour isoler, caractériser le germe responsable de l'ECM échouent lamentablement. Certaines expériences font croire à une réaction allergique. L'Allemand H. Askani extrait des glandes salivaires de tiques un agent toxique dont l'injection déclenche chez l'animal une intoxication grave et chez l'homme un ECM. Malheureusement, son expérience ne permet pas de savoir si l'on a transmis un germe, une toxine ou un allergène.

En 1922, la maladie de Lyme découvre un autre de ses visages. Deux médecins lyonnais, C. Garin et R. Bujadoux, rapportent dans le *Journal de Médecine* de Lyon qu'un cultivateur est venu les consulter pour des douleurs atroces que la morphine suffisait à peine à calmer. Trois semaines après avoir été piqué à la fesse gauche par une tique, il avait commencé à souffrir de douleurs sciatiques, mais aussi, curieusement, de névralgie intercostale, de douleur du bras droit avec une paralysie de l'épaule. Complétant ce tableau, un érythème parti de la fesse s'était étendu au tronc et à la cuisse.

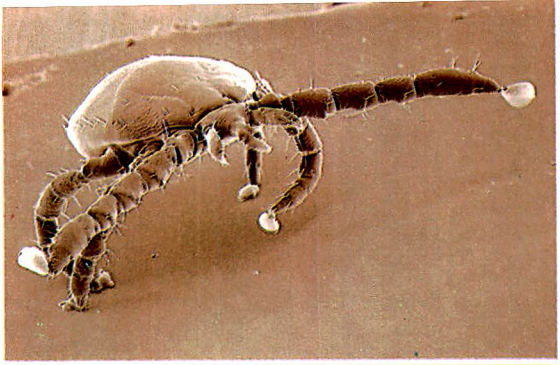
Ainsi découvrait-on que la maladie de Lyme était capable de simuler une sciatique ou une polyradiculonévrite. Nombreux allaient être par la suite les cas d'atteintes neurologiques, associées à un érythème migrant, survenues à la suite d'une morsure de tique. Parce que la réaction méningée qui accompagne l'ECM est du même type que celle des méningites virales, ils contribuèrent à accréditer, chez les médecins européens, l'hypothèse virale.

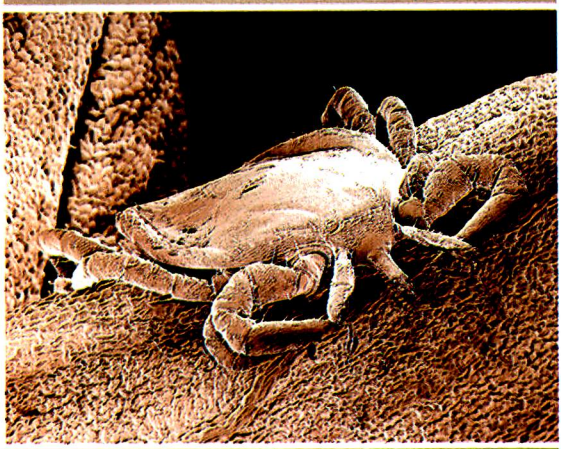
L'origine infectieuse de l'ECM finit cependant par être établie quand, en 1957, devant les médecins qui participaient au Congrès international de dermatologie de Stockholm, le Dr Sonck, un Suédois, présenta son bras gauche où il s'était inoculé la maladie à partir d'un prélèvement effectué sur un de ses patients : le magnifique érythème (20 cm de diamètre) déclencha les applaudissements de la foule. Mais le germe responsable, toujours insaisissable, restait cependant à identifier.

Dès 1948, un Allemand, le Dr Lenhoff, avait trouvé, à la fois dans la peau malade et chez les tiques, des

PAR LE Dr MICHEL RUEL

La mandibule de la tique cache un redoutable dard conçu pour l'attaque. L'extrémité de celui-ci (photo page ci-contre) est recouverte "d'écailles" orientées dans la direction opposée à la piqûre, pour qu'il soit plus difficile de le retirer, et prolonger ainsi le contact. C'est par cette arme que se transmet, à la victime, la bactérie spirochète *Borrelia Burgdorferi* propre à la maladie de Lyme.


1


2

3

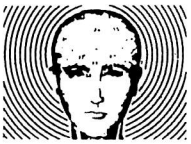
La métamorphose. La larve d'une tique (**1**) n'a que six pattes et déjà un appétit féroce : elle a absolument besoin de sang pour se métamorphoser en nymphe à huit pattes (**2**), qui se nourrira à son tour de sang pour se transformer en adulte (**3**).

corps bactériens allongés en spirale et pourvus de larges cils internes, caractéristiques qui sont celles du groupe des spirochètes auquel appartient notamment le tréponème pâle, agent de la syphilis. Quelques années plus tard, cette découverte inspira au Dr E. Höllström, un Allemand également, l'idée de traiter 16 patients porteurs de l'érythème migrant à l'aide de produits connus comme antispirochètes : arsenic, pénicilline, bismuth. Les résultats furent particulièrement nets avec la pénicilline, puisque Höllström parvint à guérir 89 % de ses malades. C'est cette efficacité de la pénicilline qui incita, en 1957, son collègue le Dr S. Hellerström à attribuer la responsabilité de la maladie de Lyme à un spirochète. Mais le monde médical n'était sans doute pas encore prêt pour cette révélation, puisqu'elle tomba bientôt dans l'oubli. Pendant encore longtemps, les médecins préféreront incriminer un ou des virus, ou des bactéries du type rickettsie.

L'épilogue de cette étonnante partie de cache-cache avec le corps médical a pour théâtre la petite ville de Lyme dans l'Etat du Connecticut. De nombreux enfants de la ville sont atteints d'"arthrite chronique juvénile". Alertés par deux mères de famille, les médecins ne tardent pas à découvrir que la moitié d'entre eux habitent la même rue. Dans une même famille, le père, la mère, les enfants (et même des voisins) sont touchés. Une enquête épidémiologique de grande envergure est aussitôt décidée, qui va déboucher sur des recherches bactériologiques poussées. Le caractère épidémique du mal incite à rechercher un agent infectieux. Une transmission orale ou respiratoire est peu probable, étant donné que la plupart des sujets atteints n'ont pas entre eux de contacts étroits. Au reste, il n'y a pas de signes respiratoires (ou digestifs) dans cette maladie. En revanche, la présence de lésions cutanées, dont certaines sont centrées sur un point noir, évoque une morsure ou une piqûre d'insecte. S'agit-il de moustiques ? Il en existe dans la région, mais pourquoi s'attaqueraient-ils de préférence à l'aisselle, à l'aine, à la fesse ou à la cuisse ? L'emplacement des piqûres fait plutôt penser à des insectes rampants, fourmis, araignées, tiques... On interroge les victimes. Ce sont bien les tiques qui sont en cause. On se livre alors sur elles à des études minutieuses. En 1982, d'une tique du genre *Ixodes damini* on parvient à isoler... un spirochète ! Vingt-sept ans après la révélation du Dr Hellerström, un rapport direct est enfin établi entre les spirochètes et la maladie de Lyme.

En 1983, un spirochète identique est découvert dans le liquide céphalo-rachidien d'un malade atteint de méningo-encéphalite. Si les spirochètes refusent d'être cultivés sur les milieux synthétiques habituels, ils acceptent pourtant de se multiplier en colonies sur milieu de Kelly (un milieu nutritif spécialement inventé par le Dr Kelly). On met donc en culture des échantillons de sang, de liquide céphalo-rachidien prélevés chez des patients atteints de la maladie de Lyme. On retrouve le spirochète *Borrelia burgdorferi*. On l'isole des liquides articulaires des malades atteints d'arthrite chronique, ou dans le cerveau des patients touchés par la forme encéphalitique de la maladie. Les microbiologistes retrouvent assez rapidement la trace du passage des spirochètes chez un individu par la présence d'anticorps antispirochètes dont on peut doser la concentration dans le sang et les autres liquides biologiques. Depuis 1985, aux

(suite du texte page 172)



© 1987 E.C.H.G. La Ferrière-sur-Risle

- **Mémorisez tout très vite et sans effort de volonté.**
- **Découvrez comment atteindre la réussite et le Succès.**
- **Apprenez le secret de la puissance mentale.**
- **Un petit livre GRATUIT.**

Comment développer une étonnante mémoire

Vous l'avez sans doute remarqué : c'est toujours lorsque vous en avez le plus besoin que votre mémoire vous fait défaut. Il vous manque souvent la citation exacte, l'anecdote ou le chiffre qui viendraient illustrer ou renforcer ce que vous dites.

Pourtant, certaines personnes semblent pouvoir tout retenir avec une facilité déconcertante. Comment s'explique ce phénomène ?

Une nouvelle méthode, la «Méthode Godefroy», permet maintenant à tout le monde, et donc à vous, d'avoir en peu de temps une étonnante mémoire.

- Elle fait le point sur les plus récentes découvertes en matière de mémoire : suggestopédie, méthode subliminale, vitamines de la mémoire, mémoire instantanée.
- Essentiellement pratique, elle dévoile les cinq façons de développer votre concentration, ainsi que les secrets de l'association mentale.

La méthode Godefroy, vous permettra de tout retenir sans difficulté : conférences, cours, émissions (chapitre 14)... Vous pourrez apprendre très vite les langues étrangères (chapitre 9), retenir facilement les formules scientifiques et mathématiques (page 246), les lectures, les noms des gens, les histoires drôles et même des textes longs et des dates ! (élèves, étudiants, réussite professionnelle...)

Par la culture qu'elle vous permettra d'acquérir, la Méthode Godefroy vous ouvrira toutes les portes : Vous pourrez sans difficulté réussir un examen difficile, briller en société, améliorer votre situation ou vous en créer une nouvelle.

Si ces résultats vous intéressent et si vous désirez, vous aussi, posséder le pouvoir extraordinaire que donne une mémoire totale, demandez au Centre d'Enseignement sur la Mémoire (C.E.M.) de vous adresser son dossier gratuit : "Comment développer une étonnante mémoire". Actuellement, il le distribue sans frais à tous ceux qui souhaitent améliorer leur mémoire.

Ecrivez dès aujourd'hui au C.E.M. , B.P. 94 - 60505 Chantilly Cedex.

Gratuit

OUI je désire recevoir le dossier **GRATUIT : «Comment développer une étonnante mémoire»** (Rien à payer).

Nom .....

Prénom .....

N° ..... rue .....

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

à retourner au C.E.M., B.P. 94
60505 Chantilly Cedex DO36/SV646

Les Archives Militaires Internationales présentent

L'EPEE DE CHARLEMAGNE

Taille réelle: env. 97 cm.

ouvrée dans les forges légendaires
de Tolède
Rehaussée à l'or et décorée de lapis lazuli
...damasquinée d'emblèmes royaux.

Aucune autre lame existante ne possède une telle histoire ni un tel prestige. Seule l'Excalibur du Roi Arthur est devenue aussi légendaire. Créée, dit-on, pour l'Empereur Charlemagne il y a plus de mille ans, elle fut utilisée au couronnement de plus de vingt-cinq monarques, de Philippe II Auguste à Louis XIV et Napoléon. Et vous pouvez aujourd'hui en acquérir la magnifique re-création authentique, commissionnée par les Archives Militaires Internationales — qui ont confié au Médaillier Franklin l'exclusivité des souscriptions pour la France. L'épée est forgée dans le meilleur acier de Tolède — la référence ultime en matière d'épées depuis des siècles. Le damasquinage de la lame reproduit de célèbres emblèmes héraldiques: l'Aigle Bicéphale de Charlemagne... la Fleur de Lys de Louis XIV... l'Aigle Impérial de Napoléon. Le pommeau et la garde sont ornés de motifs somptueux. Les quillons sont en forme de dragons ailés aux yeux sertis de lapis lazuli. Et la poignée tout entière est dorée à l'or 24 carats. *L'Epée de Charlemagne* vous parviendra accompagnée d'une biographie de Charlemagne, d'un précis historique sur l'épée elle-même ainsi que d'un Certificat d'Authenticité. Et, afin que vous puissiez immédiatement l'exposer et mettre pleinement en valeur ce chef-d'œuvre d'armurerie, un élégant support vous sera fourni sans frais supplémentaires.

Pour recevoir la documentation détaillée et illustrée en couleurs veuillez renvoyer le coupon ci-dessous avant le 15 novembre 1989

DEMANDE DE DOCUMENTATION GRATUITE

Veuillez me faire parvenir votre brochure illustrée gratuite sur *l'Epée de Charlemagne*. Cette demande n'entraîne aucune obligation d'achat de ma part. Ma demande est effectuée avant la date limite fixée au 15 novembre 1989.

M./Mme/Melle _____ EN MAJUSCULES SVP

Adresse _____

Code Postal _____ Ville _____

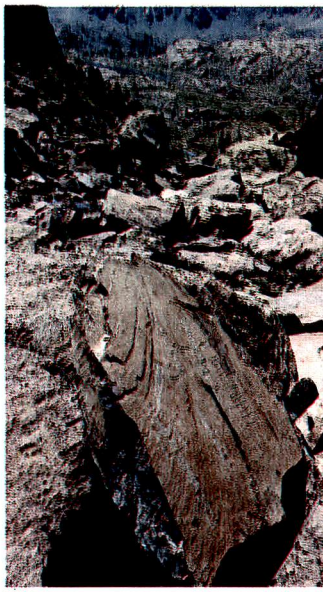
Téléphone _____

A envoyer sans affranchir à l'adresse suivante:
Les Archives Militaires Internationales
c/o LE MEDAILLIER FRANKLIN
Libre Réponse 51-95 — 95207 Sarcelles Cedex 01048

RC Pontoise B382 142543

LA VALLÉE DES MERVEILLES TOUJOURS MENACÉE

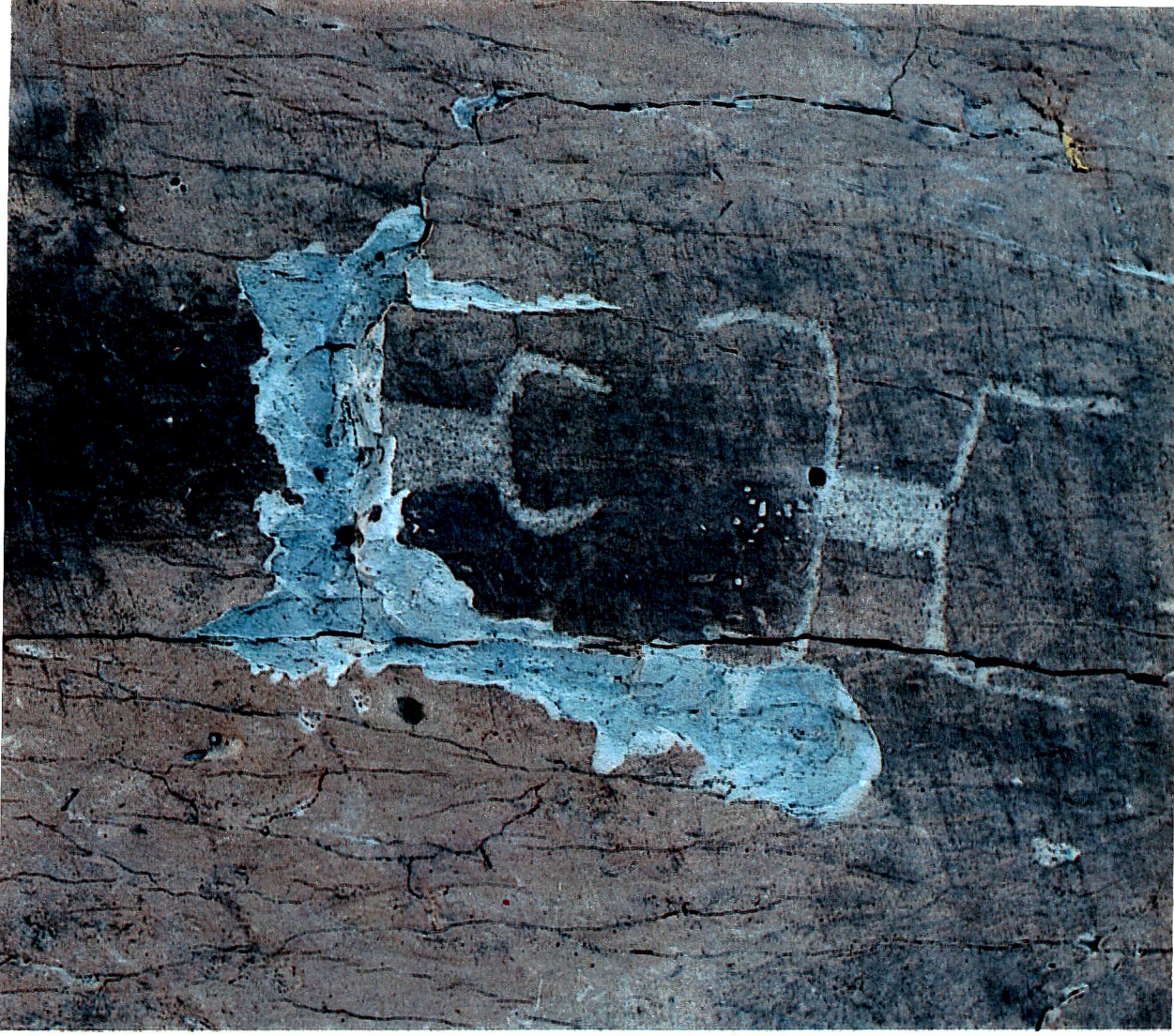
Scientifiques et écologistes tentent, depuis le milieu du siècle, de sauver le Mercantour, fleuron des Alpes méridionales. En août 1979, ils en obtenaient sa mise en parc national. Dix ans se sont écoulés, mais sa protection n'est pas assurée pour autant. C'est la triste conclusion que nous retirons d'une expédition estivale dans ce Mercantour.



PAR ROGER BELLONE

Alice n'en aurait pas cru ses yeux si, cet été, revenue au monde, elle nous avait suivis au pays des Merveilles, ce fabuleux pays perdu au bout du Midi de la France, entre les hautes montagnes de Tende et de Saint-Martin-Vésubie. Sur le vaste plan rocheux qui porte son nom, à 2 300 m d'altitude, à mi-chemin entre la cime du Diable (2 561 m) et le mont Bégo (2 873 m), elle aurait croisé des caravanes de touristes à la recherche du Chef de Tribu ou du Sorcier, figures magiques de ces lieux (***encadré p. 72***). Elle aurait aussi rencontré un cantonnier construisant un chemin large d'une soixantaine de centimètres, bordé de pierres et jalonné de rigoles transversales pour assurer l'écoulement des eaux. Bref, elle n'aurait pas reconnu ce pays inhospitalier et inaccessible, pratiquement ignoré de tous, que son illustre compagnon, Clarence Bicknell, lui faisait découvrir au début du siècle. Un silence dont Clarence Bicknell s'étonnait d'ailleurs : « C'est bien étrange, écrivait-il, avec la réputation qui s'est depuis si longtemps attachée aux Merveilles, que cette région n'ait pas été connue plus tôt. »

Pasteur anglican écarté du culte pour œcuménisme, devenu botaniste, Bicknell s'était installé à Bordighera, sur la Riviera italienne, d'où il entre-



Un trésor de pierre. Le Chef de Tribu (ci-contre), fragile mais millénaire, veille sur la Vallée. Son pouvoir ne peut cependant rien contre les vandales qui ont tenté de découper au burin une des roches gravées (ci-dessus).

prit l'étude de la flore des Alpes-Maritimes. Ainsi fut-il conduit, en 1881, dans la Vallée des Merveilles. Fasciné par les gravures rupestres qu'il y découvrit et par l'énigme qu'elles posaient, il finit par s'y consacrer corps et âme. Et si d'autres avant lui ont mentionné l'existence des gravures à partir du XVII[e] siècle, c'est essentiellement à Bicknell qu'on doit la redécouverte des Merveilles. Aidé par sa compagne, Alice Campbell, il explora chaque coin, recensa et classa quelque 14 000 pétroglyphes et en reproduisit 3 000 par dessin et moulage. Comme ses prédécesseurs, il tenta, sans succès, de percer le mystère de ces gravures.

Dès la fin du siècle dernier, Bicknell pressentit les dangers qui pèsent aujourd'hui sur le site, témoignant des premiers massacres de mélèzes par l'homme dans les zones de Fontanalba et du Val d'Enfer.

En 1947, lorsque la Vallée des Merveilles fut rattachée à la France, on pouvait penser qu'éloignée des grands axes routiers, entourée de hautes montagnes, enneigée plus de six mois par an, elle se trouvait naturellement protégée. C'était compter sans la poussée démographique, l'amélioration des moyens de transport et l'extraordinaire développement de l'information. L'énigme du Bégo ne passionne plus seulement les archéologues et quelques randonneurs du CAF (Club alpin français), elle excite maintenant la curiosité du public, et l'on grimpe aux Merveilles pour toucher du doigt le Sorcier, le Christ ou le Chef de Tribu.

Nous avons fait des dizaines de fois, à pied, le voyage aux Merveilles. Il y a une vingtaine d'années, nous rencontrions déjà quelques touristes montant en jeep au refuge du CAF, à l'entrée même de la vallée. Aujourd'hui, la ronde de ces voitures est incessante en été. Tout autour du Bégo, les déprédations

MERVEILLES ENIGMATIQUES

Aux confins de la Côte d'Azur, dans le canton de Tende-La Brigue, à 30 km de la mer, la Vallée des Merveilles constitue le plus vaste musée archéologique européen à ciel ouvert. Le plus fantastique aussi, car, depuis des temps reculés, tout concourt à l'envoûtement des hommes. Les paysages d'abord : vestiges de glaciers du Quaternaire, ce sont de dantesques chaos rocheux suspendus à 2 500 m d'altitude, où s'étendent une quarantaine de lacs, souvent d'aspect tragique, comme ceux du Val d'Enfer, entourés de mélèzes décapités par la foudre, ou parfois embués de poésie sylvestre comme le lac Vert de Fontanalba, qui reflète, selon les saisons, le vert amande ou l'or rouge des jeunes mélèzes. Les noms sont à eux seuls des objets de fascination que chantent les poètes : « Val d'Enfer... Le lac Carbon : Lac du Charbon, Lac Noir... Lac Forcat : Lac du Fourchu... Valmasque : la Masque est celle qui jette des sorts, la Sorcière... Le Massif de la Maledie : celui de la Malédiction... La Cime du Diable, les Mille-Fourches... Lac du Trem : lac du Tremblement de la Peur... La Vallée des Merveilles : il faut entendre Vallée des Sortilèges et des Maléfices, où la Merveille éblouie côtoie la Peur aveugle. Noël Fulconis a justement écrit "Val des Choses étranges". Plus loin, le Mont Matto : le Mont Fou.* »

Enfin, et surtout, le passé de ces hauts lieux reste une énigme. Il y a plus de quatre mille ans, des peuples inconnus venaient aux Merveilles durant l'été (la neige en interdisait l'accès huit mois par an) et gravaient des signes par piquetage de la roche lisse. Il y en aurait plus de 100 000, selon le laboratoire de paléonthologie humaine et de préhistoire de Marseille. Réparties dans la Vallée des Merveilles proprement dite et dans les sites environnants du Val d'Enfer, des "ciappes" de Fontanalba, du vallon de Vallauretta et du col du Sabion, ces gravures encerclent le mont Bégo (2 872 m), épicentre de violents orages, montagne magique par excellence, obscure attraction des hommes qui en ont fait un dieu.

Qui étaient-ils ceux qui venaient ainsi graver la roche polie par les glaciers ? Des pélerins originaires du Pô ou du Midi rendant un hommage rituel au Bégo, ou des bergers transhumant des vallées voisines ? Ces questions restent sans réponse. Seule la trace du message demeure.

Les gravures sont symboliques et n'illustrent que quelques thèmes essentiels. La plupart s'intègrent dans trois grandes familles : les bovidés cornus, les plus nombreux (environ 46 % des signes), les armes, surtout des hallebardes et des poignards (16 %) et les enclos ou réticulés, figures géométriques quadrillées (14 %). D'autres gravures, en nombre beaucoup plus restreint, représentent des outils, des spirales, des soleils, des zigzags, des figures géométriques et surtout anthropomorphes. Les plus célèbres, dont les noms nous sont parvenus par tradition orale, s'appellent Chef de Tribu, Mage christiforme, Sorcier, Attelage, Pantin, Danseur et Danseuse...

L'étude des hallebardes et des poignards, dont les formes ont été comparées à celles de pièces découvertes dans

se sont multipliées dès les années 50, affectant autant la flore et la faune que les gravures. On ne compte plus le nombre de signes grattés au canif, martelés au piolet ou surchargés de graffiti. Bien des comportements paraissent anodins aux touristes. Tels ces photographes (pas seulement amateurs) qui passent les gravures à la craie blanche ou de couleur pour les rendre plus apparentes ou les enjoliver. Répété des centaines de fois, ce geste use lentement, mais sûrement le dessin des signes. Au demeurant, d'un point de vue photographique, cette technique est stupide, car elle masque sur l'image tous les détails de sculpture, de matière et de couleurs ; la photo perd son caractère de document authentique et ne donne à voir qu'une pierre barbouillée. Pour vraiment améliorer l'image, mieux vaut jouer de la lumière et savoir attendre l'heure favorable où le soleil donnera un éclairage oblique, voire frisant, qui fera ressortir la profondeur de la gravure ou la forme des cupules.

Les actes de vandalisme sont allés souvent jusqu'à la tentative de vol des signes par découpage de la roche. Acte vain, car les roches des Merveilles ne se clivent pas. Ce sont des schistes durs et des gneiss souvent injectés de quartz, qui, sous les coups de ciseaux, se brisent et s'effritent.

« Devant ce massacre conscient, auquel s'intègrent des proclamations agressives, du style "Vive Mai-68, à bas la culture !", plantées entre les cornes d'un bovidé, on ne peut que souhaiter un système efficace de protection », écrivait Edmond Rossi dans sa *Fantastique Vallée des Merveilles* (Ed. Laffont, 1979). Entreprise très tôt, la bataille de la protection s'intensifia après la Seconde Guerre mondiale autour du projet de constitution du parc national du Mercantour. Sa durée et son âpreté exceptionnelles furent révélatrices des intérêts en jeu, de la puissance des opposants au parc — promoteurs immobiliers et constructeurs de stations de ski essentiellement — et de leurs influences sur les hommes politiques (quand ils n'en étaient pas eux-mêmes) ou sur certaines administrations locales. Un premier résultat fut obtenu en 1969, avec le classement du site archéologique des Merveilles. Mais il fallut attendre le 18 août 1979 pour que soit créé le parc national du Mercantour.

Pour les scientifiques, les écologistes et tous ceux qui avaient participé à la bataille, c'était enfin la mise en place du cadre de protection et de conservation d'un patrimoine naturel exceptionnellement riche. Dix ans se sont écoulés, et l'on peut s'interroger aujourd'hui sur l'efficacité d'une telle mesure. Le tourisme de masse, en effet, n'a guère épargné les parcs nationaux. Au moment de sa création, le parc du Mercantour recevait déjà 15 000 visiteurs par an, essentiellement durant les mois de juillet et d'août. Depuis, ce nombre a plus que doublé, et le site des Merveilles est particulièrement concerné. Le refuge du Club alpin, qui gouverne son principal accès, a été agrandi, triplant sa capacité. L'été, il devient une sorte d'hôtel-restaurant, où l'on doit réserver sa place plusieurs semaines à l'avance. Sur le site du Bégo, les dégradations se sont poursuivies à tel point que, nous a-t-on dit, le directeur du parc aurait envisagé un moment de le fermer au public. Mais cette mesure ne serait ni applicable ni souhaitable.

les fouilles de régions diverses, en a principalement permis la datation. Les hallebardes datent en effet de l'âge du Bronze ancien (1800-1400 av. J.-C.), et c'est à cette époque qu'on fait remonter les gravures piquetées du Bégo. Période confirmée par les poignards trapus aux lames courtes et triangulaires. S'y trouvent également quelques représentations de poignards à lame longue et fine se rattachant à l'époque du Bronze moyen (1500-1000 av. J.-C.). Peu nombreux, de facture moins soignée, ils témoignent de la fin de l'art rupestre piqueté des Merveilles. D'autres gravures existent, dites schématiques, au tracé linéaire et fin, peu profond. Souvent, ce tracé se superpose aux gravures piquetées, entaillant même leurs cupules. Les experts en ont déduit que ces linéaires étaient postérieurs à l'âge du Bronze, leur exécution s'étant poursuivie jusqu'aux débuts du christianisme. Puis ce fut l'oubli, et il fallut attendre le XVII[e] siècle pour que les Merveilles soient à nouveau mentionnées dans les écrits.

* André Verdet, *la Vallée des Merveilles* Ed. du Temps.

Montagne maléfique ou bénéfique ? Le "dieu" Bégo domine le chaos géologique du Val d'Enfer.

Comment fermer, en effet — à moins d'avoir une armée de gardes —, 12 km² de haute montagne, accessibles par une douzaine de cols, à des altitudes de 2 000 à 2 600 m ? Sans doute une fermeture partielle sans surveillance rigoureuse suffirait-elle à freiner le flot des touristes, mais elle n'arrêterait pas plus les vandales qu'une frontière de montagne ne met fin à l'action des contrebandiers.

Il n'est guère d'autre solution, en définitive, que d'instaurer des visites guidées et payantes, mesure prévue de longue date aux Merveilles et qui vient d'entrer en application. Malheureusement, il semble bien que cela ait été organisé à la hâte et sans préparation. En juillet dernier, nous avons vu bon nombre de groupes livrés à eux-mêmes, ou accompagnés d'un guide visiblement débordé. Sur le site de Fontanalba, nous avons compté jusqu'à 28 personnes par groupe guidé (le règlement en prévoit 15 au maximum). Et il se trouvait toujours quelques visiteurs pour fouler aux pieds les roches à gravures et les marteler du bout de leur canne ferrée. Ces touristes n'avaient certainement pas le sentiment d'être des déprédateurs. Peut-on leur en vouloir de leur ignorance des conséquences de ce comportement ? Sans cesse recommencé, celui-ci conduira rapidement à la destruction des gravures. Une évidence, peut-être, mais qui ne l'est pas pour tous. La grande urbanisation a engendré des hommes aux réflexes de citadins, coupés de la nature, sans connaissance des mécanismes écologiques fondamentaux.

Aussi les visites guidées ne protégeront-elles rien sans une information systématique du public. Certes, aux portes du parc sont placardées des affiches énumérant les interdictions : défense de quitter les sentiers balisés sans accompagnateur officiel, défense de toucher aux gravures, défense de marcher sur les gravures, défense de détériorer les gravures... Des documents sont également proposés aux entrées et dans les syndicats d'initiative de la région. Mais tous les visiteurs ne s'arrêtent pas aux portes du parc et les autres oublient vite ces interdits ennuyeux. Chaque guide chargé d'un groupe devrait expliquer le pourquoi de ces prescriptions et inviter chacun à les respecter. Tâche plus difficile qu'il n'y paraît, car elle revient à sensibiliser les visiteurs aux problèmes de conservation d'un patrimoine qui appartient aussi aux générations futures. Elle suppose, en outre, des guides non seulement formés à cette prévention, mais également suffisamment nombreux pour faire face à l'arrivée massive des touristes les jours d'affluence. Tous, en effet, ne sont pas des professionnels fonctionnaires du parc national, lesquels sont en nombre insuffisant l'été.

Restent les vandales. Insensibles aux arguments écologiques, ils ne reculeront que devant des moyens de surveillance renforcés et des sanctions pécuniaires plus dures que celles déjà en place. Les Américains ont montré depuis longtemps l'efficacité de telles mesures dans leurs parcs nationaux. Mais tout cela ne saurait se faire sans moyens financiers, qui restent à trouver. Faute de quoi, il n'y aura pas de protection réelle des Merveilles. La bataille pour la sauvegarde du parc national du Mercantour est sans doute loin d'être achevée.

Roger Bellone

LES FRANÇAIS ENTRE LA SOUPE AUX CHOUX ET LE BIG MAC

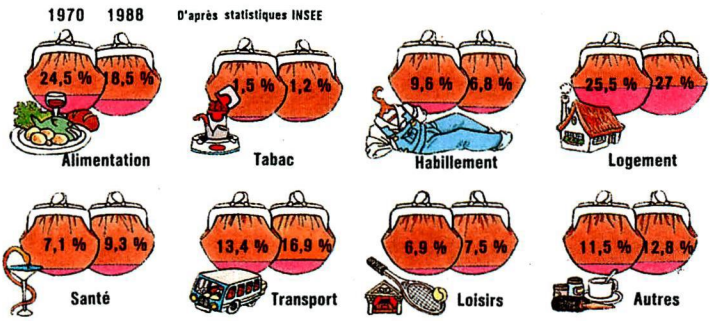
A la demande des grands groupes alimentaires, les sociologues traquent les moindres changements de nos habitudes à table. Ce savant espionnage va sans doute permettre à des produits encore inconnus aujourd'hui de devenir nos aliments préférés de demain. C'est le but de l'opération. Mais en attendant, cette enquête réserve plus d'une surprise.

PAR JACQUELINE DENIS-LEMPEREUR

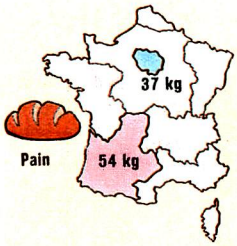
Au début du siècle, lorsqu'un paysan du Rouergue s'asseyait devant la lourde table avec les autres membres de la maisonnée, son menu ne variait guère d'un jour à l'autre. Dans la grande soupière fumait le potage odorant et une grosse miche de pain complétait le repas. Le dimanche et les jours de fête, cet ordinaire s'agrémentait d'un morceau de lard. Le spectre de la disette avait pourtant disparu depuis belle lurette puisque la dernière grande famine remontait au début du XVII[e] siècle. Aujourd'hui, en comparaison avec ces repas frugaux, c'est l'opulence qui règne sur nos tables. Les Français, ainsi que leurs voisins, ont le ventre plein ! Mais la façon dont ils s'alimentent ne cesse de se modifier. Et si la gastronomie française n'a rien perdu de sa réputation, qu'en est-il des repas quotidiens des familles ?

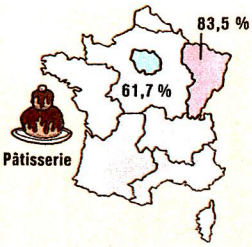
Premier constat : l'alimentation reste un des plus gros postes de dépenses des foyers (***voir dessin ci-contre***). Plus de 630 milliards de francs en 1988 nous valent, avec l'Italie, le record mondial de la consommation alimentaire par habitant. En revanche, si on compare cette dernière aux autres dépenses, logement, habillement, loisirs et à tout ce qui peut alléger le porte-monnaie familial, la part de l'alimentation ne cesse de diminuer. Elle représentait le quart du budget il y a une vingtaine d'années et ne dépasse guère 18 % aujourd'hui. Ce phénomène est bien connu des économistes. Dès la fin

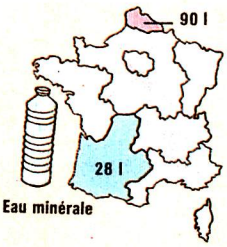
CE QUE LES FRANÇAIS DÉPENSENT POUR SE NOURRIR

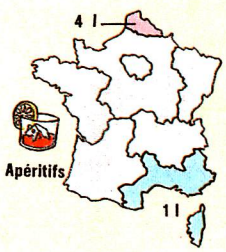


En près de vingt ans, la somme destinée à l'alimentation par ménage et par an n'a guère varié, puisqu'elle s'est accrue de 900 F seulement, passant de 16 700 F en 1970 à 17 600 F en 1988 (en francs constants de 1980). C'est toujours une des principales sources de dépense des foyers. Mais tandis qu'on lui accordait le quart du budget familial en 1970, la part qu'elle représente ne cesse de diminuer au fur et à mesure que le niveau de vie s'élève, au profit d'autres postes comme les loisirs, les transports, le logement, la santé... En 1988, un ménage français ne consacrait plus que 18,5 % de son budget pour se nourrir. Aux Etats-Unis, cette part n'est plus que de 14 %.









LE PAYSAGE ALIMENTAIRE DE LA FRANCE

A travers ces cartes représentant la consommation au domicile — en kilo, en litre ou en unité (pour les œufs) — par personne et par an, on s'aperçoit que l'alimentation des Français varie souvent en fonction des productions régionales traditionnelles. La grande distribution n'a pas réussi à faire disparaître les attraits de l'offre locale. Nous n'avons fait figurer ici que les régions où la consommation était la plus forte (en rouge) et la plus faible (en bleu).

Où mange-t-on le plus ? Dans le Nord ; les Bretons font preuve de plus de frugalité.

Pain. Petite baguette à Paris, grosse miche sur les tables du Périgord, du Quercy et du Rouergue.

Pommes de terre. La bintje picarde est trois fois plus appréciée par ceux qui la produisent que par les Parisiens.

Viandes de boucherie. Mouton davantage à l'honneur en Provence, alors que dans l'Est la charcuterie remplace souvent la viande.

Charcuterie. L'influence germanique l'a apportée sur les tables de l'Est, tandis que les Parisiens, plus préoccupés par la diététique, s'en privent volontiers.

Pâtes alimentaires. La quantité ingérée varierait-elle en fonction de la distance avec la péninsule italienne ?

Légumes frais. A volonté sur les marchés de Provence.

Fruits frais... des vergers ensoleillés de la Drôme.

Œufs. Plus de ruraux dans le Sud-Ouest... plus d'œufs.

Fromages. Les Auvergnats sont les premiers à apprécier leur bleu, leur fourme et leur st-nectaire, alors que les Bretons ont toujours préféré faire du beurre avec leur lait.

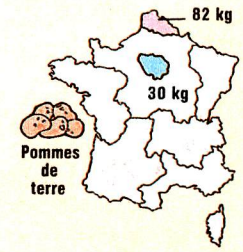
Beurre. La graisse d'oie remplace-t-elle le beurre dans le Sud-Ouest ?

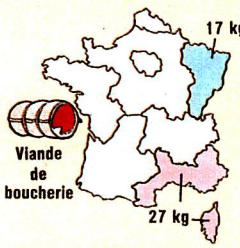
Vins. Le petit vin local est toujours sur la table dans le Sud-Ouest ; dans le Nord, il est remplacé par la bière.

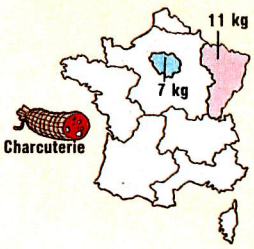
Apéritifs. Dans le Midi, le pastis se prend au café, entre deux parties de pétanque, et non à la maison.

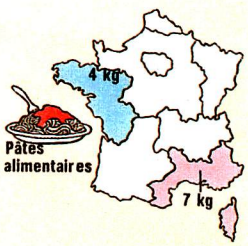
Eaux minérales. Les eaux souterraines du nord de la France sont plus polluées, notamment en nitrates, que les sources du Sud-Ouest.

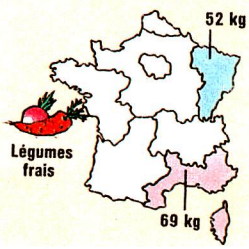
Où fait-on le plus de pâtisserie ? Le kougelhof alsacien supplante tous les autres gâteaux. A Paris, les ménagères ont moins de temps à consacrer à la pâtisserie.

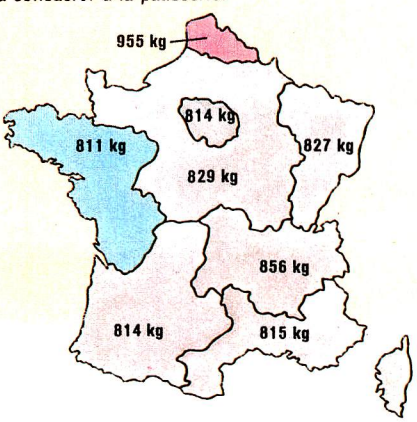


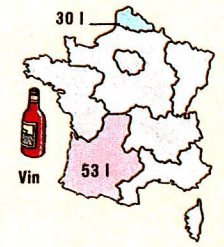


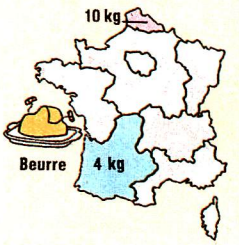


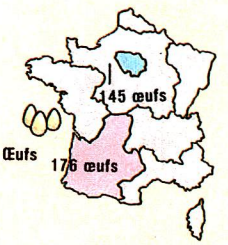


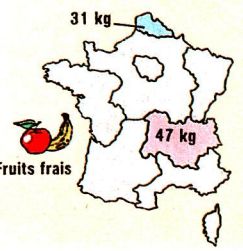












D'après statistiques INSEE et CREDOC

MOINS DE VIN... PLUS D'EAU

En vingt ans, les Français ont mis de l'eau dans leur vin, réduisant considérablement leur consommation de boissons alcoolisées. Il n'y a guère que la bière qui a toujours les mêmes adeptes.

La quantité d'eau minérale consommée a, en revanche, plus que doublé, nous valant le record mondial de buveurs d'eau, alors que, malgré les réductions qui apparaissent ici, nous détenons toujours le record mondial pour l'alcool.

Ces chiffres concernent la consommation, tant à l'extérieur qu'au domicile, par habitant et par an ; ils sont tirés d'une enquête de l'INSEE sur la consommation des ménages (série de la comptabilité nationale).

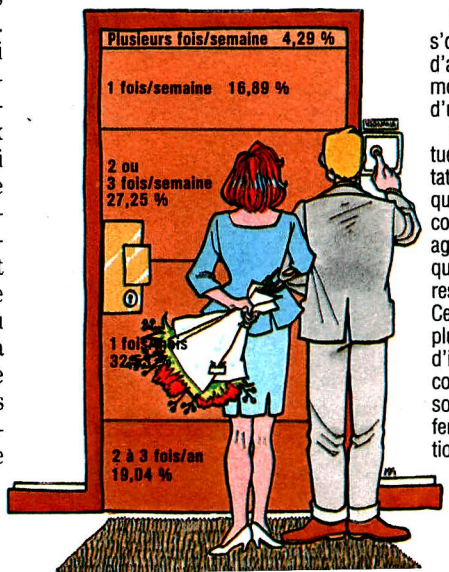
En réalité, si la consommation à la maison a réellement diminué, les petits verres pris sur le zinc ou chez les amis se sont, eux, au contraire, multipliés. Passant de 27 litres à 38 litres par personne et par an, pour le vin. Pour la bière : de 20 litres à 27 litres.

du siècle dernier, Engel en avait même tiré une loi qui peut se résumer en une phrase : plus le niveau de vie est élevé, moins l'alimentation représente une part importante.

Deuxième constat : malgré l'opulence, la quantité de nourriture ingurgitée ne peut pas croître indéfiniment. Il s'agit, initialement, de répondre à un besoin de l'organisme. Avec une ration quotidienne de plus de 3 000 calories, le Français moyen est pleinement rassasié. Ayant atteint la saturation en quantité, il recherche donc, sinon la qualité, du moins des produits différents qui lui apportent du plaisir, lui permettent de varier ses menus ou de faciliter leur préparation. Aux aliments bon marché, il tend à préférer les produits coûteux. La consommation de vins ordinaires chute tandis que celle des vins de qualité augmente. Idem pour les pâtes aux œufs qui ont plus de succès que les vulgaires nouilles. Les produits de base qui demandent une préparation culinaire cèdent progressivement la place aux mets plus élaborés, qui économisent du temps, le producteur ayant déjà accompli une partie du travail qui était auparavant dévolu à la ménagère. Le café moulu est préféré au café en grains, le riz à cuisson rapide au riz de nos grand-mères ; parfois c'est tout un pan de l'alimentation qui s'effondre au détriment d'un autre. Ainsi, la vente de lait n'a guère progressé, alors que les yaourts et les crèmes, desserts en tout genre connaissent un vif succès. On consomme moins de fruits et de légumes frais mais la vente de conserves diverses a presque doublé en dix ans, et celle de produits surgelés a été multipliée par 2,5. Bref, près des trois quarts des aliments consommés aujourd'hui sont des produits transformés.

Alors ? Fini le bœuf miroton qui mijotait pendant des heures sur un coin du fourneau ? Le gâteau au chocolat dont la recette, véritable secret de famille, était jalousement transmise de mère en fille ? Peut-être pas. Du moins pas encore. Car il existe encore bien des disparités dans la façon dont les Français s'alimentent (***voir dessin p. 82***). Le poids du régionalisme est encore important et les racines culturelles profondes. Mais pour combien de temps ? Le taux de population rurale ne cesse de décroître. Par ailleurs, bien que la hiérarchie sociale en matière culinaire ait tendance à être moins marquée, il existe encore des aliments surconsommés par les uns, sous-consommés par les autres. On trouve encore des survivances héritées du XIX[e] siècle. Ainsi, bien que son prix ne le justifie plus, la viande de bœuf a gardé la préférence des classes bourgeoises. Entre les populations urbaines, notamment parisienne, et les ruraux, qui se nourrissent encore à plus de 80 % de leurs propres productions, il y a un véritable gouffre.

LES FRANÇAIS REÇOIVENT...

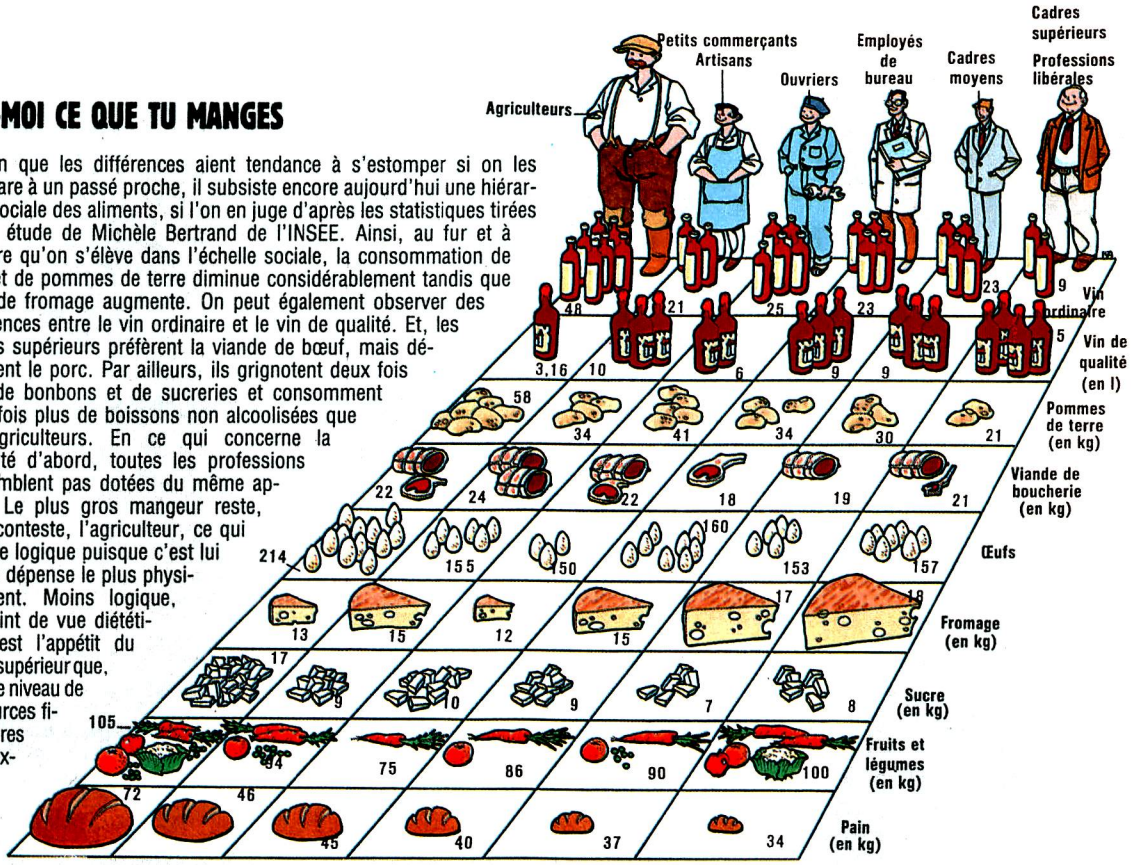


La porte des ménages français ne s'ouvre pas facilement, si l'on en juge d'après ces statistiques du CREDOC. La moitié d'entre eux ne reçoivent pas plus d'une fois par mois.

Selon une analyse de l'INSEE, effectuée par Nicole Manon, le tiers des invitations ont lieu le dimanche et un cinquième le samedi, le mardi restant, comme au théâtre, jour de relâche. Les agriculteurs reçoivent deux fois plus que les Parisiens et la France du Sud reste plus acueillante que celle du Nord. Ce sont les plus âgés qui invitent le plus, les plus jeunes recevant davantage d'invitations qu'ils n'en rendent. Les couples sont moins reçus que les personnes seules. Et les ménages où la femme travaille lancent moins d'invitations que les autres.

DIS-MOI CE QUE TU MANGES

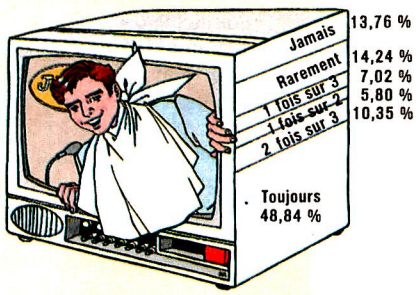
Bien que les différences aient tendance à s'estomper si on les compare à un passé proche, il subsiste encore aujourd'hui une hiérarchie sociale des aliments, si l'on en juge d'après les statistiques tirées d'une étude de Michèle Bertrand de l'INSEE. Ainsi, au fur et à mesure qu'on s'élève dans l'échelle sociale, la consommation de pain et de pommes de terre diminue considérablement tandis que celle de fromage augmente. On peut également observer des différences entre le vin ordinaire et le vin de qualité. Et, les cadres supérieurs préfèrent la viande de bœuf, mais dédaignent le porc. Par ailleurs, ils grignotent deux fois plus de bonbons et de sucreries et consomment deux fois plus de boissons non alcoolisées que les agriculteurs. En ce qui concerne la quantité d'abord, toutes les professions ne semblent pas dotées du même appétit. Le plus gros mangeur reste, sans conteste, l'agriculteur, ce qui semble logique puisque c'est lui qui se dépense le plus physiquement. Moins logique, du point de vue diététique, est l'appétit du cadre supérieur que, seul, le niveau de ressources financières peut expliquer.



Pourtant, et c'est un paradoxe, malgré ces disparités, une certaine uniformisation tend à s'installer. Aujourd'hui, les deux tendances coexistent, mais les traditions auront la vie dure, car c'est une véritable guerre qui s'est engagée. Dans un camp, les consommateurs encore attachés à des traditions qui valent la peine qu'on les perpétue. Dans l'autre camp, les industries agro-alimentaires, souvent multinationales, et leur logique d'économie de marché. Cette logique toute commerciale consiste à vendre le maximum d'articles avec la marge la plus élevée possible, ce qui implique nécessairement une standardisation des produits. Leur offensive est relayée par la télévision, qui s'insinue dans tous les foyers par la publicité en tout genre, et par les rayons attrayants des supermarchés qui remplacent peu à peu les petits commerces (***voir dessin p. 80***). Dans un hypermarché on trouve 17 000 produits alimentaires différents à multiplier par le nombre de marques. De plus, ces industries se sont assuré des alliés de choix pour infiltrer l'ennemi : les enfants, qui sont une cible privilégiée. La nourriture-jeu a vu le jour en même temps que s'amorçait cette guerre. Des nouilles en forme de "schtroumpfs"... au chocolat dont l'emballage reproduit les personnages de dessins animés ; les aliments ne cessent de tenter les jeunes consommateurs qui ne savent pas encore résister aux convoitises et ne sont pas découragés par des mères, trop anxieuses à l'idée que leurs rejetons puissent bouder la nourriture. Les privations de la dernière guerre ont sans doute fait long feu dans l'esprit des Français ; combien de générations se succéderont avant que ce fantôme disparaisse ? En attendant, puisque le petit aime la purée en flocons, le steack haché congelé et la crème glacée, maman est sûre d'éviter qu'il dépérisse en achetant ses denrées préférées.

Autres alliées : les femmes, à qui l'on propose des aliments qui les soulagent de tâches qu'elles jugent parfois con-

... UN CONVIVE SUPPLÉMENTAIRE

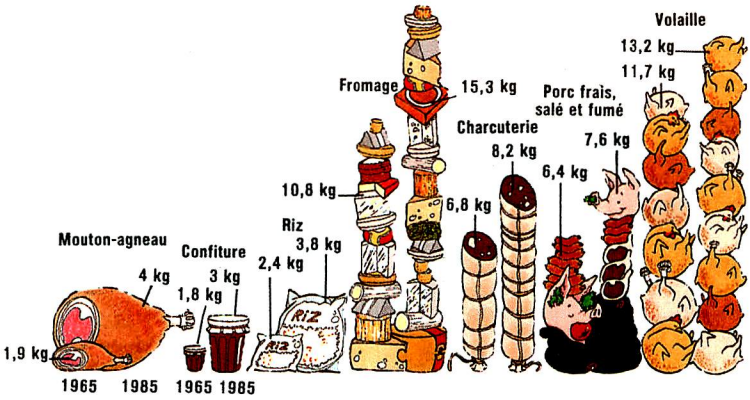


La place du pauvre n'existe plus guère en France. Mais la moitié des ménages ont en permanence un invité à table : la télévision (statistiques CREDOC).

traignantes. Aujourd'hui, finies les corvées ! Avec les sachets de la 4e gamme, plus de salade à laver, plus de légumes à éplucher, écosser, trier. Mieux : avec la 5e gamme, les plats sont déjà cuisinés. Il suffit de les réchauffer dans un four à micro-ondes. Tartes surgelées, vinaigrettes toutes prêtes, soupes en briques... Si les palais des gastronomes n'y gagnent pas toujours, les ménagères, elles, apprécient le gain de temps que ces produits leur procurent. Pour les femmes qui travaillent, c'est une véritable aubaine. Or, en 1987, le taux d'activité féminine dépassait 70 %. D'ici à l'an 2000, il y aura quelque 2 millions de femmes de plus qui travailleront.

Ce serait une erreur de croire que cette évolution se fait brutalement. Elle est au contraire tout insidieuse, et toutes les couches sociales ne s'y laissent pas prendre avec la même facilité. Il y a encore bien des réticences, bien des résistances, et ce n'est pas uniquement le coût de ces nouveaux produits, souvent plus onéreux, qui joue le rôle essentiel dans le freinage de leur développement. Ainsi, si l'on en juge par une étude sociologique menée par Claudine Marenco et Geneviève Chauveau (1), les femmes qui travaillent, au moins dans les milieux ruraux et parmi les couches les moins favorisées des populations urbaines, continuent à accorder au repas familial un caractère de rite qui demande certains préparatifs. Culpabilisées par un travail rarement épanouissant, qui les éloigne de leur famille, ces femmes se livrent souvent à de véritables acrobaties pour préparer à l'avance des repas traditionnels, auxquels parfois elles ne peuvent pas même assister. Le repas reste dans leur esprit le point d'ancrage de la famille.

Autre frein dans le développement de la "nouvelle" cuisine : la réticence des personnes âgées habituées à un certain mode de vie et qui n'en changeront guère. Or, cette population, en termes de marché, aurait pu être intéressante pour les firmes agro-alimentaires,



D'HIER À AUJOURD'HUI, CE QUE MANGENT LES FRANÇAIS ?

3 millions de tonnes de légumes frais, 3,2 millions de t de fruits, 2,2 millions de t de pommes de terre, 1,2 million de t de viande, 9 milliards d'œufs... Telles sont les quantités gargantuesques qui passent au cours d'une année entre les mains des ménagères françaises.

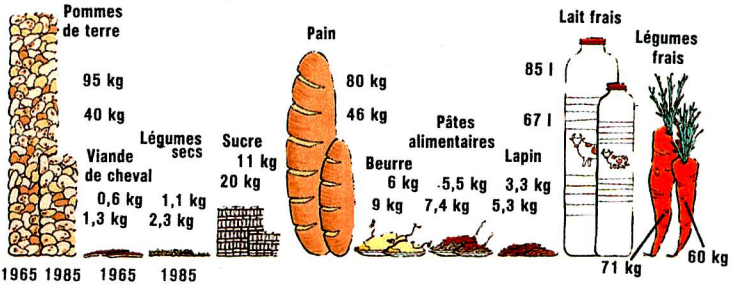
Depuis une vingtaine d'année, les habitudes alimentaires des Français se sont considérablement modifiées. Viandes et poissons conservent la même cote. Mais certains aliments de base très énergétiques, comme le pain, les pâtes alimentaires, les pommes de terre, le beurre, le sucre, ont vu leur part diminuer au profit de produits plus sophistiqués. Les Français consomment également moins de légumes frais et un peu moins de café.

Les chiffres ci-contre, qui indiquent la consommation annuelle par personne, concernent exclusivement les repas pris au domicile. Ils sont issus des enquêtes effectuées tous les deux ans par l'INSEE auprès de 10 000 ménages.

Les traitements de ces enquêtes étant particulièrement longs, les dernières données disponibles sont celles de 1985. Quant aux chiffres de 1987, ils sont en cours de dépouillement. Nous avons toutefois indiqué dans la dernière colonne les tendances qui se dessinent quant à l'évolution de la consommation.

Figure également la part de l'autoconsommation pour 1983. Légumes, fruits, volailles, lapins, œufs, vin et cidre sont les principaux aliments concernés par cette pratique. Il est probable qu'aujourd'hui cette forme d'alimentation, propre à la population rurale, est en légère régression.

Enfin, les données concernant les boissons alcoolisées sont à interpréter avec précaution. S'il est indéniable que leur consommation diminue, notamment pour les vins ordinaires, on ne saurait oublier la part importante absorbée en dehors du domicile, ainsi que la tendance des personnes interrogées à minimiser cette consommation, moins facilement avouable que les autres.



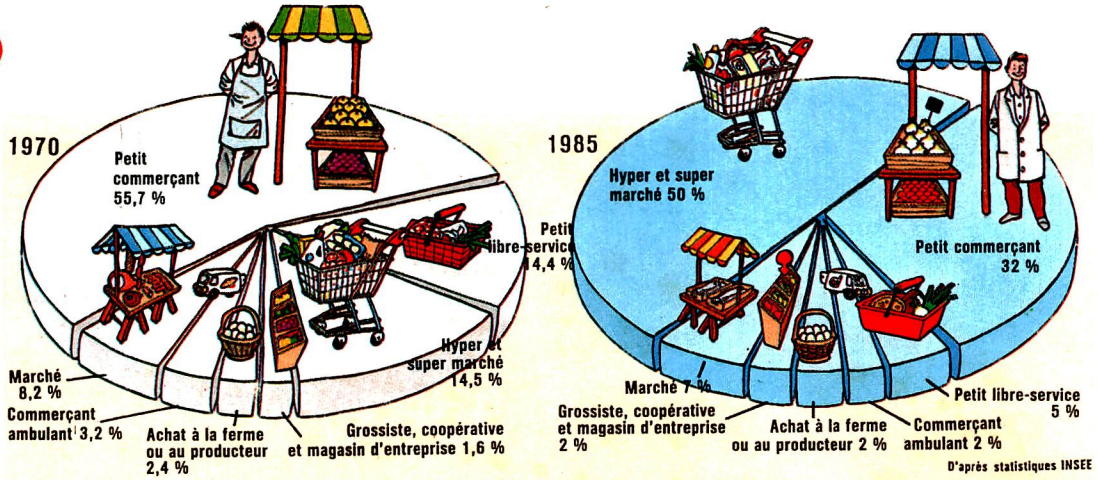
(1) Au sein de l'ERSPI (Equipe de recherche stratégies, pratiques et idéologies), une unité du CNRS.

TYPE D'ALIMENT	1965-67	1983	PART DE L'AUTO-CONSOMMATION EN 1983	1985	TENDANCE ACTUELLE
Pain	79,6 kg	45,9 kg	0,1 kg	45,7 kg	–
Pâtes alimentaires	7,4 kg	5,3 kg	0 kg	5,5 kg	=
Riz	2,4 kg	3,8 kg	0 kg	3,8 kg	=
Farine de froment	3,7 kg	3,6 kg	0,01 kg	3,4 kg	=
Pommes de terre	94,5 kg	50,3 kg	13,4 kg	40,1 kg	=
Légumes frais	71,2 kg	62,8 kg	22,4 kg	59,7 kg	+
Légumes secs	2,3 kg	1,1 kg	0,2 kg	1,1 kg	–
Agrumes et bananes	22,1 kg	22,1 kg	0,06 kg	20,4 kg	+
Fruits frais métropolitains	37,1 kg	38,1 kg	5,8 kg	36,8 kg	+
Fruits secs	1,5 kg	1,4 kg	0,2 kg	1,1 kg	+
Confiture	1,8 kg	3 kg	0,9 kg	3 kg	=
Viande de boucherie dont :	21 kg	21,7 kg	0,6 kg	21,7 kg	–
Bœuf	12,9 kg	13,4 kg	0,2 kg	13,2 kg	–
Veau	4,9 kg	4 kg	0,2 kg	3,8 kg	=
Mouton-agneau	1,9 kg	3,5 kg	0,2 kg	4 kg	–
Cheval	1,3 kg	0,7 kg	0 kg	0,6 kg	–
Porc frais, salé, fumé	6,4 kg	8,3 kg	0,7 kg	7,6 kg	–
Charcuterie	6,8 kg	8,4 kg	0,5 kg	8,2 kg	–
Volailles	11,7 kg	14 kg	2,9 kg	13,2 kg	=
Lapins	5,3 kg	3,5 kg	1,7 kg	3,3 kg	–
Œufs (en unités)	169 œufs	179 œufs	38 œufs	165 œufs	–
Poissons-crustacés	6,6 kg	6,7 kg	0,4 kg	6,4 kg	=
Lait frais (en litres)	84,8 l	70,4 l	4,8 l	66,6 l	–
Fromages	10,8 kg	14,8 kg	0,1 kg	15,3 kg	+
Beurre	8,9 kg	6,9 kg	0,05 kg	6,3 kg	–
Huiles (en litres)	12,1 l	9,4 l	0,02 l	8,9 l	–
Margarine et graisse	1,8 kg	2 kg	0 kg	1,9 kg	+
Sucre	20 kg	11,9 kg	0 kg	10,8 kg	–
Produits à base de cacao	2,3 kg	2,9 kg	0 kg	2,8 kg	=
Vins ordinaires (en litres)	78,8 l	38,6 l	3,8 l	31 l	–
Vins de qualité	8,3 l	9,3 l	0,1 l	8,8 l	+
Apéritifs et liqueurs	2,8 l	3 l	0,04 l	3 l	+
Bière	20,8 l	14,1 l	0,06 l	11,9 l	–
Cidre	13,5 l	3,1 l	2,1 l	2,2 l	–
Café en grains	4,2 kg	3,6 kg	0 kg	3,5 kg	–

+ en hausse – en baisse = stationnaire

car elle est en pleine croissance ; après le "baby-boom" de l'après-guerre, la France, ainsi que les pays voisins, ont atteint l'ère du "papy-boom". Les pyramides des âges voient leur base se rétrécir et leur sommet s'élargir, ce qui annonce une population vieillissante. Selon le rapport présenté en juin 1989 par M. Méraud, au nom du Conseil économique et social, la population totale de la France va vraisemblablement continuer à augmenter dans la décennie prochaine, mais de plus en plus lentement. De 0,4 % par an au début à 0,2 % environ vers la fin du siècle. De 55,2 millions en 1985, les Français seraient 58 millions en l'an 2000, à condition que le taux actuel de fécondité (1,8 enfant par femme) se maintienne. Les jeunes de moins de 20 ans verront leurs effectifs se réduire de plus d'un million.

En revanche, de 9 millions aujourd'hui, les plus de 65 ans seront 12 millions d'ici à une dizaine d'années, dont 1 million auront plus de 85 ans. Hélas pour l'industrie ! cette frange de population n'est pas très fortunée et, comme nous l'avons dit précédemment, peu portée sur les aliments transformés à forte valeur ajoutée. Mais, comme le souligne une étude récente du Centre de recherche pour l'étude et l'observation des conditions de vie (CREDOC), « les "vieux" de demain ne seront pas ceux d'aujourd'hui. Plus instruits, habitués à utiliser des produits transformés, le troisième âge du XXI[e] siècle (c'est-à-dire les adul-



LES SUPERMARCHÉS GAGNENT DU TERRAIN

En l'espace de quinze ans, les Français ont considérablement changé leurs habitudes d'achats alimentaires. Les hyper- et supermarchés ont drainé la moitié de la clientèle au détriment des petits commerces. C'est dans l'est de la France que ce phénomène est le plus accentué, tandis que dans le Sud-Ouest on reste plus attaché aux commerces traditionnels.

Toutefois, certains magasins spécialisés gardent la préférence des ménagères, qui achètent encore plus de 80 % de leur pain et 70 % des gâteaux dans les boulangeries-pâtisseries, ainsi que plus de la moitié de leur viande chez le boucher.

Quant aux petits marchés, où l'organe vocal du poissonnier rivalise avec celui du maraîcher, ils ont toujours à peu près la même cote, particulièrement dans la région parisienne où ils assurent 15 % de l'approvisionnement des foyers.

tes d'aujourd'hui) constituera une clientèle plus exigeante... mais pas forcément fortunée ». En effet, les déséquilibres dans l'emploi et les régimes sociaux, notamment les retraites, annoncent des jours moroses. Pour les séduire, il faudra jouer sur les conditionnements qui devront être réduits et... sur la santé. Ce qui n'est pas pour déplaire à l'industrie, qui voit dans ce domaine le grand marché de l'avenir... pour tous les âges.

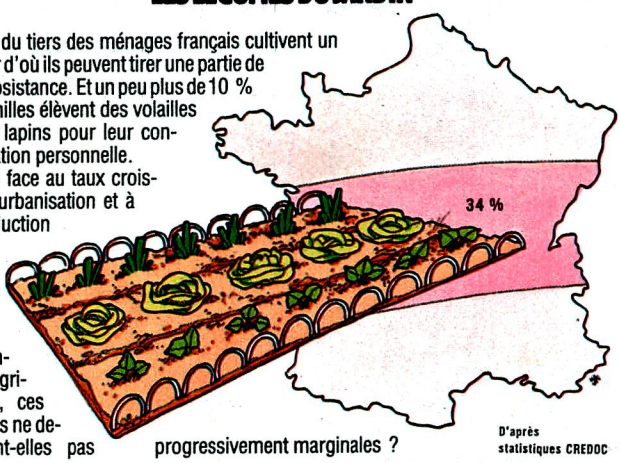
Lorsqu'une tendance se dessine dans le domaine de la consommation, c'est rarement la résultante d'un seul facteur. Entre l'offre et la demande, il existe des tiraillements permanents qui se traduisent généralement par une adaptation réciproque. Et si les produits diététiques, allégés, enrichis en vitamines, en fibres et autres aliments à connotation "bonne forme" envahissent petit à petit aussi bien les rayons des supermarchés que les publicités, est-ce par mode ou par nécessité ? Le corps n'aurait-il pas aussi son mot à dire ? Si nous avons délaissé au cours des ans les aliments énergétiques, ceux qui tiennent au corps, comme le pain ou les pommes de terre, ce n'est peut-être pas uniquement pour des considérations sociales ; c'est vrai qu'ils sont mieux adaptés aux travailleurs qui se dépensent physiquement.

Les produits diététiques aussi répondent peut-être à un besoin ? Comme le souligne Ismene Giachetti, chargé de recherche au CNRS (2), « l'homme en situation de libre choix réagit comme l'animal, il a tendance à surconsommer, ce qui entraîne le développement de maladies nutritionnelles, dites de civilisation ». Alors que l'apport protéique n'a guère varié dans nos menus, nous absorbons aujourd'hui trop de graisses (29 kg par an) et trop de sucre, bien que, paradoxalement, la part des glucides ait diminué, par le fait d'une moindre consommation des pommes de terre, du pain et des légumes secs et de l'amidon que ces aliments contiennent.

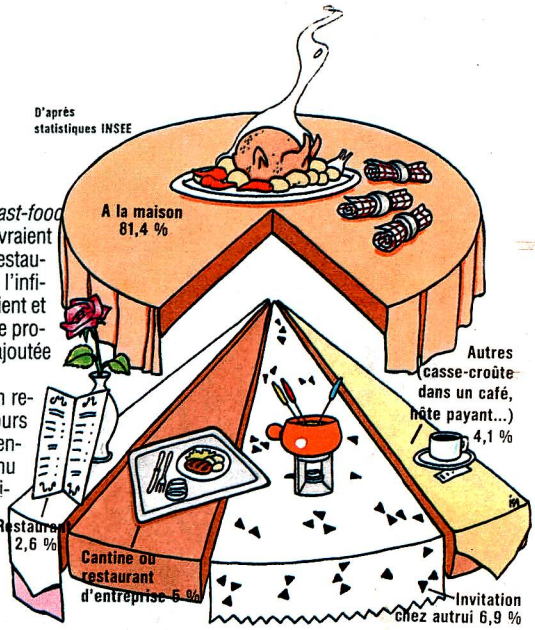
LES LÉGUMES DU JARDIN

Plus du tiers des ménages français cultivent un potager d'où ils peuvent tirer une partie de leur subsistance. Et un peu plus de 10 % des familles élèvent des volailles ou des lapins pour leur consommation personnelle.

Mais face au taux croissant d'urbanisation et à la réduction du nombre d'agriculteurs, ces pratiques ne deviendront-elles pas progressivement marginales ?



OÙ MANGENT LES FRANÇAIS ?



Sur les 730 repas qu'un individu avale au cours d'une année, 135 sont pris à l'extérieur du domicile. La part des cantines, des restaurants et des restaurants d'entreprise ne cesse de se développer. Ainsi, en douze ans, les dépenses consacrées aux repas pris à l'extérieur ont triplé ; elles représentent aujourd'hui 14 % du budget alimentation et plus de 3 % du budget familial.

Les cantines sont appelées à changer complètement leurs façons de faire, d'ici à moins de dix ans. Selon les prévisions du CREDOC, les plats préparés depuis une cuisine centrale seront apportés et réchauffés dans des fours à micro-ondes, réduisant considérablement les coûts en équipement et en personnel et supprimant totalement les problèmes d'approvisionnement et de gestion des stocks. Seuls les licenciements que cette formule entraînerait retardent actuellement le développement de ce type de restauration.

Par ailleurs, tandis que les *fast-food* qui utilisent des produits en kit devraient continuer à se développer, les restaurants gastronomiques garderont l'infime partie du marché qui leur revient et continueront à cuisiner à partir de produits frais bruts, avec une valeur ajoutée très importante.

Dans les petits restaurants, en revanche, on observera, toujours selon le CREDOC, une certaine tendance à composer la base du menu avec des produits surgelés ou réfrigérés. Quant aux bistrots de quartier, qui accueillent le midi la foule évadée des bureaux, leur terrine du chef et leur tarte maison seront des reliques du passé. Afin d'accélérer le service, de faciliter la gestion et d'éviter les pertes, tout en gagnant de l'espace, la plupart des patrons adopteront les plats préparés sous vide, les crudités toutes prêtes de 4e gamme, les desserts surgelés ou réfrigérés.

Le marché potentiel de ce que le CREDOC appelle les produits "techno-mutants" et "techno-substituts" est colossal. Dans un langage clair, les premiers concernent les aliments remaniés. Certains sont enrichis — vitamines dans le pain, bifidus dans le yaourt — d'autres au contraire sont allégés — à faible teneur en sucre ou en matières grasses. En raison de la vague diététique, les produits gras ou sucrés sont les plus visés.

Quant aux "techno-substituts", ce sont tous les produits de remplacement, comme la margarine utilisée à la place du beurre, les édulcorants à la place du sucre ou comme le surimi, ce succédané de crabe à base de poissons communs. Prenons l'exemple du tonyu, ce jus de soja qui peut remplacer le lait. Aux Etats-Unis les "faux laits" ont déjà conquis le cinquième du marché des crèmes liquides utilisées principalement pour "blanchir" le café. Aux Pays-Bas, le "faux lait" en poudre ou liquide représente 13 000 t. En France, nous n'en sommes pas encore là, puisque, selon le CREDOC, nous n'en consommons que 6 500 t. Mais c'est tout de même l'équivalent de plus de 50 millions de litres de lait. Si le marché de ces nouveaux produits intéresse tant les industries agro-alimentaires, c'est aussi parce qu'il s'adresse principalement aux catégories de ménages les plus aisés ; soit plus du quart des Français. Selon le CREDOC, ces consommateurs ont entre 35 et 55 ans, habitent les villes de plus de 50 000 âmes et ont un bon niveau d'instruction.

Ce ne sont pas tant les produits diététiques et de régime à proprement parler qui intéressent les firmes commerciales. Ce marché, actuellement de 1,6 milliard de francs, est, en effet, réglementé en France et comme le faisait observer Jacques Belay, directeur

(suite du texte page 84)

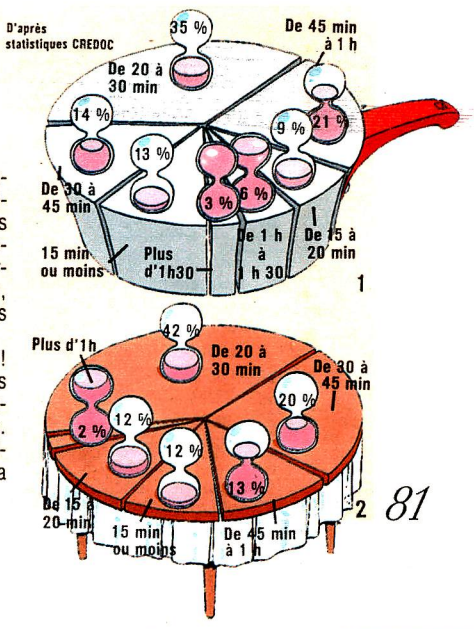
(2) Au sein du Centre national de coordination d'études et de recherches sur la nutrition et l'alimentation (CNERNA).

(3) Au cours d'un colloque organisé en septembre 1989 par le Centre technique de la viande et des produits carnés (CETEVIC).

COMBIEN DE TEMPS CONSACRONS-NOUS À NOTRE ALIMENTATION ?

Plus de la moitié des ménagères consacrent moins d'une demi-heure aux préparatifs des repas. Dans 13 % des foyers, le repas est prêt en un quart d'heure, voire moins, indiquant le rôle important des plats préparés, surgelés ou non, réchauffés grâce aux fours à micro-ondes (**dessin 1**).

A table... Finies les agapes d'antan ! Les repas d'aujourd'hui sont pris de plus en plus rapidement. La majorité des Français dînent en moins d'une demi-heure. Par ailleurs, le repas dominical n'est différent du repas de tous les jours que pour la moitié des foyers (**dessin 2**).



À quelle catégorie de consom

Jamais ou presque

1 à 3 fois par mois

1 à 3 fois par semaine

Tous les jours

Les célibataires "campeurs"
Citadins, 28 ans en moyenne, bon niveau d'études, travaillent dans le tertiaire, revenus plutôt faibles, petite cuisine mal équipée.
Aliments favoris : tout produit transformé, plats cuisinés, biscuits à apéritif, chips, pâtes alimentaires, pain préemballé, barres chocolatées, vodka, gin...
Achètent peu de produits frais, en vrac, pommes de terre fraîches...

Les urbains modernes
Couple jeune, sans enfant, citadin, de 30 à 35 ans, bon niveau d'études, travaille dans le tertiaire, revenus moyens ou élevés.
Aliments favoris : tout produit transformé, pains spéciaux, potage en brique, salade en sachet, plats cuisinés, fromages préemballés, thé, vodka, whisky...
Achète peu de produits frais, en vrac, pommes de terres fraîches, vin ordinaire...

Les ruraux domestiques
Famille nombreuse, rurale, propriétaire d'une maison, le plus souvent avec potager. Chef de famille : ouvrier ou agriculteur ; revenus faibles ou moyens.
Aliments favoris : produits frais, viande surgelée, crème fraîche, gâteaux secs ordinaires, fromage fondu, pâte à tartiner ou chocolat, vin ordinaire, liqueurs...

0 %

100 %

15 % en consomment régulièrement

17 %

8 %

13 % en consomment régulièrement

20 %

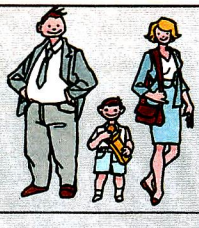
10 %

Hier encore, le choix des aliments était d'abord le reflet des revenus et des catégories sociales. Aujourd'hui, pour les grosses firmes agro-alimentaires, dont la stratégie consiste à séduire le plus grand nombre possible de consommateurs, ces critères ne suffisent plus ; Il s'agit pour elles de cibler avec précision les "nouveaux" consommateurs. C'est précisément l'objet d'une enquête, dirigée par Saadi Lahlou, que le CREDOC a concoctée pour elles.

A partir d'enquêtes approfondies portant sur 150 produits différents et réalisées auprès de 1 600 ménages, le CREDOC a identifié sept grandes stratégies de consommations différentes. Pour étudier ces comportements, un millier environ de variables ont été utilisées, puis mises en correspondance grâce à des méthodes bien connues des statisticiens, dites d'analyse factorielle, afin de repérer les groupes homogènes. Parallèlement, toutes nos petites habitudes ont été passées au

nateurs appartenez-vous ?

Les familiaux
Couple marié avec enfants, classe moyenne ou populaire. Chef de famille, 46 ans environ, diplômé du technique ; femme au foyer. Vivent souvent en HLM, revenus moyens.
Aliments favoris : pain frais, beurre, sucre blanc, crème fraîche, yaourts aromatisés, glace, gâteaux de riz en boîte, lait, pâtisserie, purées en flocons, bonbons, chocolat, fruits en conserve. Ils achètent un peu de tout.

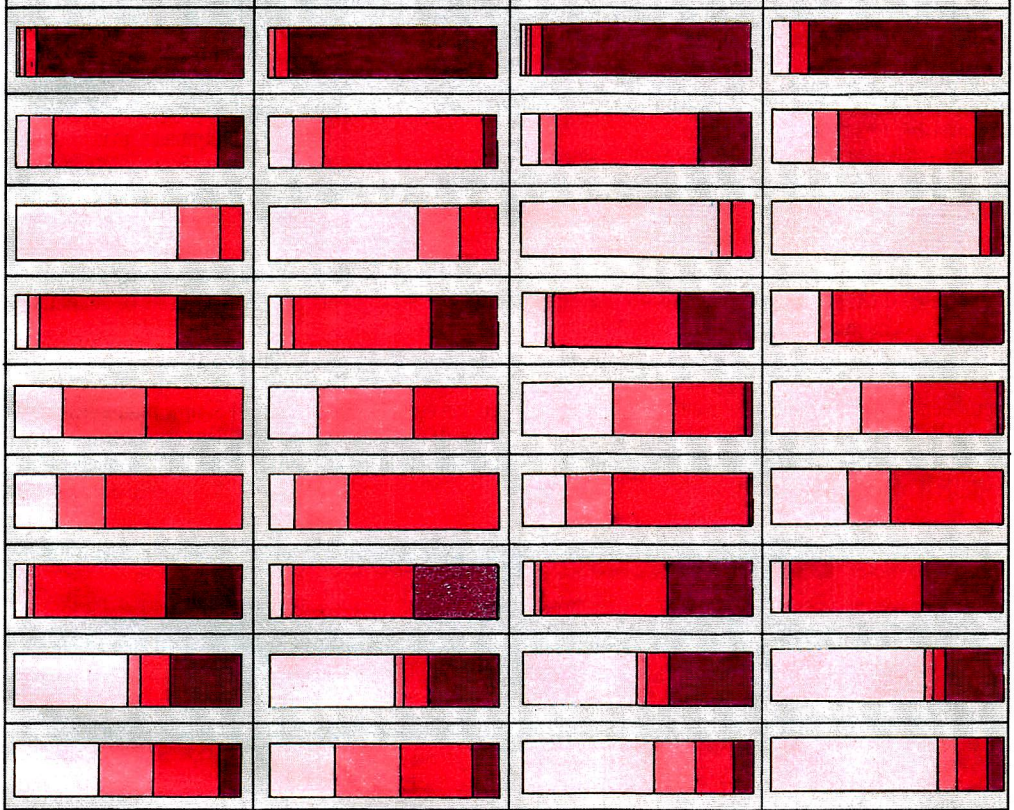


Les bien-installés
Couple marié, avec enfants en bas-âge, aisé, femme active, habitent plutôt en banlieue, dans une maison. Chef de famille, 40 ans en moyenne, bon niveau d'études, souvent cadre moyen ou supérieur.
Aliments favoris : produits transformés, produits de luxe, poisson frais, aliments diététiques, 4e gamme, surgelés, vins de qualité, alcools, champagne... Achètent peu de vin ordinaire....

Les traditionnels âgés
Couple ou personne seule, vivant dans de petites agglomérations, en maison individuelle ; le chef de famille a la soixantaine, est retraité, à revenus faibles.
Aliments favoris : jambon à la coupe, biscottes, pommes de terre fraîches, mélange café-chicorée...
Achètent peu de produits transformés, ou haut de gamme, produits à grignoter...

Les isolés
Solitaires, âgés, retraités, sans diplôme, revenus faibles, santé fragile.

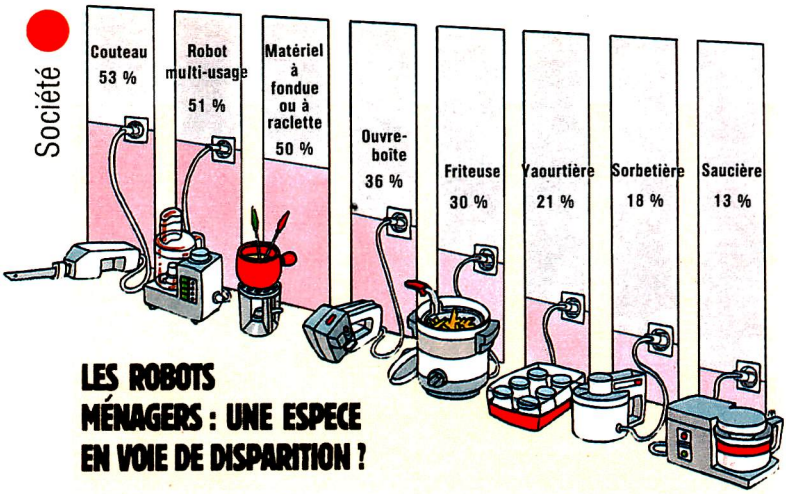
Aliments favoris : pain frais, pâtes alimentaires, riz, pommes de terre fraîches, légumes en vrac, fruits en vrac, viande à la coupe, café décaféiné, infusions.
Achètent peu tout ce qui n'est pas produit de base.



8 %	11 %	4 %	3 %
12 %	13 %	2 %	1 %

crible. Rien n'a échappé à l'œil exercé des statisticiens, qui connaissent maintenant jusqu'à la taille de nos cuisines et même celle... de nos chiens, et qui savent pertinemment à quelle heure et sur quel support une publicité doit passer pour viser (sinon atteindre) la bonne cible.

Ci-dessus, vous reconnaîtrez les portraits types du consommateur français. D'abord le "célibataire campeur" qui débute dans la vie active, puis l'"urbain moderne", version jeune couple du précédent. Avec l'arrivée des enfants, ce couple se dirige, suivant son milieu socio-géographique, vers l'une des trois catégories familiales: "rural domestique", "familial" ou "bien installé". Après le départ des enfants, il devient "traditionnel âgé" puis, à la mort du conjoint, "isolé". Des portraits bien sûr caricaturaux, mais qui permettent de repérer les grandes tendances.



LES ROBOTS MÉNAGERS : UNE ESPECE EN VOIE DE DISPARITION ?

Plus de la moitié des foyers possèdent un couteau électrique, alors que 30 % seulement ont une friteuse électrique. Une analyse plus fine de ces statistiques du CREDOC montrerait que beaucoup de jeunes ménages ne se servent plus de leur robot multi-usage. Cela s'explique par le fait que ces ménages sont aussi les plus gros consommateurs de produits tout prêts qui ne demandent aucune préparation, viande prétranchée, plats cuisinés, desserts en "kit"... Idem des personnes seules, qui recherchent avant tout rapidité et commodité.

Bref, devant la percée de la "nouvelle cuisine", l'avenir des robots ménagers semble gravement compromis.

de la société GIRA, spécialisée dans les études de marchés (3), « chaque fois qu'il y a une intervention gouvernementale, le marché est cassé ». Ce ne sont pas non plus les produits biologiques et naturels, qui ne dépassent guère le milliard de francs ; ce sont ce qu'il appelle "les produits nutritionnels pour une alimentation équilibrée", autrement dit ceux que le CREDOC nomme "techno-mutants" et "techno-substituts". Leur marché est autrement attirant, puisqu'en 1986 il représentait déjà 39 milliards de francs, pour quelque 5 millions de tonnes de denrées diverses. Le GIRA estime qu'en dix ans ce marché aura doublé. Et pourtant, la France n'est pas le pays le plus engagé dans ce type de produits. Leur taux de pénétration n'est que de 5,5 %, alors qu'il atteint 13% en Suède, 7,5 % aux Etats-Unis, 6,5 % en Allemagne, 6,3 % au Royaume-Uni et 6 % en Belgique.

La stratégie d'attaque pour répandre ces aliments, qui répondent à une préoccupation des consommateurs, varie d'un pays à l'autre. Ainsi, les Etats-Unis connaissent la phobie du sel, alors qu'en France ce sont les acides gras saturés qui sont considérés comme la grande menace. C'est pourquoi plus du tiers du marché des produits "nutrionnels" est constitué par les aliments allégés en graisse. Le lait demi-écrémé longue conservation fait partie de ce lot, soit 1 million de t sur les 3 millions de t que représentent les produits laitiers. Bon exemple d'article qui s'est progressivement imposé à nous ! Si on y ajoute les produits de remplacement des acides gras saturés, on atteint presque 50 %. Pour le reste, 14 % sont des ali-

(suite du texte page 173)

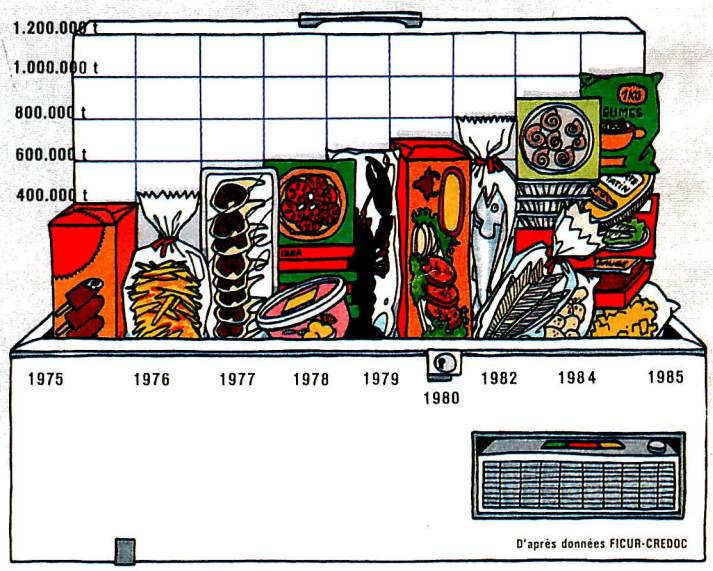
LES SURGELÉS : ASCENSION AVANT LA CHUTE ?

En l'espace de dix ans, le marché des produits surgelés et congelés a connu une progression de l'ordre de 10 % par an. En 1986, selon le CREDOC, il représentait 25 milliards de francs pour 1,1 million de t, dont une moitié destinée aux ménages et l'autre... à la restauration. On peut trouver plus de 5 000 références commercialisées.

Ce sont les légumes qui connaissent le plus de succès (4 kg/an/habitant), puis les frites (2,4 kg), les viandes (2,3 kg), les pâtisseries et pâtes (2,2 kg), les abats (1,2 kg), les volailles (1,1 kg), les filets de poisson (0,7 kg), le poisson pané (0,5 kg).

Ce qui est surprenant, c'est que la moitié des plats préparés surgelés sont consommés dans les trois jours, ne nécessitant donc pas une telle sophistication dans la préparation. Mieux ! Près du quart de ces plats sont réchauffés le jour même de l'achat.

C'est ce qui a fait dire au CREDOC qu'il n'existait pas de véritable marché du surgelé et que ce secteur serait vraisemblablement très menacé par les produits "nouveau frais" (sous vide, réfrigérés, sous atmosphère contrôlée...) qui sont souvent meilleurs et d'usage plus facile et qui, au cours de la décennie qui s'amorce, seront au centre de la demande des ménages.



D'après données FICUR-CREDOC

ECHOS DE LA RECHERCHE

MEDECINE

Cholestérol : le mystère s'épaissit

Des taux faibles de cholestérol n'apparaissent guère plus utiles aux hommes qu'aux femmes. Cette information paradoxale ne fait qu'épaissir un nouveau mystère médical.

Car il est bien établi que l'excès de cholestérol joue un rôle important dans la formation des plaques d'athérome qui encrassent les parois des artères ; c'est donc, logiquement, un facteur d'athérosclérose, et les taux excessifs de cholestérol semblaient bien, depuis des années, correspondre à des mortalités anormales par accident cardio-vasculaire.

Or, cette information paraissait ne concerner que les femmes (voir notre n° 863 d'août). Des travaux de chercheurs de l'université de Stanford indiquent qu'elle intéresse aussi bien les hommes. Les Drs Alan M. Garber, Benjamin Littenberg et Harold C. Sox viennent de publier, dans les *Annals of Internal Medicine*, des observations statistiques démontrant que les traitements destinés à réduire des taux de cholestérol élevés chez des hommes aboutissent bien à un abaissement des accidents cardio-vasculaires (de 5 à 10 %), mais que, par ailleurs, une "complication mystérieuse" surgit : les personnes traitées meurent alors d'une autre maladie. Il n'y a donc pas réduction générale de la mortalité ; d'autres causes remplacent les accidents cardiovasculaires, comme on l'avait remarqué chez les femmes. Aucune explication n'est avancée pour le moment ; il est donc prématuré de supposer que l'excès de cholestérol serait sans conséquence sur la santé, tout autant qu'il l'est de postuler que le traitement pour le supprimer est en lui-même nocif. Tout ce qu'on sait, pour le moment, c'est que l'abaissement de ce taux ne réduit pas les taux de mortalité générale.

On peut également imaginer qu'un taux excessif de cholestérol ne constituerait pas une cause directe de la mortalité par accident cardio-vasculaire, mais que ce serait un symptôme d'un autre désordre organique, qui reste évidemment à définir. Voilà quelque temps déjà, en effet, qu'on fait des recherches sur une cause virale et même tumorale éventuelle de l'athérosclérose. La tendance que nous avons relevée dans les interprétations de statistiques est de prendre en compte les facteurs associés, comme la consommation de tabac.

Plus concluantes semblent les expériences menées à l'université d'Alabama, à Birmingham, qui indiquent que le danger, dans les matières grasses, viendraient de certains de leurs produits de dégradation, notamment des triglycérides. En effet, elles sont toxiques. Il se pourrait que les lipoprotéines de haute densité, qui existent aussi dans les matières grasses, jouent un rôle protecteur contre les triglycérides.

Tout se passe donc comme si les athéromes n'étaient que la conséquence d'une agression, encore inconnue, perpétrée contre les parois des artères. Les expériences de l'université d'Alabama donnent à penser que cette agression pourrait être due à une substance endogène, l'héparine, anticoagulant qui induit la production de lipase, une enzyme qui participe à la dégradation des graisses. Quand on injecte de l'héparine à un individu, puis qu'on met ses cellules d'endothélium artériel en contact avec ce sang, les cellules meurent.

Il n'est donc pas exclu que les artères soient endommagées par un excès d'héparine, lui-même induit par une consommation excessive de matières grasses. Ce qui serait donc dangereux dans les matières grasses, ce n'est pas tant le cholestérol que la digestion de ces matières grasses.

Cela pourrait expliquer aussi bien l'inefficacité des traitements qui tendent à diminuer le cholestérol que les différences radicales de mortalité entre les taux d'accidents cardio-vasculaires des pays où la consommation de graisses saturées est très élevée, comme la Finlande, et ceux de pays où elle est très faible, comme la Crète. Ici et là, le rapport entre les taux de mortalité et de consommation d'acides gras saturés est directement proportionnel.

Il serait toutefois abusif d'innocenter le cholestérol. A l'appui de sa responsabilité, directe ou indirecte, on ne le sait pas encore, dans les accidents cardio-vasculaires, il faut encore citer le fait que ces accidents sont extrêmement rares chez les Tibétains, dont les taux de cholestérol sérique sont très bas, comme le rappelait récemment *The Lancet* (10 juin et 15 juillet). Ainsi, son métabolisme serait sans doute beaucoup plus complexe qu'on l'avait cru. Et que les différents types de matières grasses ingérées l'influencent considérablement, de même qu'ils commandent l'état des artères. En témoigne une étude récente publiée par *Science* (9 juin), dans laquelle on apprend que l'acide ara-

chidonique, parmi d'autres acides gras, active les circuits du potassium dans les cellules des muscles lisses, c'est-à-dire ceux des parois vasculaires. Bien que la découverte ne soit pas encore interprétée de façon généralement satisfaisante, elle confirme que les acides gras ne jouent pas qu'un rôle alimentaire, mais également un rôle métabolique fondamental pour la santé des tissus. L'acide arachidonique, présent dans les graisses végétales, serait plus utile aux artères que les substances contenues dans les graisses animales. **G.M.**

MATERIAUX

L'avenir des aérogels : peut-être des fenêtres isolantes ?

Les aérogels sont des matériaux exotiques hautement bizarres, dont on n'a pas fini d'explorer toutes les possibilités. Inventés en 1932 par l'Américain S. S. Kistler, ce sont des structures associées, lâches, constituées de substances colloïdales gonflées par un solvant et se caractérisant par le fait qu'au-dessous d'une certaine température leurs chaînes polymériques s'attachent les unes aux autres. Au-dessus d'une température donnée, elles se comportent donc comme des liquides, au-dessous, comme des solides. Ce fut Kistler qui eut l'idée de remplacer le solvant par un gaz ; les structures polymériques restaient inchangées, mais le gel devenait poreux à 98 % quand le gaz était de l'air. Ce fut ce qu'on appela un aérogel. Ce sont des isolants cent fois supérieurs aux verres de silice les plus denses, et donc largement employés dans certains équipements de laboratoire. **G.M.**

Quatre cas de sida à HIV 2, très rare en Occident, décelés en juin à New York.

NEUROLOGIE

La fatigue mystérieuse

Il y a plus d'un siècle que le psychiatre américain George Beard, entre autres, décrivait la neurasthénie, état de malaise général, d'affaiblissement général des fonctions, d'anorexie, de douleurs lombaires et dorsales, de névralgies passagères, d'hystérie, d'insomnie, d'hypocondrie, d'incapacité de travail intellectuel suivi, d'attaques de migraines... C'est ce que l'on appellérait de nos jours "le mal de vivre". L'aspect général des fatigues diffuses, d'origine mystérieuse, s'est compliqué, il y a quelque trois ans, d'une maladie supposée, appelée syndrome du Lac Tahoe. Cette maladie supposée avait ceci de singulier qu'elle sévissait surtout chez des gens aisés. On pensa alors qu'elle était d'origine virale. Mais, en fin de compte, rien de décisif n'est venu confirmer la réalité d'une nosologie nouvelle et spécifique.

Il faut dire qu'on a enregistré des asthénies associées à de la difficulté de concentration intellectuelle, de l'irritabilité et des troubles du sommeil, évoquant beaucoup la neurasthénie, après des mononucléoses infectieuses, des hépatites, des brucelloses, des encéphalites. Mais les descriptions cliniques n'ont pas permis d'établir des distinctions nettes entre les asthénies de causes organiques et celles qui sont d'origine psychiatrique.

Une étude du *British Medical Journal* passe en revue les différentes hypothèses d'explication de la fatigue diffuse. Elle présente le double intérêt de ne pas se limiter à une description clinique, insuffisante, et de comporter une étude épidémiologique nouvelle. Tout d'abord, les auteurs de l'étude ont cherché à répondre à la question suivante : la fatigue prend-elle naissance dans le cerveau même, ou bien est-elle périphérique et prend-elle alors naissance dans les muscles ? La conclusion est que l'origine périphérique n'est pas établie et que la fatigue prendrait donc naissance dans le cerveau même.

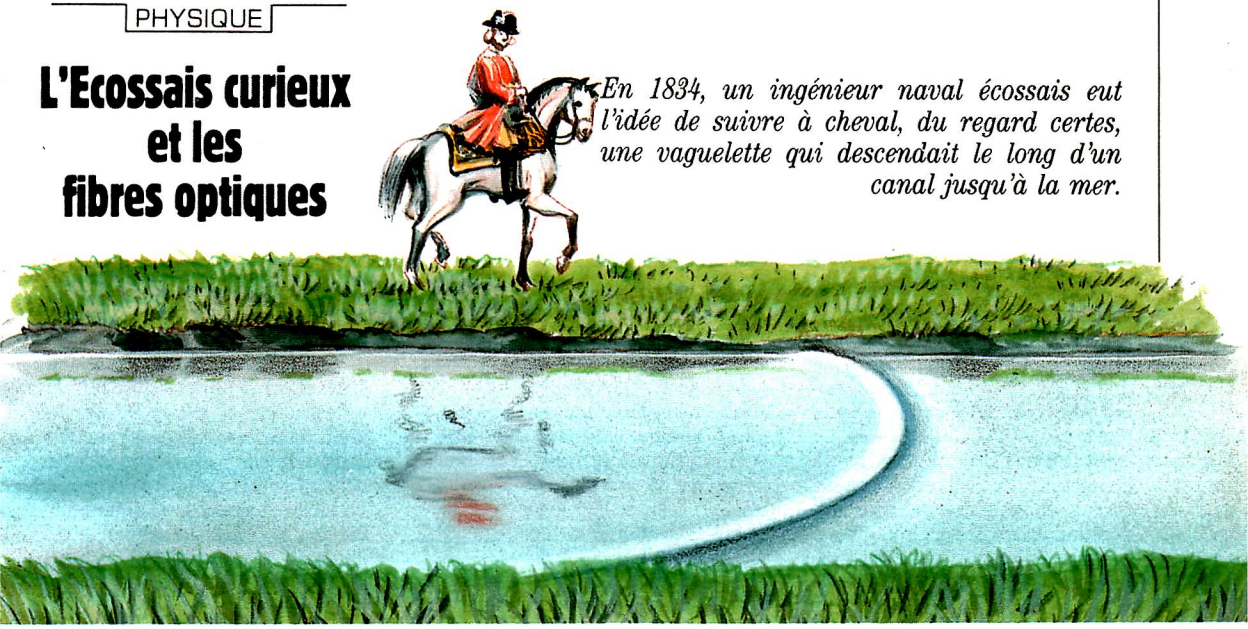
Puis ces auteurs ont cherché à répondre à une autre question : dans un groupe d'asthéniques donné, combien souffrent de symptômes psychiatriques, et combien de ces symptômes sont définis par des diagnostics organiques ? Sur 176 patients souffrant d'asthénie récente, on a trouvé que deux cinquièmes souffraient de symptômes psychiatriques, dont l'anxiété et la dépression. Deux autres cinquièmes environ souffraient de troubles organiques. Un cinquième environ souffraient de troubles mixtes (et 14 patients n'entraient dans aucune catégorie). Voilà déjà un fait, un peu moins de la moitié des gens fatigués le sont pour des causes organiques, autant le sont pour des raisons psychiatriques et presque tout le reste se partagerait entre gens souffrant à la fois de ceci et de cela. Mais une autre étude modifie un peu ces données, sans toutefois les contredire : près des deux tiers des gens qui souffrent d'asthénie depuis longtemps entrent dans le champ de la psychiatrie. Et ce seraient les troubles psychiatriques qui expliqueraient certains troubles somatiques relevés chez ces individus. Mais il serait erroné d'attribuer les fatigues chroniques au seul psychisme : certaines maladies peuvent entraîner, on le sait depuis longtemps, des symptômes psychiatriques. Une conclusion s'impose : le syndrome de fatigue diffuse existe bien et n'est pas un produit de l'imagination. Ce qu'il faut déterminer, c'est sa cause. Une asthénie d'origine psychique ne se soigne pas comme une asthénie consécutive à une infection.

Enfin, en ce qui concerne le nouveau syndrome de fatigue chronique décrit il y a quelque deux ans sous les noms de "Maladie du Lac Tahoe" (ce lac est un lieu de villégiature américain pour milliardaires) et de "Syndrome Yuppie" (un yuppie étant un jeune cadre dynamique), un récent résumé du *Concours médical* donne à penser que la maladie n'est pas imaginaire. Elle offre tous les signes d'une infection virale qui aurait été réactivée et l'on note chez les victimes une insuffisance de plusieurs sous-classes d'immunoglobulines. Premier suspect : le virus d'Epstein-Barr.

PHYSIQUE

L'Ecossais curieux et les fibres optiques

En 1834, un ingénieur naval écossais eut l'idée de suivre à cheval, du regard certes, une vaguelette qui descendait le long d'un canal jusqu'à la mer.



Il constata que cette vague se propageait de façon solitaire, sans changer de forme, et, depuis lors, on a découvert que ce genre de vague solitaire existe aussi en acoustique, en électricité, dans la lumière et dans les courants océaniques. C'est ce qu'on appelle un soliton.

Les solitons fascinent les physiciens, et ils les fascinent encore plus de nos jours, car ils servent à propulser des signaux laser à travers des fibres optiques, sur des distances aussi considérables que 5 000 kilomètres, moyennant des stimulations très espacées.

En effet, les solitons ne sont pas des manifestations du mouvement perpétuel, eux aussi tendent à s'aplatir et il faut les stimuler de temps en temps. Mais beaucoup moins souvent que les ondes ordinaires.

Un physicien des laboratoires Bell de la grande firme de communications américaine A.T.&T., Linn F. Mollenauer, estime que les solitons pourraient permettre de transmettre jusqu'à 100 milliards de bits/seconde par fibres optiques, ce qui est prodigieux si l'on considère que le maximum atteint actuellement est de 1,7 milliard de bits/seconde.

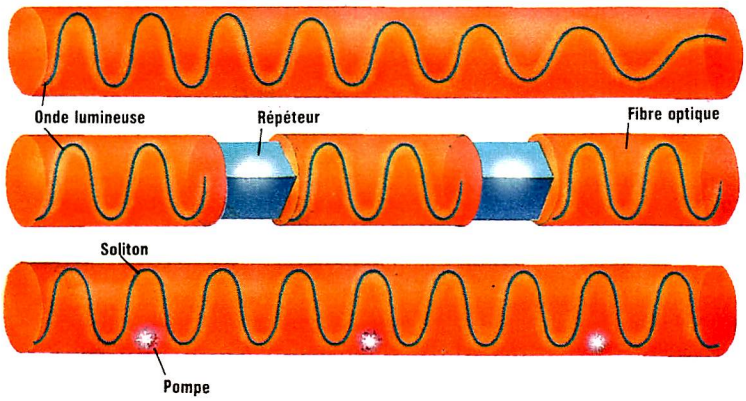
Cela deviendrait possible grâce aux nouveaux lasers mis au point par la firme Spectra-Physics, qui peuvent produire des impulsions de 4 trillionnièmes de seconde chacun. C'est 250 fois plus rapide que les impulsions actuellement transmises par fibres optiques.

Les solitons ne sont pas une nouveauté ; comment donc n'y avait-on pas déjà pensé pour la transmission de signaux véhiculés par des ondes ? C'est qu'on ne savait pas comment créer un soliton. Dans un système de transmission ordinaire, l'onde tend à se déformer en s'aplatissant au bout de quelque 75 kilomètres (**dessin**).

Pour corriger ce défaut, on installe des répéteurs tout le long du trajet, qui convertissent les signaux lumineux en électricité, électricité qui est réinjectée dans l'onde et qui lui redonne un surplus d'énergie, ce qui lui permet de poursuivre son trajet sans s'aplatir. L'ennui est que ce système est encombrant et que la vitesse de transmission est limitée par celle à laquelle les répéteurs peuvent fonctionner.

Le soliton naît dans un milieu qui réprime constamment la tendance naturelle de l'onde à s'aplatir. Pour recréer la formation d'un soliton dans un milieu naturel, il suffirait de placer à intervalles beaucoup plus espacés des pompes à laser qui augmenteraient l'énergie de l'onde.

Quand on aura vraiment compris la raison pour laquelle les solitons s'aplatissent beaucoup moins vite que les ondes ordinaires, il est probable qu'on comprendra beaucoup mieux comment fonctionnent certains nouveaux plastiques conducteurs d'électricité, aussi bien que certains aspects de la supraconduction qui continuent d'intriguer les physiciens. **G.M.**



EDUCATION

L'informatique à l'école contestée

« Il n'y a pas unanimité sur l'opportunité d'utiliser l'informatique dans l'éducation. Les pays ont, à cet effet, des positions contrastées, qui vont du désintérêt à l'enthousiasme. »

C'est ainsi, avec réalisme, que le directeur général de l'UNESCO, Federico Mayor, ouvrait le 12 avril dernier le premier congrès international "Education et informatique" organisé par cette noble institution.

Partant de cette constatation, on comprend mal l'objectif unificateur de ce congrès « vers une coopération internationale renforcée ».

Les pays en voie de développement ont sans doute d'autres priorités que de placer des ordinateurs dans leurs classes. Et pour les pays industrialisés, qui mènent la danse en diffusant la technologie, le constat n'est pas différent.

Ce n'est pas parce que l'informatique est devenue le moyen privilégié de l'accès à l'information, nouvelle mamelle de nos sociétés modernes, qu'il faut gaspiller nos ressources à vouloir instaurer son apprentissage dès l'école.

Une telle opinion ferait taxer de dinosaure n'importe quel Français moyen qui l'exprimerait ; elle a un tout autre poids lorsqu'elle vient d'un éminent professeur d'informatique au Massachusetts Institute of Technology, professeur qui lui-même utilise la technique depuis plus de trente ans !

Au risque d'être provocateur, le Pr Joseph Weisenbaum dénie en effet complètement l'intérêt de l'informatique à l'école. Apprendre à se servir d'un ordinateur ne se justifie pas plus que d'apprendre à se servir d'une machine à écrire ou d'un magnétoscope ; et s'il s'agit d'enseigner le langage informatique, au détriment de quelle discipline de base enseignée actuellement cela doit-il se faire, et pour quelle raison ?

Les écoles américaines investissent aujourd'hui dans du matériel informatique et délaissent les livres. Sans aucune raison, sinon l'angoisse des parents sur l'avenir de leur rejeton ; pour eux, l'accès à l'ordinateur serait le sésame pour un métier brillant, l'ignorance de l'informatique augurant au contraire d'un échec dans la vie professionnelle !

L'enquête préalable au Congrès montre d'ailleurs que, dans trois pays sur quatre qui affichent une politique d'introduction de l'informatique à l'école, la priorité majeure est de préparer les jeunes générations à un monde nouveau !

En attendant, les élèves restent ignares et les enseignants ne sont pas formés à son utilisation. Ce gaspillage va jusqu'à l'université. Le MIT en est l'une des plus prestigieuses et des plus techniques et pourtant 70 millions de dollars ont été débloqués il y a cinq ans pour que les enseignants intègrent l'informatique dans leurs cours (l'EAO, ou enseignement assisté par ordinateur).

Le résultat aujourd'hui est à peu près nul. Car les enseignants ont découvert qu'ils ne savent pas comment ils enseignent leur matière, même s'ils l'enseignent bien !

Les avertissements sur le peu d'intérêt de l'informatique à l'école ne datent pas d'hier. En France, le Pr Bruno Lussato les avait déjà prodigués il y a quelque quatre ans (dans *Le Défi informatique*, puis dans *Bouillon de culture*, avec Gerald Messadié).

Mais le prestige de l'informatique demeure tel qu'il engendre des espérances excessives. Aucun savoir n'est inutile, mais il est des savoirs moins utiles que d'autres. **M.-L.M.**

MEDECINE

Le syndrome du chercheur homéopathe

Le *British Medical Journal* du 5 août publiait les résultats d'une étude tendant à démontrer les effets positifs d'un traitement homéopathique sur la maladie des insertions musculaires. Parmi les signataires de l'article (Fisher, Greenwood, Huskisson, Turner) figurait Philippe Belon, directeur scientifique des Laboratoires homéopathiques Boiron. Parallèlement, un communiqué des mêmes Laboratoires annonçait que le produit homéopathique, *Rhus toxicodendron* (extrait de la sève d'un arbuste, le sumac vénéneux), qui avait servi à l'expérience, avait été préparé en France par Boiron.

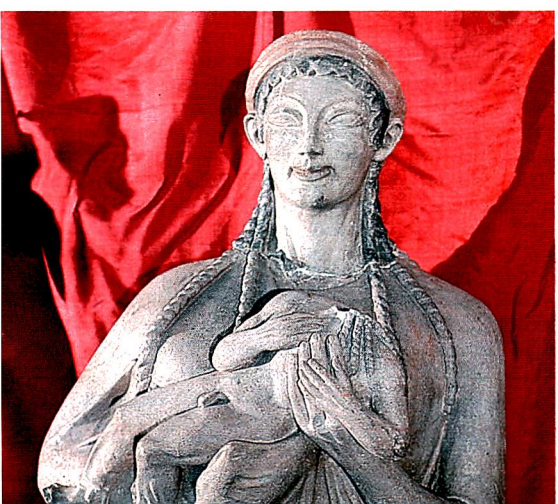
Or, la maladie dite des insertions musculaires n'apparaît que chez des sujets psychologiquement fragiles et se traduit par des douleurs diffuses et multiples aux niveaux des tendons. D'où son autre nom : syndrome polyalgique idiopathique diffus (Spid). Paradoxalement, et contrairement à toutes les autres maladies organiques, les sujets atteints du Spid ont des résultats normaux aux examens biologiques et radiologiques. Enfin, cette maladie présente aussi la particularité de guérir spontanément...

Marcel-Francis Kahn, professeur de rhumatologie au CHU-Bichat, qui connaît bien le Spid pour avoir été le premier à le décrire en France, nous a dit : « J'ai lu attentivement l'article du *British Medical Journal* ainsi que le communiqué des Laboratoires Boiron, vous pouvez écrire textuellement que tout est contestable et que ça ne vaut pas un clou. » La presse anglaise ne semble pas porter chance à l'homéopathie... **P.R.**

Deux chefs-d'œuvre du faux

On peut actuellement admirer, à la galerie La Saurine, 13 rue du Bac à Paris, deux terres cuites plus grandes que nature, dans le style étrusque, dont la facture est aussi remarquable que la taille en est exceptionnelle. Pour réaliser des terres cuites de cette dimension, il faut, en effet, des fours d'une taille monumentale, qu'on pourrait estimer à quelque 5 m de long par 2 de large et autant de haut. Il faut aussi une grande connaissance de l'art étrusque et un talent considérable. Leur fidélité stylistique mérite l'éloge et le fameux "sourire étrusque" y est rendu avec un bonheur certain. Il s'agit toutefois de faux, une expertise réalisée par La Saurine ayant estimé que l'âge de ces sculptures ne dépasse pas soixante ou soixante-dix ans. On peut en attribuer la paternité au célèbre faussaire Fioravanti qui travailla au début de ce siècle, et qui est l'auteur (entre autres) des deux grands guerriers, qui, toujours au début du siècle, trompèrent l'expertise des acheteurs du Metropolitan Museum et furent exposés pendant une quarantaine d'années comme œuvres authentiques, puis retirés discrètement. Fioravanti semble être le seul qui osa entreprendre des faux aussi ambitieux. Il s'agit donc d'œuvres d'intérêt historique et technique particulier, outre leur évidente valeur décorative. Elles figurent parmi les faux les plus ambitieux de l'histoire de l'art.

G.M.



GENETIQUE

L'espoir pour la mucoviscidose

L'identification du gène de la mucoviscidose, annoncée fin août, est une date à marquer d'un caillou blanc. Réalisée par des chercheurs américains et canadiens, dirigés par Francis Collins — de l'université de Michigan à Ann Arbor (Etats-Unis) — et Lap-Chee Tsui — de l'hôpital des Enfants malades de Toronto (Canada) —, elle a précédé de peu celle que poursuivait l'équipe anglaise de Robert Williamson. Les mérites de celle-ci n'en sont pas amoindris : l'essentiel est que l'on ait cherché et trouvé ce gène.

La mucoviscidose est, en effet, la plus grave et la plus fréquente des maladies héréditaires. En France, elle touche un enfant sur 1 200. Trois millions de Français seraient actuellement porteurs du gène défectueux, sans pour autant manifester la maladie. On dit qu'ils sont des porteurs sains, la mucoviscidose étant en effet une maladie génétique transmise selon le mode récessif. Pour qu'elle apparaisse, il faut que le gène défectueux soit transmis à la fois par le père et par la mère.

Le gène a été identifié sur un autosome, c'est-à-dire sur un chromosome ordinaire, très exactement sur le bras long du chromosome 7, c'est ce qui explique que la maladie puisse toucher aussi bien les garçons que les filles, alors que les maladies génétiques transmises par un chromosome sexuel ne frappent que les garçons (hémophilie) ou que les filles (phénylcétonurie).

L'anomalie génétique se traduit par des troubles de certaines glandes endocrines, notamment le pancréas et les glandes de la muqueuse bronchique, qui se mettent à sécréter des mucus épais et visqueux provoquant des troubles respiratoires et digestifs.

Selon les spécialistes, le gène à l'état normal dirige la synthèse d'une protéine impliquée directement dans le transport des ions chlorure et sodium à travers la membrane des cellules des poumons et du pancréas. En revanche, quand le gène est défectueux le processus est perturbé et entraîne les troubles décrits plus haut.

Il y a une vingtaine d'années les enfants souffrant de mucoviscidose ne dépassaient guère l'âge de 3 ans. Aujourd'hui, grâce à des tests de dépistage précoces, des régimes alimentaires appropriés et des techniques de thérapie respiratoire, l'espérance de vie est en moyenne de vingt ans. Le traitement, que laisse espérer l'identification du gène, pourrait consister à greffer la version normale du gène chez les malades, ou bien à leur injecter la protéine sécrétée normalement par ce gène. **P.R.**

ZOOLOGIE

La mémoire des tortues vertes

Pourquoi les *Chelonia mydas*, tortues vertes du Brésil, migrent-elles chaque année vers les îles de l'Ascension, au milieu de l'Atlantique, pour rejoindre leur lieu de ponte, parcourant ainsi la distance phénoménale de 4 500 km en quatre mois ? Le phénomène est durable, car ces animaux reviennent toujours pondre au lieu où ils sont nés.

Une théorie postula autrefois que la dérive des continents expliquerait cette manie qui coûte cher. En effet, il y a 40 millions d'années, les actuelles îles de l'Ascension formaient la crête de la dorsale médio-atlantique, qui n'était alors distante de la côté brésilienne que de quelques kilomètres. L'éloignement progressif n'aurait fait qu'accroître la distance à parcourir par les tortues. Ce n'est pas tout à fait faux, mais ce n'est pas non plus tout à fait vrai, car des recherches de l'université de Géorgie et du Florida Institute ont montré que les tortues n'ont découvert leur site de nidification que par accident et que c'était il y a 100 millions d'années. **M.M.**

PHYSIQUE

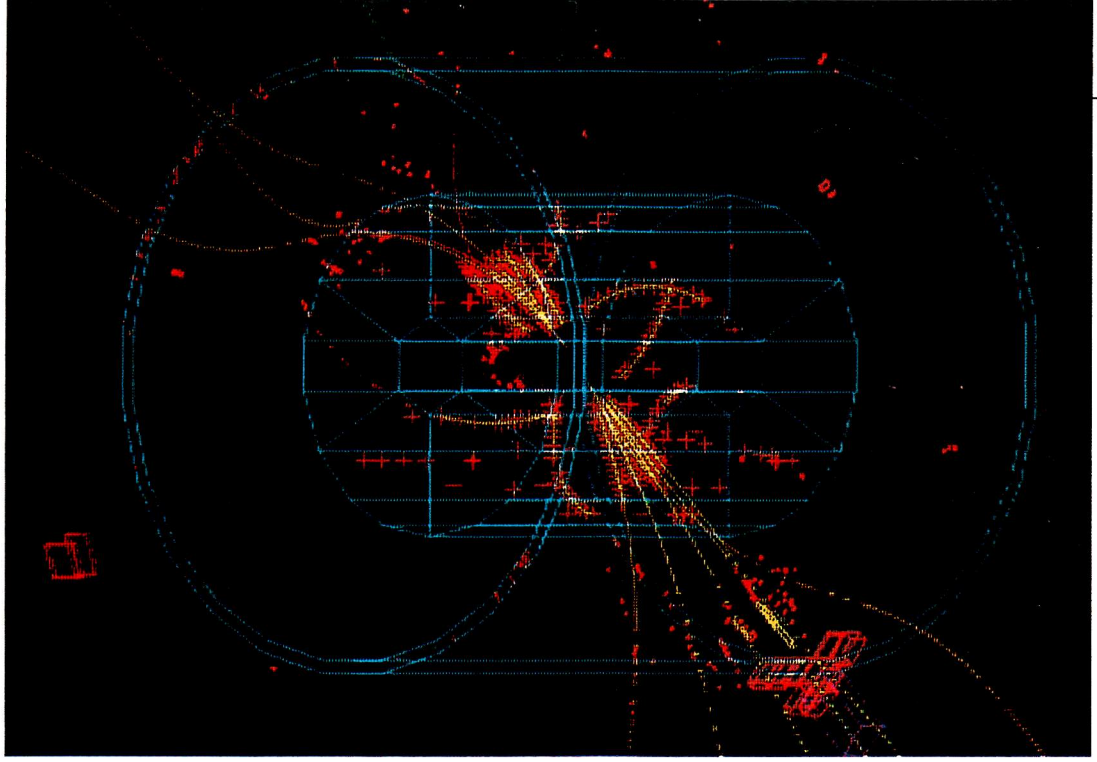
Champagne pour le Z^0 !

Quatre semaines après son démarrage, le 14 juillet, le LEP (*Large Electron Positron collider*), le plus gros accélérateur de particules du monde, qui projette un faisceau d'électrons contre un faisceau de positons (ou anti-électrons), a produit la première particule Z^0, tard dans la nuit du dimanche 13 août, exactement 16 minutes après le début des essais.

L'illustre Carlo Rubbia a dit ouf... puis sablé le champagne. A minuit, on décomptait trois Z^0, et le lundi 14, on en avait identifié treize autres, soit au total 16 Z^0, dûment enregistrés par les quatre énormes détecteurs nichés dans les cathédrales de béton, sanctuaires souterrains des physiciens du monde entier, à cheval sur la frontière franco-suisse. Tout cela en 24 h. Il était plus que temps, car ce même 14 août, l'équipe du SLC (*Stanford Linear Collider*), concurrent farouche mais modèle réduit du LEP, annonçait un exploit, elle publiait la masse précise du boson Z^0 : 91,11 GeV.cm^2, et surtout sa fameuse largeur, 1,61 GeV, dont l'importance est énorme pour les astrophysiciens, car elle permettra de connaître le nombre de "familles" de neutrinos qui existe dans l'Univers.

Actuellement on a recensé trois familles, chacune, correspondant à un niveau d'énergie précis (électronique, muonique et tau). La mesure américaine dans le détecteur Mark II (du SLC) laisse présager la possibilité d'existence de 5 neutrinos. Lorsqu'on sait que la découverte de nouveaux types de neutrinos permettrait enfin d'expliquer le pourquoi de la masse manquante de l'Univers, et d'avoir une conception plus cohérente du cosmos, on comprend la mesure de l'investissement. Après la période d'essais du 13 au 19 août, plus de 50 bosons Z^0 ont été identifiés sur les 4 détecteurs du LEP : 6 sur DELPHI, 10 sur ALEPH, 15 sur OPALE et une dizaine sur L3 (ce dernier chiffre est approximatif, L3 n'étant actuellement pas complet).

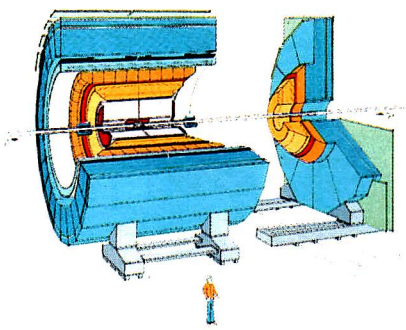
Les mesures de Stanford, pu-



bliées à la hâte pour damer le pion au CERN, souffrent toutefois d'une telle imprécision qu'elles n'ont pas beaucoup d'intérêt; il faudrait au moins quelques dizaines de milliers de collisions productrices de bosons Z^0 avant que l'on puisse déterminer avec certitude la masse et la fameuse "largeur" du boson Z^0, et près d'un million pour pouvoir repérer un de ces très mythiques bozons de Higgs, particules d'interaction énergétique qui ont joué un rôle fondamental dans les premiers instants de la création de l'Univers ou Big Bang (voir *Science & Vie* n° 862).

Les expériences continuent. Au CERN, le LEP a tenu ses promesses, la "machine à boson Z^0" fonctionne actuellement au niveau d'énergie requis, 45,5 GeV sur chacun des faisceaux de particules et d'antiparticules. La qualité du faisceau n'est actuellement que de quelques % de ce qu'elle sera après le réglage final des électroaimants de focalisation. La densité du faisceau, que les physiciens appellent "luminosité" (et quelques jargonneurs, "luminance") optimale, celle qui permettra d'obtenir un nombre de collisions (les physiciens disent "événements") également maximal, plusieurs dizaines de fois supérieur pour la même durée d'utilisation, cette densité du faisceau donc ne sera obtenue que plus tard. Il faudra pour cela mettre au point tout l'ensemble, ce qui demandera plusieurs semaines. Les premiers résultats après trois jours d'essais sont fantastiques et le million de collisions tant attendu pour voir la particule de Higgs sera obtenu avant la fin de l'année 1991. On en reparlera bientôt.

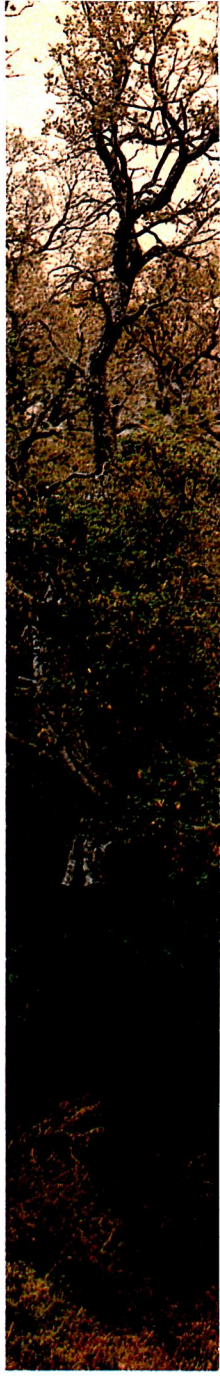
Les photos de la reconstitution par traitement informatique (photo ci-dessus) permettent aux chercheurs de voir en couleurs la réalité des désintégrations de particules. La collision a eu lieu à l'intérieur du détecteur DELPHI (schéma ci-contre), le système de détection le plus complexe du LEP, au cours d'une expérience conjointe CNRS-CEA. Cette machine comporte essentiellement trois parties cylindriques emboîtées les unes dans les autres et situées à l'intérieur d'un très puissant circuit magnétique. Celui-ci provoque la courbure de la trajectoire des particules chargées. Le détecteur central est un système à fil, rempli d'un gaz rare, où les particules signalent leur passage en produisant une ionisation et un courant électrique dans le fil. Le deuxième est un détecteur à effet Cerenkov — c'est le rayonnement lumineux que produit le passage d'une particule dont la vitesse est supérieure à celle de la lumière dans le milieu qu'elle traverse. Le troisième et dernier affine les mesures. Les jets orange transversaux représentent les particules lourdes, pions, muons, kaons, issues de la désintégration d'un quark et d'un antiquark, eux-mêmes issus de la désintégration d'un boson Z^0 (invisible sur la photo), créé par la collision électrons-positons. Le niveau précis d'énergie de ceux-ci est pour chacun de 45,5 GeV, condition obligatoire pour la création d'un bozon Z^0. Les carrés rouges et jaunes constituent, eux, des repères informatiques. Les points rouges disséminés sur le document sont, en fait, des parasites. **B.T.**



Les articles de cette rubrique ont été réalisés par Marc Mennessier, Gerald Messadié, Marie-Laure Moinet, Pierre Rossion et Bernard Thesnon.

LA FORÊT ININFLAMMABLE

Pourquoi l'immense forêt des Landes, peuplée exclusivement de pins réputés inflammables, connaît-elle dix fois moins d'incendies que celle de la Méditerranée, où poussent tant d'arbres peu inflammables ? Parce que l'une est entretenue, l'autre pas ! Voici les différents remèdes à l'étude.



Comme chaque été, la forêt méditerranéenne brûle. Chaque été, les pompiers luttent jour et nuit pour éteindre les multiples incendies qui menacent les personnes et les habitations. Chaque été, des hommes meurent de la malveillance des autres... pendant que les feux réveillent les vieilles polémiques opposant les élus locaux aux pouvoirs publics (***encadré p. 96***), les écologistes aux promoteurs immobiliers.

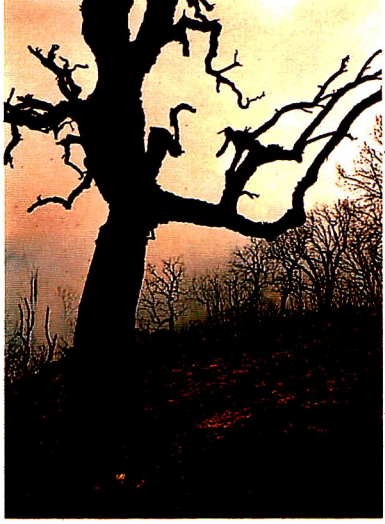
Cependant, l'été 1989 n'est pas tout à fait comme les autres. Sous l'effet conjugué de la canicule et de la sécheresse, il marque le retour de la Gironde dans la liste des départements sinistrés. La forêt de pins s'est enflammée, rappellant aux anciens le cauchemar de l'été 1949, où un gigantesque incendie menaça les portes de Bordeaux (1).

Mais à l'heure des bilans, l'étendue des sinistres aquitains et méditerranéens sont incomparables : 5 000 hectares brûlés en Aquitaine contre 56 000 en Méditerrannée. Les pompiers de la Côte d'Argent seraient-ils plus efficaces, ou bien les pyromanes y seraient-ils plus rares ? Non ! c'est à la disparité botanique des deux régions qu'il faut attribuer cette énorme différence. L'Aquitaine est recouverte d'un massif forestier cultivé et uniforme, tandis que, dans le Sud-Est, la forêt, composée d'essences végétales diverses (pin maritime, chêne vert, chêne pubescent...) pousse librement au gré d'un relief tourmenté.

Sur la façade atlantique s'étend la plus grande forêt de France (1 166 000 hectares), jadis gagnée sur les marécages et peuplée généralement de pins maritimes (76 % de *Pinus pinaster*). Ces arbres dominent un sous-bois squelettique, et pour cause : les plantes se nourrissent sur l'un des sols les plus pauvres de France, le podzol. Ces terres sablonneuses et acides (pH = 5) reposent sur une nappe d'eau souterraine de profondeur variable (de 0,50 m à 4 m) qui gonfle et s'assèche au rythme des saisons. Ce mouvement est responsable de l'humidité du sol de surface et, par conséquent, de la composition floristique du sous-bois. Ainsi, malgré la monotonie apparente de la futaie de pins, l'hygrométrie variable du terrain favorise une certaine fantaisie dans le paysage du sous-bois. Les scientifiques distinguent, par ordre d'humidité croissante, la lande sèche, la lande mésophile et la lande humide(2). Le promeneur, lui, ne distinguera sans doute pas ces

PAR DIDIER DUBRANA

différences, car les "girobroyeurs" des sylviculteurs (Office national des forêts et propriétaires privés), qui en font ainsi la forêt la plus productive de France (9 m³/ha), nivellent régulièrement le sous-bois. Les Papeteries de Gascogne consomment chaque année 600 000 tonnes de bois, prélevées sur des parcelles déterminées qui sont immédiatement remplacées par des semis de jeunes pins. L'économie papetière s'alliant à celle du tourisme, la forêt d'Aquitaine est devenue au fil des ans une véritable poule aux œufs d'or placée sous haute surveillance. Cela d'autant plus facilement qu'un simple mirador surplombant la cime des pins peut détecter la moindre fumée à des kilomètres. A chaque alerte, les pompiers s'engouffrent rapidement dans les nombreuses pistes — soigneusement entretenues par les exploitants forestiers — qui quadrillent l'ensemble du massif. Cette forêt modèle n'est tout de même pas à l'abri d'un accident... Témoin le terrible incendie qui a ravagé 3 700 hectares de la commune du Porge (Gironde) cet été. Mais, dans un tel cas, la forêt de pins présente un atout majeur : la pauvreté de son sous-bois. En



1 600 hectares ont été détruits en une journée à Bormes les Mimosas (Var) pendant le mois d'août 1989. Il faudra soixante ans pour qu'une vraie forêt remplace ce paysage lunaire, tandis qu'il a fallu quelques secondes aux pyromanes pour tuer la nature.

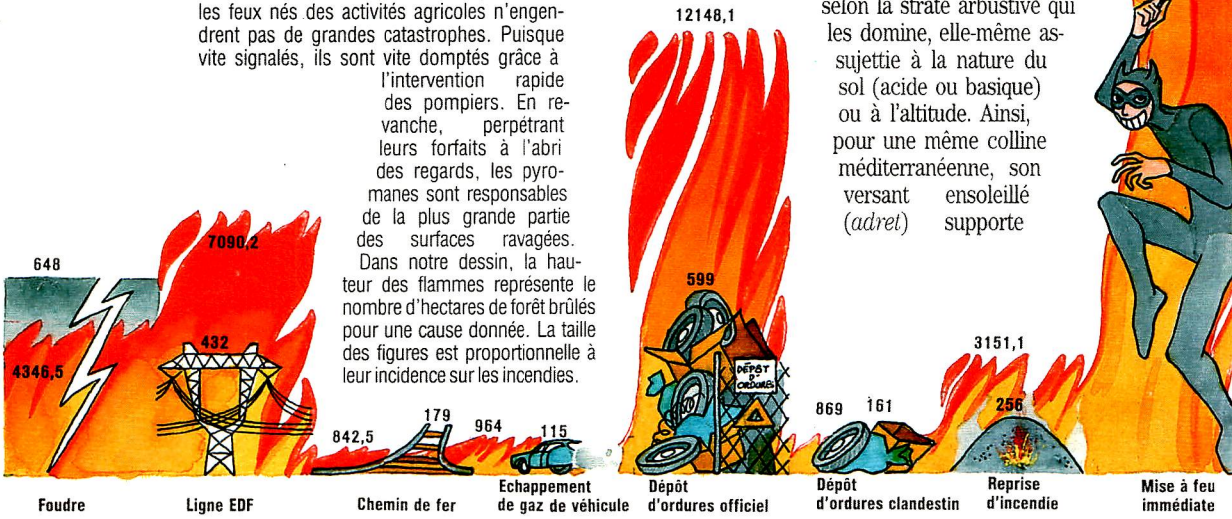
effet, le feu procède en trois temps : d'abord, la litière du sol prend feu, les flammes grandissent, puis elles atteignent les buissons supérieurs (ajoncs, bourdaines...) et, finalement, les arbres. Parmi ces trois relais, le deuxième est primordial : c'est lui qui détermine la montée en puissance du feu (3). A cet endroit, l'intensité des flammes est d'autant plus importante que la disponibilité des broussailles est grande. Une aubaine pour la forêt landaise, qui bénéficie d'un sous-bois clairsemé. Le feu naissant s'élève difficilement vers la cime des pins. Au contraire, en Méditerranée, les buissons de la garrigue et du maquis sont les relais idéaux pour la propagation du feu vers les arbres. C'est pourquoi la recherche de méthodes de lutte contre les incendies s'oriente depuis plusieurs années vers l'élimination périodique de cette strate buissonnante.

A l'Institut national de recherche agronomique d'Avignon (INRA), les chercheurs expérimentent quatre grands types de lutte : mécanique, chimique, brûlage dirigé et pâturage. Chaque méthode a ses avantages et ses inconvénients (***voir encadré p. 84***), mais la combinaison des quatre semble la solution d'avenir.

Quoi de plus élémentaire que de débroussailler le maquis avec une serpette ! C'est d'ailleurs le travail de nombreux harkis arpentant toute l'année les coteaux des Bouches-du-Rhône. Ce débroussaillage manuel est complété par un débroussaillage mécanique au bulldozer. Le but est double : ouvrir d'une part de larges surfaces déforestées, brisant ainsi la continuité végétale du massif forestier pour ralentir la progression des feux, et diminuer d'autre part la phytomasse du fourré(4). La méthode est simple, mais elle nécessite 25 000 F par hectare.

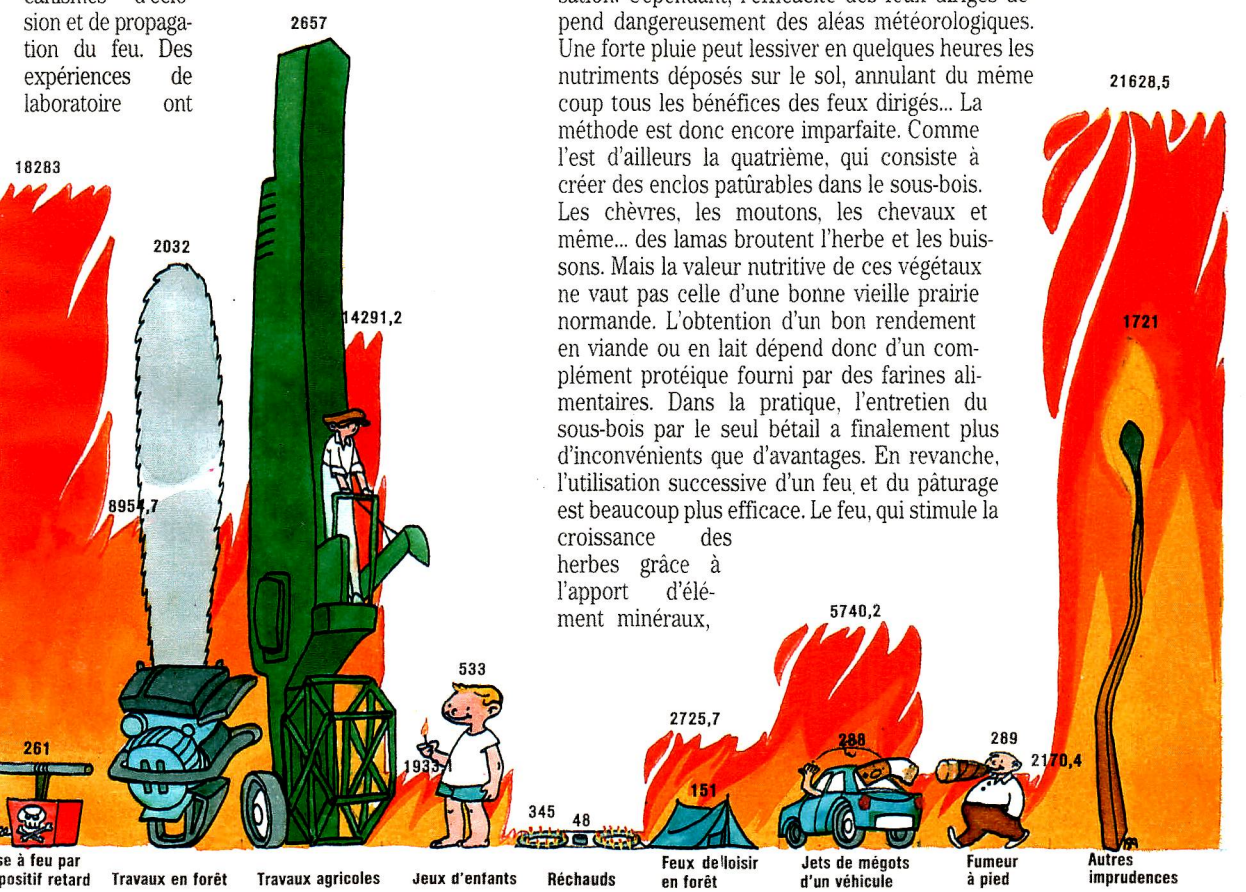
Le deuxième type de prévention repose sur l'élimination des broussailles au moyen de phytocides (herbicides). L'avantage de cette lutte chimique est sans aucun doute la précision de son action. En effet, un herbicide comme le Triclopyr détruit les ligneux (aubépine, genêt à balais) sans endommager la strate herbacée sous-jacente. A l'inverse, le Glyphosate, bien connu des viticulteurs, s'attaque seulement aux herbes (agrostis, chiendent, chardon...). A chacun sa cible, mais il s'agit de savoir quand il faut agir : une même substance chimique peut être meurtrière pendant la floraison d'une plante et se révéler totalement inefficace durant sa fructification (sélectivité phénologique). Les chercheurs élaborent un calendrier précisant la période d'emploi la plus sûre. Un véritable casse-tête chinois ! En effet, les espèces du sous-bois varient selon la strate arbustive qui les domine, elle-même assujettie à la nature du sol (acide ou basique) ou à l'altitude. Ainsi, pour une même colline méditerranéenne, son versant ensoleillé (*adret*) supporte

Identifier les causes. Parmi les incendies dont les causes ont pu être identifiées (seulement 40 %), l'étendue des sinistres diffère selon leur origine. Ainsi, les feux nés des activités agricoles n'engendrent pas de grandes catastrophes. Puisque vite signalés, ils sont vite domptés grâce à l'intervention rapide des pompiers. En revanche, perpétrant leurs forfaits à l'abri des regards, les pyromanes sont responsables de la plus grande partie des surfaces ravagées. Dans notre dessin, la hauteur des flammes représente le nombre d'hectares de forêt brûlés pour une cause donnée. La taille des figures est proportionnelle à leur incidence sur les incendies.



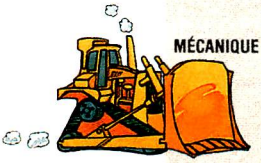
une forêt de chênes verts couvrant un sous-bois de petits houx ou d'asperges sauvages. Tandis qu'à la même hauteur (800 mètres), du coté nord (*ubac*), plus humide, se trouve une forêt de hêtres recouvrant un sous-bois de noisetiers et de luzules (herbacée à feuilles plates). Il faut donc connaître à chaque épandage la nature précise du milieu traité. La minutie de telles recherches est à la hauteur des dangers écologiques qu'elle suppose, les herbicides souffrant d'une mauvaise réputation. A ce propos, une étude conjointe INRA-CEMAGREF (Centre national du machinisme agricole, du Génie rural, des Eaux et forêts) conclut à l'innocuité, pour l'homme, du Glyphosate employé en sylviculture (5), mais constate les risques de pollution des rivières ou des nappes phréatiques. L'étude précise également que dans les champignons, réputés pour concentrer les polluants dans leur chair, aucune trace de Glyphosate n'a été détectée. Si les phytocides font peur aux écologistes, cela n'est rien à côté de la troisième méthode de lutte expérimentée par l' INRA : les feux dirigés.

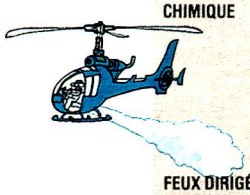
Allumer des feux durant l'hiver en vue de prévenir ceux de l'été semble un paradoxe. Cette mesure est en tout cas mal comprise par la population. La technique est loin d'être simple. Il a fallu tout d'abord reproduire les mécanismes d'éclosion et de propagation du feu. Des expériences de laboratoire ont donné des résultats surprenants : on a découvert, par exemple, que la litière de chêne (pubescent) était plus combustible que celle de pin (laricio). En résumé, les arbres et les arbustes poussant en Méditerranée sont désormais classés en quatre catégories : forte inflammabilité, assez forte, modérée et faible. Le romarin est moins inflammable que le thym par exemple, et le pin d'Alep beaucoup plus que le cèdre. Autant de données permettant d'allumer les feux anti-feux en meilleure connaissance de cause pour débroussailler les terrains. Si cette méthode expérimentale se généralise, ne risque-t-on pas de dégrader encore plus la forêt méditerranéenne ? Les éléments minéraux contenus dans les végétaux (azote, potassium, calcium et phosphore) détruits par le feu seront-t-ils à jamais perdus pour les sols ? Là encore, les résultats étonnent : si les trois quarts de l'azote végétal partent en fumée, la litière est de quatre à cinq fois plus concentrée en phosphore, en potassium et en calcium après le passage du feu. Or, il se trouve qu'en pays méditerranéen le manque d'eau freine l'activité biologique des microorganismes qui transforment cette litière pour rendre assimilables par les plantes les éléments minéraux tels que le potassium, le calcium, etc. Le feu accélère donc le processus de minéralisation. Cependant, l'efficacité des feux dirigés dépend dangereusement des aléas météorologiques. Une forte pluie peut lessiver en quelques heures les nutriments déposés sur le sol, annulant du même coup tous les bénéfices des feux dirigés... La méthode est donc encore imparfaite. Comme l'est d'ailleurs la quatrième, qui consiste à créer des enclos patûrables dans le sous-bois. Les chèvres, les moutons, les chevaux et même... des lamas broutent l'herbe et les buissons. Mais la valeur nutritive de ces végétaux ne vaut pas celle d'une bonne vieille prairie normande. L'obtention d'un bon rendement en viande ou en lait dépend donc d'un complément protéique fourni par des farines alimentaires. Dans la pratique, l'entretien du sous-bois par le seul bétail a finalement plus d'inconvénients que d'avantages. En revanche, l'utilisation successive d'un feu et du pâturage est beaucoup plus efficace. Le feu, qui stimule la croissance des herbes grâce à l'apport d'élément minéraux,

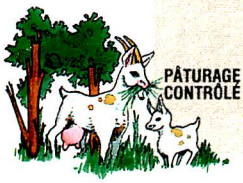


LES MÉTHODES DE PRÉVENTION

MÉTHODE	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
MANUELLE	• Réalisable quel que soit le relief et en toutes saisons • Effets immédiats	• Faible rendement • Inefficace sur les herbes • Manque de main-d'œuvre • Prix de revient élevé
MÉCANIQUE	• Réalisable une grande partie de l'année • Rapidité • Effets immédiats	• Limitée par le relief, et difficile sur terrains humides et rocheux • Endommage les racines superficielles des jeunes arbres • Provoque une prolifération des herbes (bouturage des racines coupées) • Tassement du terrain • Manque de matériel
CHIMIQUE	• Réalisable quel que soit le relief • Sélection des plantes détruites • Effets progressifs en jouant sur les conditions d'application • Économique si elle est bien maîtrisée	• Emploi délicat (doses, périodes, conditions climatiques) • Evaluation du traitement non immédiat • Problèmes d'approvisionnement en eau pour la fabrication du produit en grande quantité • Pollutions accidentelles • Laisse sur place une végétation morte et très combustible
FEUX DIRIGÉS	• Réalisable quel que soit le relief • Rapidité • Effets immédiats • Faible coût • Effets stimulants sur les herbes	• Forte surveillance • Période favorable très réduite (hiver) • Réticence de la population
PÂTURAGE CONTRÔLÉ	• Réanimation rurale	• Tassement du terrain • Manque de main-d'œuvre et d'infrastructure agricole • Complément alimentaire nécessaire pour le bétail







Toutes les méthodes de prévention présentent des avantages et des inconvénients, mais les meilleurs résultats sont obtenus grâce à l'utilisation combinée des trois principales : l'épandage d'un phytocide (action de brûnir) est effectué avant l'allumage d'un feu dirigé (action de brûler) — le premier dessèche la végétation, ce qui facilite la propagation du second. Si on utilise du Triclopyr (cet herbicide tue les ligneux sans atteindre les herbes), il est possible d' y associer le pâturage contrôlé (les trois actions "brûnir-brûler-pâturer" sont réunies). En effet, l'apport subit d'éléments minéraux par les cendres favorise la croissance d'herbes qui nourriront d'autant mieux le bétail.

L'idéal serait d'aménager les multiples ressources de la forêt méditerranéenne afin de la rendre économiquement rentable. Les installations touristiques, la chasse, l'agriculture et la sylviculture sont autant de moyens d'exploitation de zones souvent touchées par l'exode rural.

offrira au bétail une meilleure pâture. Autre méthode intermédiaire, celle où l'épandage d'un phytocide précède l'allumage d'un feu dirigé. Les feuilles desséchées par le produit chimique brûlent plus facilement. Ainsi éliminés, les végétaux ne risquent pas d'augmenter les risques d'inflammabilité de la litière, comme dans le cas de l'emploi exclusif des herbicides.

Mais pourquoi s'acharner à combattre les faiblesses de cette forêt méditerranéenne, alors qu'il est possible d'en créer une sans défaut, à la fois moins inflammable et plus productive ? Un doux rêve caressé par les généticiens de l'INRA (6), qui travaillent depuis vingt ans sur l'amélioration génétique de nouvelles espèces. Quatre genres de conifères : le pin maritime, le sapin méditerranéen, le cupressus et enfin le cèdre poussent dans les nombreuses stations expérimentales de l'institut ; elles représentent assez bien l'ensemble des conditions écologiques rencontrées en Méditerranée (sol cristallin acide, sol calcaire basique, humidité du sol, altitude, etc.). Au fil des générations d'arbres, les chercheurs sélectionnent les meilleures graines issues des espèces qui s'adaptent le mieux à ces différents milieux. De plus, l'hybridation judicieuse des espèces accentue des caractères qui permettent d'obtenir une meilleure croissance, donc une meilleure rentabilité. C'est le cas du cèdre, un des arbres les moins inflammables, pour lequel les chercheurs pensent atteindre une productivité de 7,5 m³ à l'hectare (la forêt landaise produit 9 m³ de bois de pin pour la même surface). La génétique permet même de modifier le port de l'arbre. Les meilleurs résultats ont été obtenus sur le cyprès. Les branches de cette nouvelle génération d'arbre sont plus longues et plus horizontales que celle de leurs ancêtres. Une telle forêt a l'avantage d'assombrir le sous-bois. Privées de lumière, les broussailles seront donc moins abondantes. Ce qui diminuera d'autant les risques d'incendie. Cependant, il faudra attendre soixante-dix ans avant d'obtenir de semblables massifs forestiers. Et l'amélioration génétique associée aux méthodes de prévention ne rendront jamais totalement la forêt ininflammable. Elle restera toujours à la merci des pyromanes... ou des promoteurs immobiliers.

Didier Dubrana

(1) Le plus grand incendie jamais vu en France depuis le début du siècle.

(2) La lande humide représente 50 % de la superficie totale et se caractérise par l'abondance des molinies (graminée) et de la bruyère quatre-angles. Dans la lande mésophile (25 %), domine la fougère aigle (*Pteridinium aquilinum*). Enfin, dans la lande sèche (25 %), domine l'hélianthème (*Helianthemum alyssaides*).

(3) *Les Feux de forêt*, Louis Trabaud, Editions France Sélection, 280 p., 196 F.

(4) Quantité de matières végétales.

(5) *Application des traitements par produit chimique. Phytocides en sylviculture*. Note technique n° 53.

(6) Département des recherches forestières et l'unité d'écodéveloppement de l'INRA.

Une étonnante expérience qui a changé beaucoup de choses pour moi

Comment j'ai amélioré ma mémoire en une soirée...

Après le dîner, nous bavardions chez mes amis Leroy, et l'un de nous fit la proposition classique de demander à chaque invité de réciter, raconter ou faire quelque chose. Jeannine chanta, Patrick fit une imitation... Lorsque le tour de Jacques Derval arriva, il dit qu'il allait faire une expérience montrant ce que l'on peut réaliser avec une mémoire bien entraînée. Il me choisit comme assistant et demanda qu'on lui bande les yeux pour éviter toute supercherie.

20 nombres de 4 chiffres! Il pria chacun des invités de dicter des nombres quelconques de 4 chiffres: 2437, 8109, 1126, et ainsi de suite, jusqu'à 20 nombres. Il m'avait demandé de noter les nombres au fur et à mesure qu'on les citait. Lorsque ce fut terminé, Derval étonna tout le monde en récitant les 20 nombres de 4 chiffres dans l'ordre où on les avait donnés, puis dans l'ordre inverse. Alors il pria qu'on l'interroge sur l'ordre des nombres dans la liste: quel est le 7e ou quel est le 12e? Instantanément il citait le nombre correspondant à son rang dans la liste. Il le fit et le refit sans jamais se tromper.

Il se rappela 52 cartes dans leur ordre. Alors pour nous étonner davantage, Derval nous demanda de prendre un jeu de cartes, de le mélanger et de lui citer les cartes dans l'ordre où elles tombaient. Lorsque les 52 cartes furent effeuillées, il les cita sans la moindre erreur, dans leur ordre, exactement comme s'il avait eu le jeu sous les yeux. Et, comme avec les nombres, il pouvait nous indiquer sans jamais se tromper la 8e, la 35e ou la 47e carte du jeu. Vous imaginez notre étonnement. Voir cela sur une scène de music-hall est toujours intéressant, mais voir une pareille performance effectuée par un jeune cadre d'entreprise dont ce n'est pas le métier, avait de quoi stupéfier.

Il m'expliqua comment il avait acquis une telle mémoire. Après avoir quitté nos amis, je demandai à Derval comment il avait pu acquérir cette mémoire étonnante. Il me dit qu'il n'y avait rien là-dedans de magique, mais simplement une technique de mémorisation que n'importe qui peut acquérir en quelques jours. Il m'expliqua que tout le monde a de la mémoire, mais que peu de gens savent s'en servir. «Oui, tout le monde peut réaliser les expériences que j'ai faites, en suivant simplement quelques règles faciles.» Alors il m'expliqua comment on doit procéder et comment il avait acquis une mémoire prodigieuse.

Je pus réaliser les mêmes performances. Je ne m'imaginais pas les conséquences que cette conversation aurait pour moi. Je suivis le conseil de Derval et rapidement je fus en mesure de réaliser les mêmes expériences que lui. Je m'aperçus qu'en dehors de ces prouesses, ma mémoire pouvait me rendre d'inestimables services et que grâce à elle, j'avais acquis cette vivacité d'esprit que j'avais souvent admirée chez ceux qui «réussissent».

Ma mémoire assura ma réussite. Ma conversation, par exemple, fut transformée, parce que je pouvais retrouver à tout moment une citation exacte ou un chiffre important. Dans ma vie professionnelle, aussi, tout changea: rapidement on remarqua que ma mémoire était devenue prodigieuse. Mon patron me félicita parce que je pouvais toujours répondre à ses questions avec précision, tandis que mes collègues devaient rechercher dans leurs dossiers. Aujourd'hui ma situation est très supérieure à celle que j'avais le soir où Derval m'apprit à développer ma mémoire.

Comment retenir tout sans effort. Ce que j'ai appris ce soir-là, existe maintenant sous forme d'une méthode facile à suivre, tranquillement chez soi. Elle peut vous permettre d'acquérir une mémoire étonnante. Demandez le livret offert ci-dessous. Vous y verrez que vous pouvez retenir sans effort des centaines de dates ou de formules, des milliers de notions d'économie, de droit ou de médecine, les langues étrangères, les noms et les visages, les numéros de téléphone, les codes des 95 départements et faire les expériences dont nous avons parlé. Si vous voulez acquérir la mémoire parfaite dont vous avez besoin, voici une occasion inespérée. Documentez-vous sur cette méthode en demandant le livret offert ci-dessous, mais faites-le tout de suite, car actuellement, vous pouvez bénéficier d'un avantage supplémentaire exceptionnel.

Pierre Deligne

GRATUITS! 1 brochure + 1 test de votre mémoire

Découpez ce bon et adressez-le au Service M, Centre d'Etudes, 1, avenue Stéphane-Mallarmé, 75017 Paris. *Veuillez m'adresser le livret gratuit «Comment acquérir une mémoire prodigieuse» et me donner tous les détails sur l'avantage indiqué. Je joins 3 timbres pour frais. (Pour pays hors d'Europe, joindre 5 coupons-réponse.)* M 14M

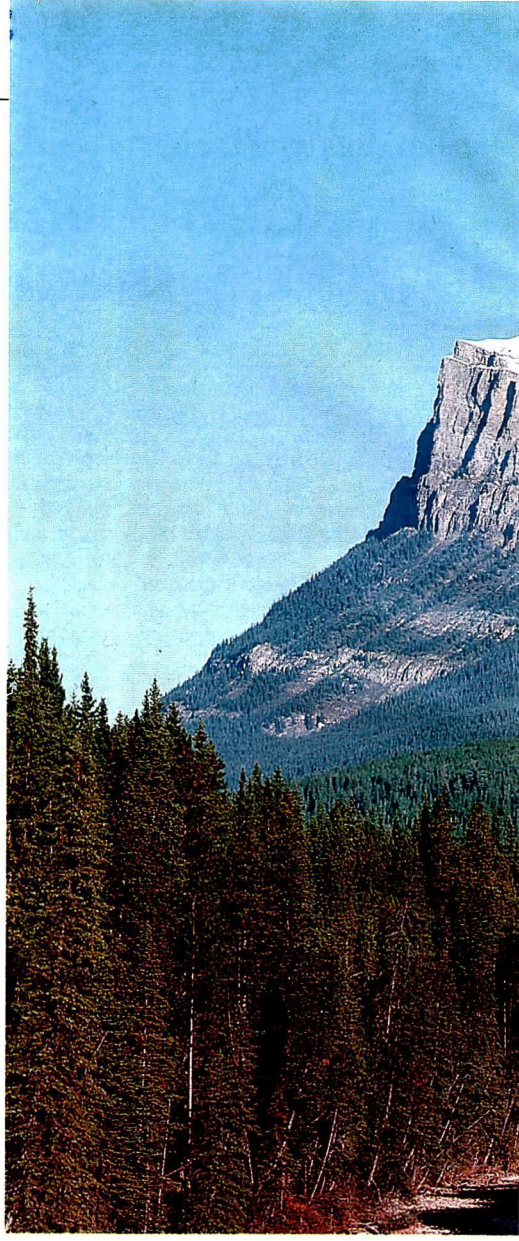
Mon nom: ..... Prénom: .....
(en majuscules SVP)

Mon adresse: .....

Code postal: ..... Ville: .....

LE CANADA VA-T-IL MANQUER DE BOIS ?

Malade de la surexploitation, des attaques d'insectes. et du dépérissement lié aux pluies acides et aux stress climatiques, la plus grande forêt du monde donne des signes de fatigue. A tel point que les Canadiens commencent déjà à importer du bois !



PAR MARC MENNESSIER

Qui pourrait croire que le Canada, premier exportateur mondial de produits forestiers, se prépare à bientôt manquer de bois ? Certes, avec près de trois millions et demi de kilomètres carrés de superficies boisées, qui recouvrent environ la moitié de son territoire, cet immense pays (18 fois la France !) dispose encore d'une certaine réserve. Mais les ressources en bois d'œuvre, en billes de sciage et en bois de pâte à papier facilement accessibles, commencent à être insuffisantes pour alimenter dans de bonnes conditions la gigantesque industrie de transformation dont les Canadiens se sont dotés. Au point d'être obligés de faire appel à l'importation, même si les Canadiens continuent à exporter des bois résineux. De 1982 à 1986, les achats de bois brut de feuilles à l'étranger ont en effet plus que doublé passant de 90 à 225 millions de dollars canadiens (1), dont 151 millions de dollars de grumes provenant pour une bonne part des Etats-Unis. On croit rêver !

« Nous nous sommes comportés en prédateurs de la forêt..., constate amèrement Donald MacKay, journaliste canadien, dans son remarquable livre-enquête intitulé *La crise des forêts canadiennes : un patrimoine en péril*, publié par les très officielles Publications du Québec. Il aura fallu en effet un peu moins de deux siècles à l'homme occidental pour venir à bout d'une des plus gigantesques réserves forestières du monde. Bien sûr, les Canadiens ne sont pas les seuls concernés quand on songe aux

(1) Un dollar canadien vaut environ 5,20 F.

graves atteintes portées aux forêts d'Amazonie, d'Afrique ou du Sud-Est asiatique et, si l'on remonte plus loin dans le temps, d'Europe. Mais le plus surprenant, dans le cas du Canada, c'est que ce pays, pour qui la forêt et les industries du bois représentent la première activité économique, avec environ 35 milliards de dollars canadiens de rente annuelle, n'ait pratiquement rien fait depuis deux siècles pour assurer un renouvellement qui soit en rapport avec le rythme d'exploitation. Pendant longtemps, en effet, les Canadiens ont compté à peu près uniquement sur la nature pour repeupler leurs forêts, se contentant de remonter toujours plus au nord, au fur et à mesure que le bois manquait au sud. Il est vrai que l'immensité peut parfois donner l'impression d'être sans fin.

Cruelle illusion. En 1977, Len Marchand, alors ministre de l'Environnement du Canada, n'hésitait pas à ramener tout un peuple à la réalité en déclarant : « Le bon vieux temps où Dieu nous donnait des arbres à couper presqu'au seuil de nos portes n'est plus et ne reviendra jamais plus. L'ère des ressources forestières illimitées est finie. » Les Canadiens auraient-ils scié — si l'on ose dire — la branche sur laquelle il étaient assis ? Nul doute que Jacques Cartier aurait eu du mal à y croire, lorsqu'en 1534, il remonta le fleuve Saint-Laurent bordé d'immenses forêts de pins blancs et rouges qu'il classa parmi les plus belles du monde. Ces géants, dont certains spécimens atteignaient plus de 50 mètres de haut pour 1,50 mètre de diamètre et que les Indiens vénéraient, ne lui succédèrent pas long-

temps. Isolée par le blocus imposé par Napoléon dès le début du XIXe siècle, l'Angleterre dut en effet se rabattre sur ses colonies pour se procurer le bois nécessaire à la construction de ses navires de guerre.

C'est alors que le massacre des pins blancs et rouges commença. « Ces arbres majestueux étaient abattus et équarris sur place, ce qui entraînait un gaspillage énorme car on perdait de la sorte environ le tiers de la coupe », explique Yvan Hardy, directeur du Service canadien des forêts du Québec. En douze ans, de 1799 à 1811, cette province vit en effet ses exportations passer de 29 unités à plus de 50 000 charges de pin équarri (environ 87 500 mètres cubes) par an, sans compter les chênes et autres espèces de grande valeur.

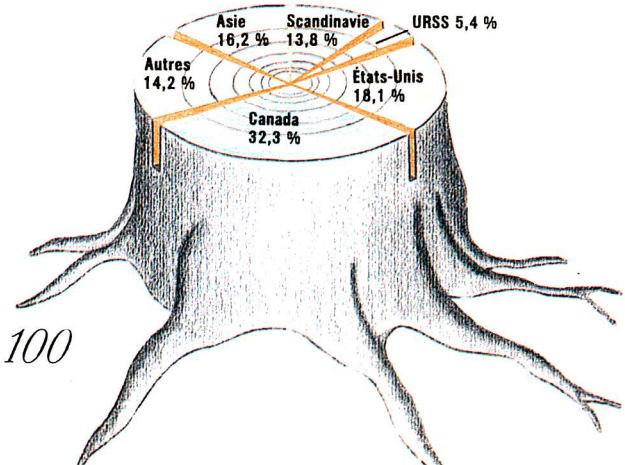
Une fois les plus beaux spécimens disparus, les forestiers se tournèrent vers ce qui restait. Sortis sous forme de grumes, les arbres furent, à partir du milieu du XIXe siècle, acheminés par voie d'eau vers des centres de sciage. « Cette activité fut très prospère jusque vers les années 1920 et fut à la base de l'édification de grandes fortunes familiales, notamment à Ottawa et à Québec, poursuit Yvan Hardy. Mais à partir de cette date, il fallut penser à s'orienter vers autre chose car tous ces grands arbres avaient disparu. »

Les conditions de régénération n'étant pas remplies, et en l'absence de toute politique de replantation, ce sont le sapin et l'épinette (l'épicéa québécois), espèces moins nobles, qui prirent le dessus. Plus à l'ouest, en Colombie britannique, les magnifiques douglas taxifoliés et les thuyas géants d'origine connurent le même sort, tout comme la pruche, victime de l'engouement des tanneries pour son écorce. Cette époque charnière correspond à la naissance de l'industrie canadienne des pâtes à papiers, qui est aujourd'hui la plus importante au monde. « Au Québec, les premières usines se sont établies au sud de la province, le long du Saint-Laurent, explique Yvan Hardy. L'idée était de faire une seconde coupe, là où on avait procédé à un premier abattage sélectif, de pins blancs notamment. La machine s'est lancée et la capacité de production a crû à un rythme très rapide. » Si bien qu'aujourd'hui, la vaste forêt naturelle du Canada a pratiquement déjà été exploitée au moins une fois. Les forêts actuelles ne sont en quelque sorte que des repousses dont la qualité du bois n'a plus rien de comparable.

Ces problèmes de régénération se sont accentués au cours des années soixante avec la généralisation de la coupe à blanc (qui consiste à raser une parcelle forestière dans sa totalité). L'apparition de matériels de plus en plus lourds et puissants obligea les forestiers, pour rentabiliser leurs investissements, à exploiter d'un coup des superficies de plusieurs milliers d'hectares, laissant derrière eux de larges clairières où l'ensemencement naturel se fait très mal du fait de l'éloignement des arbres semeurs. D'où un reboisement aléatoire avec des essences de bois médiocre et des peuplements très irréguliers, sans compter les dégâts causés au sol par le poids excessif des engins.

De ce point de vue, des améliorations récentes ont tout de même été apportées avec le développement de matériels et d'équipements moins dommageables, comme les pneus à large section. De même, la technique d'abattage directionnel (2) a permis une exploitation plus rationnelle de la forêt. Mais c'est surtout sur le mode de gestion de leurs ressources à long terme — quasiment inexistant jusqu'à présent — que les Canadiens portent aujourd'hui leurs efforts. C'est ainsi que l'an passé, le gouvernement provincial du Québec a fait adopter une loi forestière qui incite les entreprises à régénérer l'équivalent de la production qu'elles exploitent, alors qu'auparavant cette tâche incombait surtout à l'Etat. « L'ancienne législation n'encourageait absolument pas les forestiers à utiliser des méthodes d'exploitation plus douces, explique Yvan Hardy. Dorénavant, chaque industriel connaît la possibilité de sa concession, c'est-à-dire la quantité de bois produite par la forêt en un an. S'il n'exploite que la possibilité, la ressource est théoriquement illimitée. De plus, si par des travaux sylvicoles, type éclaircies, il améliore cette possibilité, tout le bénéfice sera pour lui. Par contre s'il travaille de façon irraisonnée au-delà de ce que sa forêt peut produire et qu'il vient à manquer de bois, il n'aura pas droit à de nouvelles concessions. Depuis que cette loi est en vigueur, nous constatons déjà un changement d'attitude chez les industriels, qui témoignent d'un plus grand intérêt pour la recherche et commencent à

Premier producteur de papier journal. En 1983, le Canada était très largement en tête, devant les Etats-Unis. Pour tenir ce rang, devra-t-il continuer à importer du bois que, jusqu'alors, on trouvait sur place.



(2) Plutôt que d'abattre les arbres de façon anarchique, on les coupe, pour l'abattage directionnel, selon un front de progression unique, bien plus rationnel.

embaucher des personnels de plus en plus qualifiés. C'est bon signe. »

Mais la surexploitation n'est pas la seule menace qui pèse sur la forêt canadienne. Les attaques d'insectes ravageurs et les récents phénomènes de dépérissement liés aux pluies acides et aux accidents climatiques constituent d'autres sujets de préoccupation. Sans oublier les feux de forêts qui ont ravagé environ 1 million d'hectares, cet été, dans le Manitoba.

La tordeuse du bourgeon terminal de l'épinette, petite chenille qui s'en prend aux principales espèces de résineux, est la bête noire des forestiers. L'arbre perd ses aiguilles et meurt au bout de trois ou quatre défoliations successives. En 1975, au Québec, plus de 30 millions d'hectares de forêts étaient atteints par ce parasite et, en 20 ans, les pertes subies par la province ont été évaluées autour de 40 à 50 millions de mètres cubes. Ce qui représente l'équivalent d'un an et demi à deux ans de protection, auxquels il faut ajouter les 6,4 millions de dollars consacrés annuellement par le gouvernement provincial, dans la lutte contre ce ravageur ! Celle-ci est réalisée depuis peu au moyen d'un produit biologique, le *Bacillus thurigensis*, qui possède de remarquables propriétés insecticides et présente l'avantage de préserver l'environnement. L'épidémie actuellement touche à sa fin, mais c'est certainement la plus grave que le pays ait connue.

« La tordeuse faisait déjà parler d'elle au siècle dernier, remarque Yvan Hardy. Toutefois, jusqu'au XX[e] siècle, ses attaques étaient très localisées et limitées dans le temps. Ce qui est nouveau aujourd'hui, c'est que nous assistons à une aggravation du phénomène en termes d'espace et surtout de durée. Cela s'explique en partie par la modification de l'écosystème forestier imposée par l'homme. La disparition des pins, remplacés par le sapin et l'épinette, a en effet étendu vers le sud la niche écologique du parasite, qui ne s'attaque qu'à ces deux dernières essences. Or de nombreux travaux ont prouvé que la tordeuse trouvait dans ces contrées plus méridionales des conditions climatiques plus favorables à son développement et donc à sa prolifération excessive sur de très larges étendues. »

Autre fléau, les pluies acides, qui depuis cinq ans défraient la chronique en Europe, n'épargnent pas non plus les forêts de ce côté de l'Atlantique. Venue pour l'essentiel de la région des Grands Lacs et du Middle West où sont installés des complexes industriels, en particulier des centrales thermiques, la pollution entraînée par les vents dominants s'engouffre dans la vallée du Saint-Laurent et vient toucher les forêts de l'Ontario, du Québec et du Nouveau-Brunswick, mais aussi celles d'Etats américains comme le Vermont et le Maine.

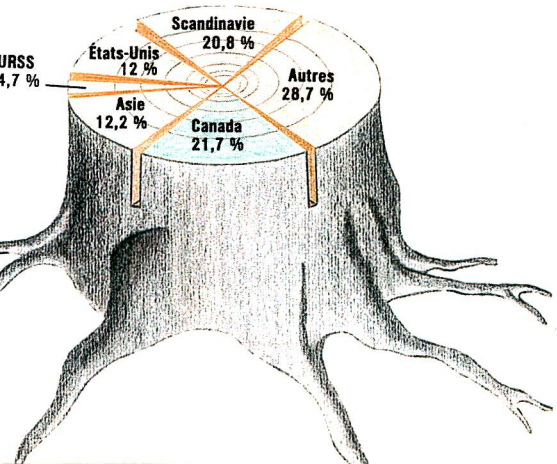
Les essences les plus affectées sont les feuillus et notamment les érables qui, dans certains secteurs, dépérissent à plus de 50 %, provoquant la colère des "environnementalistes" et surtout de la puissante Union des producteurs agricoles du Québec (UPA). Le sirop d'érable représente en effet pour le quart des agriculteurs de cette province un revenu d'appoint d'environ 8 000 dollars par an (40 à 45 000 F). « La disparition de cette ressource peut remettre en cause l'équilibre financier de nombreuses fermes, explique Sylvain Dufour, conseiller technique de l'UPA. Or, si aucune mesure n'est prise rapidement et si le dépérissement se poursuit au rythme actuel, il n'y aura plus de forêts d'érables commerciales dignes de ce nom d'ici sept à dix ans. »

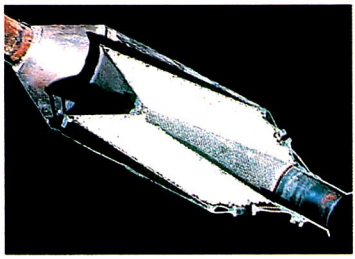
Au total, l'UPA, qui a édité une brochure intitulée *Il pleut à mourir*, estime à 200 millions de dollars les pertes présentes et futures en tenant compte du fait qu'un érable est productif pendant deux cents ans. Sylvain Dufour signale également, au-delà des aspects purement économiques, la perte que représenterait pour la culture et le folklore canadiens la disparition de l'érable, dont la feuille figure tout de même sur le drapeau fédéral !

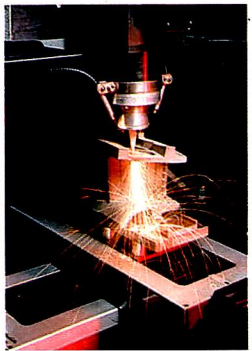
Outre les dégâts causés directement sur le feuillage par certains photo-oxydants comme l'ozone, de nombreuses études, notamment celle menée par le Pr Bernier de l'université Laval, à Québec, ont montré que l'acidité des pluies était responsable du blocage dans le sol d'éléments minéraux essentiels à l'alimentation de l'arbre, comme le phosphore, le magnésium et le potassium. Des essais de fertilisation ont été menés l'an passé auprès de 350 producteurs, pour tenter de venir à bout de ces carences induites par la pollution. L'UPA espère que le programme sera opérationnel en 1990, mais la question ne sera pas entièrement résolue pour autant. « Il est absurde de vouloir fertiliser des arbres mais nous n'avons pas le choix », reconnaît Sylvain Dufour, du moins tant que le mal ne sera pas pris à la

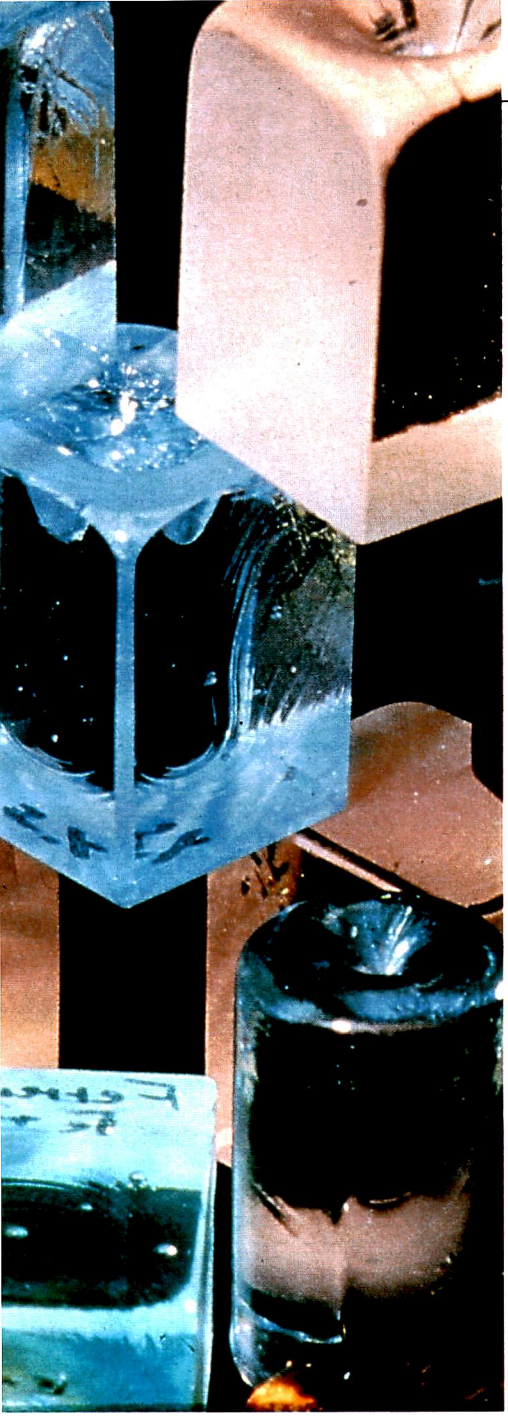
(suite du texte page 176)

Premier exportateur de produit forestier.
Talonné par la Scandinavie qui, il est vrai, regroupe plusieurs pays, le Canada exportait, en 1983, pour 58 milliards de dollars de produits forestiers.







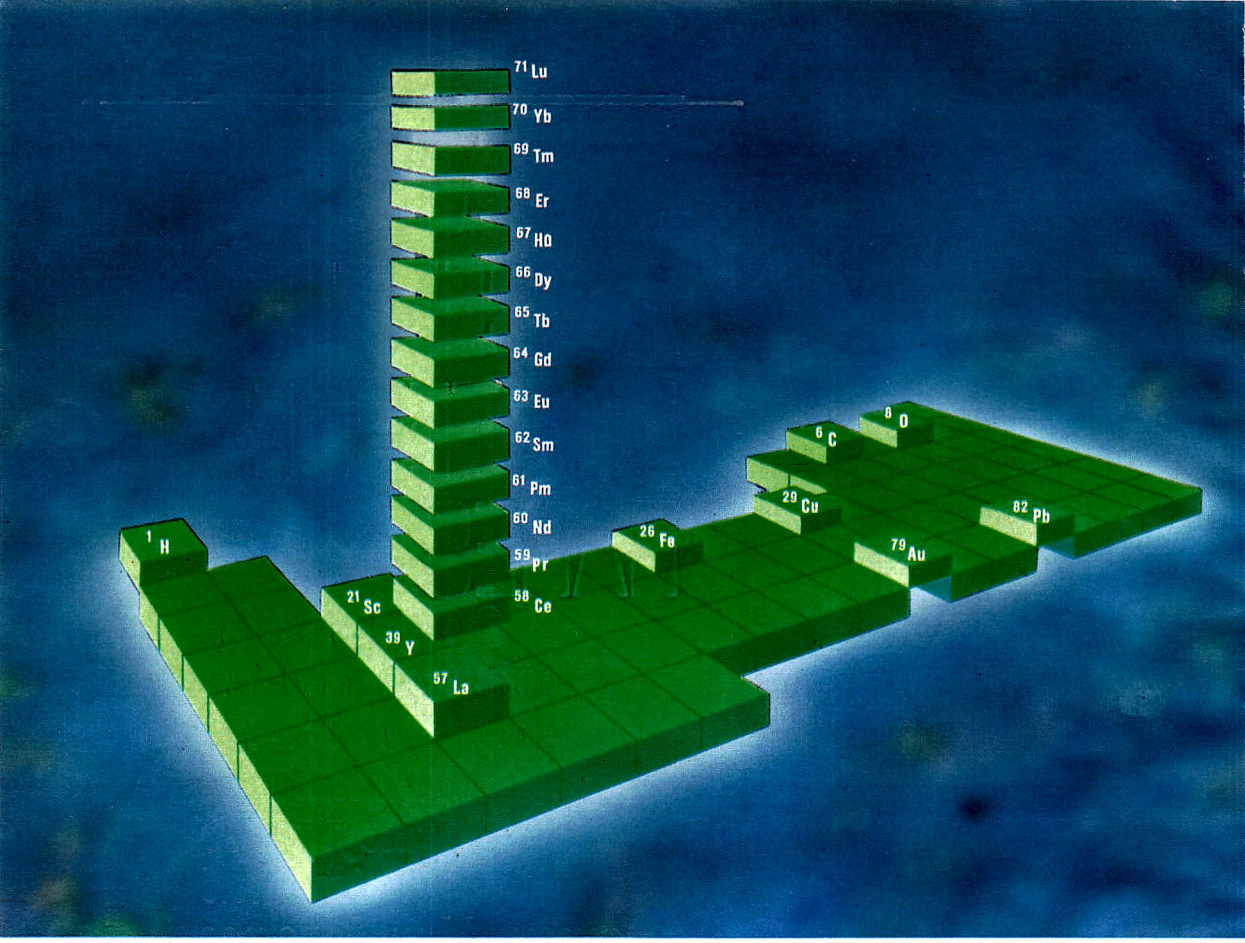


VOYAGE AU CENTRE DES TERRES RARES

Ces métaux que la nature a placés un peu "à part" dans son catalogue minéralogique se retrouvent aujourd'hui dans nos appareillages familiers : automobile, téléviseur, Walkman, montre à quartz. Ils n'ont pas fini de séduire l'industrie. Mais après combien de péripéties scientifiques !

PAR OLIVIER BEDUE, VALERIE BORDE, DIDIER CHALOUPE ET FRANCK MAUBUISSON

Elles sont partout. De la métallurgie au laser, en passant par les écrans de télévision, les "diamants" synthétiques, les pots catalytiques ou les objectifs d'appareils photos, les terres rares ont envahi le marché.



Dans la Classification périodique des éléments, les terres rares occupent une position particulière. Les 15 premières, du lanthane au lutétium, correspondent aux numéros atomiques de 57 à 71 sur le tableau. Les 2 dernières sont le scandium (21) et l'yttrium (39). Cette famille est divisée en 2 groupes yttrique et cérique, selon le taux d'yttrium ou de cérium dans la terre rare.

Quand on commença à les découvrir à la fin du XVIII[e] siècle, la présence dans le sol de ces produits plutôt insolites apparut d'abord comme tout à fait exceptionnelle. En effet, ils entraient en faible proportion dans les minerais où on les a découverts, d'où le qualificatif "rare" qui s'attache à leur nom. Depuis, on s'est aperçu que l'écorce terrestre, au contraire, en est très richement dotée. Le thulium, par exemple, qu'on croyait rarissime est plus abondant que l'argent. Notre globe recèle bien davantage de lanthane, de cérium et de néodyme que de vulgaire plomb. L'appellation "terre", quant à elle, vient du fait que ces éléments ont été découverts sous forme d'oxydes, état dans lequel ils se trouvent dans leurs minerais d'origine, lesquels s'appelaient des "terres" en chimie.

Les terres rares désignent en fait une famille de dix-sept métaux. Quinze lanthanides, qui correspondent aux numéros atomiques allant de 57 à 71 sur le tableau de la Classification périodique et qui ont pour noms : lanthane, cérium, praséodyme, néodyme, prométhéum, samarium, europium, gadolinium, terbium, dysprosium, holmium, erbium, thulium, ytterbium, lutétium. A ce premier groupe s'ajoutent le scandium (21) et l'yttrium (39), dont les propriétés chimiques sont très semblables à celles des lanthanides. Dans cette famille, on distingue les terres cériques, ou légères, des terres yttriques, ou lourdes, selon la prépondérance du cérium ou de l'yttrium dans le minerai d'origine. Dans la Classification périodique (***voir dessin ci-dessus***), les premières occupent les sept premières places ; les secondes occupant les sept dernières. Entre les deux se trouve le gadolinium, présent dans les deux types de minerais.

Ces éléments aujourd'hui installés dans la technologie quotidienne ont connu une histoire scientifique bien mouvementée. Il y a peu d'exemples de recherche aussi longue, aussi passionnée et aussi confuse, jalonnée d'autant d'erreurs de parcours. Des générations de chimistes se sont laissé obséder, envoûter — et tromper — par ces étranges substances. Pas moins de 144 années séparent la découverte du premier membre de cette famille chimique de celle du dernier qu'on ait réussi à isoler. Et il a fallu un demi-siècle pour s'apercevoir que le didyme, considéré depuis le début comme un

élément à part entière, est en réalité un mélange de néodyme et de praséodyme.

L'aventure des terres rares remonte à 1794. Cette année-là, le chimiste finlandais Johan Gadolin est le premier à isoler un oxyde de terre rare, l'ytterbia, contenu dans le minerai appelé ytterbite, extrait dans la localité suédoise d'Ytterbi. Trois ans plus tard, un autre chimiste rebaptise le minerai "gadolinite", et son oxyde "yttria". Ainsi, dès ses débuts, l'histoire des terres rares s'embrouille dans une terminologie confuse.

En 1803, Martin Heinrich Klaproth, chimiste et minéralogiste allemand, génial découvreur d'éléments nouveaux (zirconium, uranium, titane), isole une nouvelle terre rare, le cérium, ainsi baptisé en l'honneur de l'astéroïde Cérès, qui vient d'être observé pour la première fois, le 1er janvier 1801. En fait, cette découverte est réalisée en même temps par le baron Jöns Jacob Berzelius, un Suédois dont le rôle a été déterminant dans la création de la chimie moderne : découverte du sélénium, du calcium, du baryum, du strontium et du thorium. D'autres chimistes comprendront par la suite que le cérium de Klaproth et de Berzelius n'est pas pur, mais associé à l'ensemble des éléments légers des terres rares.

Une fois révélé au monde, le cérium fera carrière Le baron Carl Auer von Welsbach, qui mène des recherches sur les terres rares, invente en 1883 le manchon réfractaire porté à incandescence par la flamme d'une lampe à gaz. Ce sera le fameux bec Auer, encore utilisé de nos jours dans les lampes de camping, les lamparos des pêcheurs d'Asie et comme moyen d'éclairage dans certaines parties du tiers monde. Welsbach eut l'idée de combiner deux oxydes, ceux du cérium et du thorium, dont il imprégna un morceau de tissu pour engendrer dans son dispositif une lumière puissante et autonome. L'histoire raconte que, quelques années plus tard, en 1903, Auer mit au point la pierre à briquet, et put ainsi allumer son célèbre manchon sans se brûler les doigts.

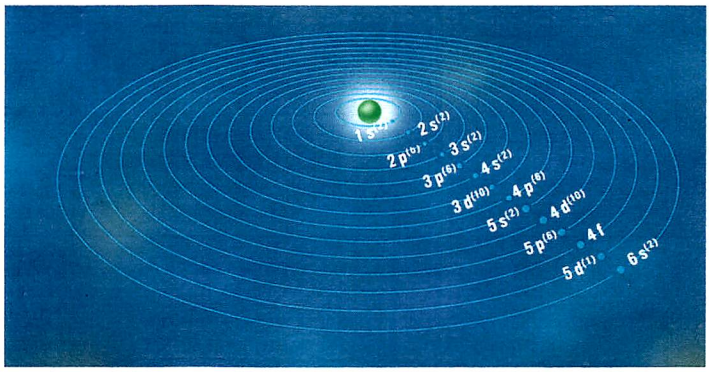
La pierre à briquet est justement la première application métallurgique des terres rares. Elle se compose d'un alliage de fer et d'un mélange de terres rares où le cérium prédomine. La forte pyrophoricité du cérium — sa capacité à s'enflammer spontanément à l'air et à donner des étincelles par léger frottement — est atténuée par le fer, qui empêche que l'ensemble ne prenne feu trop violemment. La pierre à briquet connut un développement précoce : comme elle faisait appel à un mélange non dégrossi de terres rares, il n'a pas fallu attendre le perfectionnement des procédés de séparation chimique pour l'industrialiser.

Pendant près de 40 ans, les deux oxydes yttria et céria furent considérés comme des entités chimiques bien déterminées. En fait, la céria et l'yttria se révéleront non pas un oxyde chacune, mais un mélange d'oxydes d'éléments lourds des terres rares. Vers 1840, Carl Gustav Mosander, minéralogiste suédois, réussit en effet à scinder la céria et l'yttria en plusieurs terres nouvelles ; il ouvrait la porte à cette suite immense de recherches qui allaient permettre d'identifier la totalité des dix-sept éléments naturels de terres rares. L'élément qui vient en queue de liste (numéro atomique 71), le lutétium — on écrivait autrefois lutécium —, ne fut isolé qu'en 1907, par le Français Georges Urbain, grand spécialiste des terres rares.

A vrai dire, un des éléments du groupe, le prométhéum, dont on avait supposé l'existence dès le début du siècle, ne fut véritablement isolé que beaucoup plus tard. Le physicien anglais Henry Moseley, en assignant un numéro atomique à chacun des éléments de la Classification périodique, supposa qu'un corps de numéro 61 devait logiquement avoir sa place, alors encore vacante, entre le néodyme (60) et le samarium (62). Mais ce n'est qu'en 1947 que des Américains, en étudiant la chimie des produits de fission, isolèrent effectivement deux isotopes du prométhéum, jusqu'alors inconnu, qui se comporte chimiquement comme une terre rare.

Tout le problème est venu de l'énorme difficulté à séparer et à caractériser des éléments coexistant intimement dans les mêmes minerais et possédant des propriétés chimiques tellement voisines que leur individualité s'en trouvait masquée. La spectroscopie de Bunsen et de Kirchloff, inventée en 1860, aurait dû dissiper l'incertitude. Elle fut en effet, dès son avénement, utilisée systématiquement dans les travaux de laboratoire sur les terres rares. Mais, comme souvent, l'usage d'une techni-

Le point commun. Les terres rares ont une couche interne non saturée — la 4f —, alors que tous les autres éléments ont leurs couches électroniques internes saturées. Le nombre d'électrons sur la couche 4f est croissant du lanthane au lutétium.



que nouvelle, appliquée avec plus ou moins de discernement, conduisit à des erreurs en série ; on assista à une floraison de pseudoéléments, tels le "décipium", le "glaucodynium", l'"incognitum", le "victorium" et bien d'autres, qui étaient en fait des mélanges et non des corps simples.

Les scientifiques ont livré un combat acharne à ces atomes rebelles. Georges Urbain a dû effectuer pas moins de 800 recristallisations (1) avant d'isoler le lutétium. D'autres chercheurs se sont échinés pendant douze ans pour des résultats peu concluants. Depuis, les techniques de séparation se sont perfectionnées, mais leur mise en œuvre reste délicate à l'échelle industrielle. Les résines échangeuses d'ions, utilisées notamment au Japon, conduisent à des taux de pureté de 99,9999 % et se prêtent à une exploitation intensive en usine. En France, Rhône-Poulenc leur préfère l'extraction liquide-liquide (2) en continu, qui permet un degré très poussé d'automatisation.

L'industrie a très vite voulu mettre à profit les qualités spécifiques des terres rares. Celles-ci ont toutes les mêmes propriétés chimiques (***voir dessin p. 105***) ; pour certaines applications, il est donc inutile de les isoler, mais la séparation des éléments est nécessaire dès lors qu'on entend exploiter leurs caractéristiques physiques.

Première application industrielle : la métallurgie. Les terres rares ont connu un boom industriel dans les années 1960 jusqu'à 1974, essentiellement dû à l'utilisation du mischmetal, un alliage de lanthane, de cérium et de néodyme qui présente une forte affinité pour l'oxygène et le soufre et sert dans la purification des fontes et des aciers. Le mischmetal permet des bonnes désoxydation et désulfuration des métaux de base ; il améliore ainsi la tenue mécanique et la résistance à la corrosion des alliages et facilite leur mise en forme. En fonderie, il rend le matériau plus résistant, ductile et usinable. Il est cependant en léger déclin actuellement, tendant à être remplacé, pour la désulfuration, par d'autres produits plus performants tels que des composés à base de calcium. Mais la métallurgie n'est pas, et de loin, le seul domaine où les terres rares sont présentes.

Dans les réactions de catalyse, les terres rares sont très largement utilisées pour accélérer ou modifier une réaction chimique telle que la polymérisation ou l'hydrogénation. Les lanthanides interviennent rarement en tant que catalyseurs à proprement parler, mais plutôt comme additifs favorisant la stabilité, l'activation et la sélectivité des systèmes catalytiques. Le craquage du pétrole — procédé de transformation du brut en essence —, par exemple, est catalysé par des structures cristallines appelées zéolithes, composés à base de silicium et d'aluminium complétés par des éléments alcalins tels que le potassium ou le sodium. En substituant au sodium un mélange de terres rares, on améliore les propriétés catalytiques et la durée de vie utile de la zéolithe.

Dans les pots catalytiques des voitures, ils servent à stabiliser les catalyseurs, c'est-à-dire à optimiser leur fonctionnement et à allonger leur durée de vie. Ces catalyseurs sont des composés à base d'alumine et d'oxyde de cérium ou de lanthane, agencés en nids d'abeille, sur lesquels on fixe les métaux actifs (platine, palladium, rhodium). Dans les pays dotés d'une réglementation antipollution sévère, à savoir les Etats-Unis et le Japon, on fabrique chaque année 14 millions de véhicules équipés de pots catalytiques, représentant plusieurs centaines de tonnes d'oxydes de terres rares, principalement de cérium.

Dans l'industrie du verre et de la céramique, autre gros consommateur de terres rares. Celles-ci ont pour propriété remarquable d'absorber ou d'émettre très sélectivement certaines longueurs d'onde dans le spectre visible et ultraviolet. Les couleurs ainsi obtenues sont extrêmement "propres", bien définies et stables, aussi les terres rares sont-elles très appréciées comme colorants et comme luminophores, c'est-à-dire comme substances luminescentes. On utilise leurs oxydes pour teinter le verre, l'émail et la céramique. Leurs couleurs très vives les désignent tout particulièrement pour les créations d'art, dans la cristallerie et le vitrail. L'industrie des émaux consomme de bonnes quantités d'oxydes de terres rares, soit comme opacifiants, soit dans la constitution de pigments. Ces oxydes ont pris beaucoup d'importance dans la céramique industrielle, où ils entrent dans la fabrication de revêtements réfractaires, de bougies d'allumage, de matériaux diélectriques.

Paradoxalement, les terres rares servent aussi à faire du verre incolore. Une vitre transparente de couleur rouge, par exemple, nous apparaît ainsi parce que le verre contient un pigment absorbant plutôt les longueurs d'onde autres que celle du rouge. Lorsqu'on intègre une terre rare appropriée à la composition du verre, elle absorbe sélectivement le rouge, et le verre redevient incolore par rééquilibrage de l'intensité des composantes du spectre de la lumière blanche.

Certains ions des terres rares absorbent le rayonnement ultraviolet et l'empêchent de pénétrer le verre ; on évite ainsi la décoloration photochimique

(suite du texte page 168)

(1) On part d'un mélange cristallin d'où on veut isoler un élément pur. On dissout à chaud dans un solvant approprié puis on refroidit. On récupère par filtration la partie recristallisée. On répète l'opération jusqu'à obtenir un cristal pur.

(2) Un solvant contient en solution le mélange dont on veut extraire le cristal pur. On lui ajoute un deuxième solvant non miscible avec le premier et qui ne dissout que le cristal que l'on veut obtenir. L'opération se répète en continu jusqu'à l'obtention du taux de pureté désiré. Puis on récupère le cristal recherché par précipitation.

Avec cette cassette gratuite voyez pourquoi vous pourrez parler l'anglais ou l'allemand dans 3 mois

La méthode réflexe-orale vous apprend à parler une langue étrangère, exactement comme vous avez appris le français.

Cela paraît étonnant, mais c'est ainsi: même si vous n'en connaissez pas un mot, vous pourrez converser en anglais ou en allemand dans trois mois. Et lorsque nous disons converser, cela veut dire «parler facilement, naturellement». Parler une langue, ce n'est pas traduire du français en anglais ou en allemand, mais transformer immédiatement et sans effort votre pensée dans la langue, exactement comme vous le faites en français.

Vous parlerez «instinctivement» comme en français. Beaucoup d'entre nous ont étudié une langue au lycée, pendant des années: ils connaissent beaucoup de choses et pourtant sont incapables de parler. La méthode réflexe-orale a pour but de vous faire parler par «réflexe naturel», exactement comme vous l'avez fait lorsque vous étiez enfant, pour apprendre votre langue maternelle. En associant le texte, le son et l'image, la méthode réflexe-orale grave la langue étrangère dans votre esprit et lorsque vous avez à parler, les phrases se forment toutes seules. Les leçons sont simples, intéressantes et ne demandent pas d'effort. La grammaire n'est pas étudiée «avant», mais seulement lorsqu'on est déjà familiarisé par des exemples.

Rien à apprendre par cœur. La méthode réflexe-orale est très progressive: elle commence avec des leçons vraiment faciles (vous le constaterez vous-même avec la cassette ou le disque gratuit) et elle vous amène peu à peu à un niveau supérieur. Sans jamais avoir appris quoi que ce soit par cœur, vous arriverez rapidement à comprendre une conversation, la radio ou les journaux et vous commencerez à penser dans la langue. Tous ceux qui l'ont essayée sont du même avis: la méthode réflexe-orale vous amène à parler dans un temps record. Les résultats sont tels que ceux qui l'ont suivie, semblent avoir séjourné longtemps en Angleterre ou en Allemagne. Pour ceux qui ont des examens oraux, c'est une méthode irremplaçable.

Dans 2 mois vous serez «débrouillé». La méthode réflexe-orale a été conçue pour être étudiée chez soi. Vous pouvez apprendre une langue à vos heures de liberté où que vous habitiez, quelles que soient vos occupations. En consacrant moins d'une demi-heure par jour à cette étude qui vous passionnera, vous commencerez à vous «débrouiller» dans deux mois et peu de temps après, vous serez capable de converser. Votre accent sera impeccable, car les cassettes (ou les disques) sont enregistrées par des comédiens et speakers ayant une prononciation parfaite. Dans le monde d'aujourd'hui, parler une langue étrangère est un atout essentiel, dans toutes les professions.

Ce que pensent ceux qui ont étudié avec cette méthode.

Après un mois d'étude, je suis étonnée d'en être déjà là.
Mlle C. T..., 75013 Paris.

Je n'ai rencontré aucune difficulté.
Didier C..., Tahiti.

J'ai appris un anglais vivant.
Mme C..., 91800 Brunoy.

Je croyais l'allemand difficile. Il n'en est rien avec votre méthode.
I. H..., 06400 Cannes.

Il est exact que l'on parle naturellement après quelques mois d'étude vraiment passionnante.
G. S..., Beringen (Belgique).

Un atout pour votre avenir. Rien ne peut vous apporter autant que cette étude passionnante. Si vous ne vous décidez pas, vous en serez au même point dans trois mois ou dans un an. Si vous agissez, vous pourrez parler anglais ou allemand dans trois mois. La première chose à faire est de renvoyer le coupon ci-dessous, mais faites-le tout de suite, car actuellement vous pouvez profiter d'un avantage supplémentaire.

GRATUITS 1 cassette + 1 leçon + 1 brochure

A 15Y

Bon à retourner à Centre d'Etudes, Service A 1, avenue Stéphane-Mallarmé, 75017 Paris.
Envoyez-moi gratuitement et sans engagement votre brochure «Comment apprendre l'anglais ou l'allemand et parler couramment» ainsi que:

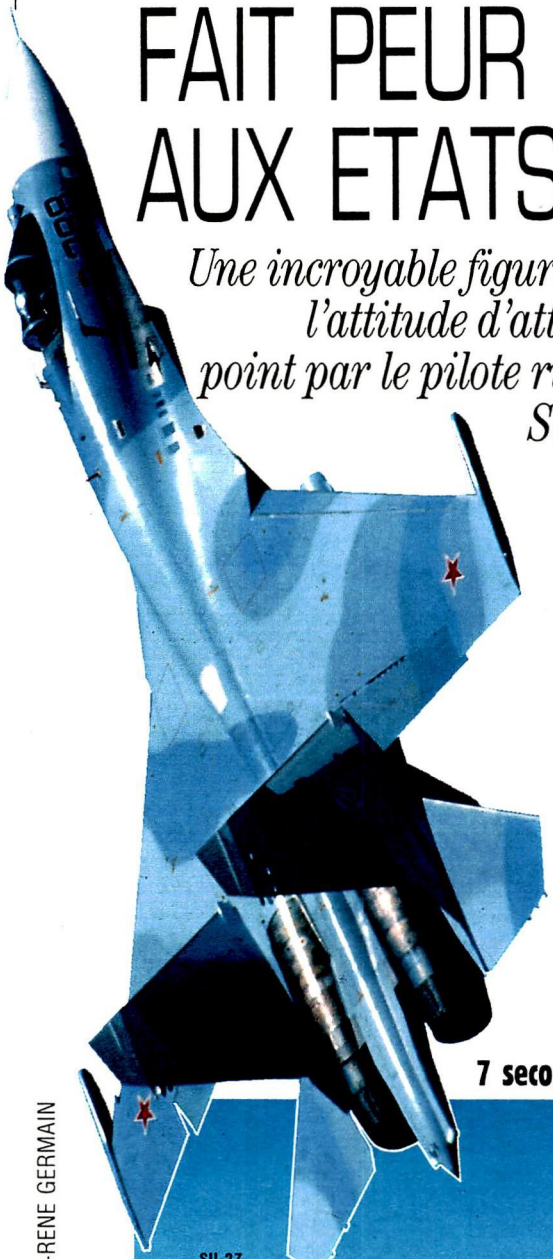
☐ la cassette d'essai ou ☐ le disque d'essai
☐ Anglais ou ☐ Allemand

(Joindre 3 timbres pour frais; pays hors Europe: joindre 5 coupons-réponse.)

Mon nom: ..... Prénom: .....
(majuscules SVP)
Mon adresse: .....
Code postal: ..... Ville: .....

LE "COBRA" DE POUGATCHEV FAIT PEUR AUX ETATS-MAJORS

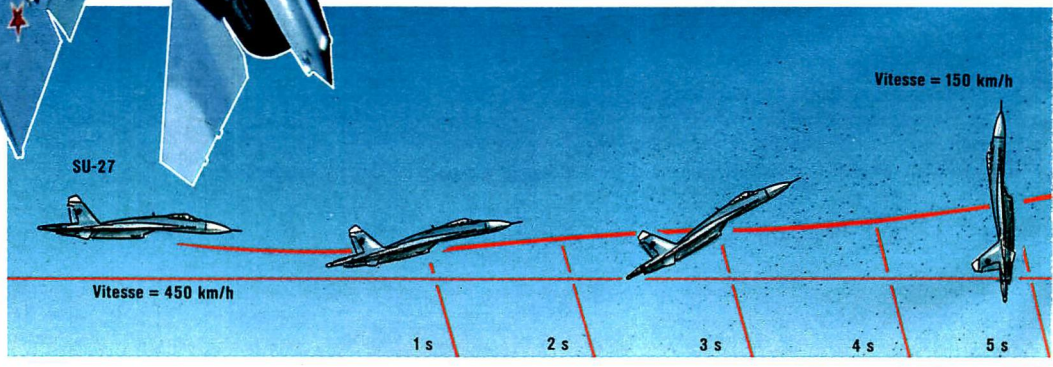
Une incroyable figure d'acrobatie aérienne, rappelant l'attitude d'attaque du serpent cobra et mise au point par le pilote russe Pougatchev, fait du chasseur SU-27 le précurseur d'une nouvelle génération d'avions de combat.



Toujours à la recherche de ruses pour tromper ou surprendre l'adversaire, les stratèges aéronautiques occidentaux ont inventé, ces dernières années, le concept d'"agilité" pour caractériser la capacité de manœuvre des nouveaux avions de combat. Ceux-ci doivent, en effet, pouvoir opérer des modifications de cap instantanées, des changements brutaux d'attitudes, qui leur permettent de freiner brutalement et d'être dépassés par un poursuivant, donc de le poursuivre à leur tour et ainsi le changer en cible. Ils peuvent alors pointer rapidement les canons et missiles, et par exemple brusquement décocher un missile vers le haut et s'enfuir en rase-motte.

L'une des clés aérodynamiques de l'agilité consiste à doter les chasseurs d'angles d'attaque élevés, c'est-à-dire supérieurs à 25-30°, des angles que ne peuvent actuellement dépasser les avions, sous

7 secondes seulement pour cabrer le SU-27 à 120°. Une posi-



PAR JEAN-RENE GERMAIN

peine d'instabilités aérodynamiques entraînant le décrochage. Rappelons que l'angle d'attaque (ou incidence) est l'angle que fait l'avion avec sa trajectoire, et par conséquent avec les filets d'air qui assurent sa sustentation. Ainsi un avion qui possèderait un angle d'attaque de 90° avancerait le nez vers le ciel, perpendiculairement aux filets d'air, offrant ainsi le maximum de résistance à l'air.

Ce qui pouvait être considéré comme folies en l'état actuel des techniques traditionnelles est devenu virtuellement possible grâce aux nouveaux équipements maintenant largement utilisés dans les chasseurs : les commandes de vol électriques et surtout l'ordinateur de bord. En effet, les figures "agiles" nécessitent souvent de mettre l'avion en posture de décrochage, c'est-à-dire dans une configuration où les turbulences engendrées par la cellule de l'avion elle-même font décoller les filets d'air des surfaces portantes (ailes) ou directrices (gouvernes de direction, gouvernes de profondeur), qui ne peuvent plus alors assurer leurs fonctions de sustentation.

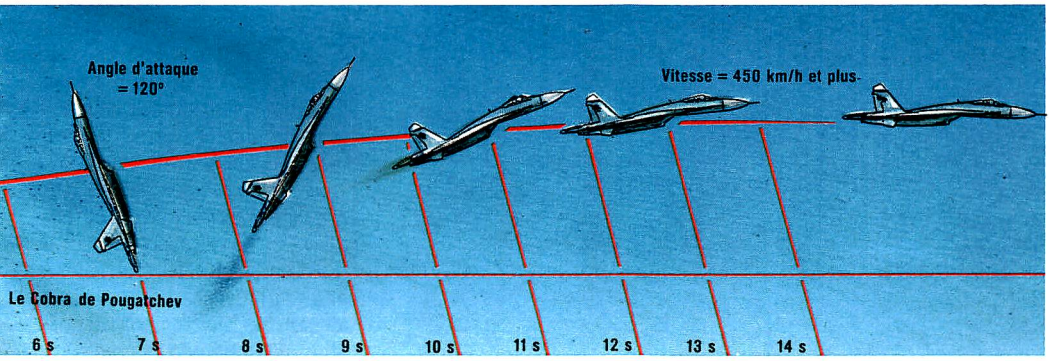
Les commandes électriques et l'ordinateur de bord agissent presque instantanément (à la vitesse de l'électron) sur les surfaces dynamiques de l'avion : à chaque instant du vol, elles corrigent les attitudes instables de l'avion. Les commandes hydrauliques traditionnelles, en raison de leur lenteur (relative !) et de la complexité de leur réglages, ne permettaient pas une aussi rapide adaptation au régime de vol. C'est pourquoi, depuis 1970, avec les F-16 et F-18 américains, tous les nouveaux chasseurs occidentaux, tels le Rafale et le Mirage 2000, sont dotés de commandes électriques reliées à un ordinateur de bord qui gère les données fournies par le pilote en les transformant en actions, proportionnelles ou différentielles, coordonnées entre elles, modifiant ainsi l'état des surfaces aérodynamiques de l'avion (ailerons, courbure des ailes, becs, volets, elevons, canards, gouvernes, etc.). Ainsi, la stabilité aérodyamique est assurée en fonction de la vitesse, de l'accélération, de l'incidence, du régime des moteurs, etc. Comme les logiciels gèrent et gardent en mémoire les paramètres de vol de l'avion calculés d'avance, il devient possible, en fonction des éléments précités d'établir les paramètres nécessaires à la figure de pilotage demandée.

La tâche informatique est donc vaste, et les ordinateurs de bord des chasseurs contemporains se contentaient — et se contentent encore — de faire réaliser des figures de pilotage traditionnellement réservées aux chasseurs intercepteurs : braquages et montées rapides, piqués, etc. Les figures, plus complexes, répondant au concept d'agilité n'étaient prévues que pour plus tard.

La NASA, qui a originellement une vocation aéronautique, mène un programme prioritaire de recherches baptisé HARP (*High Angle of Attack Research Program*), pour lequel elle a dépensé cette année 6 millions de dollars, et elle prévoit d'y consacrer une somme nettement plus importante en 1990. L'objectif de ce programme consiste à accumuler les données sur les conditions de vol à grands angles d'attaque. Il comporte trois buts : mise au point d'un avion expérimental X-29 et essais d'ici la fin de l'année, réalisation d'un intercepteur Rockwell/MBB X-31 pour affiner le concept d'agilité, et enfin expérimentations en soufflerie et en vol d'un avion de chasse F/A-18 pour explorer l'aérodynamique des grands angles d'attaque. Les puissants traitements numériques de visualisation des écoulements ont déjà permis de redessiner certaines parties du fuselage (notamment le nez), de manière à réduire le décollement des filets d'air sur l'arrière du fuselage ; l'avion peut ainsi supporter une incidence de 55°, alors que la version ordinaire ne peut dépasser les 23,5° !

Mais surprise au dernier salon du Bourget en juin 1989, les avionneurs occidentaux découvrent que cette "agilité" après laquelle ils courent à l'aide de techniques de pointes et à si grands frais, est maîtrisée par les Soviétiques, pour la première fois au monde avec le Sukhoï-27. En témoigne une extraordinaire figure aérienne.

Baptisée par les Soviétiques "cobra de Pougatchev" en référence à son concepteur, elle consiste à faire passer l'avion d'une position horizontale à une position verticale, puis à le faire basculer jusqu'à ce qu'il se retrouve à nouveau à l'horizontale, mais dans le sens inverse de celui du départ. Cette manœuvre, qui ne peut être effectuée que par un avion à commandes électriques, est d'une grande complexité, car elle nécessite de maintenir l'avion en position de décrochage pendant plusieurs secondes, sans que l'appareil ne tombe. Elle est d'une grande utilité tactique, car elle permet à un chasseur de se retrouver en position de tir sur un adversaire qui l'a dépassé à grande vitesse, sans avoir à effectuer un long virage. Elle est également très spectaculaire, et a été présentée par les Soviétiques lors de nombreux meetings aériens, dont celui du Bourget en juin 1989. Le Sukhoï-27 a été présenté par son pilote, Victor Pougatchev, qui a pu lui faire conserver pendant plusieurs secondes.



LE SUKHOI-27

Si le MiG-29 était déjà une vieille connaissance des Occidentaux, qui l'avaient vu à plusieurs occasions en Europe, le Su-27 conçu par le prestigieux Bureau de construction Sukhoï faisait par contre sa première apparition publique au dernier salon aérospatial du Bourget. Ses lignes évoquent un hybride des chasseurs américains McDonnell Douglas F-15 et Grumann F-14 Tomcat. Baptisé "Flanker" par l'OTAN, ce chasseur intercepteur tous temps est ce que les Soviétiques font de mieux dans le genre : sous le nom de P-42, il a établi 27 records mondiaux de vitesse ascensionnelle et d'altitude entre 1986 et 1988.

Conçu à la fin des années 70 — ce qui explique pourquoi sa construction ne fait encore appel à aucun matériau composite bien qu'il intègre de nombreux éléments en titane —, le prototype T-10 du Su-27 a effectué son premier vol le 20 mai 1977, sur la base de Ramenskoïé dans les environs de Moscou. Il n'a d'abord pas donné satisfaction.

Complètement remodelé, il ressemble maintenant à un MiG 29, en plus grand : 21,9 m de longueur et 14,70 m d'envergure. C'est le premier chasseur soviétique doté de commandes entièrement électriques, quadruplées pour raison de sécurité, comme les plus modernes des chasseurs occidentaux. Considéré comme le successeur du MiG-29, une centaine d'exemplaires en a déjà été livrée aux Forces aériennes soviétiques. Une version à décollage court et vertical pour l'aéronavale est actuellement à l'étude.

Doté d'une double dérive et de gouvernes de profondeur monoblocs, il est équippé de deux réacteurs AL-31F Lioulka (R-32) double flux de 13 569 kg de poussée avec réchauffe. Le rapport de la poussée fournie par les réacteurs sur le poids de l'avion étant égale à 1,1, cela lui confère une excellente vitesse ascensionnelle. Bien que déjà très "haut sur pattes" avec un train d'atterrissage l'élevant à presque 6 m du sol, ses deux entrées d'air de réacteurs intègrent un système de grilles à ouverture automatique coordonnée avec le train, pour éviter l'ingestion de corps étrangers pendant le roulage. Ainsi, lorsque l'avion roule et que les grilles (des persiennes) obstruent les entrées d'air, l'alimentation en air des réacteurs s'effectue grâce à un système de fentes s'ouvrant automatiquement sur l'extrados de la voilure.

Selon la version (il en existe deux), sa masse totale au décollage est de 22 ou 30 t (dont 10 t de carburant), ce qui lui permet de parcourir 4 000 km sans ravitaillement, à un plafond de 18 000 m. Il peut emporter sous ses ailes une charge supplémentaire de 5,9 t constituée essentiellement de missiles air-air AA-8, AA-10, AA-11 et AAM. Cet armement vient en plus du canon de 30 mm armé de 200 obus.

Les missiles sont guidés par un système radar à impulsion du type *lookdown/shootdown*, vraisemblablement à longue portée. Ce radar de 1,2 m de diamètre, logé dans le nez de l'appareil ne peut guider plus d'un missile à la fois (ceux de la plupart de ses concurents occidentaux sont capables d'en suivre plusieurs en même temps). Quant à l'acquisition des cibles proches, elle peut se faire à l'aide d'un capteur télémètre infra-rouge situé à la base du cockpit, transmettant directement des informations au viseur de casque du pilote.

chev", du nom de son inventeur, Viktor Pougatchev, chef des pilotes d'essais du Bureau de construction Sukhoï, la figure n'est pas sans rappeler l'attitude du serpent qui se dresse pour menacer sa proie avant de cracher son venin. En termes plus aéronautiques, il vaudrait mieux parler de "freinage aérodynamique" pour caractériser la nouvelle figure que Viktor Pougatchev a déjà expérimenté plus d'un millier de fois. Si sa réalisation est simple (de l'avis du pilote), elle n'en reste pas moins audacieuse : elle consiste à freiner, en quelques secondes, la vitesse de l'avion en lui communiquant un angle d'incidence de 120° ! Les ingénieurs du Bureau de construction Sukhoï, mettent l'agilité extraordinaire du Su-27 à basse vitesse au compte de la réussite aérodynamique du dessin de l'avion.

Pour réaliser la figure du cobra, Viktor Pougatchev doit décélérer son Su-27, qui peut atteindre la vitesse de Mach 2,35, en palier jusqu'à la vitesse relativement basse de 400-450 km/h. Puis, sans toucher au régime initial de ses deux moteurs R-32 double-flux "Lioulka", le cabrer progressivement. Sous l'effet du freinage aérodynamique qui ne manque pas de se produire à cette vitesse, l'incidence de l'avion continue d'augmenter, élevant légèrement l'altitude initiale de la machine (1).

Au fur et à mesure que le cabrage du Su-27 grandit et qu'il présente une plus grande surface dans le sens du déplacement, le freinage aérodynamique croît, de sorte que, lorsqu'il atteint l'incidence de 90°, il devient maximal et fait chuter la vitesse de l'avion, celui-ci encaisse une décélération de 3,5 à 4 g aux alentours de 110 km/h. Tuyères de réacteurs pointées vers l'avant, le Su-27 poursuit son vol pendant 3 à 5 s avec une incidence atteignant 120°, ce qui est tout à fait extraordinaire. Ce temps écoulé, sous l'effet de la perte de vitesse engendrée par les turbulences, l'avion bascule son nez vers l'avant, permettant au pilote de reprendre directement

son vol à l'horizontal, à une altitude légèrement supérieure à celle de départ. Cette différence d'altitude s'explique par la poussée des réacteurs pendant la phase où l'avion a la position du cobra.

Bien que datant des années 70, le Su-27, possède des commandes de vol électriques et un ordinateur de bord qui agit, pendant les phases du vol, sur la courbure de l'aile par le braquage des becs de bord d'attaque et des volets de bord de fuite, ainsi que sur les gouvernes monoblocs. Initialement, la figure faisait partie du programme d'essais simplement pour tester les limites de l'avion, et pour voir quel pouvait être son angle d'attaque maximal, sachant que son incidence en vol normal pouvait aller au delà de 30°. Puis, lorsqu'il fut décidé de présenter l'avion au Bourget, la figure fut intégrée dans la séquence de l'ordinateur de manière à impressionner l'assistance. Ces manœuvres s'effectuent quand même dans les limites d'un facteur de charge des structures égal à 9 g, ce qui n'est déjà pas si mal ! De l'avis même de Mikhaïl Petrovitch Simonov, le grand patron du Bureau de construction Sukhoï, les logiciels de l'ordinateur ont été très délicats à mettre au point. Selon lui, la capacité qu'a son avion à voler pratiquement à la vitesse d'une automobile (150 à 170 km/h) le distingue des autres chasseurs intercepteurs étrangers, qui (à l'exception peut-être du Mirage 2000) ne peuvent pratiquement descendre en dessous des 200 km/h.

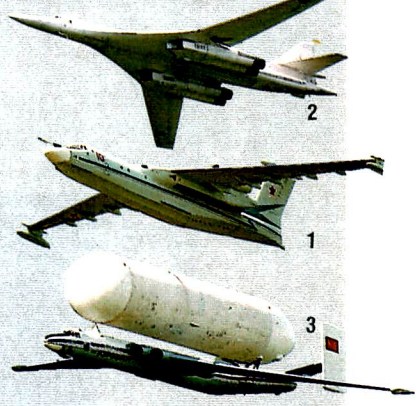
Devant les démonstrations des Soviétiques, les avis des spécialistes, pris sur le vif, commencèrent par diverger. Pour un pilote américain dont les propos furent rapportés par notre confrère *Aviation Week*, la figure n'a aucune valeur militaire. Il fallut cependant se rendre à l'évidence : les pilotes interrogés estiment que la possibilité d'agir à des angles alpha élevés (de grandes incidences) a une grande implication tactique, ce qu'attestent d'ailleurs les études menées par la NASA dans ce domaine. C'est d'autant plus vrai, ajoutent d'autres pilotes, que dans un combat, on extrapole mentalement la trajectoire de l'adversaire ; s'il est capable de d'effectuer une manœuvre d'évitement réputée impossible, cela déconcerte et l'adversaire prend l'avantage. Steve Barter, chef des pilotes d'essais de General Dynamics, constate pour sa part, que l'avion reste stable à la fin de la figure, même lorsque son incidence est supérieure à 90° et que ses réacteurs le poussent vers le haut. A ce stade, il suffit de le faire basculer pour que son nez retombe vers l'avant.

Cette possibilité qu'a le Su-27 de freiner ainsi brusquement et de pointer son nez vers le ciel en l'espace de quelques secondes, lui confère pour l'instant une indéniable supériorité tactique sur ses concurrents occidentaux F-15, F-16, F-18, Mirage 2000 et Rafale, qui ne peuvent effectuer cette manœuvre. De plus, la figure du cobra laisse supposer que l'avion possède une très grande agilité dans des conditions moins extrêmes que celles présentées par Viktor Pougatchev.

Et c'est bien ce qui embête les constructeurs occidentaux ! Le bureau des études de Marcel Dassault qui a mis au point le prototype du Rafale, affirme que leur avion, du fait de sa complexité et de sa modernité est capable des mêmes capacités d'agilité. Ses spécialistes sont d'ailleurs en train de rajouter cette possibilité dans ses logiciels afin de lui permettre d'effectuer une figure identique au cobra de Pougatchev. (suite du texte page 173)

(1) Vous pouvez tester vous-même l'effet aérodynamique de freinage grâce auquel on peut réaliser la figure du cobra de Pougatchev en faisant varier l'incidence de votre main par la portière d'une voiture en marche. Vous constaterez que lorsqu'elle pivote jusqu'à être presque perdendiculaire au sens du mouvement, elle a tendance à s'élever, et lorsqu'elle dépasse l'angle de 90°, elle retombe.

LES NOUVEAUTÉS DU SALON AÉRONAUTIQUE DE MOSCOU



Les salons du Bourget et de Farnborough avaient été l'occasion, pour l'URSS, de présenter à l'étranger des appareils comme le MiG-29 et le Su-27, destinés à l'exportation, ou l'Antonov 225 Mria, pour la location. Par contre, les présentations en vol, à Touchino, et au sol, sur le terrain la Khodynka, ont permis de faire découvrir aux Soviétiques, fin août dernier, certains nouveaux avions que le ministère soviétique de la Construction aéronautique s'est contraint à présenter, sous la pression des médias qui voulaient savoir où passait l'argent des citoyens. Parmi l'abondant matériel exposé, nous avons remarqué trois nouveaux avions :

1. L'Albatros A-40. Conçu par A. Konstantinov, nouveau responsable du bureau d'études Bériev, cet avion est amphibie. Destiné à la recherche et au sauvetage en mer, à proximité des côtes, il est équipé de blocs chirurgicaux et de réanimation, et peut embarquer jusqu'à 60 personnes. Il s'agit d'un prototype à moyen rayon d'action. D'autres versions seront utilisées pour la reconnaissance maritime.

2. Le Tu-160. C'est la réplique soviétique au bombardier stratégique américain B-1. Dénommé Blackjack par l'OTAN, il est doté d'ailes à géométrie variable. Masse maximale au décollage : 275 t ; vitesse maxi : 2 200 km/h.

3. Le bombardier VMT. Dérivé des bombardiers Myasichtchev à long rayon d'action (nom de code OTAN : Bison), l'appareil a été transformé par l'usine expérimentale de construction de machines pour le transport de charges allant jusqu'à 30 tonnes. C'est lui qui transporte au cosmodrome de Baïkonour les éléments de la fusée Energia. On le voit ici avec le réservoir de l'étage central d'Energia.

CAPE TABAC

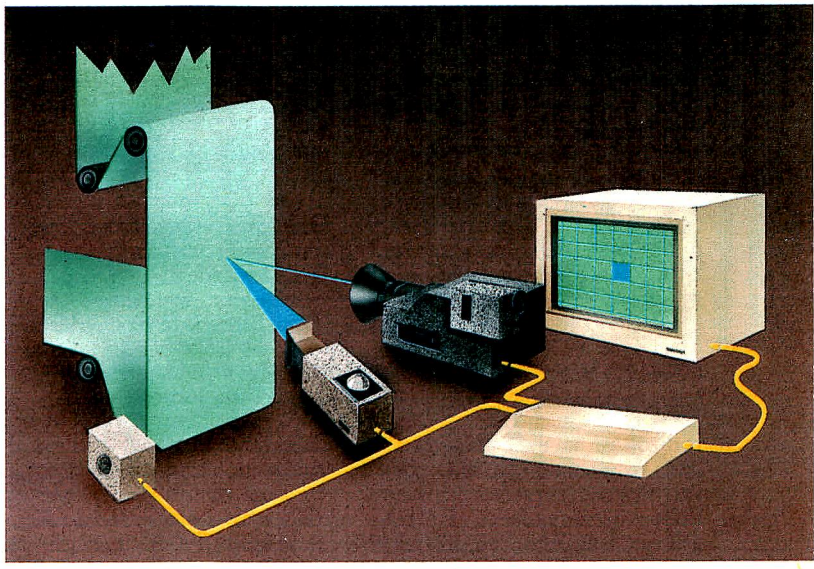
20 PETITS CIGARES

TABAC LEGER EN
PROVENANCE DE :
CUBA,
ARGENTINE,
BRESIL,
JAVA,
PARAGUAY,
ST-DOMINGUE,
ORIENT.

ECHOS DE L'INDUSTRIE

TEXTILE

Visionique : réservée aux "gros"



Dans le monde du textile, le contrôle de la qualité s'appelle "visite des écrus". L'opération consiste à détecter la présence ou l'absence d'anomalies techniques dans la structure des tissus. Elle intervient à deux stades de la production : à l'amont (après le tissage), puis à l'aval (avant la finition ou la confection). Et elle est indispensable avant toute transformation ultérieure puisque c'est elle qui permet de définir la classification, donc le devenir de la pièce de tissu. La qualité de cette dernière est définie par une codification de la profession, le "Demery Point", qui "note" la pièce en répertoriant ses défauts et leur importance, le nombre total de points étant proportionnel à la gravité des défauts.

Ce contrôle est jusqu'ici effectué par l'homme. Il impose une main-d'œuvre nombreuse et coûteuse, limitée dans ses capacités (environ 10 mètres par minute) et, du fait du jugement subjectif et de la fatigue visuelle, il est par surcroît peu fiable (de 50 à 60 % seulement des défauts sont détectés). Ce dernier point est économiquement très grave, car une détection sûre et rapide permet une action immédiate sur la cause des défauts, grâce à un retour immédiat de l'information sur la production, donc une diminution considérable de rebuts.

Cette détection instantanée, c'est de la visionique qu'on peut l'attendre, celle-ci commençant à apparaître dans le textile, comme elle l'a déjà fait dans de nombreux autres secteurs industriels. De nouveaux matériels arrivent en effet sur le marché, qui sont capables de faire la "visite des écrus" grâce à des caméras CCD ou à des capteurs de vision fonctionnant par émission/réception d'un rayon lumineux (***dessin ci-dessus***).

Ces systèmes de contrôle automatisé apportent augmentation des cadences de contrôle, suppression des erreurs, amélioration de la qualité finale, amélioration des conditions de travail, minimisation des coûts, réduction des rebuts. Pour les grosses entreprises, du moins, car, pour l'instant, leur coût est tel qu'ils ne paraissent rentables que pour une production minimal, de... 30 000 mètres linéaires/jour.

Pour les firmes intéressées, l'Agence régionale d'information scientifique et technique d'Alsace (ARIST) vient de publier une étude réunissant une information pratique sur les fabricants de systèmes de détection, les fournisseurs de logiciels et l'expérience des premiers utilisateurs.

L'ouvrage recense les questions que ceux-ci doivent se poser avant d'investir et propose des critères objectifs pour les guider dans leurs choix. Systèmes de détection automatique de défauts sur tissu, 3 692,50 F TTC, ARIST Alsace, 2 rue Brûlée, 67000 Strasbourg, tél. (16) 88 22 23 96.

Une particule d'impureté sur un milliard dans du tantale, du molybdène ou du tungstène, c'est ce que les scientifiques de l'université de Vienne décèlent avec un spectromètre de masse perfectionné. Intérêt : la mise au point de matériaux supra-purs pour l'industrie informatique.

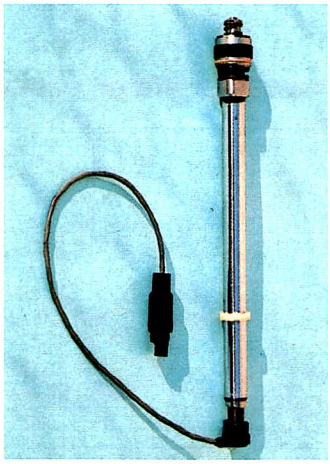
AUTOMOBILE

Les suspensions intelligentes arrivent

En automobile, privilégier le confort conduit à adopter une suspension souple, faiblement amortie. Mais garantir la sécurité la meilleure impose de s'occuper d'abord de la tenue de route, c'est-à-dire de choisir une suspension et un amortissement fermes.

La solution idéale consiste à moduler cette fermeté selon les conditions de la route, car, pendant 85 % du temps, on peut bénéficier du confort le plus souple ; pour les 15 % restants (les virages, freinages, manœuvres d'évitement, cassis, etc.), en revanche, il faut impérativement assurer la qualité de la tenue de route.

Citroën parvient, sur la XM, à régler le problème avec la suspension "hydractive" de son système oléopneumatique (*Science et Vie* n° 859, avril 1989). Des capteurs informent un calculateur du freinage, de l'appel de puissance, de l'angle de la direction, de la vigueur avec laquelle cette dernière est sollicitée, des oscillations des roues et de la vitesse. Autant d'indices révélateurs d'une situation particulière, qui implique le passage de la suspension du mode moelleux au mode ferme. Le calculateur exécute le changement en déplaçant un petit piston qui met hors circuit un ressort pneumatique et l'amortisseur qui lui est attaché. Lorsque ce ressort est en circuit, la suspension est moelleuse ; lorsqu'il est hors circuit, elle est ferme.



L'allemand Boge a conçu un amortisseur hydraulique approchant le même résultat en insérant deux électrovannes sur le passage de l'huile d'un compartiment à l'autre. Toutes électrovannes fermées, l'amortisseur est ferme. Toutes électrovannes ouvertes, il est au plus souple. L'une ou l'autre ouverte, Boge obtient deux degrés de raideur intermédiaires. Là encore, le pilotage des électrovannes est assuré par un calculateur prenant en compte les mêmes informations que celui de la XM. L'adaptation est effectuée en 12 millisecondes. BMW et Lancia utilisent partiellement les possibilités de ce système, et Peugeot en a adopté un de ce type pour sa prochaine 605, en coopération avec les japonais Kayaba (amortisseurs) et Nippondenso (électronique).

Monroe et Bosch, enfin, ont collaboré à la mise au point d'un amortisseur "à la carte", qui répond cette fois aux sollicitations de chaque roue, indépendamment les unes des autres. Chaque amortisseur est équipé d'un capteur qui permet sa gestion "personalisée" (***photo ci-contre***). Il émet deux informations : la pression de fluide à l'intérieur de l'amortisseur et l'accélération verticale au mouvement de la carrosserie. A partir de ces deux paramètres, le calculateur décide du mode ferme ou du mode moelleux sur une échelle de raideur de la suspension progressive de 1 à ... 6 ! Il y parvient en coupant ou en rétablissant le courant. Il déplace ainsi légèrement un tiroir dans le corps de l'amortisseur, ce qui étrangle ou libère le passage de l'huile d'un compartiment à l'autre, aussi bien en détente qu'en compression. Le calculateur fait le point sur la situation de chaque roue toutes les deux millisecondes, il détermine ainsi la fermeté optimale de la suspension, dès que la roue est sollicitée.

Une autre innovation porte sur le réglage automatique de l'assiette de la voiture selon la charge. Le ressort est simplement remplacé par une enceinte d'air comprimé à volume variable. Pour rehausser la voiture et compenser son écrasement sous l'effet de la charge, il suffit d'ajouter de l'air ; pour l'abaisser lorsqu'elle est à vide, il suffit d'en retirer. L'opération s'effectue par une simple valve et par un compresseur obéissant aux ordres d'un ordinateur informé par un détecteur de garde au sol.

Autant de solutions qui ont la simplicité de l'œuf de Colomb, mais qui n'auraient jamais pu voir le jour sans la flexibilité, la rapidité d'exécution et la fiabilité de l'électronique embarquée.

INFORMATIQUE

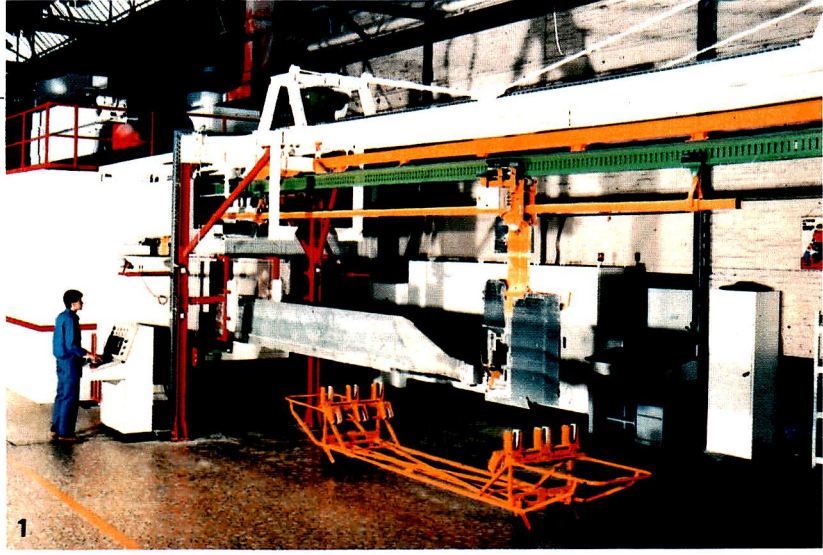
Le guide du CD-ROM

En quarante petites pages, tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur le CD-ROM sans jamais oser le demander.

La réponse concrète aux questions que les chefs d'entreprise peuvent se poser sur le dernier-né des médias, ses avantages, mais aussi ses contraintes, sa complémentarité avec les autres supports d'édition, les types d'applications pour lesquelles il est particulièrement recommandé, son coût.

Le guide est envoyé gracieusement sur simple demande, écrite ou téléphonée, à Jouve systèmes d'information, 18 rue Saint-Denis, 75001 Paris, tél. (1) 42 33 17 99. Jouve S.I. tient la première place sur le marché du CD-ROM en France, et il est l'un des premiers réalisateurs de CD-ROM en Europe et dans le monde. C'est la seule société française à offrir les trois types de médias : papier, télématique et CD-ROM.

Microchirurgie pour réparer les pales



Les pales d'hélicoptère sont faites d'une association de matériaux assez complexe — et surprenante. Longeron en verre, fins revêtements en tissus de verre ou de carbone, remplissage des parties creuses en mousse de polyuréthane, contrepoids en plomb, protection du bord d'attaque en inox, bord de fuite renforcé par du verre ou du carbone, revêtement extérieur de peinture. Tout cet assemblage de composants et de tissus est aggloméré et collé par des presses chauffantes, et constitue un matériau composite parfaitement homogène. Ce composite présente deux gros avantages par rapport au métal : sa souplesse et son extrême solidité — sans oublier que le métal exige des soudures (dont l'expérience a montré qu'elles étaient souvent imparfaites) et qu'il risque des microfissures.

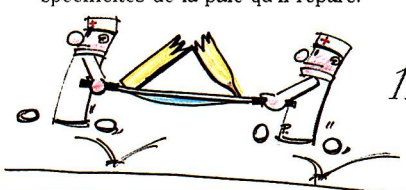
Les pales composites peuvent donc être livrées garanties "pour une durée de vie illimitée". Il arrive cependant qu'elles soient accidentellement endommagées, parce qu'elles ont reçu un choc, heurté un arbre ou un obstacle, été le point d'impact d'un projectile. Elles ne sont pas pour autant à jeter ; elles viennent simplement à la "clinique" de La Courneuve, le centre de réparation de l'Aerospatiale, probablement le plus grand et le plus avancé en Europe.

Une véritable clinique de microchirurgie où pratiquement tout est effectué à la main par des ouvriers hautement spécialisés. Première étape : l'atelier d'expertise, où la pale est analysée pour diagnostiquer le "mal". L'ouvrier effectue un contrôle visuel et un contrôle auditif par tapotements, dit *tapping*, méthode qui peut paraître étrangement artisanale, mais qui, en dépit des apparences, est extrêmement précise pour une oreille avertie. Par sécurité, pour déceler les conséquences invisibles des chocs qui, aidés par l'humidité, peuvent provoquer un décollement intérieur et des défauts structuraux, la pale est également holographiée.

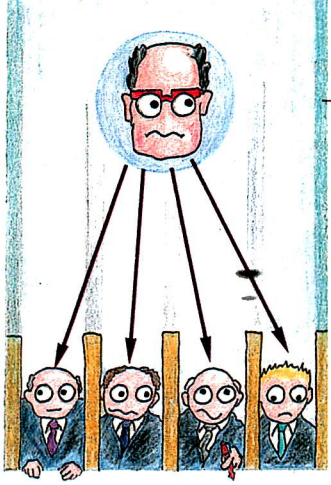
Elle part ensuite pour l'atelier de réparation proprement dit, où elle restera environ deux mois. Sa peinture est d'abord décapée au moyen de cette impressionnante machine (***photo 1***), unique au monde, mise spécialement au point pour cette application par la firme Schlick. Hier encore, le décapage s'effectuait à la main, avec une ponceuse. C'était long — la machine fait gagner environ 70 % de temps —, fastidieux et délicat, car il arrivait que le décapage altère le corps même du composite. La machine Schlick agit par projection de particules de plastique. Elle est équipée d'un système de vision de type expert, son action est contrôlée par caméras et régulée par microordinateur. Une seule personne suffit à surveiller le bon déroulement de l'opération.

La pale mise à nu, les microchirurgiens reprennent leur action. Ils découpent d'abord minutieusement la partie malade (***photo 2***), puis ils reconstituent sa texture complexe (***photo 3***), ce qui ne peut être fait que manuellement, compte tenu de la diversité des matériaux en œuvre et de la particulière association des uns avec les autres, qu'il s'agit de reconstituer avec une perfection totale. Une fois passé par la presse chauffante, le composite sera totalement identique à celui d'une pale neuve et il pourra, après peinture, être réexpédié au client.

Au total, la remise à neuf aura duré environ quatre mois. Et ce sera le même ouvrier qui l'aura prise en charge de bout en bout, depuis le diagnostic jusqu'à la peinture. Lui seul connaît toutes les particularités, les moindres spécificités de la pale qu'il répare.



"Oui chef !"



Le Français est le champion toutes catégories de ce que les sociologues appellent la distance hiérarchique, c'est-à-dire la crainte d'exprimer son désaccord auprès de son chef. Aux deux questions : « Etes-vous satisfait de la façon dont vous êtes consulté ? » et « Etes-vous satisfait des réponses faites à ce que vous exprimez? », 73 % d'entre nous répondent non. C'est le cas de 60 % seulement des Allemands — quelle réputation de discipline toute militaire n'ont-ils pourtant pas acquise ! — et d'à peine 31 % des Britanniques.

Selon un indice spécifique mesurant statistiquement la distance hiérarchique d'après les différences de comportement dans le travail, les Philippines obtiennent 94 points, le Mexique 81, les pays arabes 80, après quoi on trouve tout de suite la France (68), devant l'Espagne (57), le Bénélux et l'Italie (50), l'Allemagne et la Grande-Bretagne (35), le Danemark (18). Nous battons ainsi allègrement tous les pays industrialisés, même le Japon (54) et, bien sûr, les Etats-Unis (40), les champions de la non-soumission étant les Israéliens (13) et les Autrichiens (11).

Ce record français est triste et il constitue un handicap majeur pour notre compétitivité. Car c'est bien entendu une distance hiérarchique courte qu'il faut viser si l'on veut développer dans les entreprises l'esprit d'initiative et de création, de concertation, de qualité, de vitesse de réaction aux modifications de l'environnement extérieur, d'amélioration du service client et, cela recouvre tout, de motivation des salariés. Il n'est en effet pas besoin de regarder bien loin pour observer que, dans les entreprises ou les administrations les plus sclérosées, la distance hiérarchique est particulièrement longue.

Pour aider les firmes françaises soucieuses d'améliorer leur compétitivité et leur climat social à parvenir à une distance hiérarchique courte, Octave Gélinier, de la CEGOS, une société de conseil en management, a mis au point avec l'Institut de l'entreprise, un outil de diagnostic et de mesure des progrès accomplis, sous la forme de quelques procédures fort simples, assez élémentaires même et dont on s'étonne qu'elles ne soient pas encore généralisées.

Les entreprises, dont les plus importantes effectuent déjà périodiquement des enquêtes d'attitude auprès de leur personnel, devraient aussi lui demander : « Là où vous travaillez, est-ce que le personnel craint souvent d'exprimer son désaccord avec ses chefs ? » en proposant cinq réponses à cocher — très fréquemment, fréquemment, parfois, rarement, très rarement. L'intéressé ne répondant pas sur la façon dont lui-même craint d'exprimer ses désaccords avec son chef, sa réponse n'en reflétera que plus fidèlement sa propre opinion.

Ce premier indicateur permet déjà à la direction de piloter son action pour raccourcir la distance hiérarchique. Mais, pour obtenir un tableau d'abord complet, il faut l'affiner en repérant les symptômes concrets directement observables de cette distance. Et ils sont nombreux. « Aucun n'est vraiment probant, mais leur accumulation est significative. »

Il y a les dispositions matérielles ; usage ou non d'un parking ; ascenseur réservé à la direction ; WC séparés par grades ; dimensions, ameublement et moquette suivant les niveaux hiérarchiques ; porte capitonnée, demi-cloison paysagée, bureau commun selon les postes ; voiture de fonction, éventuellement avec chauffeur pour les cadres supérieurs ; existence ou non de coins café aménagés pour favoriser les contacts informels.

Il y a l'organisation de l'entreprise elle-même : le nombre d'étages hiérarchiques ; l'éventail des rémunérations ; les entretiens chef-subordonné ont-ils toujours lieu chez le chef, ou aussi chez le subordonné, ou toujours chez lui ? Les horaires sont-ils variables, ou à la carte ?

Et il y a encore les communications : des réunions d'équipe chef-subordonnés sont-elles organisées : jamais ? tous les trimestres ? tous les mois ? toutes les semaines ? tous les jours ? Existe-t-il des groupes d'expression et quel taux de participation obtiennent-ils ? A-t-on mis en place des boîtes à idées et quel nombre de propositions ou de questions recueillent-elles ? Des groupes de progrès, des cercles de qualité, etc. fonctionnent-ils ? Quel pourcentage du personnel y participe ? Combien de problèmes traitent-ils ? Comment s'appelle-t-on dans l'entreprise, à ses différents niveaux : Monsieur, Madame, Vous, par son prénom ? etc.

Octave Gélinier estime que, puisqu'il s'agit de symptômes parfaitement objectifs, mais qui peuvent toucher à la susceptibilité des uns et des autres et générer des réponses de mauvaise foi, consciente ou inconsciente, il est préférable de les faire constater par un observateur extérieur, impartial. Observation qui aboutit à un indicateur synthétique qui doit être suivi régulièrement, au moins une fois par an, pour mesurer les progrès accomplis. Car le mal étant décelé et quantifié, il est facile à soigner.

Pour peu, du moins, que chefs d'entreprise et salariés ne perçoivent pas le maintien de la distance hiérarchique comme une question d'"honneur" à sauvegarder à tout prix, dans la mesure où elle leur assure privilèges et statut à part garantissant à leurs yeux, leur différence, donc leur supériorité...

Site d'essai domotique. Première pierre posée à Saint-Rémy-lès-Chevreuse. Parrains : la Fédération nationale du bâtiment et la Fédération des industries électriques et électroniques. Unique en Europe, le SED testera et certifiera les produits domotiques ; il comportera un centre de formation et sera la vitrine des produits européens du bâtiment intelligent.

Simuler en trois jours un projet dont l'aboutissement demanderait deux ans en conditions réelles, c'est ce que permet le jeu d'entreprise Jac, destiné à l'entraînement des ingénieurs. Rien n'a été oublié, ni les différents domaines de la technologie, ni la communication, ni la méthodologie, ni le management, ni l'animation d'une équipe. Jac est disponible sur microordinateur sous MS-DOS et coûte 40 000 F HT. Toute information auprès de Syseca, Didier Coué, tél. (1) 49 11 70 00.

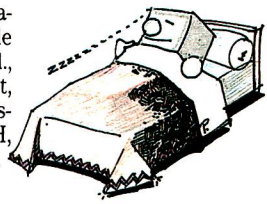
ALIMENTATION

Couvertures pour surgélateurs

Elles sont isolantes, bien sûr, et destinées à couvrir principalement les surgélateurs à dessus ouvert que l'on trouve dans les magasins d'alimentation et dans les supermarchés. Utilisées pendant que les commerces sont fermés, elles génèrent d'importantes économies d'énergie — jusqu'à −70 % de consommation de courant —, réduisent l'usure des moteurs et des compresseurs et préservent enfin la qualité des aliments surgelés pendant dix ou douze heures, en cas de panne ou de coupure d'électricité.

Livrées soit en rouleaux, soit coupées et cousues aux dimensions voulues, soit en taille standard normalisée, ces couvertures sont solides (elles sont garanties cinq ans pour un usage quotidien), hygiéniques (qualité "alimentaire"), résistantes aux moisissures et faciles à nettoyer.

Elles ont fait leurs preuves en Grande-Bretagne, et la société qui les a mises au point recherche des distributeurs en France. Informations auprès de Better Covers Ltd., 42 West Street, Old Market, Bristol, BS2 OBH, Grande-Bretagne.



SAUVETAGE

Des bateaux qui s'arrosent pour traverser les flammes

Ce bateau de sauvetage britannique, le *Vulcan*, principalement destiné aux installations pétrolières offshore, non seulement se redresse par lui-même, même s'il est plein d'eau, mais il peut également traverser en toute sécurité une nappe de mazout en flammes. Il est en effet doté d'une pompe qui répand sur sa coque plus de 1 000 litres d'eau de mer à la minute, tandis qu'une alimentation d'air intérieure protège ses occupants des nuages de fumée extérieurs.

Autre particularité : il est sorti en parfait état de marche de tests assez surprenants, comme être lâché d'une hauteur de 3 m, puis lancé à 5 m/s — 18 km/h — contre une paroi d'acier...

Un modèle spécial à caisson de décompression incorporé permet le sauvetage des scaphandriers.

MESURE

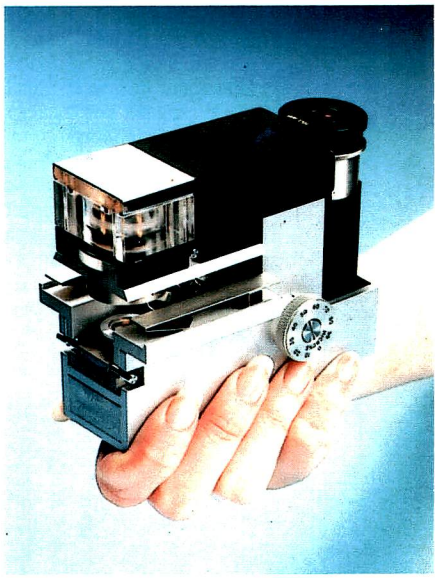
Microscope de poche

100 x 90 x 50 mm, 630 g, une alimentation à pile ou sur secteur, totalement insensible aux vibrations, ce microscope, qui tient au creux de la main, peut aussi, presque littéralement, se glisser dans la poche.

Ses capacités ne sont pas pour autant réduites : il est équipé d'un oculaire × 10 et de trois objectifs (× 10, × 40 et × 100). Toute une gamme d'accessoires spécifiques lui permettent en outre d'effectuer des travaux spécialisés en médecine, en biologie, en mécanique, en métallurgie, en électronique, en fibres optiques, etc.

A quoi sert donc une taille aussi réduite ? A passer partout. On peut l'utiliser en main comme sur une table, le transporter sous les climats les plus extrêmes, l'avoir en permanence à disposition, et notamment là où l'usage d'un microscope ordinaire est difficile, sinon impossible.

A titre d'exemple, l'une de ses versions, spécialement destinée à l'étude des métaux, permet d'examiner "sur place" des surfaces situées en des endroits ou sous des angles — ailes d'avions, entre autres — inaccessibles sans lui. Il est



un peu, somme toute, la version moderne et à usage scientifique de la fameuse loupe de Sherlock Holmes... Pour tout renseignement : K. W. Kirk & Sons Ltd., Winship Industrial Estate, Milton, Cambridge, CB4 4BC Grande-Bretagne.

DES MARCHES A 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.*

PAR 5 M SOUS L'EAU SANS BOUTEILLE

Quoi ?

Un appareil respiratoire de plongée sous-marine qui, ne comportant aucune bouteille, permet d'évoluer beaucoup plus librement et sans faire de bulles.

Comment ?

L'"Eoba" — *Enrichided Oxygen Breathing Apparatus*, soit appareil respiratoire à oxygène enrichi — fonctionne en circuit fermé. L'air expiré par le plongeur transite par la partie gauche du flexible jusqu'au dispositif central d'épuration, au centre et à l'arrière-plan sur notre photo. Là, il est nettoyé de son gaz carbonique. Il revient par la partie droite du flexible et, à l'inspiration, il est enrichi d'air neuf et pur contenu dans les deux cartouches de 25 cl placées horizontalement devant la bouche (au premier plan sur notre photo).

Le flexible se comporte comme un véritable poumon supplémentaire. Il se contracte et se détend selon l'inspiration et l'expiration de l'utilisateur. Celui-ci n'est plus obligé d'absorber la quantité d'air fournie par les bouteilles. Il peut respirer en douceur : l'appareil s'adapte de lui-même à son rythme. et à son intensité respiratoires.

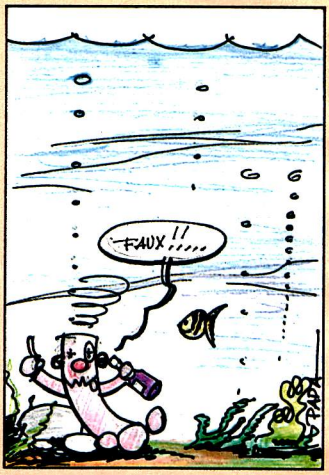
L'Eoba permet de descendre jusqu'à 5 m et son autonomie est de dix minutes — trente si on l'utilise alternativement avec un tuba, celui-ci servant à repérer les endroits où l'on souhaite plonger.

Il présente un poids faible : 1,8 kg, soit 500 g sous l'eau, alors qu'une bouteille de plongée petit format pèse déjà 6 kg. Son encombrement est extrêmement restreint, avec des dimensions de 30 x 30 x 80 cm.

Le tuba, flexible, est maintenu par une courroie qui passe sous les aisselles ; ainsi, l'architecture ne pèse pas sur le dos, mais flotte derrière les épaules et bouge selon les mouvements de l'eau et du nageur, qui peut évoluer librement.

L'emploi de cet appareil est d'une grande simplicité et n'impose pas de suivre des cours d'initiation, comme c'est le cas pour la plongée avec bouteilles.

Une heure ou deux suffisent à se familiariser avec l'Eoba et à en maîtriser le fonctionnement en toute sécurité.

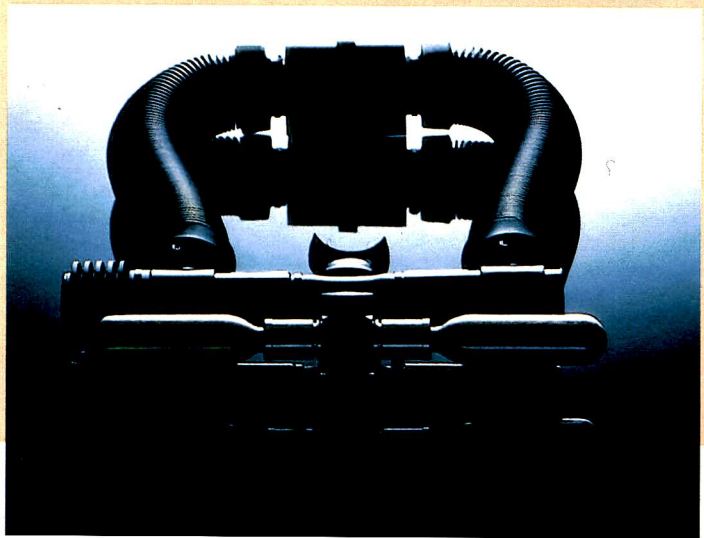


Marché

Plongée de loisir ; apprentissage de la plongée, du fait de la simplicité et de la légèreté du système ; plongée professionnelle pour les militaires, les scientifiques ou les photographes, du fait de l'absence de bulles.

Pour qui ?

L'appareil a été développé — et est utilisé — au Japon. La firme qui l'a conçu cherche un partenaire pour le distribuer en exclusivité en France et éventuellement dans d'autres pays européens.

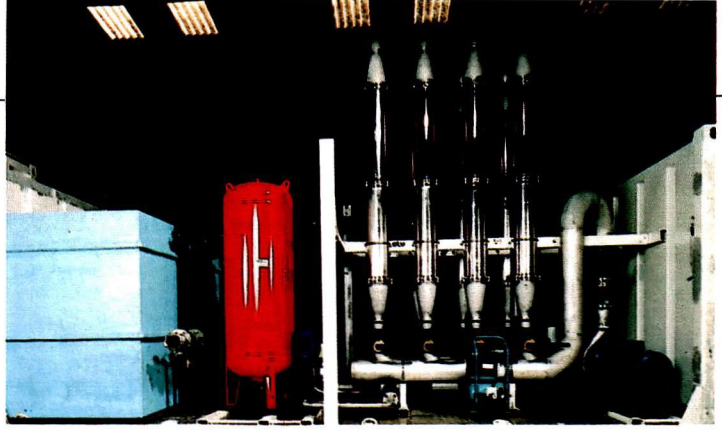


Comment passer dans cette rubrique

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.

Protections temporaires contre la corrosion mal connues. Trop de pièces et d'ensembles métalliques sont détruits ou dégradés avant même d'avoir été utilisés. Parce qu'ils ne sont pas ou mal protégés lors de leur transport et de leur stockage avant d'être terminés ou assemblés par des sous-traitants ou par les utilisateurs finaux. D'où un formidable gâchis, des retours de pièces, des interventions techniques sur place qui sont fort coûteux. Huiles, vernis, plastiques, etc., les solutions existent pourtant et sont nombreuses en matière de protection temporaire. Le Centre technique des industries mécaniques (CETIM) fera le point le 11 octobre à Senlis. Renseignements, inscriptions : Annick Pottier (1) 44 58 32 59.

Quatre en un. Avec la sélection des animaux et le contrôle de l'alimentation, l'hygiène des bâtiments et du matériel est la troisième condition d'un élevage productif et rentable. Là où il fallait jusqu'ici plusieurs produits pour assurer cette hygiène de façon absolue, la firme CFPI propose, avec le Galox Noviral, un seul désinfectant qui associe quatre principes actifs — sans phénol, respect de l'environnement oblige. Mieux, ces matières actives, du fait de leur formule et de leur dosage, sont plus efficaces associées que prises séparément.



EAU

Mini-usine mobile

Pour lutter contre la sécheresse, la Compagnie générale des eaux vient de mettre au point une mini-usine mobile, qui, en cas de tarissement — ou de pollution — de la nappe phréatique, peut intervenir rapidement, dans n'importe quelle commune privée d'eau, pour "fabriquer" de l'eau potable au départ de l'eau de surface, quelle que soit la qualité de cette dernière. Se plaçant sur n'importe quelle source, cette installation produit 50 m³/h, une quantité suffisante pour satisfaire les besoins prioritaires de 20 000 personnes.

La technique utilisée pour le traitement de l'eau est celle de la microfiltration par membranes en céramique, parfaitement sûre et infiniment plus rapide que la technique classique : floculation, coagulation, décantation et filtration sur sable ou charbon actif.

Cette usine mobile est fabriquée à Toulouse ; son coût avoisine les 2 millions de francs. La Compagnie générale des eaux avait déjà fabriqué six usines mobiles utilisant la technique traditionnelle, pour faire face à la grande sécheresse de l'été 1976. Ces usines produisent encore de l'eau potable pour des communes en difficulté.

ELEVAGE

Objectif peau neuve...

... est le slogan d'une campagne nationale d'éradication du varron, une petite mouche parasite des bovins, qui démarre cet automne. Dans la filière de l'élevage et dans celle du cuir, chacun est touché : les animaux varronés perdent de 1 à 3 % de leur poids de viande ; leur fragilité immunitaire est accrue ; la production des vaches laitières diminue d'environ 10 % ; les peaux, enfin, perdent une grande partie de leur valeur, du fait qu'elles sont percées. Or, on estime que de 25 à 35 % des bovins français sont varronés. Ce qui explique que la France, qui exporte 60 % des ses peaux, le fait à un prix moyen inférieur à celui des autres pays de la CEE, d'où un manque à gagner estimé, sur ce seul poste, à 200 ou 300 millions de francs.

Car la majorité des autres pays sont, eux, venus à bout du varron — comme déjà, en France, le département des Côtes-du-Nord. Cela ne pose, en fait, aucune difficulté technique, mais demande seulement de la part des éleveurs une action rigoureuse et systématique, qu'ils ne connaissent pas toujours.

Le traitement est peu coûteux, de 5 à 15 F par animal. Il est simple, il suffit, à l'automne et en hiver, d'injecter ou d'épandre sur le dos de l'animal des produits vétérinaires parfaitement connus. Enfin, s'il est bien appliqué et à tous les animaux d'une région, on parvient rapidement à l'éradication du varron. Dès lors, une simple surveillance prévient tout danger.

La stratégie adoptée pour la campagne qui démarre cet automne est donc celle de la tâche d'huile. Des arrêtés préfectoraux vont rendre la prophylaxie obligatoire en Bretagne, en Bourgogne et en Lorraine. Partant de ces zones infestées, on compte aboutir à un assainissement complet du cheptel français en procédant par élargissements successifs à de nouvelles zones, jusqu'à la couverture complète du pays. Pour supprimer toute réticence des éleveurs, une assurance décès gratuite de leurs animaux leur sera offerte.

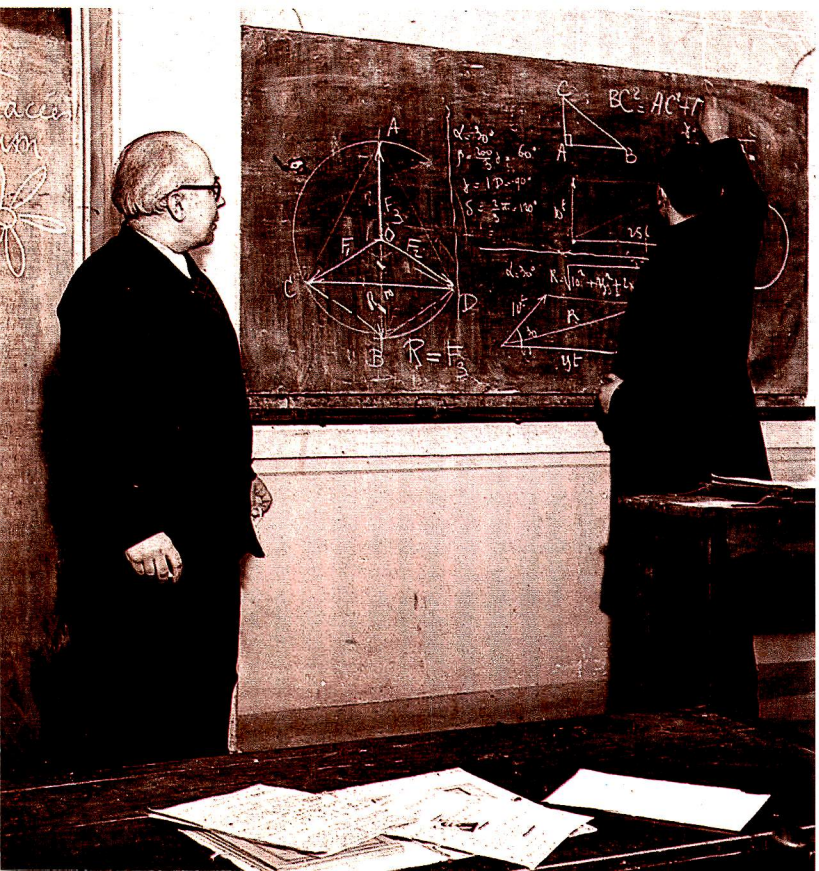
A la veille du Grand Marché de 1993, l'opération vise aussi à améliorer la qualité de la viande que nous exportons : si nous nous satisfaisons de bêtes varronées, les grands pays consommateurs, nos clients, exigent, eux, des animaux sains... ■

MATHS REFORMÉES : QUEL BILAN 20 ANS APRÈS ?

Peu après 1968, la réforme des maths s'abattait sur l'enseignement scientifique ; la valeur de cette réforme faite à la hâte étant fort discutable, nous avions à l'époque entrepris une série d'enquêtes qui avaient mobilisé l'intérêt de nos lecteurs. Et c'est encore l'un d'eux, chimiste et pharmacien, qui nous demande de rouvrir le dossier avec l'aide de tous ceux qui nous lisent.

Chercheurs et enseignants, ingénieurs et étudiants, faites-nous part de votre expérience...

PAR RENAUD DE LA TAILLE



Le 10 juin, peu avant les vacances, M. René Badré nous écrivait cette lettre dont nous gardons l'essentiel :

« Il y a bien peu d'informations sur les modifications de programme qui doivent intervenir avec la réforme de M. Jospin. Or je pense qu'un journal de vulgarisation scientifique se devrait de participer activement à tout ce qui peut être fait en matière des disciplines se rattachant à la science en général, c'est-à-dire mathématiques, physique, chimie et biologie.

» Il est notamment évident que l'enseignement des maths a subi depuis une vingtaine d'années une dérive absolument inadmissible contre laquelle il est urgent de réagir s'il n'est pas déjà trop tard. J'ai été amené récemment à regarder de près le livre de math de 3e et je n'en suis pas encore revenu ; je cherche à comprendre comment on en est arrivé là et comment des hommes, a priori intelligents et sains d'esprit, ont pu

concevoir ou accepter d'enseigner ce charabia hermétique.

» Naturellement, je n'ignorais pas l'introduction — discutable et même regrettable — des maths modernes, mais le résultat est pire encore que ce que je pouvais craindre... C'est Lacan comparé à Descartes ! Il y a des injections, des surjections, des bijections, des bipoints, des applications affines... les théorèmes sont devenus des propriétés... la géométrie est presque ignorée.

» Je ne crois pas du tout que la sélection par les maths ainsi conçue ait une valeur quelconque quant au tri des intelligences et au pronostic des carrières ouvertes. A l'exception de la géométrie, les maths font essentiellement appel à l'application de recettes, donc en fait surtout à la mémoire plutôt qu'au raisonnement logique.

» Je vous suggère donc de mener une campagne d'information visant à ne pas abandonner le choix et la décision des programmes à ceux qui sont, en définitive, les moins bien placés pour cela, à savoir les enseignants et leurs représentants : ceux-ci songent plus à former de futurs enseignants (une infime minorité) que des diplômés bien armés pour exercer ensuite une profession.

» L'objectif (utopique) des 80 % de bacheliers ne risque pas, en tout cas, d'être atteint si le parcours reste semé d'embûches aussi inutiles et n'a d'autre effet que de décourager ceux qui ne peuvent admettre que ce qu'ils comprennent. Il faudrait essentiellement faire apparaître, en faisant appel à ceux qui sont entrés dans la vie active, d'une part ce qui sera réellement utilisé pratiquement et, d'autre part, ce qui correspond à une spécialisation ne concernant qu'une faible fraction des élèves.

» L'exposé de ce qui serait ainsi retenu devrait alors se faire aussi simplement que possible, et avec des termes qui ne soient pas hermétiques: autrement dit un retour aux méthodes qui ont été utilisées pendant des décennies avant l'intervention des modernistes. Pour ma part, je pense qu'il est surtout important d'apprendre à raisonner ; vous n'imaginez pas le nombre de jeunes diplômés ou "thésards" que j'ai pu accueillir dans mes laboratoires et qui étaient incapables d'interpréter des résultats d'essais et d'en rédiger un compte-rendu correct.

» Pour conclure, je dirais que je ne crois pas être le seul à être révolté par l'évolution de l'enseignement, et vous pourriez sans doute faire utilement appel à d'autres lecteurs. »

Cette lettre avait d'autant plus retenu notre attention que le sujet était resté d'actualité dans la mesure où, depuis quelques années, des voix de plus en plus nombreuses s'élevaient contre la tyrannique sélection par les maths ; de fait, on sait que la fameuse section C mène aussi bien à l'électronique qu'au commerce ou à la médecine bien que la théorie des ensembles n'y ait pas du tout la même utilité.

Et puis, courant juillet, on a vu réapparaître à grand bruit un projet de réforme de l'orthographe encore plus incohérent que la réforme ensembliste d'il y a 20 ans — les auteurs de ce projet ont été jusqu'à voir dans l'orthographe un instrument de sélection sociale ; un peu plus et elle devenait un instrument de sélection raciale, pour parler comme les éleveurs de bétail. Notons que le même argument avait jadis été opposé à la géométrie considérée comme un exercice noble et désuet réservé à une élite et incompatible avec un enseignement de masse.

A l'époque, aidé par de nombreux professeurs, ingénieurs, mathématiciens et chercheurs, nous avions consacré dans cette revue plusieurs articles aux côtés négatifs de la grande réforme ensembliste ; l'avenir allait nous donner raison puisque les aspects les plus grotesques de cette réforme allaient disparaître peu à peu, mais jamais totalement. En tout cas, l'argument majeur des réformistes selon lequel cet enseignement rénové allait permettre de faire de tout écolier un fort en maths s'effondra de lui-même : la proportion des matheux est restée la même.

Les programmes ont beaucoup évolué depuis une quinzaine d'années mais, et c'est là où l'aide de nos lecteurs enseignants nous sera fort utile, il semble que la manière de traiter les sujets tienne beaucoup plus au professeur qu'aux directives ministérielles. De plus, les manuels ne sont pas tous identiques et

notre lecteur avait dû tomber sur une présentation des sujets particulièrement rébarbative ; il y aurait là toute une immense enquête à faire qui réclamerait des mois, et c'est pourquoi là encore nous ferons appel à nos lecteurs.

Pour l'instant, regardons brièvement ce qu'a été la réforme des maths : il s'est agi avant tout d'introduire l'étude des structures logiques qui se retrouvent dans toutes les branches des mathématiques, plutôt que d'enseigner le contenu de ces branches elles-mêmes (algèbre, géométrie, trigonométrie, analyse, etc) comme on le faisait auparavant. L'apprentissage allant toujours du particulier au général, il y avait là un vice de forme en prétendant faire l'inverse.

Imaginons ainsi, à titre de comparaison, que l'on décide en classe de langues de remplacer l'étude de l'anglais ou de l'allemand par celui de la linguistique, c'est-à-dire des structures des différentes langues ; l'élève apprendrait ainsi les diverses racines des mots, la prononciation des lettres selon les pays, l'articulation de la phrase, et ainsi de suite.

S'il est bon élève, il saura noter la racine "straf" dans l'allemand Strafe et le suédois Straff (châtiment) ou "gro" dans l'anglais great, le hollandais groot ou l'allemand groa (grand) ; la similitude entre la construction latine et allemande et la dissonance phonétique en allant de l'italien au danois. Mais, qu'il soit à Cologne, à Oslo ou à Birmingham, le malheureux sera bien en peine de faire savoir au garagiste local que son embrayage patine dans les côtes.

Le même phénomène s'est produit avec l'apprentissage des structures en maths : le bon élève savait reconnaître un groupe commutatif dans l'ensemble des entiers muni de l'addition, mais s'avérait incapable de faire sans erreur la somme des dépenses au supermarché. D'avoir ainsi mis la charrue avant les bœufs avait vite mené à un tel appauvrissement des connaissances que des aménagements furent peu à peu apportés aux programmes ; mais l'habitude d'un langage ésotérique, censé à la fois incarner la rigueur et faire savant, s'est conservée. C'est là le charabia hermétique que déplore notre correspondant.

En fait, il faut bien voir que toutes les corporations ou corps de métier ont toujours eu tendance à utiliser un langage bien à eux, autant par nécessité (désigner les choses sans ambiguïté) que pour n'être compris que de leurs pairs. La terminologie médicale, que tout le monde a eu l'occasion de connaître, en est un bon exemple, et l'angle de dépouille n'est pas pour un fraiseur l'angle que fait la peau de l'animal avec la table.

Dans tous les domaines scientifiques, il y a aussi, en bonne part, un certain plaisir à mystifier le profane ; il suffit de voir, par exemple, comment on a joué à semer le doute avec les géométries dites non-euclidiennes. On admet depuis Euclide qu'il n'y a qu'une seule parallèle à une droite et que la somme des angles d'un triangle vaut deux droits.

Puis sont venus Riemann et Lobatchevsky qui ont postulé qu'on pouvait mener plusieurs parallèles à une droite et que les angles d'un triangle valaient tantôt moins, tantôt plus de deux droits. On avait seulement passé sous silence que, quand ils parlaient de droites, ils entendaient géodésiques sur une surface courbe : on peut tirer une route aussi parfaitement droite que possible de Lille à Marseille, il n'en reste pas moins que ce ne sera pas une droite au sens habituel, mais un arc de cercle puisque la Terre est ronde.

Et si on fait un triangle avec trois routes ainsi tracées, la somme de leurs angles sera en effet supérieure à deux droits car il s'agira d'un triangle sphérique ; de même deux routes menées "parallèles" en se fixant sur l'étoile polaire se rencontreront aux pôles. Les géométries non-euclidiennes sont des géométries de géodésiques sur des surfaces courbes, ce qu'on se gardait bien de dire, d'où l'étonnement des profanes et le sourire en biais des initiés.

Mais on peut dessiner avec la plus haute précision des milliers de triangles sur une table plane parfaitement dressée genre table à usage industriel, et mesurer leurs angles avec un microscope comparateur, on trouvera toujours que leur somme est égale à deux droits; et le plateau serait-il assez grand qu'on vérifierait de même que les parallèles ne s'y rencontrent jamais.

Les adeptes des maths modernes ont largement usé de ce procédé, d'où l'inquiétude des élèves et surtout des parents. Ajoutons que la théorie des ensembles a voulu pousser la rigueur si loin que les définitions sont devenues totalement obscures. Bien que, comme le dit René Thom, notre plus grand mathématicien aujourd'hui, il n'y ait pas de définition rigoureuse de la rigueur, on peut tenter une comparaison : tout le monde sait ce qu'est un arbre, bien qu'il soit presque impossible d'en donner une définition absolue.

Quand on aura dit qu'il y a un tronc, des branches, des racines, on sera encore loin du compte : un chardon aussi a des racines, une tige et des feuilles. Il va falloir ajouter quantités d'autres critères — sans être jamais sûr qu'il n'y a pas une faille quelque part dans la définition — pour ne pas mélanger arbres, arbustes, taillis, herbes, roseaux et autres. Cette exégèse a un intérêt pour les botanistes, mais pas au delà. De même la définition ensembliste d'un cercle ou d'une fonction est-elle justifiée pour des chercheurs, mais en aucun cas pour des élèves de 3e, et pas même pour ceux de terminale.

C'est cette recherche désespérée d'une définition totale et absolue qui a ensablé l'algèbre ensembliste dans un langage qui apparaît trop souvent incompréhensible et gratuit ; ajoutons-y le désir de ramener la géométrie à l'algèbre, ce qui a encore compliqué les choses — ainsi, il n'est pas encore prouvé que le continu algébrique recouvre le continu géométrique.

Cela dit, il n'était pas mauvais de reprendre certaines définitions avec un langage plus large qui est justement celui des ensembles.

Le troisième point soulevé par notre lecteur est celui de l'utilité des maths ainsi enseignées. Contrairement aux apparences, on tombe là dans un domaine très difficile à apprécier ; il y a seulement un siècle, pour le plus grand nombre, il fallait savoir lire, écrire et compter, après quoi débutait, sur le terrain, l'apprentissage d'un métier bien précis. Là, évidemment, n'était étudié et pratiqué que ce qui était utile à ce métier.

Aujourd'hui, il s'agit plus de culture générale et d'apprentissage du raisonnement que d'enseignement spécifiquement utile pour un métier donné. S'il est donc nécessaire pour un futur ingénieur d'avoir de solides bases en algèbre, analyse et géométrie, le reste du programme est plus affaire d'entraînement à résoudre des problèmes que d'acquisition d'un bagage "utile". C'est ainsi que dans les classes préparatoires aux grandes écoles, l'étude des coniques et quadriques tenait une place énorme alors que ces courbes et surfaces ne sont nullement d'usage quotidien, même pour un ingénieur.

Qu'on ait donc délaissé courbes et surfaces du second ordre au profit des espaces vectoriels et des applications affines ne changera pas grand-chose à l'efficacité d'un futur ingénieur. Seuls des gens entrés dans la vie active pourraient nous dire si le calcul matriciel ou l'analyse combinatoire sont plus utiles professionnellement que la division des polynômes ou la trigonométrie.

C'est ici qu'il faut souligner un point très important: il peut y avoir des problèmes de géométrie — géométrie plane et géométrie dans l'espace — mais, au niveau des élèves, il ne peut y avoir que des exercices d'algèbre. Certes le problème de géométrie réclame beaucoup d'efforts, d'attention, une réflexion soutenue et des capacités de vision spatiale qui ne sont pas données à tous : il est difficile, donc formateur.

A l'opposé, l'exercice d'algèbre repose surtout sur la mémorisation de formules apprises et l'application de règles : il nécessite peu d'intuition. A la limite, il est à la portée de tout élève ayant bien appris le cours et sachant l'appliquer — un vrai problème d'algèbre théorique dépasserait les capacités des meilleurs élèves. De même, du point de vue pédagogique, l'obsession d'algébriser la géométrie ne peut être que néfaste.

Notons qu'il y a seulement 30 ans, l'arithmétique était encore au programme du bac, mais elle figurait très rarement dans les sujets d'examen : comme pour l'algèbre, il ne pouvait y avoir que des exercices d'arithmétique, les réels problèmes étant bien au delà du niveau de l'élève le plus doué — ces vrais problèmes d'arithmétique font pourtant souvent appel aux structures de groupe ou d'anneau chères aux ensemblistes.

La valeur pédagogique des maths modernes est donc a priori discutable dans la mesure où tout ce qui est intuitif ou concret est considéré comme de bas niveau, pas très propre, et pout tout dire impur : le plan euclidien de la géométrie plane, que tout le monde voyait très bien — une table parfaitement plate — sans être en mesure de le définir avec une rigueur absolue soulevait le cœur des réformistes.

Du coup il y a eu l'inflation du vocabulaire, la manie d'utiliser des termes du langage courant dans un sens entièrement différent (comme ces injections qui ne relèvent ni de la médecine ni du diesel) et l'absence de vrais problèmes — ce qui ne veut pas dire que les exercices soient obligatoirement faciles.

Reste que pour poser un bilan un peu réaliste, et comme le suggère notre lecteur, il nous faut l'avis des utilisateurs : élèves, enseignants, et adultes occupant un emploi scientifique ou technique après avoir suivi la filière réformée. De notre côté, nous allons tenter de comparer ce qu'étaient les programmes des années 50 (d'où sont issus les ingénieurs ou chercheurs ayant maintenant 20 ou 30 années d'activité scientifiques) et ceux des années 86-89.

M. Badré nous avait fait parvenir deux livres de 3ème datant de 1954 : géométrie et algèbre/arithmétique ; comparés aux manuels 88 de la même classe la différence est colossale, non pas tant dans les sujets que dans la présentation. Mais il nous manque encore pour établir une juste comparaison des livres de la même époque classes de 1re C et "math élem". A vrai dire, nous avons des difficultés à nous les procurer, même chez les bouquinistes, et nous aimerions en particulier retrouver le "Cours de géométrie, par une réunion de professeurs, classes de 1re C & M" qui était très répandu dans les années 50/52 ; si un de nos lecteurs en possède un exemplaire, il nous rendrait grand service en nous le prêtant.

Mais la comparaison des programmes et des méthodes n'est qu'un élément ; le plus important nous paraît être l'expérience acquise par les professeurs et par les intéressés, élèves, étudiants ou adultes exerçant une profession faisant un large appel aux maths.

C'est donc à tous nos lecteurs concernés par le sujet que nous demandons de nous faire part de leur expérience et de leurs idées pour dresser un bilan de 20 ans d'enseignement scientifique.

Renaud de La Taille

AU CŒUR DE LA DECOUVERTE.

Un avenir de valeur pour de jeunes chercheurs.

Orkem est un groupe chimique français en plein essor qui attache une grande importance à la performance de sa Recherche et Développement. Celle-ci a déjà permis de mettre au point de nouveaux procédés dont plusieurs sont brevetés. Ils permettent au patrimoine technologique d'Orkem de se développer et de rayonner par ses applications dans le monde industriel.

Pour cela Orkem se donne tous les moyens: un budget important; des équipements de premier plan; un véritable partenariat souple et dynamique avec l'Université et le CNRS; un personnel qualifié; des programmes à court terme rapidement opérationnels; des recherches à long terme orientées et évaluées par un Conseil Scientifique réunissant des sommités universitaires.

Orkem a décidé de miser sur le futur pour relever tous les défis d'un monde économique en pleine évolution.

ORKEM

LA CHIMIE AU CŒUR

Young & Rubicam - Capital Image 89

RECHERCHE PUBLIQUE : ON RECRUTE

Trop mal payés jusqu'ici ! Des études trop longues pour des postes qui étaient naguère encore trop rares ! Cela commence à changer. L'Etat, aujourd'hui, multiplie les appels du pied pour recruter les chercheurs qui lui manquent déjà. Voici le point, discipline par discipline.

PAR ISABELLE BOURDIAL

Les Etats-Unis et le Japon dépensent pour la recherche près de 3 % de leur produit intérieur brut, la RFA et le Royaume-Uni plus de 2,5 %. Avec 2,3 % seulement, la France fait un peu triste figure. On ne compte d'ailleurs chez nous que 4,3 chercheurs pour 1 000 citoyens actifs, contre 5,2 en RFA et 6,5 aux Etats-Unis. Ce n'est plus suffisant, et nombreuses sont maintenant les disciplines menacées d'étouffement. Faute de cerveaux !

En apparence, le remède à la pénurie qui menace est simple : il faut rendre attirante la condition de chercheur. Car c'est une chose que de dénoncer l'absence de chercheurs, c'en est une autre que de faire l'effort nécessaire pour favoriser le recrutement.

On oppose communément en bloc recherche publique, ou fondamentale, et recherche privée, ou appliquée. Il est vrai que la recherche fondamentale se pratique le plus souvent dans les grands organismes publics et les universités. Dans les entreprises, au contraire, seules sont développées les applications d'une recherche fondamentale qui permettent d'atteindre un objectif déterminé. Cependant, bien que le profit ne soit pas directement leur motivation, certains établissements publics font également de la recherche appliquée. Et inversement, la recherche fondamentale intéresse de plus en plus les entreprises dans la mesure où c'est elle qui alimente la recherche appliquée.

Bien aises d'intégrer un secteur public qui recrute chichement, les chercheurs y demeurent souvent jusqu'à leur retraite. De là un certain vieillissement de la recherche française. Selon un récent rapport du Conseil supérieur de la

LES ÉTABLISSEMENTS PUBLICS À CARACTÈRE SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE (EPST)

Ils font de la recherche fondamentale dans les principaux domaines de la connaissance, tout en se préoccupant de plus en plus du transfert de leurs travaux vers l'industrie. Le salaire d'un chargé de recherche de deuxième classe (CR2) débutant (premier grade de chercheur) est d'environ 10 000 francs brut. C'est peu pour un bagage de près de 10 ans d'études.

• **CNRS**, 15 quai A. France, 75007 Paris. Les effectifs du Centre national de la recherche scientifique représentent les 2/3 de ceux de l'ensemble des EPST : soit 26 000 personnes réparties en 17 000 chercheurs et ingénieurs, 9 000 techniciens et administratifs. Son budget pour 1989 est de 10 milliards de francs.

Les sciences de la vie se voient attribuées le plus gros pourcentage budgétaire (25,3 %). Elles en consacrent un quart aux activités pouvant déboucher rapidement sur des applications pratiques dans les domaines médical, agro-alimentaire et biotechnologique. Mais dans ce département, le recrutement est passé de 99 CR2 en 1986 à 68 en 1989.

Les efforts de recrutement ont porté cette année sur le département de mathématiques et de physique de base et les sciences humaines. Avec les autres départements scientifiques (physique nucléaire et corpusculaire, sciences physiques de l'ingénieur, chimie, terre océan atmosphère espace), 307 postes de CR2 sont à pourvoir. Une commission de recrutement étudie les titres, les publications et le projet de recherche des candidats. Elle prend aussi l'avis de son directeur de laboratoire. Chacun soutient âprement son favori et le concours se transforme souvent en cooptation.

• **INRA**, 145 rue de l'Université, 75007 Paris. L'Institut national de la recherche agronomique possède 8 300 agents dont plus de 2 000 scientifiques et ingénieurs de recherche. En agro-alimentaire, ses travaux portent sur la science de l'aliment, la biotechnologie, le génie microbiologique, enzymatique et industriel. La production agricole, l'amélioration des espèces par le génie génétique constituent d'autres grands axes de recherche. A noter l'émergence de disciplines liées de façon récente aux secteurs agricoles comme la télédétection, l'électronique ou l'informatique.

A l'INRA, les métiers se sont diversifiés. Il y a 20 ans, on ne recrutait que des agronomes. Aujourd'hui, de nombreux universitaires intègrent l'Institut. Car il développe à présent le fondamental. On ne travaille plus uniquement sur des espèces, on s'attache à connaître leur génome pour le modifier. « Les problèmes que nous avons à résoudre impliquent souvent des compétences diverses, explique Alain Coleno, qui dirige le département des productions végétales. Nous faisons alors appel à des spécialistes de disciplines différentes qui travaillent en équipe. C'est pourquoi nous ne privilégions pas une formation particulière. Vous trouverez chez nous des biologistes moléculaires bien sûr, mais aussi des nutritionnistes et même quelques mécaniciens du bois ».

• **INSERM**, 101 rue de Tolbiac, 75013 Paris. L'Institut national de la santé et de la recherche médicale emploie 4 400 personnes dont 1 800 chercheurs parmi lesquels 30 % de médecins. Mais il en recrute aujourd'hui un peu moins au profit des diplômes de doctorat, de maîtrise et d'ingénieur. Le recrutement reste faible : en 1990, 51 postes de CR2 seront à pourvoir. Parmi les grands axes de recherche, la biologie moléculaire (le génie génétique commence à saturer en personnel) et les biomatériaux (peau artificielle, matériaux biocompatibles). L'épidémiologie devrait se développer dans le futur. L'INSERM participe aussi au programme de recherche sur le sida lancé en 1987. Il publie le Guide des métiers de la recherche médicale, de Muriel Brossard et Jean-Michel Bader.

recherche et de la technologie, l'âge moyen d'un chercheur se situe aujourd'hui autour de 44 ans. Alors que la proportion des chercheurs de moins de 40 ans avait dépassé 60 % jusqu'en 1970, elle devenait inférieure à 40 % dans les années 80.

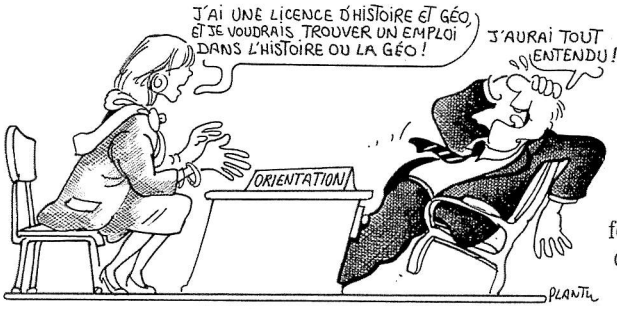
Or, fait remarquer ce rapport, une organisation de recherche ne peut prétendre rester créative si elle se sclérose du point de vue humain. Pour renverser cette tendance, il préconise de multiplier par six les créations de postes et d'imposer un pourcentage annuel de 8 % d'entrants au lieu de 3 % actuellement. Bien entendu, on ne peut espérer que ces recommandations soient prises à la lettre. Il n'en reste pas moins que le mot d'ordre est lancé : il faut rajeunir la recherche.

Cette année, le budget civil de la recherche, en augmentation de 7,6 %, atteint 42,3 milliards de francs. On commence à solliciter les candidatures, à faciliter les études de longue durée. Il s'agit de prévenir la pénurie de jeunes "fondamentalistes" et d'enseignants-chercheurs qui menace certaines disciplines.

Selon l'association Bernard Grégory, dont la mission est d'aider à l'insertion professionnelle des jeunes docteurs ès sciences, la formation par la recherche, c'est-à-dire un passage obligé sur les bancs de l'université, ne suffit plus à répondre aux besoins croissants de la recherche, de l'enseignement supérieur et de l'industrie. A noter que la France n'est pas seule touchée. Par exemple, si les Etats-Unis n'incitent pas davantage d'étudiants à préparer une thèse — le Ph. D. — leur déficit en jeunes docteurs atteindra 7500 par an à partir de l'an 2000. La National Science Foundation, à laquelle incombe la distribution des crédits de la recherche, prévoit pour l'an 2006 un déficit atteignant 400 000 scientifiques et 275 000 ingénieurs.

En France, tous secteurs confondus, les besoins en cadres formés par la recherche sont estimés à 6 000 docteurs par an. L'enseignement supérieur devrait en recruter 1 500 (au lieu de 1 000 actuellement) pour encadrer un nombre croissant d'étudiants et pallier la vague de départs en retraite des années 90.

La recherche publique prévoit d'en recruter un millier par an à brève échéance. Quant à l'industrie, l'association Bernard Grégory évalue à 3 500 ses besoins annuels en docteurs. Pour atteindre ces objectifs, le chiffre actuel de 3 000 docteurs devrait donc être doublé avant cinq ans. Il est difficile de prévoir comment les futurs docteurs se répartiront entre les différentes disciplines, ces dernières ne connaissant pas toujours l'essor attendu. Traditionnellement présentées comme un créneau porteur, les biotechnologies n'ont



toujours pas généré les myriades d'emplois espérés. Mais des tendances se profilent qui peuvent guider les étudiants dans leur choix.

Il est intéressant de préciser le parcours des chercheurs qui font carrière dans le secteur public. Malgré la vocation "fondamentaliste" de l'université, un quart d'entre eux sort des grandes écoles ; 45 % sont titulaires d'un doctorat ; 20 % se sont contentés d'une maîtrise ou d'un DEA ; 10 % sont d'origines diverses (titres étrangers, médecins, etc.). Pour ce qui est de leur spécialité, 53 % ont une formation en sciences de la matière et en sciences exactes (mathématiques, physique, automatique, électronique, mécanique, génie civil, chimie) ; 32 % ont étudié les sciences de la vie (agronomie, biologie, médecine, pharmacie) et 15 % les sciences humaines (histoire, anthropologie, ethnologie, linguistique, sciences économiques et politiques, philosophie).

Les meilleurs postes vont, comme il se doit, aux plus diplômés. Il est donc souhaitable d'avoir soutenu une thèse de 3e cycle (bac + 8 ans d'études) ou de sortir d'une école réputée. L'idéal est de compléter un diplôme d'ingénieur par un DEA (diplôme d'études approfondies, qui se prépare en un an après 5 années d'études) ou par une thèse (DEA + 3 ans).

Des études de cette durée supposent des moyens importants. Aussi l'Etat se propose-t-il de prendre diverses mesures pour inciter les étudiants à les entreprendre. Il faut savoir qu'une thèse préparée en laboratoire pendant 3 ans (avec l'encadrement du futur chercheur, son allocation de recherche et le matériel scientifique) lui coûte 1,5 millions de francs. Le Ministère de la Recherche et de la Technologie accorde actuellement 2 350 allocations de recherche sous forme de bourses dont le montant mensuel brut est passé de 5 126 à 7 000F en octobre 88.

De leur côté, la direction des enseignements supérieurs du ministère de l'Education nationale en finance 400 et les organismes de recherche eux-mêmes 600 ; moyennant quelques heures d'enseignement par semaine, les "thésards" ont maintenant plus souvent la possibilité d'arrondir leurs fins de mois.

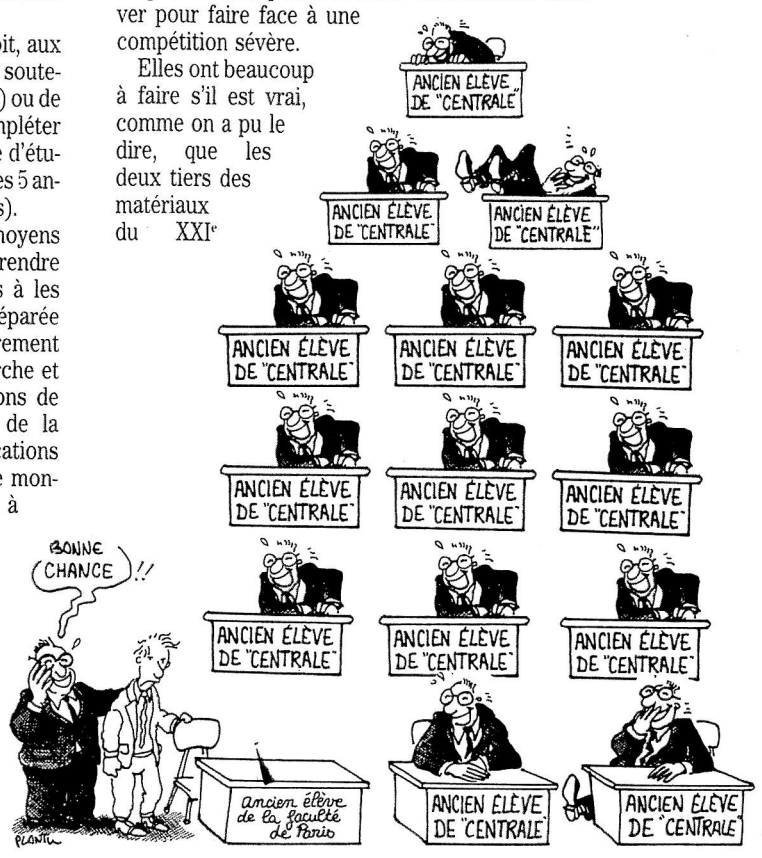
La "machine universitaire" opère une sélection aussi drastique que les écoles d'ingénieurs : sur 100 entrées, 70 élèves partent au moins avec le niveau bac + 3 au moins, 15 parviennent à décrocher une maîtrise (bac + 4), une poignée sort avec un DEA et moins d'un seulement en possession d'une thèse.

Si l'on rencontre moins d'ingénieurs dans la fonction publique, c'est essentiellement parce que l'industrie leur propose des salaires plus avantageux et qu'elle les préfère aux universitaires. Rares sont cependant les écoles d'ingénieurs qui initient leurs étudiants à la recherche. Parmi les exceptions, il convient de citer l'Ecole Polytechnique qui organise un stage de trois mois et demi, Sup Elec qui propose, en 3e année, une option de recherche.

L'Ecole centrale de Paris initie à la recherche tout au long des trois années de scolarité. De son côté, l'Ecole supérieure de physique et de chimie industrielles de Paris ajoute à un cursus de trois ans une quatrième année consacrée uniquement à la recherche. Quant à l'Ecole des mines de Paris, elle forme 350 docteurs par an.

Peut-on dire que certaines disciplines scientifiques offrent plus de débouchés que d'autres ? En ce domaine, c'est l'industrie qui impose son jeu. Elle favorise par exemple des sciences exactes, comme la physique. En électronique, en mécanique, en sidérurgie, les entreprises doivent constamment innover pour faire face à une compétition sévère.

Elles ont beaucoup à faire s'il est vrai, comme on a pu le dire, que les deux tiers des matériaux du XXIe



siècle restent encore à découvrir. Nous n'en sommes qu'aux balbutiements de la supraconductivité. Aussi les entreprises "consomment"-elles en grand nombre des théoriciens et des informaticiens qui traduiront tous ces phénomènes physiques. Les uns et les autres sont maintenant recrutés très tôt, souvent avant leur thèse. Et si certains secteurs comme la physique nucléaire s'essoufflent un peu, les scientifiques peuvent aisément se reconvertir.

Les mathématiques doivent, elles aussi, répondre à de nouveaux besoins, par exemple en matière de simulation d'expériences ou de modélisation numérique de phénomènes naturels. Aussi les mathématiciens sont-ils de plus en plus nombreux à se tourner vers la recherche appliquée et à rejoindre les centres de calculs des entreprises. Ces déplacements se font au détriment des grands organismes de recherche et de l'université. Rien d'étonnant s'il y a pénurie de spécialistes en électronique, en informatique, en mathématique.

Il y a quatre ans, pour créer, à Paris, des postes d'enseignement de l'informatique, il a fallu puiser dans les facultés de province et les IUT. La même chose est en train de se produire avec les mathématiques. Dans le domaine de la physique fondamentale, Bernard Grossetete, qui fait partie du Conseil national des universités, dénonce l'absence quasi complète de recrutement de jeunes chercheurs enseignants ainsi que le vieillissement du corps enseignant qui en est l'inévitable conséquence. Mais ce sont toutes les sciences de l'ingénieur qui justifient le cri d'alarme lancé par le secteur public. « Si l'on ne redresse pas la barre, prévient Bernard Decomps, le nouveau vice-président du Conseil supérieur de la recherche et de la technologie, nous allons manquer de chercheurs dans tous les domaines fondamentaux des sciences exactes. »

Cette menace de pénurie ne semble pas peser sur les sciences de la vie. A l'exception de quelques secteurs de haute technologie comme le génie génétique ou le génie enzymatique, elles ont suscité beaucoup d'espoirs auxquels l'industrie n'a que très médiocrement répondu. Cependant, l'association Bernard Grégory enregistre depuis quelque temps une augmentation de la demande de l'industrie en biologistes.

Parallèlement, les disparités salariales qui existaient entre les sciences de la vie et les autres secteurs tendent à s'atténuer. Signe des temps ? Depuis un an, la biologie fait partie de l'enseignement général dispensé à l'Ecole polytechnique. Aux Etats-Unis, l'augmentation de la demande en biotechnologues a décidé le National Institute of General Medical Science à mette en place un programme de soutien à la recherche et à la formation en biotechnologies. En France, l'industrie agro-alimentaire représente pour les biologistes un débouché possible mais ils ont tout de même plus de chances d'être embauchés par les organismes de recherche ou par l'université. Mais leur nombre excède largement les capacités de la fonction publique. Le sujet de thèse intervient de façon capitale dans la sélection. Aux mœurs hivernals du copépode d'Helgoland, préférez la modélisation de l'information des cellules neuronales !

Les chimistes ont en commun avec les biologistes la diversité des secteurs où ils peuvent exercer leur activité, chimie de base (quoique celle-ci se soit ressentie des chocs pétroliers et de la baisse du marché), chimie fine, pharmacie, parachimie, industrie des matériaux et des plastiques... Mais la fonction publique, qui a du mal à satisfaire ses besoins en chimistes, leur est également ouverte.

Les domaines les moins "porteurs" restent les sciences de la terre et les sciences humaines. Le CNRS, qui semble décidé à faire un effort en faveur de ces dernières, ne créera tout au plus que quelques dizaines de postes par an. Quant aux sciences de la terre, elles ont connu leur heure de gloire grâce aux chocs pétroliers, lorsqu'il fallut se mettre en quête de matières premières. Aujourd'hui, les géologues sont surtout recherchés pour leur compétence en informatique, leur connaissance des appareils de mesure ou leur aptitude à faire de la modélisation. A la fois science d'observation et science expérimentale, c'est ce dernier aspect que la géologie se doit de privilégier si elle veut s'affranchir d'un contexte défavorable. Le mois prochain, nous examinerons ce qu'il en est de la recherche dans le secteur privé.

Isabelle Bourdial

LES BONNES ADRESSES

Voici quelques unes des plus prestigieuses écoles d'ingénieurs. • Ecole normale supérieure, 45 rue d'Ulm, 75230 Paris. • Ecole nationale supérieure des Mines de Paris, 60 boulevard Saint-Michel, 75272 Paris. • Ecole polytechnique, 91128 Palaiseau. • Ecole supérieure de physique et de chimie industrielles, 10 rue de Vauquelin, 75231 Paris. • Supelec, ou l'Ecole supérieure d'électricité, plateau du Moulon, 91190 Gif-sur-Yvette. • Ecole centrale des arts et manufactures, Grande Voie des Vignes, 92290 Chatenay-Malabry.

Il existe de grands établissements scientifiques qui préparent des étudiants au DEA et à la thèse. En voici deux : • Museum d'histoire naturelle, 57 rue Cuvier, 75231 Paris. • Observatoire de Paris-Meudon, 61 rue de l'Observatoire, 75014 Paris, c'est le plus grand établissement de recherche astronomique.

Pour connaître les diplômes délivrés par les universités, on peut s'adresser à la Direction des enseignements supérieurs du ministère de l'Education nationale, de la Jeunesse et des Sports. Enfin • Le Centre d'enseignement de statistique médicale (CESAM) forme des médecins généralistes à l'épidémiologie : 16 avenue Paul-Vaillant-Couturier, 94800 Villejuif. • L'Association Bernard-Grégory "place" de jeunes docteurs ès sciences : 53 rue de Turbigo, 75003 Paris.

Film brut: 1h 35 minutes

Supprimer ↑ ← Ajouter musique "HAPPY BIRTHDAY TO YOU" →

→ Inverser les scènes ← — Réduire la séquence "MAMIE" à 45 secondes →

Déplacer ce plan après le déballage cadeaux ← Faire un fondu au noir →

Même les grands amateurs ont besoin d'un petit professionnel

Cinéastes amateurs, votre rêve devient réalité. Avec "l'UMV 100 PORTAX" vous voilà professionnel du montage. Equipée du système **ICSS**, 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

UNITE DE MONTAGE VIDEO VHS - UMV 100 PORTAX

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

Film définitif: 12 minutes

PORTAX®
VIDEO CREATIVE

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

200 000 ESCLAVES ELECTRONIQUES DANS VOTRE APPAREIL PHOTO

Comme au jeu du portrait, où l'on répond exclusivement par oui ou par non aux questions jusqu'à trouver enfin l'objet de l'énigme, de nombreux appareils photo et vidéo dernier cri transforment automatiquement les informations qu'ils reçoivent (lumière, couleur, distance...) en données numériques (1-0-1-0) avant de saisir, plus fidèlement que jamais, l'image souhaitée. C'est ce que nous avons vu aussi bien lors des préparatifs du Salon de Berlin (vidéo, télévision) que lors de ceux du Salon de Paris (photo, vidéo).

PAR ROGER BELLONE

A la fin des années 70, au lendemain du premier choc pétrolier qui précipita le marché de l'audiovisuel dans la crise, les constructeurs cherchèrent à donner un nouveau souffle à la photo, notamment en faisant tomber les prix. Les appareils de prise de vue, en particulier, reçurent de plus en plus de circuits électroniques, beaucoup moins coûteux que les anciens dispositifs mécaniques. En moins de dix ans, l'appareil photographique devint ainsi un système tout aussi électronique qu'un magnétoscope ou qu'une chaîne haute fidélité.

Dans le même temps, la télévision, l'audio et la vidéo, électroniques par essence, franchissaient une autre étape, passant au numérique. Certes, aujourd'hui, l'évolution est loin d'être achevée. En télévision et en vidéo notamment, ce n'est pas encore le tout-numérique. Mais cette technique a déjà conquis de vastes domaines, comme ceux du traitement des images dans les studios vidéo, dans certains téléviseurs ou dans des magnétoscopes, ceux du son pour le codage du disque compact ou du magnétophone numérique (le DAT, *Digital Audio Tape*), ou encore de l'émission audio en télévision par satellite dans le nouveau standard D 2 MAC-Paquet. C'est encore le cas avec le disque optique

Olympus AZ-4 Zoom

Le Canon Xapshot : enfin, le premier appareil de photo-vidéo compact adapté à une utilisation d'amateur.

numérique (DON) pour la mémorisation des informations et des images.

Le mouvement se poursuivra dans la prochaine décennie. C'est ainsi que les appareils et les camescopes destinés aux amateurs commencent à leur tour à bénéficier des avantages des techniques numériques. En particulier, elles offrent des possibilités que ne permettent pas les techniques analogiques.

Le numérique, rappelons-le, est un langage créé pour les ordinateurs. C'est un mode de codage des signaux électriques tel qu'il peut être compris et utilisé par la machine. A cet effet, deux valeurs seulement sont utilisées (système binaire), le 1 et le 0, pour coder toute information (chaque unité d'information, 0 ou 1, étant un bit). Pour la machine, les 1 du codage correspondent à une impulsion électrique, les 0 à l'absence d'impulsion.

En audiovisuel, ce sont les signaux électriques modulés par le son (audio) ou par l'image (vidéo) qui sont codés en binaire, le système ayant deux avantages principaux :

1. le numérique est insensible aux affaiblissements du signal dès lors que les différentes impulsions restent distinctes. Cela permet plus facilement qu'en analogique de transmettre des images et des sons sans perte, puisqu'un simple affaiblissement des impulsions ne modifie pas leur nombre ou leur succession. De même, les signaux transmis sont insensibles à la plupart des parasites.

2. Les signaux numériques mémorisés (notamment sur bande magnétique, sur disque magnétique ou sur disque optique) peuvent être traités, car ils matérialisent des ensembles de 0 et de 1 et qu'il suffit d'apporter des changements dans ces suites de chiffres pour modifier les informations initiales : c'est la fonction même d'un ordinateur. Ainsi, en vidéo, on peut mémoriser des images puis en modifier les couleurs au moyen d'un ordinateur et de logiciels appropriés. Bien d'autres traitements sont possibles, parfois même en temps réel. Ainsi, dans un téléviseur, ils peuvent se faire au fur et à mesure du balayage de l'écran ligne par ligne, pour apporter certaines améliorations à l'image ou pour obtenir

Minolta Dynax 5000 i

Pentax Zoom 90

certaines caractéristiques. Tel est le cas de l'incrustation d'image qui permet de suivre une émission tout en surveillant un autre programme dans un coin de l'écran.

Sur les appareils photographiques, le numérique est apparu en 1985 avec le Minolta 7000, reflex 24 × 36 à mise au point automatique. Depuis, la firme japonaise a lancé d'autres boîtiers du même type, les Dynax, dont le dernier-né, le Dynax 5000 i est aujourd'hui présenté au Salon de la photo de Paris.

Le cœur de ce reflex est un minuscule microordinateur 8 bits (chaque information de base y est donc codée avec 8 chiffres, 0 et 1), associé à plusieurs périphériques (interfaces et circuits intégrés), soit, au total, l'équivalent de près de 200 000 transistors. Cet ensemble gouverne toutes les fonctions de l'appareil et, surtout, va traiter les données pour permettre au photographe de réaliser la photo qu'il souhaite.

Des mémoires mortes (IC-ROM), notamment dans les objectifs, communiquent à l'ordinateur les données fixes (focale de l'objectif et ouverture maximale, par exemple). Des mémoires vives (IC-RAM) reçoivent les données propres à chaque prise de vue (intensité de la lumière mesurée sur plusieurs plages du viseur, distance du sujet déterminée par le dispositif de mise au point automatique, direction du déplacement d'un sujet mobile, variation de focale d'un zoom, éventuellement, intensité de l'éclair du flash mesurée sur le film, etc.)

Sont également prises en compte les options du photographe, automatiquement lorsqu'il s'agit du matériel utilisé (sensibilité du film ou focale de l'objectif choisi), et sur commande manuelle lorsqu'il s'agit d'une demande propre au sujet : correction d'exposition, mise en mémoire d'une mesure avant cadrage, demande d'un réglage anticipé de la mise au point (pour un sujet en mouvement dans l'axe de prise de vue, cela permet d'éliminer l'influence du temps mort entre le moment où le doigt appuie sur le déclencheur et où l'obturateur se déclenche, la mise au point se faisant sur le plan qu'atteindra le sujet à l'instant de l'exposition).

Le photographe peut aussi formuler certains souhaits particuliers au moyen de cartes-logiciels qu'il glisse dans le boîtier et qui sont pris en compte par l'ordinateur : carte "A/S" autorisant le choix d'une vitesse ou d'un diaphragme, carte "Portrait" permettant à l'ordinateur d'optimiser les réglages pour que le visage soit net sur fond flou, carte "Prise de

Fuji FZ 2000

LE PREMIER ROBOT PHOTOSPATIAL EST AU SALON

L'aventure a commencé chez Matra Espace, alors que la firme élaborait dans le plus grand secret une expérience spatiale baptisée SEPHA.

SEPHA signifie "séparateur de phases", et désigne des méthodes de biotechnologie d'analyse de l'écoulement des fluides. Plus précisément, il s'agit de refaire dans l'espace, en apesanteur, une expérience courante sur terre, l'électrophotorèse (déplacement de macromolécules ou de particules avec séparation de substances — des protéines, ou cas particulier — sous l'effet d'un champ électrique.

Comment s'effectuent ces écoulements en apesanteur ? Comment les contrôler ? Y a t-il des différences avec les mêmes phénomènes observés sur Terre ?

Premier problème auquel se heurtèrent les chercheurs : comment photographier l'expérience de façon à pouvoir étudier ses résultats une fois la capsule spatiale récupérée ? Car il fallait trouver un appareil photo résistant à une accélération de 80 fois la gravité terrestre et à des vibrations de 7 000 Hz, tout en restant capable de prendre des photomacrographies (photos de très près). Or, les tests préliminaires révélèrent que tous les grands boîtiers photographiques actuels n'étaient pas fiables.

C'est alors que François Delvert, un amateur connu pour sa passion des "bricolages" de photomacrographie, fut sollicité pour tenter de résoudre le problème. Il s'entoura de deux techniciens spécialisés dans la réparation d'appareils photographiques, Jean Moutet, électronicien, et Philippe Farge, micromécanicien. Très vite, ils parvinrent à des conclusions fort simples : utiliser un reflex 24 × 36 robuste en le privant de tous les disposi-

vue rapprochée" déterminant la plus grande profondeur de champ en fonction du grandissement du sujet reproduit, carte "Action/Sport" sélectionnant un programme à vitesse d'obturation élevée en fonction de la distance de mise au point et de la focale choisie, carte de contrôle automatique de profondeur de champ assurant le réglage de distance sur l'hyperfocale, c'est-à-dire sur la distance donnant une image nette de l'infini au plan rapproché le plus court (en paysage, par exemple, pour qu'il soit net du premier au dernier plan).

Au fur et à mesure de son affinement, le numérique du système Dynax réalise une assistance du photographe de plus en plus complète.

Une évolution similaire se retrouve sur les reflex d'autres marques, comme les derniers-nés de Nikon (le F4 déjà présenté ici) et de Canon (l'EOS-1 annoncé cet été).

Les 24 × 36 compacts, destinés au grand public, bénéficient aussi, à des degrés divers, des avantages du numérique. Ainsi les possibilités de ces appareils ne cessent-elles de s'élargir, au point, très souvent, de rassembler les caractéristiques essentielles des reflex, notamment la présence de plusieurs programmes d'exposition automatique (y compris au flash), la mise au point automatique avec possibilité de mémoriser un réglage particulier, la prise de vue rapprochée et l'usage de plusieurs focales.

Pour ces dernières, en particulier, il est de plus en plus fait appel à un zoom intégré, et la plage des focales ne cesse de s'agrandir (elle s'étend actuellement de 35 à 200 mm).

Panasonic C-2000 ZM

Tel est le cas de l'Olympus AZ-4 Zoom. Cet appareil hybride (à objectif intégré et à viseur reflex) possède un zoom 35-135 mm atteignant 200 mm avec un complément optique. Il possède un microordinateur 8 bits gérant un important lot de fonctions : mise au point automatique jusqu'en photo rapprochée, exposition automatique avec un programme ajustant la vitesse à la focale du zoom, correction d'exposition sur demande du photographe, mesures intégrales (sur tout le champ) et sélective de la lumière, vitesses de 32 secondes au 1/2 000 s, affichage automatique de la sensibilité de 25 à 5 000 ISO, flash automatique et entraînement motorisé du film.

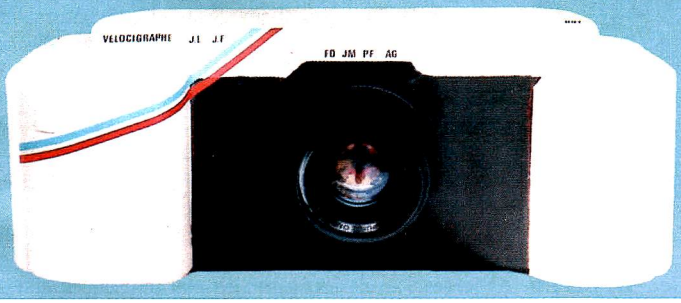
Sur les 24 x 36 compacts moins perfectionnés que l'AZ-4 Zoom, l'électronique et certains circuits numériques permettent tout de même d'offrir des caractéristiques très complètes.

Ainsi, le Panasonic C-2000 Z M propose un zoom

tifs inutiles dans une expérience spatiale automatisée.

Ils choisirent donc un Olympus OM 4 TI (TI pour boîtier en titane) et le vidèrent de la plupart de ses organes : la visée reflex, l'obturateur et le diaphragme (celui-ci fut remplacé par une simple feuille de carbone percée d'un trou). La mise au point de l'objectif fut bloquée à la seule distance utile pour l'expérience projetée.

Deux flashes électronique furent couplés au boîtier pour assurer l'éclairage, car les prises de vue devaient se dérouler dans l'obscurité. En l'absence d'obturateur et de sa synchronisation au flash, l'éclair fut commandé par le dispositif de recharge associé à un montage électronique : le déclenchement devait permettre de prendre 350 photos à la fréquence d'une toutes les deux secondes et demie. Restait à parfaire la résistance du matériel à l'accélération de 80 G et aux vibrations de 7 000 Hz. Elle fut obtenue avec quelques kilos d'Araldite coulée autour du boîtier et à l'intérieur pour fixer toute pièce susceptible de bouger. L'étrange appareil était né. Il fut baptisé Vélocigraphe II, en souvenir du premier vélocigraphe, appareil du type box créé en 1889 par Joseph Lacroix, inventeur de la centrifugeuse permettant la séparation des globules rouges des globules blancs.



Chargé d'une pellicule photographique couleur Kodacolor Gold 160, le Vélocigraphe II fut embarqué sur un satellite soviétique, lancé le 26 avril dernier. L'engin revint le 11 mai suivant, après un périple de 2 millions de kilomètres sur une orbite elliptique à 220/400 km de la Terre. Ce fut le succès ! Développé, le film montra 350 photos parfaitement nettes.

Aujourd'hui, d'autres vélocigraphes sont en préparation, car d'autres expériences spatiales sont programmées. Quant au Vélocigraphe II, chacun pourra le voir, car il est exposé au Salon de la photo et de la vidéo de Paris (29 septembre-4 octobre 1989).

JVC GR 60 S

38-80 mm, la mise au point automatique, des programmes d'exposition adaptés à la focale en service, le flash automatique, l'entraînement par moteur, l'affichage automatique des sensibilités de 50 à 1 600 ISO.

La plupart de ces caractéristiques se retrouvent sur le Fuji FZ 2000 Zoom (focales de 40-105 mm et vitesses de 1/4 à 1/250 s), le Pentax Zoom 90 (focales de 38-90 mm), le Minolta AF Zoom 65 (focales de 38 à 65 mm), ou le Chinon Handy Zoom (focales de 35 à 70 mm, vitesses de 1/4 à 1/300 s, 3 programmes d'exposition automatique).

La photo magnétique (ou photovidéo) bénéficie tout particulièrement des possibilités du numérique. Ce type de matériel, disponible maintenant depuis plusieurs années, mémorise des images fixes selon une technique vidéo sur disque souple de 47 mm de diamètre conditionné en chargeur d'environ 6 cm de côté. L'enregistrement est analogique, les traitements numériques n'intervenant qu'ultérieurement pour améliorer l'image reproduite au moyen d'une imprimante ou assurer sa transmission téléphonique, par exemple sur un réseau Transpac.

Jusqu'ici, les équipements de photo magnétique sont essentiellement destinés à des applications professionnelles, à cause de leur encombrement et de leurs prix. Le Salon de Paris présentera les premiers appareils de prise de vue compacts , conçus pour le grand public.

Sanyo VM-H100 P

D'abord, le Canon Xapshot, appareil très plat mesurant 14 × 3 × 10 cm et pesant 420 g. Il est équipé d'un analyseur d'image séparant 786 points horizontalement, d'un objectif 2,8/11 mm, d'un obturateur programmé réglant automatiquement l'exposition de 1/30 s à 2,8 jusqu'à 1/500 s à 22, d'un flash électronique et d'un système "macro" pour la prise de vue à 30 cm.

Kodak, par ailleurs, a lancé sur le marché américain l'appareil magnétique CCD 1000 RGB. Assurant une définition horizontale de 330 lignes, il pèse 900 g et reçoit les objectifs en monture C (le standard du cinéma 16 mm), l'optique de base étant un zoom 1,4/12-72 mm. Les divers réglages d'exposition et de couleur sont possibles en automatisme et en commande manuelle.

Sony CCD TR55

Rappelons ici que Fuji et Toshiba proposent un autre système de photo électronique, totalement numérique, déjà évoqué dans *Science et Vie* (n° 862 de juillet 1989). Il fait appel à une carte à puce comme mémoire. La définition est un peu plus élevée qu'en photovidéo (400 lignes horizontalement au lieu de 300 avec la disquette magnétique). L'appareil de prise de vue ne comporte aucune pièce mécanique. Il est donc compact. Le prototype Fuji X DS - 1P pèse 400 g, mesure 10 × 7 × 5 cm avec un objectif de 16 mm et possède un obturateur électronique donnant les vitesses de 1/60 à 1/2 000 s.

La prise de vue vidéo d'amateur est certainement le domaine qui a le plus bénéficié des progrès du numérique, améliorant la qualité de l'image et introduisant dans les camescopes des dispositifs générateurs d'effets spéciaux.

L'amélioration de la qualité de l'image apparaît d'abord avec les deux nouveaux systèmes vidéo créés l'an dernier pour les magnétoscopes et les

camescopes, le Super VHS (ou S-VHS), dérivé du VHS classique, et le Hi-Band 8 (ou HI-8), dérivé du 8-mm vidéo. Ces systèmes, déjà présentés à nos lecteurs (*Science et Vie* n° 853 d'octobre 1988) séparent à l'enregistrement les signaux de luminance (l'image noir et blanc) et de chrominance (la couleur), alors que, dans les classiques VHS et vidéo 8-mm, ils se superposent en partie. De ce fait, les interférences qui se manifestent dans ces systèmes classiques sont éliminés en S-VHS et en Hi-Band : les images sont plus nettes, les couleurs plus pures et les défauts comme le scintillement ou le moirage sont éliminés. Ces améliorations sont d'autant plus sensibles que la séparation des signaux de luminance et de chrominance facilite leur traitement par voie numérique. De même, avec les nouveaux systèmes, le son peut être stéréophonique et l'on envisage déjà le son numérique avec un codage semblable à celui du disque compact.

Bref, le S-VHS et le Hi-Band annoncent une compatibilité totale avec la nouvelle télévision européenne au standard D 2 MAC-Paquet (en attendant la haute définition), qui, précisément, améliore l'image et donne une bande audio numérisée stéréophonique. Aujourd'hui, les premiers camescopes S-VHS et Hi-Band arrivent sur notre marché (Canon A1 Hi ; Fujix P-850 ; Sanyo VM-H 100 P ; Sony CCD V900 en Hi-Band ; Grundig S-VS80 et 180 ; Hitachi VM-7200 E ; JVC GR S 77E ; Panasonic S VHS 625 ; Philips VKR 9300 en S VHS)

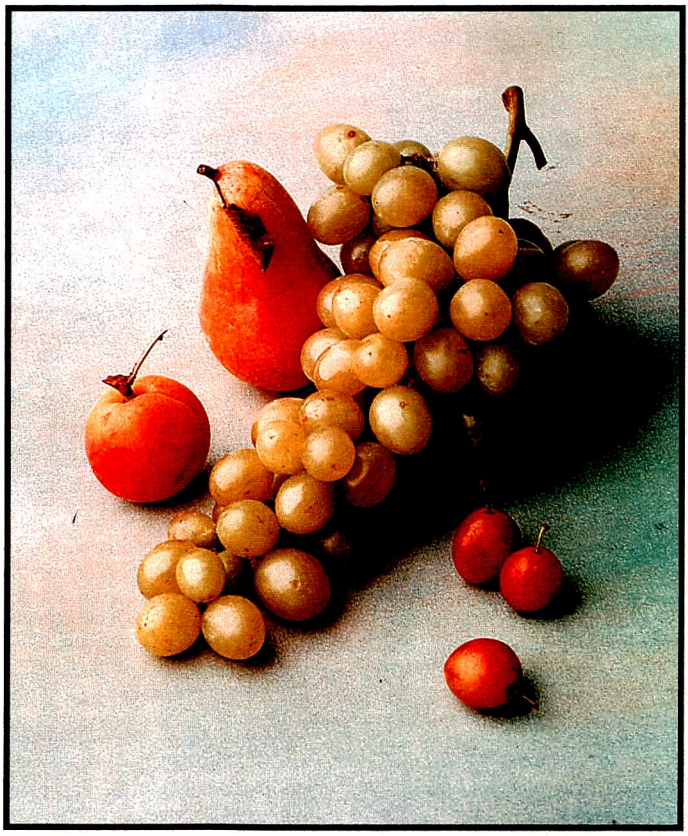
La qualité des camescopes S-VHS et Hi-8 — de même que des modèles plus classiques — dépend aussi d'autres perfectionnements. Ainsi, l'augmentation de la définition commence avec l'analyseur, qui recueille l'image transmise par l'objectif. Aujourd'hui, seuls des analyseurs à transfert de charges sont utilisés. Leur définition, qui n'était que de 280 000 à 320 000 points il y a quelques années, dépasse maintenant les 400 000 points, tant en vidéo 8-mm (Sony CCD V 900 : 495 000 points ; Sanyo VEM-S1P : 470 000 points ; Canon E 640 et A1-Hi : 420 000 points) qu'en vidéo VHS (450 000 points pour Panasonic NV-M10 000 et 420 000 points pour de nombreux appareils : Grundig S-VS

(suite du texte page 175)

POLAROÏD SUR LE MARCHÉ DE LA PHOTO CLASSIQUE

Cette nature morte a été prise sur film « High Definition" de Polaroïd qui, depuis 1947, a bâti un véritable empire sur la photo instantanée. Avec ce film, Polaroïd entre sur le marché de la photo conventionnelle, où elle retrouvera Agfa, Fuji, Kodak, Konica et 3M. Si la photo vidéo se prépare à concurrencer la photo instantanée, la photo conventionnelle semble au contraire assurée d'un marché en progression constante. Selon Polaroïd, la consommation européenne de films conventionnels, qui était de 371 millions de bobines en 1988, passera à 476 millions cette année et à 600 millions en 1993.

Faisant appel aux technologies les plus récentes, Polaroïd a conçu des émulsions à grains d'halogènures d'argent à double structure (noyau retenant les photons, enveloppe facilitant le développement) ; des coupleurs (les formateurs de colorants) concentrant ces colorants autour des grains d'argent et limitant les diffusions parasites ; des couches d'émulsions particulièrement fines pour faciliter la pénétration des photons et réduire leur dispersion, cause de perte de netteté. Un négatif couleur de 100 ISO, le Polaroïd HD 100 Colour Print, un négatif couleur de 200 ISO et un inversible couleur (pour diapositive), le Polaroïd Chrome HD 100, de 100 ISO, qui se traitent tous trois dans les bains standards (C-41 en négatif, E6 en inversible), sont disponibles en France.



SCIENCE JEUX

La haute tension grâce à la bobine de Ruhmkorff

PHYSIQUE AMUSANTE

Les premières expériences sur le courant électrique se firent avec des machines électrostatiques qui avaient l'inconvénient de ne donner que des tensions très élevées avec des ampérages très faibles. En 1795, Volta inventait la pile qui débitait des intensités assez fortes, mais sous une tension minuscule.

Pour faire la liaison entre les deux, il fallut attendre la découverte du champ magnétique des courants (Oersted, 1820) et sa réciproque, la création de courants par déplacements de champs magnétiques. Ces découvertes allaient mener à de nombreuses expérimentations sur les courants induits, et, en 1850, le physicien Ruhmkorff (né à Hanovre, mais installé en France) inventait sa célèbre bobine, qui allait permettre d'obtenir des hautes tensions, comme les machines électrostatiques, à partir du bas voltage des piles.

Notons qu'à cette époque les deux seules sources de courant étaient les machines électrostatiques et les piles ; la dynamo ne viendra qu'en 1870, avec Gramme, l'alternateur suivant une quinzaine d'années plus tard. La bobine de Ruhmkorff, dite aussi bobine d'induction, aura pourtant un retentissement considérable parce qu'elle permet d'obtenir facilement des tensions très élevées que ne peuvent donner ni les piles, ni les dynamos, ni les alternateurs.

C'est en étudiant les phénomènes provoqués par ces hautes tensions que Hertz découvrit et expérimenta les ondes électromagnétiques qui lui doivent leur nom. Les rayons X et leurs multiples emplois, le tube de Crookes, prototype des tubes cathodiques de nos téléviseurs, ou les tubes à décharge dits tubes au néon, n'auraient pas vu le jour sans cette indispensable bobine. Plus proche de nous, la bobine d'allumage de toutes nos voitures à essence est encore une bobine de Ruhmkorff.

Le principe de base est celui des courants induits dont nous avons souvent eu à parler dans cette rubrique ; nous allons y revenir brièvement. Si on déplace un aimant par rapport à un fil conducteur, un courant se met à circuler dans ce fil ; inversement, si on lance un courant dans un conducteur, un champ magnétique apparaît autour du fil.

Malgré les apparences, ces deux phénomènes ne sont pas symétriques : pour qu'il y ait apparition d'un courant dans un conducteur, il faut qu'il y ait variation d'un champ magnétique à travers ce conducteur ; on obtient cette variation, par exemple, en approchant ou en éloignant un aimant du fil. Mais dès que cesse le mouvement, donc la variation de champ, le courant disparaît.

En revanche, dès qu'il y a circulation du courant dans un fil, il y a naissance d'un champ magnétique autour de ce fil et ce champ se maintient tant que le courant passe, et sans qu'il y ait besoin qu'il soit variable en tension ou en intensité — le courant étant un déplacement de charges électriques dans le conducteur, on pourrait toutefois dire qu'il y a encore mouvement et que le champ magnétique ne persiste que tant qu'il y a ce mouvement.

Ce phénomène des courants induits est à la base de toutes les machines produisant de l'électricité (en faisant tourner des aimants devant des bobinages, ce qui assure la variation de flux à travers les conducteurs), et aussi de notre bobine de Ruhmkorff qui, comme tous les transformateurs, utilise simultanément les deux processus.

Dans la pratique, ceux-ci sont mis en jeu non avec un brin de conducteur seul, mais avec un très long fil bobiné autour d'un axe, ce qui multiplie l'intensité des phénomènes par le nombre de spires. Considérons maintenant deux bobines telles placées côte à côte et sur le même axe ; si on envoie un courant dans la première, il y a création d'un champ magnétique qui n'atteint pas instantanément sa pleine valeur. Il y a donc une variation progressive du champ qui va traverser la seconde bobine placée contre la première, et donc création d'un courant dans cette seconde bobine.

Le phénomène est très bref et si un courant continu circule dans la première bobine, le champ magnétique créé atteint sa pleine valeur et reste stable ; comme il n'y a plus variation de ce champ, il n'y a plus aucun courant induit dans la seconde bobine. Mais si on coupe le courant primaire, le champ magnétique va disparaître progressivement, et comme il y a de nouveau variation de ce champ un deuxième courant secondaire, de sens contraire au premier, va circuler dans la seconde bobine.

Donc, chaque fois que l'on éta-

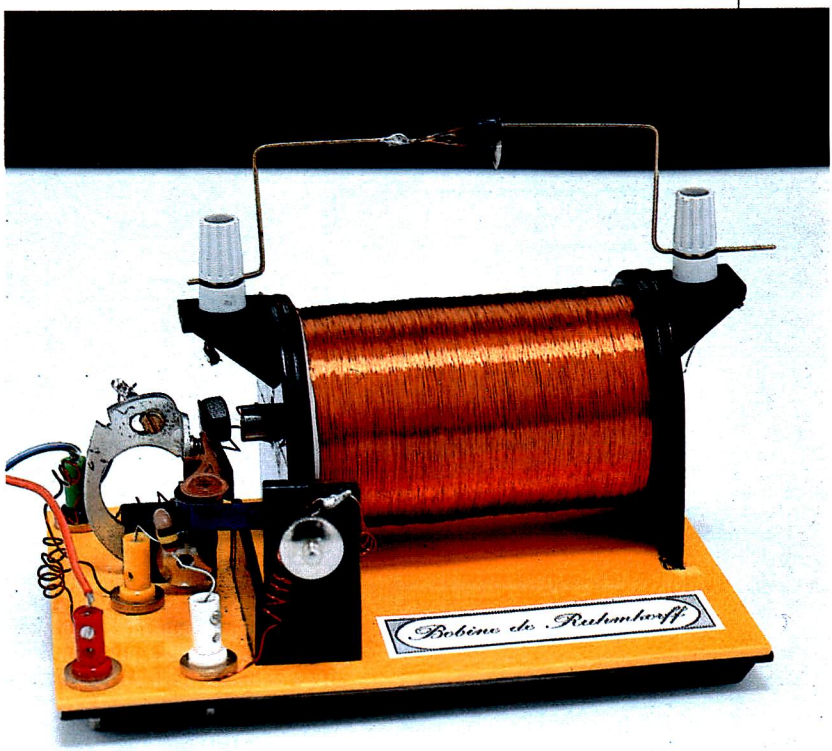
blit ou interrompt le courant dans la bobine primaire, on crée un courant dans la bobine secondaire ; il suffit donc de trouver un vibreur qui coupe et rétablisse sans cesse le courant dans le primaire pour avoir un courant oscillant dans le secondaire. On découvrit très vite que le courant induit dans le secondaire est d'autant plus intense que la rupture dans le primaire est plus brève — car la variation de champ est d'autant plus rapide.

Il faut bien voir, en effet, que quand on branche un circuit quelconque aux bornes d'une pile, le courant ne circule pas instantanément à sa pleine valeur ; il lui faut un certain temps pour s'installer, tout comme il lui faut un certain temps pour s'arrêter, de même qu'une voiture ne passe pas immédiatement de 0 à 60 km/h au feu vert. Certes, l'électricité va tout de même nettement plus vite qu'un paquet de voitures démarrant au carrefour, mais dans les deux cas il y a un temps de mise en régime qui n'est jamais nul.

Dans une bobine, c'est ce temps d'installation et de disparition du courant qui amène une variation concomitante du champ magnétique, laquelle engendre des courants brefs et alternés dans le secondaire. Ce que Ruhmkorff découvrit, c'est que le voltage dans le secondaire est lié au rapport entre le nombre de tours de fil du primaire et celui du secondaire.

S'il y a le même nombre de spires de part et d'autre, le courant secondaire a même tension que celui envoyé au primaire ; si le secondaire compte moins de tours de fil que le primaire, la tension obtenue à la sortie est plus basse que celle envoyée à l'entrée, ce qui était là sans intérêt puisque les piles — seules sources de courant permanent à l'époque — avaient déjà un voltage faible.

Mais si le secondaire comporte plus de spires que le primaire, la tension débitée est plus élevée, et cela parut à juste titre intéressant à Ruhmkorff. Pour être exact, il y a même rapport entre tensions primaire et secondaire qu'entre nombre de spires au primaire et au secondaire : V/v = N/n. Ruhmkorff inventa donc un système de deux bobines coaxiales avec un rupteur vibrant dont le primaire ne comptait que quelques dizaines de tours de gros fil, tandis que le secondaire avait des milliers de tours de fil très fin.



Il pouvait donc multiplier des milliers de fois le courant des piles, qui valait de 5 à 25 fois le voltage de chaque élément (1,5 V), et obtenir des tensions intermittentes de plusieurs dizaines de milliers de volts, avec des intensités nettement supérieures à celles données par les machines électrostatiques de l'époque. Qui plus est, sa bobine fonctionnait quelles que soient les conditions hygrométriques de l'air ambiant, sans usure et sans aucune des servitudes liées à ces machines fragiles et capricieuses.

L'invention eut un retentissement considérable, car elle permettait pour la première fois de faire des expériences facilement mesurables et reproductibles sur les hautes tensions ; elle fut, nous l'avons vu, au point de départ de nombreuses découvertes. Sa réalisation est toutefois moins simple que le schéma que nous en avons donné, car il y a des problèmes d'isolement, de self-induction, de fréquence et autres qui compliquent la conception et la réalisation d'une bobine ayant un bon rendement.

Nous verrons ces questions le mois prochain, car la fabrication de la bobine et de ses accesssoires est trop longue pour tenir dans les quelques pages normalement consacrées à cette rubrique ; cela nous a obligé à découper ce montage en trois séquences, qui seront publiés successivement dans trois numéros de la revue.

De fait, la fabrication d'une bobine de Ruhmkorff dans les conditions que nous nous sommes fixées une fois pour toutes dans cette rubrique a posé quelques problèmes pratiques que Pierre Courbier a mis longtemps à résoudre. Rappelons que notre objectif est de permettre au plus grand nombre d'expérimenter par eux-mêmes en construisant les objets décrits selon une méthode facile à suivre et avec des moyens aussi simples que possible.

Nous insistons également, car il y a des sceptiques, sur le fait que ces objets fonctionnent tous parfaitement sans aucun "coup de

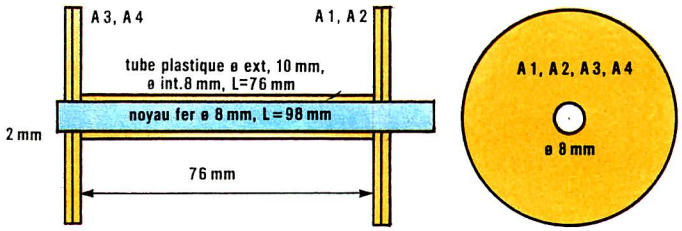


Figure 1. Bobine stade 1

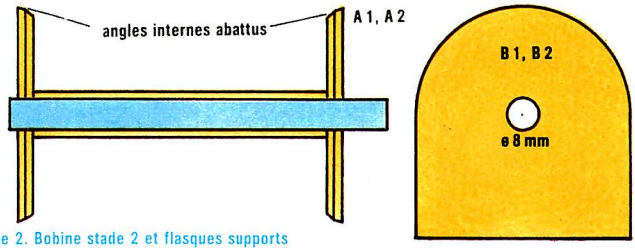


Figure 2. Bobine stade 2 et flasques supports

pouce" et ont les performances annoncées dans leurs descriptions. Les modèles prototypes sont longuement essayés et, s'ils sont construits selon les indications, pourront faire long usage.

La bobine dont nous proposons la construction fonctionne sous une tension de 9 V environ ; on utilisera 6 grosses piles rondes de 1,5 V, ou une batterie d'accus cadmium-nickel. La consommation (mesurée) du montage est de 1 ou 2 ampères, soit de 10 à 20 W ; les piles ne dureront donc pas très longtemps et il faut en prévoir une petite provision — leur prix est heureusement assez modéré.

Dans ces conditions, l'étincelle donnée par la bobine fait de 8 à 10 mm, ce qui implique une tension de 8 000 à 10 000 volts, laquelle est tout à fait suffisante pour permettre les expériences que nous présenterons, notamment l'ionisation des gaz sous faible pression. Notons toutefois qu'il est préférable d'éviter tout contact avec cette tension, et que l'utilisation de cette bobine d'induction est réservée aux adultes, qui devront prendre toutes précautions pour éviter des chocs électriques très désagréables.

La construction de la bobine n'offre qu'une difficulté : la confection du bobinage secondaire qui nécessite l'enroulement de plusieurs centaines de mètres de fil fin (15/100). Pour l'atelier qui dispose d'une machine spécialisée, l'affaire est relativement simple ; mais pour y parvenir en n'utilisant que ses mains et une perceusse électrique, munie obligatoirement d'un réglage électronique de la vitesse, les choses sont plus délicates : Pierre Courbier, qui a mis au point le prototype, a pu le constater.

Afin de ne pas décourager ceux qui entreprendraient cette construction, nous précisons qu'en suivant le mode opératoire ils éviteront bien des pièges, notamment lors du bobinage de l'enroulement secondaire. Tel qu'il est décrit, le mode de fabrication a été conçu afin de mettre cette fabrication à la portée de tous ceux qui aiment les activités manuelles intelligentes.

Toutefois, nous l'avons dit, le nombre de pièces entrant en jeu nous oblige à découper en trois séquences la présentation de la bobine de Ruhmkorff : fabrication du socle, du rupteur et du bobinage primaire ; bobinage du secondaire et condensateur ; mise au point, utilisation, accessoires et version inédite utilisant un contact rotatif et une bobine d'allumage de voiture.

Nous donnons cependant dès maintenant la liste du matériel nécessaire et la répéterons dans les deux articles suivants, afin de donner à tous le temps de se procurer les éléments.

— Cutter, règle métallique, colle Uhu-Plast, trichloréthylène, colle cyanocrylate, papier abrasif, polystyrène choc en feuilles de 1 et 2 mm d'épaisseur, calque, papier aluminium type congélation, rhodoïd.

— Fil de cuivre 3/10 : 15 mètres.

— Fil de cuivre 15/100 : 650 grammes.

— Fil de laiton 1 mm : 20 cm.

— Jeu de vis platinées pour moteur de voiture, Ducellier type 71 974 ou autre modèle équivalent.

— 2 douilles-bornes à vis enfichables petit modèle pour fiches bananes 4 mm.

— 4 prises femelles (type banane miniature) de châssis pour prises mâles 2,5 mm.

— 4 fiches bananes mâles 2,5 mm.

— 2 fiches bananes mâles 4 mm.

— Prises crocodiles miniatures.

— 1 condensateur 0,22 fF 25V non polarisé.

— Tige laiton 1,2 ou 1,5 mm, longueur 20 cm.

— 2 bornes moletées à vis mâle (vis 4 mm, longueur hors tout 7,5 mm).

— 2 bornes moletées (écrou) 4 mm.

— Tige de fer doux de 8 mm, longueur 10 cm.

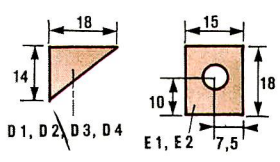
— Tube bakélite ou d'un autre isolant, diamètre intérieur 8 mm, extérieur 10 mm.

— Feuille de cuivre rouge épaisseur 1/10 (80 x 150 mm).

— Ruban adhésif spécial électricité : 2 rouleaux.

RAPPEL

Les expériences les plus marquantes et les plus importantes de cette rubrique ont été regroupées dans l'ouvrage *La physique amusante*. En vente à *Science & Vie*, 5 rue de La Baume, 75008 Paris. Prix : 75 F (85 F par envoi direct).



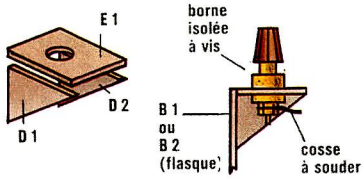


Figure 3. Support des bornes haute tension

— 4 cosses à souder.

Ces matériaux sont disponibles chez Pierron, B.P. 609, 57206 Sarreguemines Cedex, en joignant un chèque de 453 F à la commande.

Composants pour les accessoires :

— Tube au xénon pour stroboscopes : en vente chez les spécialistes de composants électroniques.

— Tubes néon et argon fabriqués spécialement pour les lecteurs de *Science & Vie* (délai trois semaines) ; pour un tube (spécifier argon ou néon) : franco, réglement par chèque à la commande : 130 F. Pour les deux tubes argon et xénon : 239 F. Chez Original Néon, 21 rue Daval, 75011 Paris.

Composants spécifiques pour le contact rotatif :

— Moteur miniature SN.SU.020 : en vente au BHV magasin des pièces détachées, 11 rue des Archives, 75004 Paris ; sur place 21 F, en envoi franco de port sur envoi préalable d'un chèque de 35 F.

— 4 prises femelles (type banane miniature) de châssis pour prises mâles de 2,5 mm.

— 4 fiches bananes mâles de 2,5 mm.

— Tige laiton de 2 mm, longueur 15 cm.

— 1 condensateur 0,22 fF 125 V non polarisé.

— Boîtier de connexion Wonder SACSO (ou équivalent) pour pile 1,5 V type LR6.

— Potentiomètre bobiné de 5 ohms.

— 2 interrupteurs miniatures.

— Aimants ferrite Arelec 6x7x7 mm.

— Relais ILM spécial : disponible chez Verdier Delbarre SA, 36 rue Jollois, 93120 La Courneuve.

La plupart des pièces en plastique entrant dans la construction sont en polystyrène choc de 2 mm d'épaisseur ; elles sont tracées, découpées et collées selon la technique Hobbystyrène de P. Courbier, qui est résumée dans l'ouvrage *La Physique amusante* disponible à la revue au prix de 75 F.

Pour des raisons de facilité de construction, la bobine est faite à partir d'une tige cylindrique en fer d'une longueur de 100 mm et d'un diamètre de 8 mm. Il eût été préférable d'utiliser, pour le noyau, de la tôle ou des fils de fer doux qui eussent mieux canalisé le champ magnétique et réduit les courants de Foucault qui naissent dans la masse de métal et élèvent inutilement sa température. Mais la simplicité de réalisation a prévalu, comme à l'ordinaire.

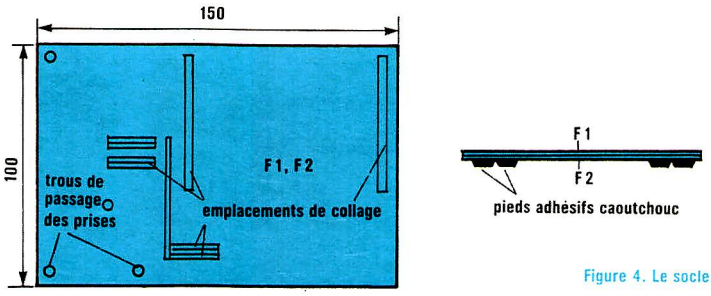


Figure 4. Le socle

Donc, sur ce noyau, nous enfilerons un tube de plastique de 76 mm (diamètre intérieur 8 mm, extérieur 10 mm). Après avoir découpé (technique du compas de découpe) 4 disques aux cotes indiquées ***figure 1***, pièces de A1 à A4, nous les collerons deux par deux avec du trichloréthylène en veillant à leur parfait centrage. Ensuite, on enfilera la première joue de telle façon que le noyau en fer dépasse de 2 mm et on la collera sur le noyau avec de la colle cyanocrylate.

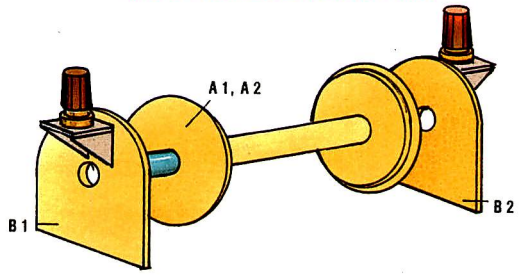
Ce collage doit être excellent, car, lors du bobinage du secondaire, la pression du fil sera importante : si le collage a été mal exécuté, les joues se sépareront et la bobine sera à refaire. Ensuite, on colle le tube de plastique, à la colle cyanocrylate sur le noyau, et au trichoréthylène sur la tranche qui jouxte la joue. Il restera à coller la seconde joue avec les mêmes précautions et à laisser sécher plusieurs heures.

Cela fait, on introduira la partie dépassant du noyau dans les mors d'une perceuse et on la fera tourner à vitesse moyenne ; avec la lame d'un cutter, on abattra l'angle intérieur des joues (***voir figure 2***). Cette précaution évitera, lors du bobinage du secondaire, l'accrochage intempestif du fil. Le passage d'un papier abrasif sur la forme ainsi obtenue la lissera parfaitement.

Il faudra ensuite fabriquer les deux flasques B1 & B2, ***figure 2***, percées d'un trou de 8 mm. Ces flasques ne devront pas être collées pour l'instant car elles gêneraient les opérations de bobinage. Sur ces flasques, on fabriquera et collera les deux supports des bornes destinées à recevoir les fils du secondaire (pièces de D1 à D4, puis E1 et E2, ***figure 3***) et à supporter les bornes à vis isolées. Ces bornes comportent sur leur axe un trou qui sert à bloquer un fil ; au-dessus, elles sont creuses et peuvent recevoir une fiche banane de 4 mm.

Le socle est composé de deux rectangles F1 & F2 de 100 x 150 mm ; les différents composants seront collés aux emplacements approximatifs indiqués ***figure 4***. Quatre trous seront forés, dans lesquels viendront prendre place les quatre douilles femelles servant de prises ; nous avons retenu des prises miniatures d'un diamètre de 2,5 mm. Les deux rectangles seront superposés et collés, puis on per-

Figure 5. Présentation de pièces (voir texte)



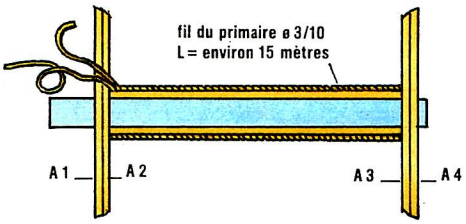


Figure 6. Bobinage du primaire

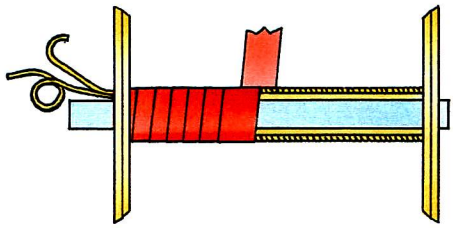


Figure 7. Isolation du primaire

cera les trous des prises.

Au-dessous, nous avons collé quatre pieds adhésifs en caoutchouc afin d'amortir les vibrations. Avant de poursuivre, on présentera les pièces comme indiqué ***figure 5*** sans les coller. Cela est destiné à s'assurer que les extrémités du noyau pénètrent bien dans leur logement sur les flasques et que l'ensemble est correct. Après quoi on peut entamer le bobinage du primaire (***figure 6***).

On percera, à l'aide d'une aiguille chauffée le trou d'entrée du fil du primaire sur la joue A1/A2 ; ce trou doit déboucher au plus près du tube plastique qui enserre et isole le noyau. Il va falloir bobiner environ 15 mètres d'un fil de cuivre isolé de 3/10 de mm. On laissera dépasser une dizaine de cm de fil et on commencera à enrouler à la main le fil sur le tube plastique.

Il faut s'arranger pour que les spires soient jointives, régulièrement disposées et suffisamment serrées, ce qui n'offre pas de grandes difficultés ; on confectionnera ainsi deux couches. On sera alors revenu à la joue A1/A2 ; un second trou sera percé sur cette joue avec une aiguille chauffée à l'endroit où arrive le fil, lequel sera passé au travers après avoir été coupé à 10 cm environ. On vérifiera la régularité de l'enroulement et on la rectifiera éventuellement avant d'immobiliser le fil sur la joue avec un morceau de ruban adhésif.

Autour du primaire, on enroulera une couche de ruban isolant en plastique (***figure 7***) ; ce faisant, on veillera à s'assurer que les extrémités du bobinage sont bien isolées. Le recouvrement d'une spire de ruban sur l'autre se fera à moitié de la largeur du ruban.

Cela fait, on passe à la fabrication du vibreur. En fait, c'est ce rupteur qui constituait le point faible d'une bobine de Ruhmkorff ; certes, l'idée d'utiliser le champ magnétique pour attirer une masse métallique qui coupe le circuit et le rétablit lors de son rappel par un ressort est fort ingénieuse. Ce dispositif de rétroaction a d'ailleurs été largement utilisé pour la fabrication des sonnettes électriques.

Mais, au point de contact, il se produit une étincelle petite et très chaude qui endommage le métal rapidement, d'autant plus que l'intensité dans une bobine de Ruhmkorff est assez grande. Par la suite, des contacts à mercure furent employés : des fils de platine trempaient dans des godets, mais ces dispositifs étaient d'un emploi délicat et réservés aux laboratoires.

En ce qui nous concerne, nous avons préféré une solution éprouvée à des millions d'exemplaires : un rupteur d'allumage de voiture. Cet ensemble, que l'on nomme improprement "vis platinées" bien qu'il n'y ait plus la moindre trace de platine dessus depuis pas loin d'un siècle, fonctionne parfaitement. Nous avons donc choisi un modèle de rupteur courant — ici, ***figure 9***, un Ducellier 71 974 —, mais tout autre modèle Valeo, Bosch ou autre conviendra aussi bien.

Nous avons fabriqué, pour l'adapter à notre bobine, les pièces en polystyrène qui sont décrites ***figures 8 et 9***. Toutefois, si l'on utilise un autre rupteur que le Ducellier 71 974, il sera aisé de s'inspirer de ces figures pour fabriquer un support convenant à cet autre modèle (leurs dimensions sont très voisines). Alors que, sur une voiture, c'est une came entraînée par l'arbre moteur qui agit sur le linguet du rupteur, ici nous sommes obligés de le mettre en action sous forme de vibreur ; nous le nommerons ainsi par la suite.

On commencera par tracer, découper et poncer les pièces de G1 à G3, de H, I1 à I4 et J selon les cotes données ***figure 8***. La pièce J a pour fonction de prolonger le bras vibrant (***figure 9***) et de maintenir, en face du noyau de la bobine, une masse métallique en acier constituée par un écrou hexagonal de 5 mm. La pastille de contact qu'il comporte devra en outre se trouver en face de celle qui se trou-

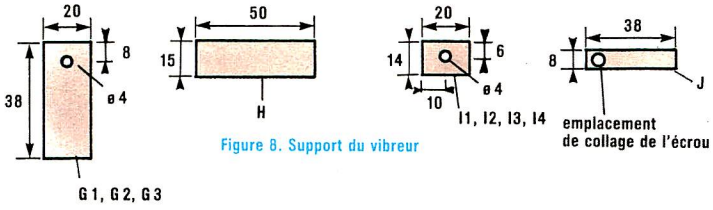


Figure 8. Support du vibreur

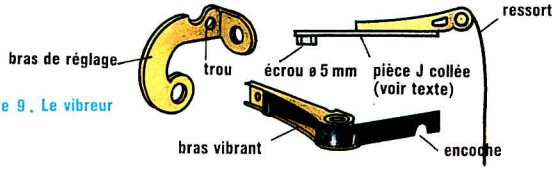
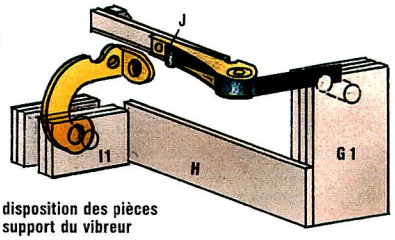


Figure 9. Le vibreur



disposition des pièces
support du vibreur

ve sur le bras de réglage.

Pour assembler la pièce de polystyrène sur le vibreur, on procédera comme suit : chauffer avec précaution, jusqu'au ramollissement, la pièce J ; la poser sur une surface plane et appliquer fortement le bras vibrant disposé comme indiqué ***figure 9*** ; elle se déformera légèrement en épousant les formes intérieures de cette pièce métallique. Réchauffer légèrement son extrémité — sur son autre face — et y appliquer l'écrou de 5.

Lors de ces opérations de chauffage, il faut éviter de brûler le polystyrène ; on n'hésitera pas à s'exercer sur des chutes ni à refaire la pièce J jusqu'à obtention d'un formage impeccable. Il ne restera plus qu'à coller la pièce J sur le vibreur et l'écrou sur la pièce J, avec de la colle cyanocrylate. Si les opérations ont été bien conduites, l'assemblage tiendra parfaitement : le fonctionnement sans failles de notre prototype lors de longs essais en est la preuve.

Le support du bras vibrant est constitué par les trois pièces de G1 à G3 collées superposées; un trou de 4 mm sera percé aux cotes indiquées. Il recevra une borne moletée qui maintiendra le ressort du bras vibrant en passant à travers l'encoche existant sur notre modèle Ducellier ; une cosse à souder sera intercalée. Si le ressort du modèle de rupteur utilisé ne comporte ni trou ni encoche, il faudra bien entendu le percer. La pièce H est destinée à maintenir le support sur le socle.

L'autre contact est constitué par le bras de réglage qui sera pris entre les pièces I1 et I2 d'une part, et I3 & I4 d'autre part comme indiqué ***figure 9***. Là aussi, des bornes moletées fixeront cette pièce tout en permettant son débattement dans le plan vertical, et donc des réglages aisés. Une vis et deux écrous (écrou et contre-écrou pour résister aux chocs) placés dans l'un des trous existant sur cette pièce maintiendront une cosse à souder.

Les pièces terminées seront présentées comme indiqué ***figure 10*** ; les supports et les flasques seront provisoirement fixés au socle les uns et les autres par trois points de colle. A ce stade de la fabrication, ne mettre aucun point de colle entre les joues de la bobine et les flasques. Les collages par points sont suffisamment solides pour permettre essais et réglages ; toutefois il ne faudra pas oublier, lorsqu'elles seront terminées, de décoller et de recoller ensuite solidement toutes ces pièces, opération que nous rappellerons en temps utile.

Le support du bras vibrant sera disposé de telle façon que l'écrou de 5 se présente en face et à quelques mm de l'extrémité dépassant du noyau de la bobine (côté joue A1/A2). Le bras de réglage sera disposé de telle façon que sa pastille de contact touche celle du vibreur. En basculant cette pièce vers l'arrière autour de la tige filetée qui lui sert d'axe, on doit pouvoir la manœuvrer sans peine et l'immobiliser en serrant les bornes moletées.

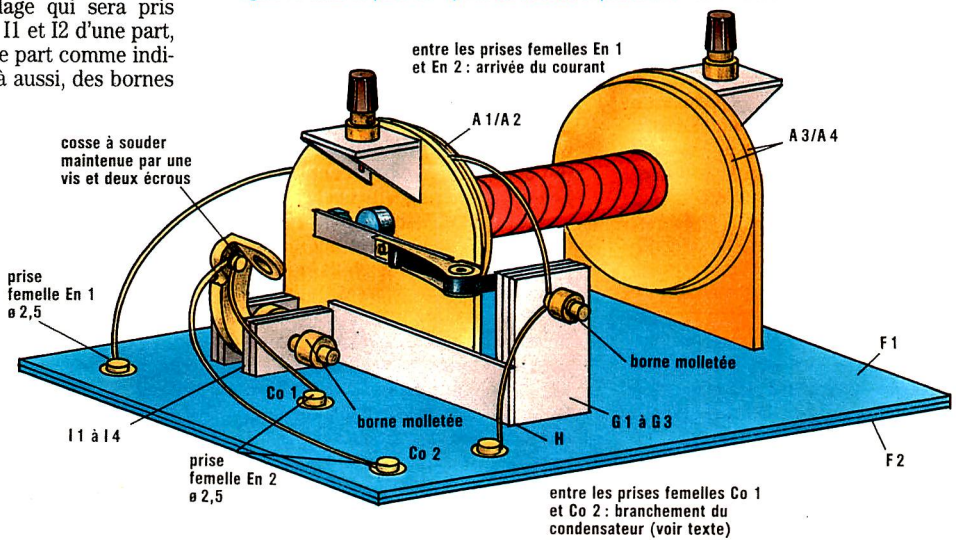
Cela terminé, on va pouvoir essayer le vibreur afin de s'assurer qu'il oscille convenablement. On reliera l'un des fils du primaire à la prise femelle En1 ; l'autre fil sera relié à la borne moletée du support du vibreur et à la prise Co2 destinée à recevoir ultérieurement un condensateur. L'autre pièce du vibreur sera connectée d'une part à la prise En2, d'autre part à la prise Co1. Les prises En1 et En2 seront reliées à une source de courant continu de 9 V pouvant débiter jusqu'à 2 A.

Il est souhaitable d'intercaler dans le circuit un ampèremètre pouvant aller jusqu'à 4 A ; en effet, si le contact reste fermé lors des réglages, la consommation de la bobine est très importante car sa résistance est faible et les piles seraient rapidement épuisées. En surveillant l'aiguille de l'ampèremètre, on voit immédiatement le débit et on peut couper le courant très vite si le vibreur ne se met pas en action.

Si c'était le cas, après avoir vérifié le câblage, il suffira de déplacer à la main le bras de réglage en le faisant pivoter vers l'arrière. En remettant sous tension, le vibreur doit commencer à osciller ; on réglera grossièrement sa fréquence et son amplitude en modifiant la pression du ressort du vibreur sans trop chercher à fignoler, tous ces réglages devant être affinés après avoir bobiné le secondaire, opération que nous ferons le mois prochain.

Renaud de La Taille
Modèle Pierre Courbier

Figure 10. Mise en place du rupteur sur le socle et présentation de la bobine



Un stéthoscope pour votre allumage

ELECTRONIQUE AMUSANTE

Quoi de plus énervant qu'une voiture qui a du mal à démarrer, toussotte ou ne tourne pas rond. Actuellement, ce genre de problème, grâce à la généralistion des allumages électroniques, reste, dans bien des cas, lié à l'état des bougies. Cependant, démonter chaque bougie pour contrôler son état puis la remonter et tenter un nouvel essai reste une tâche fastidieuse. Le petit montage que nous vous proposons de réaliser ce mois-ci devrait permettre de simplifier une telle opération par "oscultation" des signaux électriques présents sur le faisceau d'allumage depuis la bobine jusqu'à chaque bougie. Précisons que l'intérêt de notre montage réside dans le fait que son utilisation ne nécessite aucun démontage de l'allumage ; cela risquerait d'ailleurs d'induire des erreurs de diagnostic. Qui plus est, un certain "apprentissage" sera nécessaire pour être en mesure de distinguer le son produit par une bougie normale de celui d'une bougie "perlée" ou simplement usagée. Néanmoins, l'oreille, pour ce type d'application, étant le sens le plus propice pour la distinction de différences légères, nous avons décidé d'équiper notre montage d'un casque et non d'un dispositif de visualisation, beaucoup plus cher et guère plus efficace.

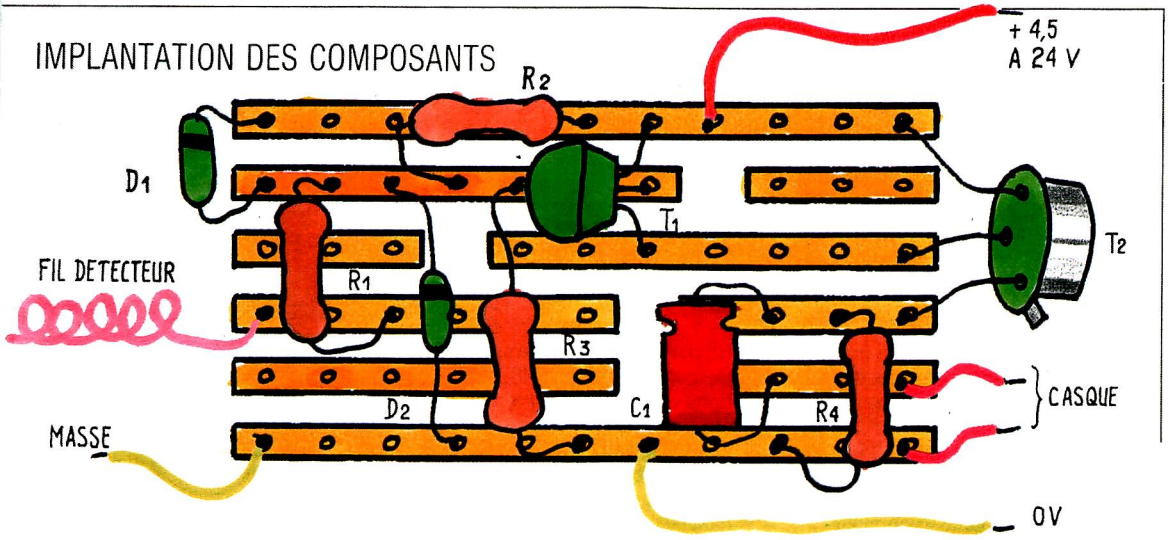
Quoi qu'il en soit, passons maintenant à l'étude de ce montage. Bien souvent, nous vous avons proposé dans ces pages d'amplifier des tensions. Ici, le problème sera inverse. En effet, pour que le moteur fonctionne correctement, l'allumage électronique d'une voiture fournit à chaque bougie une tension de l'ordre de 20 000 volts ; plus qu'il n'en faut pour faire exploser notre casque. Cependant, comme nous avons décidé de proscrire tout démontage, il nous faudra pouvoir détecter la présence de cette tension à travers l'isolant du faisceau d'allumage. Ici donc, si la tension est élevée, le courant récupéré par le montage restera extrêmement faible. Il n'est d'ailleurs guère possible ici de parler de courant mais plutôt de transfert de charges électrostatiques ; le potentiel de notre fil de détection fluctuera sans pour autant fournir, ou débiter, du courant au montage.

Notre "stéthoscope" ne sera donc qu'un amplificateur de courant. Pour effectuer cette tâche, nous utiliserons deux transistors des plus conventionnels montés en darlington. C'est-à-dire que le courant amplifié par le premier sera directement réamplifié par le second puis envoyé au casque par l'intermédiaire d'un condensateur. Notre montage ne réalisera aucune opération sur la tension. Nous serons d'ailleurs obligé de borner ses fluctuations directement en entrée du montage à l'aide de deux diodes, afin d'éviter la destruction, lors d'un faisceau d'allumage poreux par exemple, du premier transistor. Deux résistances de valeur égale (470 kilohms) stabiliseront donc notre fil détecteur à une tension optimale pour le bon fonctionnement des transistors. Ces derniers, à partir de la référence ainsi fixée, seront donc en mesure de fournir des signaux éléctriques exploitables par le casque.

Le câblage de ce montage reste très simple. En effet, il ne nécessite que des composants ne comportant que peu de "pattes". Contrairement aux circuits intégrés — où, bien que n'étant pas représenté sur nos schémas de câblage, il fallait couper systématiquement les pistes conductrices sous chaque circuit —, il vous suffira ici de suivre scrupuleusement nos instructions de câblage pour que le montage fonctionne parfaitement.

Ce dernier n'est pas non plus particulièrement "difficile" en ce qui concerne sa tension d'alimentation. Bien qu'il soit absolument indispensable de respecter sa polarité (+ et −), notre montage fonctionnera parfaitement de 4,5 volts (une simple pile) jusqu'a 24 volts. Pour notre part, nous vous conseillons une pile de 9 volts.

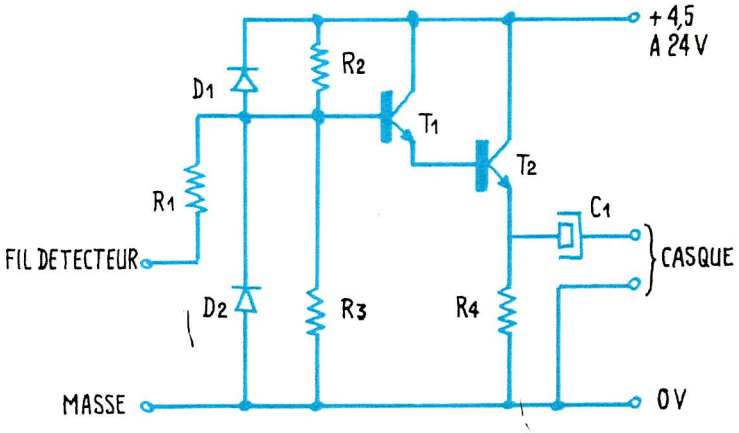
IMPLANTATION DES COMPOSANTS



NOMENCLATURE

R_1 = 4,7 kilohms (jaune, violet, rouge, or)
R_2 = 470 kilohms (jaune, violet, jaune, or)
R_3 = 470 kilohms (jaune, violet, jaune, or)
R_4 = 220 ohms (rouge, rouge, brun, or)
C_1 = 100 microfarads 12 volts
D_1 = 1N 4148 ou équivalente
D_2 = 1N 4148 ou équivalente
T_1 = 2N 3904 ou équivalent
T_2 = 2N 1711 ou équivalent
Une plaquette de câblage
Eventuellement :
— pince à dessin
— pince crocodile
— pile de 9 volts

SCHÉMA ÉLECTRIQUE



Pour terminer, voici quelques conseils d'utilisation de notre stéthoscope électronique. Le plus simple, en ce qui concerne le fil de détection, reste d'utiliser une pince à dessin. Conductrice, elle vous évitera d'avoir à enrouler le fil de détection autour du câble relié à chaque bougie. De même, il sera conseillé d'équiper le montage d'une pince crocodile à accrocher sur un point quelconque de la voiture, mais dépourvu de peinture (alternateur, radiateur ou bloc-moteur), afin d'améliorer la différence de "sons" entre bougie douteuse et bougie fonctionnant parfaitement.

Quoi qu'il en soit, en enroulant une ou deux fois le fil "antenne" sur la branche douteuse du faisceau et en tenant simplement dans la main le fil de "masse" un diagnostic sera déjà possible.

Une bougie "n'allumant pas" présentera sur son fil trois impulsions faibles et une beaucoup plus forte. Inversement, une bougie perlée ou en court-circuit présentera trois impulsions faibles et un "trou". A vous d'apprendre à faire la distinction, en comparant le son produit par une bougie neuve à celui d'une bougie défectueuses.

Précisons que "l'écoute" du fil en sortie de bobine peut servir soit de référence, sur une voiture bien réglée, soit pour diagnostiquer d'emblée un problème de bougie.

Si l'allumage est satisfaisant, le bruit électrique du moteur doit également "tourner rond".

Henri-Pierre Penel

OÙ SE PROCURER LES COMPOSANTS

△ MAGNETIC FRANCE, 11 place de la Nation, 75011 Paris, tél. (1) 43 79 39 88

△ PENTASONIC, 10 boulevard Arago, 75013 Paris, tél. 43 36 26 05

△ T.S.M., 15 rue des Onze-Arpents, 95130 Franconville, tél. 34 13 37 52

△ URS MEYER ELECTRONIC, 2052 Fontainemelon Suisse.

△ Ces composants sont également disponibles chez la plupart des revendeurs régionaux.

Les noms des étoiles

JOURNAL DE L'ASTRONOME

Le simple curieux du ciel, tout comme l'astronome amateur, est sans cesse obligé, dans ses explorations célestes, de se servir de cartes et d'atlas d'étoiles. Il en existe une grande variété pour répondre aux besoins précis des uns et des autres. Encore faut-il, pour en tirer le meilleur parti, savoir déchiffrer le jargon utilisé pour dénommer et classer les étoiles et les objets célestes.

C'est l'Union astronomique internationale qui s'occupe de la dénomination. Cet organisme regroupe les astronomes professionnels de près de 140 pays et a le privilège exclusif de cette opération. Ce rappel n'est pas inutile à l'heure où certaines sociétés, américaines et canadiennes notamment, proposent aux "gogos" l'attribution de leur nom à une étoile, moyennant finances ! Cela est absolument sans valeur et relève de la plus pure des escroqueries.

Il y a quatre mille ans déjà. Dès que les hommes tournèrent leur regard vers le ciel avec l'intention d'en percer les mystères, ils cherchèrent un système commode pour repérer les étoiles. Ainsi, en Egypte, à Babylone, ou dans la Chine antique, naquirent les premières constellations. Pendant des siècles, chaque civilisation va créer ses propres constellations et, surtout, ses propres dénominations.

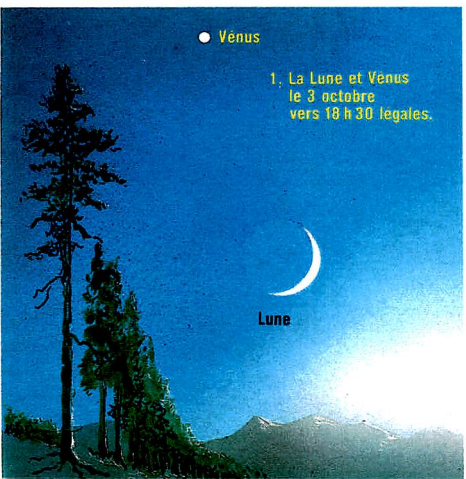
C'est en 137 de notre ère que Ptolémée publie *l'Almageste*, ouvrage dans lequel il compile toutes les méthodes de l'astronomie antique. A ce titre, *l'Almageste* reprend le premier catalogue d'étoiles connu, qui avait été établi par Hipparque en 174 avant notre ère. Ce catalogue décrit 48 constellations et définit la position de 1 022 étoiles. Il fera autorité pratiquement jusqu'à l'époque de Galilée.

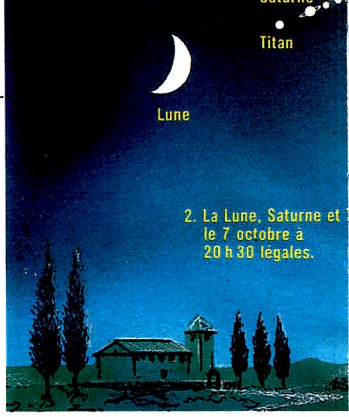
En 1603, l'Allemand Bayer publie son *Uranometria*, comprenant 60 constellations et 1 705 étoiles, et introduit l'usage des lettres grecques pour nommer les étoiles. Il sera suivi, en 1725, par le catalogue de l'Anglais Flamsteed, qui propose la dénomination par numéro. Ces deux systèmes sont encore en vigueur de nos jours.

En 1862, le catalogue *BD (Bonner Durschmusterung)* d'Argelander paraît, avec les positions de toutes les étoiles de l'hémisphère Nord, jusqu'à la magnitude 9,5, soit 459 000 étoiles. Il sera complété pour le Sud par le catalogue de Cordoba (*CD*), en Argentine, avec 580 000 étoiles. Bien d'autres catalogues et atlas ont été établis, regroupant notamment les astres par catégorie : étoiles doubles, variables, types spectraux, mouvements propres, amas ouverts, etc.

Cartes, atlas et catalogues. Pour l'amateur, il convient de distinguer les différentes présentations. On appelle carte céleste la représentation graphique de la position des étoiles dans le ciel. C'est un peu la carte routière du ciel !

On distingue les cartes dites murales, présentées à plat, roulées ou pliées, et de grand format. Elles montrent généralement les étoiles visibles à l'œil nu, magnitude limite 6, soit environ 6 000 étoiles pour les deux hémisphères. Les cartes mobiles comportent un disque mobile dans une chemise cartonnée ou en plastique, pourvue d'une découpe. Convenablement réglées en fonction du jour et de l'heure d'observation, elles indiquent exactement la portion de ciel visible à ce moment-là. Il en existe différents modèles selon la zone géographique d'utilisation.





Les atlas sont une représentation graphique ou photographique du ciel à grande échelle. Alors que, sur une carte, le ciel est représenté en entier sur une seule feuille, les atlas comprennent plusieurs planches. Parmi les ouvrages pour amateurs citons le *Sky Atlas 2000*, établi à l'échelle de 1° par cm en 26 planches, avec toutes les étoiles jusqu'à la 8e magnitude, ou bien le *Falkauser Atlas*, photographique et comprenant toutes les étoiles jusqu'à la magnitude 13, par zone 10° sur 10° en 460 planches. Les atlas cartographiques indiquent la magnitude et le nom de l'étoile et quelquefois les amas, nébuleuses ou galaxies ; ils comportent en outre un réseau de coordonnées. Ceux qui sont photographiques se bornent à la représentation pure et simple de la zone et servent essentiellement de comparaison pour d'autres travaux photographiques. Enfin, les catalogues sont des livres où chaque étoile est répertoriée avec l'ensemble des renseignements la concernant, mais avec toute la précision possible. Ils peuvent être spécialisés et ne regrouper, par exemple, que les étoiles doubles ou que les nébuleuses planétaires. Ils sont le complément des atlas et des cartes et des bases

de données indispensables à un travail de recherche.

Dénomination stellaire. Le profane se pose souvent la question de savoir si toutes les étoiles portent un nom. La réponse est oui, et même, bien souvent, elles en portent plusieurs. Ce problème de la dénomination des étoiles est aussi vieux que l'astronomie elle-même. Au fil des siècles, on peut dire que rien ne s'est simplifié. En effet, les premiers observateurs persans ou arabes qui entreprirent de nommer les étoiles donnèrent des noms aux plus brillantes d'entre elles, soit environ 150 étoiles. Ces noms, bien ancrés dans les habitudes, sont encore en vigueur. Lorsqu'on commença un travail de recherche sérieux, vers le début du XVI[e] siècle, apparut la nécessité de donner un nom à toutes les étoiles visibles. La lunette n'étant pas encore inventée, cela représentait les 8 400 étoiles visibles à l'œil nu. C'est alors que Bayer proposa le système suivant : dans chaque constellation, les étoiles recevraient, en guise de nom, une lettre de l'alphabet grec, en commençant par la plus brillante et en terminant par la dernière visible. Ainsi, chaque constellation comprend une étoile alpha, puis une bêta et ainsi de suite.

L'avénement de la lunette changea complètement les données du problème, en révélant des dizaines de milliers d'étoiles supplémentaires, et le système de Bayer devint totalement insuffisant. John Flamsteed proposa de numéroter chaque étoile à l'intérieur d'une constellation, en commençant par le bord ouest et en terminant par le bord est.

Le système de Bayer et celui de Flamsteed cohabitent toujours. Ils suffisent généralement pour dénommer les étoiles jusqu'à la magnitude 7 environ : au-delà, le nombre d'étoiles est trop important et on se réfère alors à des catalogues plus modernes, qui répertorient des dizaines, voire des centaines, de milliers d'étoiles. Généralement, ces catalogues classent les étoiles par ascension droite croissante et leur affectent un numéro d'ordre, sans se préoccuper du découpage des constellations. Pour désigner une étoile par rapport à l'un de ces catalogues, on fait précéder son numéro d'ordre par les initiales du catalogue en question. Ainsi HD pour le *Henri Draper Catalogue*, BD pour le *Bonner Durchmusterung*, GC pour le *General Catalog*. Cela prévaut aussi pour les catalogues spécialisés, comme M pour le *Catalogue Messier*, NGC pour le *New General Catalog* des nébuleuses et galaxies, ADS pour la *Aitken Double Star*, qui est un catalogue d'étoiles doubles, etc.

Notons, pour terminer ce paragraphe, qu'on a pris l'habitude, dans chaque constellation, de dénommer les étoiles variables par une lettre latine majuscule puis, lorsque le nombre de variables dépasse les 26 lettres disponibles, par deux lettres majuscules.

Les constellations. Si le problème de la dénomination des étoiles était réglé, demeurerait toutefois celui des constellations. En effet, au gré des siècles et des civilisations, les limites et les appellations variaient, certaines n'étant pas reconnues par tous. Bref, après plusieurs siècles de confusion, l'Union astronomique internationale entreprit une remise en ordre. Ce travail dura de 1925 à 1928 et aboutit à la publication, en 1930, du *Catalogue officiel des constellations*.

Ce catalogue, reconnu par les astronomes du monde entier, fixe avec une grande précision les limites exactes des 88 constellations qui découpent la voûte céleste entière. Le nom officiel et international de chaque constellation est son appellation latine (***page suivante***). Il lui est affecté une abréviation de trois ou quatre lettres et un génitif. Ce système évite toute confusion ou problème de traduction d'une langue à une autre. Voici comment l'utiliser : prenons la constellation de l'Aigle, son nom latin est Aquila, abréviation AQL, génitif Aquilae. Pour parler correctement, on dira : Altair se trouve dans l'Aigle, c'est Alpha Aquilae et on écrira Alpha AQL. Bien entendu, chaque langue a effectué une traduction de l'appellation latine de la constellation pour un usage "interne".

Vous avez donc, pour les étoiles les plus brillantes, le choix entre plusieurs apellations, ainsi la Polaire = Alpha de la Petite Ourse = Alpha Ursae Minoris = Alpha Umi = 1 Umi = GC 2243 = HD 8890 = ADS 1477 = SAO 308 = BS 424 ! Attention à ne pas perdre le nord ! (!).

Les observations du mois. Le 3 octobre, en début de soirée (***Figure 1***), la Lune sera en conjonction avec Vénus. La lumière cendrée lunaire et le brillant éclat de Vénus nous promettent un beau spectacle. Le tout à proximité du Scorpion. D'ailleurs, le lendemain à la même heure, le croissant de lune sera à proximité d'Antarès.

Vénus est de mieux en mieux visible le soir et occupera toutes

LES 88 CONSTELLATIONS

Nom latin	Génitif	Abréviation	Nom français
Andromeda	Andromedae	And	Andromède
Antlia	Antliae	Ant	La Machine Pneumatique
Apus	Apodis	Aps	Oiseau de Paradis
Aquarius	Aquarii	Aqr	Verseau
Aquila	Aquilae	Aql	Aigle
Ara	Arae	Ara	Autel
Aries	Arietis	Ari	Bélier
Auriga	Aurigae	Aur	Cochon
Bootes	Bootis	Boo	Bouvier
Caelum	Caeli	Cae	Burin
Camelopardalis	Camelopardalis	Cam	La Girafe
Cancer	Cancri	Cnc	Cancer
Canes Venatici	Canum Venaticorum	CVn	Chiens de Chasse
Canis Major	Canis Majoris	CMa	Grand Chien
Canis Minor	Canis Minoris	CMi	Petit Chien
Capricornus	Capricorni	Cap	Capricorne
Carina	Carinae	Car	Carène
Cassiopeia	Cassiopeiae	Cas	Cassiopée
Centaurus	Centauri	Cen	Centaure
Cepheus	Cephei	Cep	Céphée
Cetus	Ceti	Cet	Baleine
Chamaeleon	Chamaeleontis	Cha	Caméléon
Circinus	Circini	Cir	Compas
Columba	Columbae	Col	Colombe
Coma Berenices	Comoe Berenices	Com	Chevelure de Bérénice
Corona Australis	Coronoe Australis	CrA	Couronne Australe
Corona Borealis	Coronoe Borealis	CrB	Couronne Boréale
Corvus	Corvi	Crv	Corbeau
Crater	Crateris	Crt	Coupe
Crux	Crucis	Cru	Croix du Sud
Cygnus	Cygni	Cyg	Cygne
Delphinus	Delphini	Del	Dauphin
Dorado	Doradus	Dor	Dorade
Draco	Draconis	Dra	Dragon
Equuleus	Equulei	Equ	Petit Cheval
Eridanus	Eridani	Eri	Eridan
Fornax	Fornacis	For	Fourneau
Germini	Germinorum	Gem	Gémeaux
Grus	Gris	Gru	Grue
Hercules	Herculis	Her	Hercule
Horologium	Horologii	Hor	Horloge
Hydra	Hydrae	Hya	Hydre Femelle
Hydrus	Hydri	Hyi	Hydre Mâle
Indus	Indi	Ind	Indien
Lacerta	Lacertae	Lac	Lézard
Leo	Leonis	Leo	Lion
Leo Minor	Leonis Minoris	LMi	Petit Lion
Lepus	Leporis	Lep	Lièvre
Libra	Librae	Lib	Balance
Lupus	Lupi	Lup	Loup
Lynx	Lyncis	Lyn	Lynx
Lyra	Lyrae	Lyr	Lyre
Mensa	Mensae	Men	Table
Microscopium	Microscopii	Mic	Microscope
Monoceros	Monocerotis	Mon	Licorne
Musca	Muscae	Mus	Mouche
Norma	Mormae	Nor	Règle
Octans	Octantis	Oct	Octant
Ophiuchus	Ophiuchi	Oph	Ophiuchus
Orion	Orionis	Ori	Orion
Pavo	Pavonis	Pav	Paon
Pegasus	Pegasi	Peg	Pégase
Perseus	Persei	Per	Persée
Phoenix	Phoenicis	Phe	Phénix
Pictor	Pictoris	Pic	Peintre
Pisces	Piscium	Psc	Poissons
Piscis Austrinus	Piscis Austrini	PsA	Poisson Austral
Puppis	Puppis	Pup	Poupe
Pyxis	Pyxidius	Pyx	Boussole
Reticulum	Reticuli	Ret	Réticule
Sagitta	Sagittae	Sge	Flèche
Sagittarius	Sagittarii	Sgr	Sagittaire
Scorpius	Scorpii	Sco	Scorpion
Sculptor	Sculptoris	Scl	Sculpteur
Scutum	Scuti	Sct	Écu de Sobieski
Serpens	Serpentis	Ser	Serpent
Sextans	Sectantis	Sex	Sextant
Taurus	Tauri	Tau	Taureau
Telescopium	Telescopii	Tel	Télescope
Triangulum	Trianguli	Tri	Triangle
Triangulum Australe	Trianguli Australis	TrA	Triangle Austral
Tucana	Tucanae	Tuc	Toucan
Ursa Major	Ursae Majoris	UMa	Grande Ourse
Ursa Minor	Ursae Minoris	UMi	Petite Ourse
Vela	Velorum	Vel	Voiles
Virgo	Virginis	Vir	Vierge
Volans	Volantis	Vol	Poisson Volant
Vulpecula	Vulpeculae	Vul	Petit Renard

nos soirées d'automne. On suivra avec attention l'évolution de sa phase. On notera également, le 10, sa conjonction à trente minutes d'arc de distance avec une étoile de magnitude 2, Delta Sco.

C'est le jour de son premier quartier que notre satellite sera en conjonction avec Saturne (***Figure 2***). La planète aux anneaux, bien que se couchant vers 22 heures légales, est encore largement observable. Elle est toujours entourée de Neptune et d'Uranus. Jupiter, en revanche, se lève lorsque Saturne se couche. Elle est de mieux en mieux observable, avec une déclinaison positive qui la fait culminer haut dans le ciel.

La période du 8 au 20 est favorable au repérage et à l'observation matinale de Mercure. La meilleure opportunité se présentera le 9 et le 10 vers 6 h 30 (***Figure 3***), soit une demi-heure avant le lever du Soleil.

C'est à la même époque, les 9 et 10, que se situe le maximum de l'essaim des Giacobinides, un essaim d'étoiles filantes liées à la comète Giacobini Ziner dont la densité est variable. A surveiller.

Le 14 se lèvera à l'horizon est ce que nos collègues américains appellent la "lune des Chasseurs". Il s'agit d'une pleine lune particulièrement grosse. Comme d'habitude, une lune à l'horizon paraît plus grosse qu'au zénith : il s'agit là d'une illusion optique bien connue, mais ce lever-là coïncidera avec la plus courte distance Terre-Lune de l'année ; 356 729 km nous en sépareront au lieu de 384 400 en moyenne.

Le 17, vers 22 h 30, la Lune "rasera" l'amas des Pléiades, une occasion pour les débutants de repérer ce très bel amas ouvert. Quatre jours plus tard, un dernier quartier gênera quelque peu, par son éclat, la visibilité du maximum des étoiles filantes de l'essaim des Orionides, dont l'origine semble liée à la comète de Halley.

Nous terminerons le mois par un beau, mais difficile rapprochement au petit matin du 27 (***Figure 4***). Un très fin croissant de lune sera à proximité de la conjonction Mars-Mercure, qu'un degré seulement séparera.

Yves Delaye

(1) Grand choix de cartes, atlas et catalogues à la Maison de l'Astronomie, 33 rue de Rivoli, 75004 Paris. Documentation sur demande pour les lecteurs de *Science & Vie*.

Mathematic's Baby

INFORMATIQUE AMUSANTE

En cette période de rentrée scolaire, le programme que nous vous proposons ce mois-ci s'adresse aux plus jeunes de nos lecteurs, à savoir ceux pour qui l'université n'est encore qu'un projet lointain puisqu'ils viennent tout juste de franchir le cap du CP ou du CE 1. Pourtant, un très abondant courrier nous demande régulièrement de proposer des programmes à vocation éducative. Nous vous avions déjà proposé, il y a environ deux ans, le jeu du "Lapin bleu", qui, à son époque, avait été apprécié de bien des parents désireux que leurs enfants se familiarisent avec l'informatique et, surtout, avec la frappe au clavier, qui ne présente que des lettres écrites en majuscules d'imprimerie.

Dans le même ordre d'idée, nous vous proposons maintenant un petit programme, dont le but est que nos chères têtes blondes réalisent des additions ou des soustractions. Certes, elles resteront relativement simples et, qui plus est, il sera possible à l'enfant de déterminer son niveau de difficulté grâce à deux critères.

En premier lieu, il pourra choisir le type d'opération proposée par l'ordinateur. Addition exclusivement (pour les élèves de CP), soustraction seulement (pour ceux de CE 1), ou mélange de ces deux dernières (pour se familiariser avec la reconnaissance du signe).

En second lieu, le nombre de chiffres maximal que devra comporter le résultat est également

```
10 MODE 0
20 REM  *******************************
30 REM *                               *
40 REM *  SYMBOLE BARRE D'OPERATION    *
50 REM *                               *
60 REM  *******************************
70 SYMBOL AFTER 127
80 SYMBOL 128,0,0,0,255,255,0,0,0
90 REM  *******************************
100 REM *                              *
110 REM *  CHOIX DU TYPE D'OPERATION.  *
120 REM *                              *
130 REM  *******************************
140 PRINT "VEUX-TU:":PRINT
150 PRINT "1 DES ADDITIONS":PRINT
160 PRINT "2 DES SOUSTRACTIONS":PRINT
170 PRINT "3 OU LES DEUX ?":PRINT
180 PRINT "TON CHOIX ?":PRINT:PRINT:PRINT
190 LET M$=UPPER$(INKEY$)
200 IF M$="" THEN GOTO 190
210 REM  *******************************
220 REM *                               *
230 REM *  CHOIX DU NOMBRE DE CHIFFRES *
240 REM *          DE L'OPERATION.      *
250 REM *                               *
260 REM  *******************************
270 PRINT "CHOISIS TON NIVEAU:":PRINT
280 PRINT "1,2 ou 3 chiffres."
290 LET K$=INKEY$
300 IF K$="" THEN GOTO 290
310 REM  *******************************
320 REM *                               *
330 REM *   PRISE EN COMPTE DU CHOIX    *
340 REM *                               *
350 REM  *******************************
360 IF K$="1" THEN LET C=10
370 IF K$="2" THEN LET C=100
380 IF K$="3" THEN LET C=1000
390 LET Z=0
400 REM  *******************************
410 REM *                               *
420 REM *           DEPART JEU          *
430 REM *      POUR 10 PROPOSITIONS     *
440 REM *                               *
450 REM  *******************************
460 FOR U=1 TO 10
470 REM  *******************************
480 REM *                               *
490 REM *        TIRAGE ALEATOIRE       *
500 REM *        DES DEUX NOMBRES       *
510 REM *                               *
520 REM  *******************************
530 LET A=INT (RND*C)
540 LET B=INT (RND*C)
550 REM  *******************************
560 REM *                               *
570 REM *    CONTROLE DE LA VALEUR      *
580 REM *         DE LEUR SOMME.        *
590 REM *                               *
600 REM  *******************************
610 IF A+B>=C THEN GOTO 530
620 REM  *******************************
630 REM *                               *
640 REM *    DETERMINATION DU TYPE      *
650 REM *    D'OPERATION PROPOSEE.      *
660 REM *                               *
670 REM  *******************************
680 LET S=0
690 IF M$="2" THEN LET S=1
700 IF M$="3" THEN LET S=INT (RND*2)
710 LET J=1
720 REM  *******************************
730 REM *                               *
740 REM *  INVERTION DES DEUX NOMBRES   *
750 REM * POUR EVITER QUE LE RESULTAT   *
760 REM *  SOUSTRACTION SOIT NEGATIF.   *
770 REM *                               *
780 REM  *******************************
790 IF S=1 AND A<B THEN LET X=A:LET A=B:L
ET B=X
800 REM  *******************************
810 REM *                               *
820 REM *   AFFICHAGE DE L'OPERATION    *
830 REM *                               *
840 REM  *******************************
850 CLS
860 PRINT "Je te propose:"
870 REM  *******************************
880 REM *                               *
890 REM * REBOUCLAGE POUR TROIS ESSAIS *
900 REM *                               *
910 REM  *******************************
920 FOR J=1 TO 3
930 LET R=0
940 GOSUB 1530
950 REM  *******************************
960 REM *                               *
970 REM *  CONTROLE RESULTAT ADDITION   *
980 REM *                               *
```

programmable de 1 à 3. Notre programme pourra donc être utilisé depuis le plus jeune âge. Notons que quelques pièges, du type 2 + 0, seront régulièrement proposés, mais en aucun cas le nombre de chiffres du résultat, retenues comprises, ne sera supérieur au nombre choisi.

Voyons maintenant l'écriture du programme. En premier lieu, nous demanderons à l'Amstrad de travailler en mode 0 de manière à afficher sur l'écran des caractères aussi grands que possible. Puis, à la ligne 80, nous définirons un symbole graphique qui nous servira, par la suite, à afficher la barre de l'opération. Vient ensuite le choix du niveau de difficulté. Un premier menu, présenté par les lignes de 140 à 180, permettra de choisir le type d'opération posée. Ce choix sera mémorisé par la variable M$. De même, la détermination du nombre de chiffres souhaité sera assurée par les lignes de 270 à 300. Ici, K$ sera utilisée pour sa prise en compte.

En effet, des lignes de 360 à 380, nous affecterons à la variable C la valeur 10, 100 ou 1000 en fonction de K$; valeur que ne devra jamais atteindre le résultat de l'opération proposée. Nous aurons donc ainsi un résultat comportant un, deux ou trois chiffres. Ces deux variables initialisées, nous pourrons entamer la phase de jeu du programme.

En fait, comme nous désirions qu'il représente 10 opérations différentes pour une "partie", il sera encadré par la boucle FOR... NEXT, formée autour de la variable U (ligne 460 et ligne 1300). Nous commencerons ici par déterminer aléatoirement la valeur des deux nombres (A et B) que nous utiliserons pour poser l'opération, puis nous vérifierons que leur valeur est cohérente par rapport au nombre de chiffres que doit composer le résultat. Un test concernant l'addition sera effectué par la ligne 610 ; en fonction du choix, la valeur maximale de la somme de A

```
990 REM  ******************************
1000 IF S=1 THEN GOTO 1080
1010 IF A+B=R THEN LOCATE 8,12:PRINT "BRA
VO !":Z=Z+1:LET J=3:GOTO 1230
1020 IF S=0 THEN GOTO 1090
1030 REM  ******************************
1040 REM *                              *
1050 REM *   CONTROLE R. SOUSTRACTION   *
1060 REM *                              *
1070 REM  ******************************
1080 IF A-B=R THEN LOCATE 8,12:PRINT "BRA
VO !":Z=Z+1:LET J=3:GOTO 1230
1090 LOCATE 3,12:PRINT "REFLECHIS BIEN;"
1100 LOCATE 3,14:PRINT "TU T'ES TROMPE!"
1110 IF J<>4 THEN LOCATE 5,9:PRINT "    "
1120 REM  ******************************
1130 REM *                              *
1140 REM *      REBOUCLAGE SUR ERREUR   *
1150 REM *                              *
1160 REM  ******************************
1170 NEXT J
1180 REM  ******************************
1190 REM *                              *
1200 REM *   BOUCLE DE TEMPORISATION    *
1210 REM *                              *
1220 REM  ******************************
1230 FOR T=1 TO 2000:NEXT T
1240 REM  ******************************
1250 REM *                              *
1260 REM *      OPERATION SUIVANTE.     *
1270 REM *                              *
1280 REM  ******************************
1290 CLS
1300 NEXT U
1310 REM  ******************************
1320 REM *                              *
1330 REM * AFFICHAGE DE LA NOTE OBTENUE *
1340 REM *                              *
1350 REM  ******************************
1360 LOCATE 1,4:PRINT "TA NOTE:";Z;"/ 10"
1370 REM  ******************************
1380 REM *                              *
1390 REM *  DEMANDE DE NOUVELLE SERIE.  *
1400 REM *                              *
1410 REM  ******************************
1420 LOCATE 3,12:PRINT "POUR UN AUTRE "
1430 LOCATE 3,14:PRINT "ESSAI TAPE "
1440 LOCATE 3,16:PRINT "SUR LA TOUCHE 'P'
"
1450 IF UPPER$(INKEY$)<>"P" THEN GOTO 145
0
1460 GOTO 10
1470 REM  ******************************
1480 REM *                              *
1490 REM *   SOUS-ROUTINE D'AFFICHAGE   *
1500 REM *     DES CHIFFRES FRAPPES.    *
1510 REM *                              *
1520 REM  ******************************
1530 IF J=1 THEN GOSUB 1730
1540 IF S=0 THEN LOCATE 4,6:PRINT "+"
1550 IF S=1 THEN LOCATE 4,6:PRINT "-"
1560 FOR I=0 TO 2-ST
1570 LOCATE 8-I,9:PEN 14:PRINT "*":PEN 1
1580 LET K$=INKEY$: IF K$="" THEN GOTO 15
80
1590 LET K=ASC(K$)-48
1600 IF K<0 OR K>9 THEN GOTO 1580
1610 LOCATE 8-I,9:PRINT K$
1620 LET R=R+(K*10↑I)
1630 LOCATE 3,12:PRINT "                "
1640 LOCATE 3,14:PRINT "                "
1650 NEXT I
1660 RETURN
1670 REM  ******************************
1680 REM *                              *
1690 REM * SOUS-ROUTINE D'AFFICHAGE DE  *
1700 REM * L'OPERATION ET COMMENTAIRES  *
1710 REM *                              *
1720 REM  ******************************
1730 LET E=2
1740 IF A>9 THEN LET E=1
1750 IF A>100 THEN LET E=0
1760 LOCATE 5+E,5:PRINT A
1770 LET ST=E
1780 LET E=2
1790 IF B>9 THEN LET E=1
1800 IF B>100 THEN LET E=0
1810 LOCATE 5+E,7:PRINT B
1820 IF ST>E THEN LET ST=E
1830 FOR I=0 TO 5
1840 LOCATE (4+I),8:PRINT CHR$(128)
1850 NEXT I
1860 LOCATE 1,18:PRINT "A TOI DE JOUER:"
1870 LOCATE 1,20:PRINT "INDIQUE LE CHIFFR
E"
1880 LOCATE 1,22:PRINT "QUI DOIT REMPLACE
R"
1890 LOCATE 1,24:PRINT "L'ETOILE:";:PEN 1
4:PRINT " *":PEN 1
1900 RETURN
```

et B ne devra pas être supérieure à 9, 99 ou 999. Au cas contraire, un nouveau tirage aléatoire sera effectué. De même, dans le cas d'une soustraction, nous intervertirons les valeurs de A et B si le résultat obtenu se trouvait avoir une valeur négative (ligne 790). Les lignes de 680 à 700 feront, quant à elles, office d'aiguillage en fonction du type d'opération à proposer. Vient alors l'affichage de l'opération ainsi déterminée. Pour cela, nous utiliserons une sous-routine que nous étudierons plus loin. Notons cependant que, en cas d'erreur sur la réponse fournie, trois essais successifs seront proposés.

Après chaque réponse fournie, un contrôle sera effectué. Il sera réalisé par la ligne 1010 pour une addition et par la ligne 1080 pour une soustraction. Enfin, si le résultat est exact, le programme passera à l'option suivante. Une fois les 10 problèmes proposés, l'ordinateur indiquera la note obtenue (ligne 1360), puis demandera à l'enfant s'il désire faire une nouvelle "partie" ou non.

Notre programme comporte deux sous-routines. La première, comprise entre les lignes 1530 et 1660, permet, d'une part, l'affichage sous la ligne de résultat de chaque chiffre tapé au clavier et, d'autre part, indique, grâce à une étoile, l'emplacement que doit occuper le chiffre à frapper. La seconde, lignes de 1730 à 1900, a pour mission d'afficher sur l'écran l'opération proposée.

La frappe de ce programme ne doit pas poser de problème particulier. Certes, il est conçu pour l'Amstrad CPC, mais il reste parfaitement adaptable à d'autres machines. Précisons que MODE 0 peut être ignoré. Les instructions SYMBOL AFTER et SYMBOL permettent de redéfinir un symbole graphique. De même, LOCATE permet d'effectuer un positionnement du curseur et peut être remplacé par HTAB, VTAB ou PRINT AT, etc. Enfin, PEN permet de choisir la couleur, ou le clignotement, des caractères affichés ; il a pour équivalent, sur le MO 5 par exemple, SCREEN ou, sur d'autres machines, INK. Le reste des instructions basic utilisées demeure en revanche parfaitement standard et peut donc être directement exploité.

Henri-Pierre Penel

Les problèmes de la finale

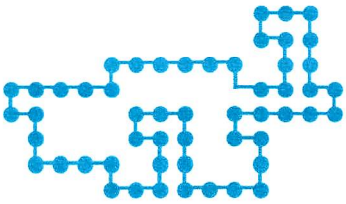
JEUX MATHÉMATIQUES

Faciles ?

Nous continuons ce mois-ci le tour d'horizon des problèmes de la finale du troisième Championnat de France des jeux mathématiques et logiques. Avec des jeux-problèmes posés aux lycéens et aux collégiens. Mais n'allez quand même pas croire que nous avons choisi les plus faciles ! Réponses le mois prochain.

Découpage

Découpez ce polygone en trois morceaux seulement, de façon à pouvoir reconstituer le carré.



Les dix chiffres

Pour écrire en système décimal deux nombres A et B, leur somme S et leur différence, nous avons utilisé une seule fois chaque chiffre de 0 à 9.
Trouver A et B.

La spirale des nombres

Les 1 990 premiers entiers sont enroulés en spirale conformément au diagramme ci-dessous.

Quel nombre se situe exactement au milieu du segment joignant 1789 à 1989 ?

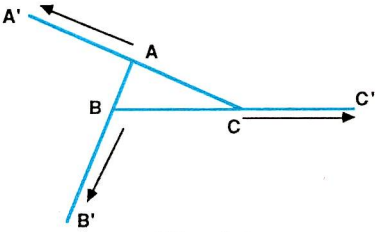
72	73	74	75	76	77	78	79	80	81
71	42	43	44	45	46	47	48	49	82
70	41	20	21	22	23	24	25	50	83
69	40	19	6	7	8	9	26	51	84
68	39	18	5	0	1	10	27	52	85
67	38	17	4	3	2	11	28	53	86
66	37	16	15	14	13	12	29	54	87
65	36	35	34	33	32	31	30	55	88
64	63	62	61	60	59	58	57	56	89

L'expansion de l'Univers

Trois étoiles Alpha, Bêta et Championnat occupaient, le 14 juillet 1789, les positions A, B et C. Les astronomes ont observé qu'elles s'éloignaient les unes des autres, en restant dans un même plan, et en se déplaçant à une vitesse constante suivant les trajectoires rectilignes indiquées sur le dessin.

Ainsi, tous les dix ans, l'étoile Alpha parcourt la distance CA, l'étoile Bêta la distance AB, l'étoile Championnat la distance BC. Lors de la dernière observation, elles occupaient les sommets d'un triangle A', B' C' d'aire 1027 fois supérieure à l'aire de ABC.

Quelle est l'année de cette nouvelle observation ?



Gilles Cohen ▲

REPONSES AUX JEUX DU PRECEDENT NUMERO

Ciel ! : environ 280 km, exactement $50\sqrt{3}(\sqrt{5}+1)$

Théorème des présidents : 6

Référence mutuelle

CADRE A
Dans le cadre B, il y a :
1 fois le chiffre 0
3 fois le chiffre 1
4 fois le chiffre 2
1 fois le chiffre 3
2 fois le chiffre 4
1 fois le chiffre 5

CADRE B
Dans le cadre A, il y a :
1 fois le chiffre 0
4 fois le chiffre 1
2 fois le chiffre 2
2 fois le chiffre 3
2 fois le chiffre 4
1 fois le chiffre 5

Langues-âges : 25 et 85 ans

LIVRES

Y a-t-il un horloger dans l'assistance ?

"L'Horloger aveugle" (1), de Richard Dawkins, est un ouvrage qui a été très bien reçu par la critique dès sa parution en langue anglaise, il y a trois ans.

Par le public aussi d'ailleurs : 150 000 exemplaires en ont été vendus rien qu'en langue anglaise, ce qui est assez remarquable pour un ouvrage qui ne traite ni de la sexualité, ni de l'obésité, ni de l'insomnie, ni de services secrets, ni de la vie privée d'un personnage célèbre, mais de génétique et d'évolution. Comme on le voit, le public a souvent plus de talent qu'on ne le croit.

Dawkins, par ailleurs, n'est pas n'importe qui. Son premier livre, *le Gène égoïste*, avait connu d'emblée un très grand succès en raison de l'originalité de sa thèse. Celle-ci peut être résumée assez simplement : la production d'organismes cohérents est le cadet des soucis de ces entités qu'on appelle gènes ; ceux-ci, en effet, ne pensent qu'à se reproduire, et les organismes ne sont pour eux qu'un véhicule de reproduction.

Les gènes seraient en quelque sorte comparables aux virus, qui ne peuvent se reproduire qu'en s'insérant dans une cellule vivante. Et l'on pourrait, mais cela est une remarque incidente, postuler que les virus ne sont au fond que des ratés de la génétique.

L'Horloger aveugle reprend et développe cette thèse, pour expliquer l'évolution. Dawkins, qui n'est pourtant "que" zoologue et éthologiste (il a été le collaborateur du prix Nobel Tinbergen), s'en tire avec une maîtrise et une clarté qui expliquent son succès. Il est le plus fort et le plus éblouissant, c'est le mot, sur deux points, ceux de la convergence et de la sélection naturelle.

La convergence est un phénomène qui fait que des espèces séparées par l'espace et le temps ont suivi au cours des dizaines de millénaires de l'évolution des chemins parallèles. Chez les fourmis, par exemple, on distingue des "légionnaires" ; ce sont celles qui, lorsqu'elles se déplacent en troupe, « emportent avec elles la reine et la progéniture, œufs et larves étant transportés dans les mandibules des ouvrières ». Or, les fourmis d'Afrique et d'Amérique centrale, qui ne sont pas spécialement apparentées, ont développé des légionnaires aux mœurs similaires. Ce n'est là qu'un exemple, mais il est particulièrement intéressant pour Dawkins : la reine est la porteuse de l'ADN de toute la colonie, et les légionnaires n'ont aucunement l'intention de laisser ce capital en péril, sans protection, quand elles vont chercher de la nourriture. Mais le monde animal fourmille, c'est le cas de le dire, de phénomènes semblables.

La convergence a beaucoup intrigué les biologistes et conforté les antidarwiniens dans une croyance métaphysique. Pour ces derniers, en effet, elle refléterait un plan céleste qui ferait que toutes les fourmis, pour ne parler que de celles-ci, se comporteraient de la même façon parce qu'il n'y aurait pas, au fond, de diversité entre elles (raisonnement qui prétend de la sorte donner un coup de pied à la théorie darwinienne de la spéciation, c'est-à-dire l'apparition des espèces). On a beaucoup glosé dessus et l'on conseillera à ceux qui pataugent dans des raisonnements métaphysiques de lire Dawkins rien que pour son exposé de la convergence. Celle-ci veut que, dans des circonstances similaires, les gènes fassent la même chose.

Les antidarwiniens et pseudo-néodarwiniens qui liront Dawkins devront absorber une potion amère, sous la forme d'une nouvelle démonstration du darwinisme, d'une force et d'une clarté dont les darwinistes avaient bien besoin ces derniers temps.

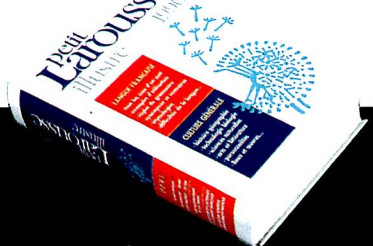
Dawkins reprend, en effet, les phénomènes de l'adaptation et de l'évolution en évitant résolument les chausse-trapes de la taxonomie, où trop de mauvais guides essaient d'attirer le public avec des clins d'œil et des coups de coude, pour leur signifier, après une longue visite, qu'il n'y a pas d'ordre dans les théories darwiniennes, mais de grands trous, bref que Darwin a radoté, que le monde a bien été créé en sept jours comme le dit la Bible, un point c'est tout.

L'Horloger aveugle comporte quelques vues simples et fortes sur la taxonomie, qui n'est pas la révélation immanente et démonstrative d'un système de classification préétabli, mais une façon d'interpréter les systèmes des espèces. L'adaptation a fait tout bonnement que c'est le capital génétique des espèces les plus aptes à un certain milieu qui a survécu. Rien ne peut être expliqué sans lui.

On en vient ensuite au point névralgique, celui de la spéciation. Selon Darwin, les espèces dérivaient les unes des autres, et tout le monde aura en mémoire les divers arbres généalogiques des espèces vivantes. Ce système a été de plus en plus critiqué jusqu'à notre époque, pour les deux raisons suivantes : d'abord, il serait aléatoire, ensuite, il y aurait de grands trous dans la généalogie des espèces vivantes.

(suite du texte page 152)

Contrairement
à l'homme,
plus un Petit Larousse
est jeune,
plus il est savant.



Petit Larousse 90. On en apprend tous les ans.

SAATCHI & SAATCHI ADVERTISING

Dawkins rejette strictement l'argument de l'aléatoire ; le hasard ne joue dans la spéciation qu'un rôle tout à fait mineur ; les mécanismes de la différenciation, qui sont génétiques, obéissent à un ordre rigoureux. Les variations génétiques n'auront d'effet durable que si elles aboutissent à une formule viable. C'est comme un singe qui taperait sur le clavier d'un ordinateur des lettres au hasard sans recevoir aucune récompense de son maître. L'ordinateur éliminerait, en effet, au fur et à mesure les lettres (en fait, les variations de l'alphabet génétique) sans suite logique. Puis le singe taperait "Maître Corbeau sur un arbre perché". Là, l'ordinateur l'enregistrerait.

Le hasard ne pouvait pas créer une phrase logique, phrase comparable à la forme viable d'une série de mutations. L'image, d'ailleurs, n'a rien à faire avec le fameux ouragan imaginé par Hoyle et qui, balayant un hangar d'aviation, assemblerait un Boeing 747, image à laquelle Dawkins règle assez durement son compte. Ce que Dawkins démontre donc est qu'on ne peut pas dire que les mutations soient aléatoires : quand elles se produisent, c'est qu'elles sont possibles.

Les trous, eux, sont une grande affaire de l'évolution. Dans quelles conditions les trouve-t-on ? En gros, quand on repère dans un même terrain des fossiles qui sont apparentés, mais entre lesquels on ne connaît pas d'étape de transition. Or, soutient Dawkins, si l'on n'en connaît pas, cela ne signifie certes pas qu'il n'y en ait pas eu ailleurs. Bref, Dawkins redit ce que Darwin avait déjà dit : c'est que « les archives géologiques sont extrêmement imparfaites ». Voire ! Il eût été suspect qu'elles fussent complètes.

De la sorte, Dawkins rive leur clou à deux grands groupes : d'abord, les créationnistes, qui s'imaginent ou voudraient faire imaginer qu'il y a une succession considérable de créations d'espèces, les unes après les autres, à la suite de catastrophes. C'est absurde pour des raisons évidentes (et foncièrement contraires aux croyances religieuses qui inspirent les créationnistes) ; on ne voit guère comment tout un répertoire d'espèces nouvelles apparaîtrait plusieurs fois de suite à divers moments de l'histoire de la planète.

Ensuite, Dawkins rive leur clou à des néodarwiniens de dénomination et de sérieux divers, depuis les taxonomistes non moléculaires, qu'il appelle avec ironie "les mesureurs de ressemblances", et qu'il ne trouve pas sérieux, jusqu'aux "ponctuationnistes" et partisans des "équilibres ponctués", en premier lieu Niles Eldredge et Stephen Jay Gould, qui sont, eux, d'une autre carrure scientifique. Pour combler les trous, ces deux paléontologistes ont imaginé des phases rapides (pas des sauts, car cela est une autre affaire) qui entrecouperaient des périodes stables ou stases et expliqueraient ainsi des transitions incomplètes au regard de la taxonomie. Eldredge et Gould conservent tout leur mérite quand ils défendent "l'évolution à vitesse discrètement variable" ; ils ont tort, selon Dawkins, quand ils considèrent que la stase est une période de résistance à l'évolution.

Si nous avons bien compris Dawkins, il estime que les périodes de stase prolongée sont rares ; en témoigne le cas du cœlacanthe, exception parmi les exceptions. Il n'y aurait pas, en fait, de stase, même lorsque les phénotypes semblent exprimer les mêmes génotypes pendant une période prolongée. Ce qu'on appelle en génétique la "pression de mutation" ne se relâche jamais et elle conjugue ses effets avec le milieu. Celui-ci exerce en permanence une pression sur l'évolution.

Les résultats obtenus par les sélections d'éleveurs le montrent assez. Il est vraisemblable que nos animaux domestiques, le chat par exemple, ont cessé d'être agressifs par suite d'une adaptation qui s'est opérée pendant quelque huit mille ans et qui fait qu'il est si difficile d'obtenir d'un angora de prix qu'il veuille bien s'intéresser aux souris dans l'appartement : il est tellement gavé qu'il en a perdu ses gènes agressifs.

Ce livre s'impose parce que Dawkins est compétent et qu'il a les idées claires. On pourrait lui adresser deux critiques : la première est qu'il est un peu tranchant et la seconde qu'il semble en plus d'un lieu postuler qu'il existe un rapport entre les gènes et le comportement, idée qu'il serait mieux à même que beaucoup d'autres de développer, ce qu'il ne fait pourtant pas.

Ce qui ne change rien au fait que Dawkins, puisqu'il s'agit ici d'un Grand Horloger qui serait aveugle, a le considérable mérite de remettre les montres à l'heure. Il deviendra passablement plus risqué, quand on l'aura lu, de dire des bêtises et encore plus de les gober.

Gerald Messadié

(1) Robert Laffont, 380 p., 125 F, dans une excellente traduction de Bernard Sigaud.

François Garnier

LE LANGAGE DE L'IMAGE AU MOYEN AGE

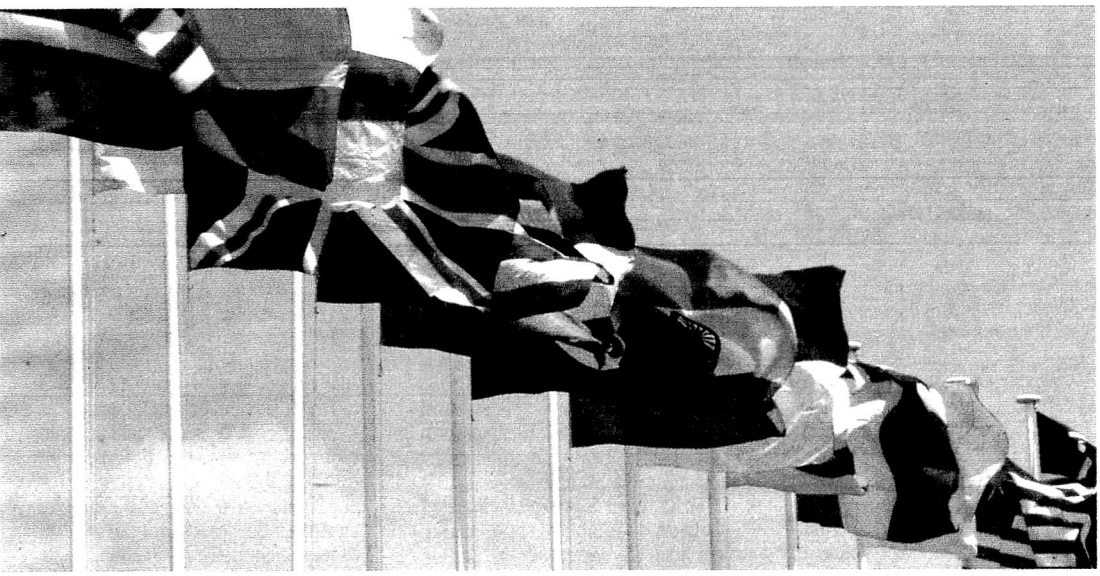
Léopard d'or, t. 1, 179 p., tome 2, 423 p. ; prix total : 660 F.

Dans la France rurale du Moyen Age, quand les paysans n'étaient ni aux champs ni occupés par des travaux domestiques, ils étaient à l'église pour y prier et pour s'y cultiver, car les églises jouaient le rôle de centres de culture. Comme les livres étaient rares et les gens illettrés en majorité, les prêtres se chargeaient de la transmission du savoir. Les vitraux et les enluminures des livres saints étaient des équivalents, pour l'époque, des bandes dessinées. En effet, il ne faut pas oublier leur fonction didactique : raconter des histoires de la Bible, de la vie des saints, mais aussi de la vie de tous les jours, et instruire sur la façon d'assumer son rôle sur la Terre.

Ce langage iconographique étant tombé depuis longtemps en désuétude, la signification de ces histoires nous est aujourd'hui cachée. François Garnier s'est attaché à la reconstituer. La démarche est toute scientifique. Comme il l'explique lui-même : « Elle a pour point de départ une expérience. Le contact avec un grand nombre de documents fait naître progressivement la conviction que ce langage existe, c'est-à-dire que les imagiers, consciemment ou inconsciemment, utilisent une même syntaxe pour s'exprimer. »

Garnier a analysé plusieurs milliers de clichés photographiques, essentiellement des vitraux des grandes cathédrales françaises et des enluminures contenues dans la

(suite du texte page 154)



S.D.S.A. - CONCEPTION GRAPHIQUE: TATOO

Mot de passe : Componic

COMPONIC, c'est le mot de passe pour partir à la découverte des nouvelles technologies des composants électroniques.
COMPONIC, c'est le mot de passe évident pour connaître tout ce qui se dit ou se fait dans le domaine des technologies de composants électroniques.
COMPONIC (nouveau nom du SALON INTERNATIONAL DES COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES) aura lieu du 13 au 17 NOVEMBRE 1989 au Parc d'Expositions PARIS-NORD.
Serez-vous en retard d'une technologie ?

Componic 89

LA CLEF DU SUCCÈS
DE VOTRE ENTREPRISE

Organisation SDSA : 65, avenue Édouard-Vaillant - F 92100 Boulogne-Billancourt - Tél. : (33-1) 46.08.31.32 - Télex : 633 018 F - Fax : (33-1) 46.08.23.12

MINITEL : 3616 COMPONIC

totalité, ou presque, des manuscrits médiévaux conservés dans les bibliothèques. Cela lui a pris vingt-cinq ans. Un véritable travail de bénédictin !

Un exemple pour illustrer les subtilités grammaticales de cette langue : celui de la main, qui est l'organe le plus apte à exprimer une gamme étendue d'idées et de sentiments. C'est ainsi que l'index pointé verticalement vers le haut traduit la volonté d'un pouvoir qui ordonne. Même le Diable affirme son pouvoir par ce geste autoritaire : face à Moïse qui brandit les Tables de la Loi, il oppose aux commandements de Dieu ceux de l'Enfer. L'index pointé horizontalement correspond à l'expression de la pensée personnelle ; il caractérise l'orateur, le professeur, le prophète et, d'une manière générale, tous ceux qui ont pour fonction de communiquer des idées.

A l'instar de la méthode Assimil, chaque exemple est illustré par un dessin, une photo de vitrail ou encore par la reproduction d'une enluminure, en noir ou en couleurs. Travail original, passionné et passionnant. **Pierre Rossion**

Robert Clarke

L'HOMME MUTANT

Robert Laffont, 212 p., 85 F.

Le cerveau de nos enfants sera-t-il plus gros que le nôtre ? Et pourra-t-on faire des greffes de cerveau ? S'adaptera-t-on à la vie dans l'espace ? C'est à de pareilles questions et à bien d'autres que l'auteur, qui est l'un des meilleurs écrivains scientifiques, s'attaque, armé de deux postulats généralement admis : l'être humain est beaucoup plus adaptable qu'on ne pense et il n'a pas terminé son évolution. Une ou plusieurs mutations ne sont pas impensables, surtout maintenant que la science s'en mêle. Bien entraîné, un humain peut descendre à une centaine de mètres sous l'eau et survivre à des froids de — 40°C. S'il est douteux qu'il parvienne jamais à respirer normalement sous l'eau et qu'il puisse réellement vivre dans l'espace, contrairement à ce qu'une littérature excessivement optimiste laisse entendre, il n'est pas arrivé au terme de son potentiel. Le cerveau, par exemple, est modifiable chimiquement et psychologiquement, tout comme le corps, lui, l'est chimiquement.

Clarke expose l'état des questions plutôt qu'il ne tranche. Il cite force expériences destinées à modifier l'homme, et dont plusieurs risqueraient de desservir l'image déjà malmenée du savant. N'importe, autant en être informé. Un grain d'humour par-ci, par-là relève les exposés. Ainsi de la fable de l'électronicien qui a enfin réussi à connecter tous les ordinateurs de la planète et qui leur demande : « Dieu existe-t-il ? » — « Maintenant, oui ! », répond le cerveau central. S'il évoque, à l'occasion, des perspectives douteuses, comme celle de la grossesse masculine, l'ouvrage offre aussi des points de vue provocateurs, comme la possibilité et l'intérêt d'un dopage médical contrôlé non seulement des sportifs, mais encore de tous les humains.

Clarke écrit avec simplicité et précision. On atteint la dernière page sans s'en apercevoir, puis on se dit que c'est un livre à garder à titre de référence. **G.M.**

Renaud Paulian

BIOLOGIE DES COLEOPTERES

Lechevalier, 719 p., 595 F.

On a décrit et nommé 250 000 coléoptères, sur le million d'espèces dont on soupçonne l'existence. Ces insectes ont donné lieu à des travaux se chiffrant par milliers, de la notule à la thèse de plusieurs centaines de pages. Dans ce contexte, on admirera Renaud Paulian de s'être lancé dans la vaste synthèse que voici. Bien entendu, il ne prétend pas être exhaustif, mais après avoir lu son ouvrage, nul ne pourra plus prétendre que ce qui touche aux coléoptères lui est étranger. Nous disons bien "lire" d'ailleurs, car l'ouvrage est plus facile à lire qu'à consulter, faute d'index thématique, faute aussi d'absence de citation de nombreux noms d'auteurs dans le texte. Mais convenons-en, c'est ce qui en rend, justement, la lecture plus commode. Il existe néanmoins une liste de références en fin d'ouvrage.

Certains chapitres, sans nul doute, intéresseront surtout les spécialistes, mais d'autres pourront être lus par tous avec plaisir. Les descriptions des parades nuptiales, les soins donnés aux progénitures, les cas de parasitisme de colonies de termites ou de fourmis, autant de chapitres où l'auteur offre une foule d'informations qui n'étaient accessibles qu'à quelques spécialistes. L'illustration au trait est abondante et précise.

Jacques Marsault

GUIDE DES SOURCES D'INFORMATIONS

Guides du Centre de formation et de perfectionnement des journalistes, 25 rue du Louvre, 75002 Paris, 365 p., 180 F.

Il en est à sa 3e édition, mais il est encore peu connu et pourtant s'impose : il permet aussi bien d'obtenir l'adresse et le téléphone du Centre des informations sur les accidents du travail que celui de l'ambassade du Zimbabwe, du Musée arménien de France, de la Documentation nationale du cadastre, de la Confédération nationale des déchets, du Centre d'information du jazz, ou de la Bibliothèque nordique, autant d'organismes dont certains n'étaient connus que des initiés. Il ne nous a valu qu'une déception : l'école des Hautes Etudes n'y figure pas ! C'est peu en regard du reste. **G.M.**

Jacquelyn Wonder, Priscilla Donovan

UTILISEZ LES POUVOIRS DE VOTRE CERVEAU

Editions du Rocher, 248 p., 99 F.

Il s'agit là d'un déconcertant hamburger de données intéressantes sur les différences fonctionnelles des hémisphères droit et gauche du cerveau, tirées de travaux de neurologie presque exclusivement américains, et de conseils "pratiques" souvent d'une désarmante niaiserie, comme celui-ci, censé réduire le stress : « Si vous devez attendre pendant de longs moments, dansez d'un pied sur l'autre, en exagérant les mouvements, en pliant les genoux et les chevilles. » Faites donc ça dans une antichambre ministérielle et l'ambulance viendra tout de suite. **G.M.**

(suite du texte page 165)

Pour le côté scientifique des choses, il faut lire Science et Vie

Pour trouver une carrière passionnante, il faut lire les offres d'emploi du Nouvel Observateur

L'OBSERVATEUR DES CARRIÈRES.
CHAQUE JEUDI, PLUS DE 20 PAGES D'OFFRES D'EMPLOI.
TÉL. : PIERRE ETIENNE DE MOUSTIER (1) 40.28.48.48.

le nouvel Observateur

Yves Rocard

LA SCIENCE ET LES SOURCIERS

Baguette, pendule biomagnétisme

Dunod, 268 p., 215 F.

Yves Rocard, auquel nous avons consacré récemment un long article (*Science & Vie* n° 855, décembre 1988), a déjà publié le *Signal du Sourcier* (Dunod, 1962), *les Sourciers* (Que sais-je ?, 1981) et *le Pendule explorateur* (ERG, 1983). Rappelons qu'Yves Rocard propose une explication "biomagnétique" du mouvement de la baguette ou du pendule du sourcier.

Cette nouvelle publication tranche parmi les centaines de livres consacrés à la radiesthésie. Elle intéressera aussi bien les radiesthésistes que les sociologues et les historiens des sciences. Elle complète l'excellent, mais ancien, historique de Chevreuil. Elle apporte également une théorie biogéomagnétique très personnelle sur laquelle nous n'insisterons pas, l'ayant déjà critiquée dans le n° 855 de *Science & Vie*. Plusieurs remarques d'ordre général peuvent être formulées. D'abord, la radiesthésie est une forme de divination dont les réussites réelles ou supposées ont suscité des interprétations variées, allant du hasard à la parapsychologie, supposant l'action de "radiations" dont la nature diffère suivant les auteurs. Yves Rocard opte pour la nature magnétique de ces radiations et propose une théorie d'allure très scientifique invoquant des lois physiques très classiques. Autrement dit, avec lui, la radiesthésie passerait du stade magico-empirique au stade scientifique. Rocard crée une discipline nouvelle. Or, il existe des précédents en histoire des sciences. L'astrologie a donné naissance à l'astronomie. Rappelons que Kepler était astrologue. Plus tard, l'alchimie a précédé la chimie. Newton était alchimiste, etc. Mais l'apparition de l'astronomie ou de la chimie correspond à une transformation radicale de l'objet de la recherche et de ses concepts fondamentaux. Dans le cas présent, Yves Rocard reste prisonnier de ses instruments, baguette ou pendule. Il ne sort pas d'une conception divinatoire de son objet d'étude.

Yves Rocard fut convaincu, vers 1957, de la réalité du phénomène sourcier en voyant un maçon normand localiser avec une baguette de coudrier l'emplacement d'un puits à creuser. Il voulut alors réhabiliter les sourciers, « victimes de jugements rapides ». Ajoutons qu'il croit à la réalité des tables tournantes, et se pose en successeur de Mesmer — « tout fumeux qu'il était », ajoute-t-il cependant (page 112).

Sa crédulité apparaît particulièrement dans le chapitre consacré aux "magnétiseurs et supersourciers". Il définit le magnétiseur comme l'individu capable :

1) en appliquant ses doigts "magnétiques" sur l'arcade sourcilière d'un sujet de provoquer la rotation du pendule tenu par ce dernier (cf. l'imposition des mains par le magnétiseur) ;

2) de momifier un morceau de viande en le triturant pendant plusieurs jours (non observé personnellement) ;

3) de se comporter en supersourcier ultrasensible et en guérisseur, mais il n'insiste pas sur ce dernier point.

Il atteint des sommets lorsqu'il admet comme véridique un tour pratiqué par tous les hypnotiseurs et magnétiseurs de music-hall. Le sujet étant debout et les yeux fermés, le magnétiseur se place derrière ce dernier et pose les mains sur ses omoplates. Le sujet tombe en arrière. Yves Rocard explique magnétiquement ce "phénomène". Rappelons qu'une vaste littérature existe à ce sujet et qu'il s'agit d'un trucage banal. Pour explication, renvoyons au petit livre de J. de Mutigny — médecin et illusionniste — *Toute la vérité sur l'hypnose*, Ed. du Spectacle, Strasbourg, 1985, page 9. Cette crédulité pose le problème de la validité des expériences d'Yves Rocard. Tous les lecteurs admettront la parfaite honnêteté de ce travail. Yves Rocard nous précise que « si l'on ajoute aux expériences qui réussissent celles qui échouent, l'impression d'ensemble est défavorable ». Mais il parvient à expliquer magnétiquement les échecs, ce qui prouve son talent de théoricien.

Toute son argumentation repose sur un postulat, non démontré : les petits centres magnétiques (!) des talons, de l'arcade sourcilière, etc., permettraient de déceler des variations minimes du champ magnétique. Celles-ci détermineraient le mouvement des doigts qui tiennent le pendule.

D'un point de vue scientifique, un modèle neurophysiologique, impliquant la collaboration d'un spécialiste — les Drs Changeux ou Jouvet, par exemple —, serait indispensable pour étayer cette construction théorique. En l'absence d'un tel support, l'on peut être intéressé par cette théorie biomagnétique, mais il est permis de rester sceptique sur sa réalité.

Dans ce domaine aux frontières de la science, il faut insister sur le rôle de la croyance. Les radiesthésistes convaincus, Yves Rocard compris, croient en l'existence d'un 6e sens magnétique. Ils enregistrent les succès, expliquent les échecs, refusent les explications simples — suggestion en particulier —, et cherchent une explication faisant appel aux domaines nouveaux de la science — radioactivité, magnétisme — apparemment proches des fluides et des radiations des anciens auteurs.

Les "rationalistes", c'est-à-dire les "scientifiques", exigent des résultats non contestables en tant que faits et cohérents avec l'ensemble de nos connaissances. Or, jusqu'à présent, 1) les faits ne sont pas probants, 2) les réussites (détection d'eau ou de cavité par exemple) sont explicables naturellement, 3) psychologiquement l'autosuggestion existe, et le pendule tournera à proximité d'une voiture s'il a été expliqué au sujet que le pendule devait tourner.

Yves Rocard est un physicien parvenu au plus haut niveau de nos grandes écoles françaises. Dans son domaine de compétence — les mesures physiques, magnétiques, par exemple, et leur interprétation —, il n'est pas critiquable et peut servir de référence.

Il n'en est pas de même en ce qui concerne sa conception biomagnétique de la radiesthésie. En se limitant à la sourcellerie, celle-ci ne concerne pas seulement le physicien, mais surtout le psychophysiologiste, le géologue... et l'illusionniste, toutes disciplines dont la connaissance est nécessaire pour traiter ce genre de problème. Yves Rocard ne les maîtrise pas, et là se trouve sa faiblesse.

Philippe Renault ▲

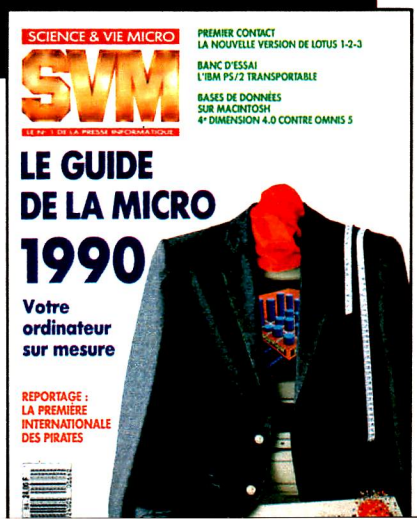
FRUIT DE LA PASSION

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



ECHOS DE LA VIE PRATIQUE

SON

Utiliser un baladeur sans casque

Aux amateurs qui souhaiteraient transformer un baladeur en mini-chaîne d'appartement, la firme britannique Pickering propose Ampli-baladeur I-1000, constitué d'un amplificateur de 7,5 W par canal, de deux enceintes acoustiques et d'un berceau. Cet ensemble reste portable car il mesure 35 × 13 × 6,5 cm et pèse 750 g. L'alimentation se fait sur piles, sur batterie ou sur le secteur. Au moment de l'écoute, le baladeur est branché dans le berceau et les enceintes sont détachées pour être disposées de façon à restituer le son en stéréophonie. Prix : 390 F (Minerac, 8 rue Perdonnet, 75010 Paris).

VIDEO

Un magnétoscope/téléviseur

Jusqu'ici, le magnétoscope de salon n'avait guère servi que d'enregistreur d'émissions de télévision ou de lecteur de cassettes d'édition. La miniaturisation et le recours à des circuits numériques vont lui ouvrir de nouvelles fonctions. Ainsi, Philips lance-t-il ce mois-ci le modèle VR 6880, son premier magnétoscope à écran en couleurs intégré. Constitué de cristaux liquides, cet écran est orientable afin d'améliorer le confort visuel. Utilisé seul, l'appareil devient un téléviseur: il capte n'importe quelle émission. Relié à un récepteur sur lequel est regardé un programme, il permet de surveiller l'émission d'une autre chaîne. Comme magnétoscope classique, enfin, la programmation des enregistrements peut être contrôlée sur l'écran où toutes les données s'inscrivent sur fond bleu. Prix : 8 500 F.

VIDEO

Un camescope populaire

Vous êtes de plus en plus nombreux à posséder un camescope. Vous êtes encore plus nombreux qui désirez en acheter un, et ils sont rares les camescopes coûtant moins de 15 000 F ! Voici un modèle, le CVK 2900 anoncé par Saba à un prix moyen de 9 970 F. D'utilisation simple, il possède tout de même les perfectionnements essentiels : mise au point automatique, analyseur d'image de 420 000 pixels, zoom 8,5-51 mm, obturateur aux vitesses de 1/50 et 1/100 s, viseur électronique, microphone incorporé, dispositif d'enregistrement de l'heure et de la date et toutes sorties pour casque, magnétoscope et appareils audio. Ce camescope permet encore l'arrêt sur image à la lecture et la recherche des séquences en marches avant et arrière.

Le Centre culturel scientifique et technique de Grenoble présentera au public, du 13 septembre au 12 novembre 1989, une exposition sur le thème "Des volcans et des hommes", conçue par F. Le Guern, H. Tazieff et L. Abersten. Le public aura aussi accès à la maquette d'un volcan reconstitué, avec activité aérienne, sous-marine et lac de cratère. Un clavier lui permettra de commander successivement trois séquences : structure du volcan, activité volcanique et métier volcanologue.

AUDIOVISUEL

Un combiné projecteur/ magnétophone

Destiné aux amateurs de montages photographiques sonorisés, le projecteur Kindermann AV 150 Sound intègre un magnétophone stéréophonique et un dispositif de fondu enchaîné. Le magnétophone est doté d'un programmateur électronique permettant l'asservissement du défilement des vues à la bande sonore. Un microphone incorporé est utilisable pour l'enregistrement d'un commentaire sur la bande magnétique. Avec une puissance de 2,5 W, l'amplificateur permet la projection sonore en petites salles.

Le projecteur proprement dit est équipé de deux lampes halogènes de 150 W, d'une mise au point automatique par faisceau infrarouge, d'objectifs interchangeables et d'un écran de contrôle des diapositives à projeter. Prix : 4 950 F.

TELEVISION

Pour monter un film en vidéocassette

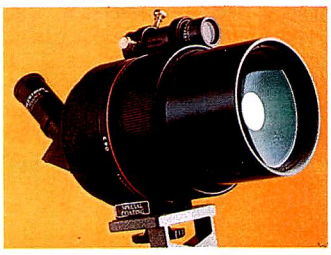
Difficulté majeure en vidéo d'amateur, le montage tend à devenir maintenant un jeu d'enfant avec l'arrivée des tables programmables électroniquement. Dernière née, la table Bauer VEC 568 autorise le montage de n'importe quelle cassette VHS, S-VHS ou 8 mm dans le standard couleur PAL. Elle permet tout d'abord, lors d'une duplication, l'identification des images par numérotation ; ce qui rend ensuite facile le repérage d'une scène par pression sur la touche "Program", puisque les numéros de toutes les image ont été mémorisés. Un contrôle du résultat est possible sur un téléviseur, les scènes programmées apparaissant avec une luminosité normale, tandis que les scènes inutiles sont restituées avec une luminosité réduite.

La mémoire du VEC 568 peut stocker jusqu'à 100 séquences et autorise des corrections. Il est, par ailleurs, possible de réaliser un montage à partir de 19 cassettes vidéo, de repiquer le son original ou d'insérer des éléments sonores supplémentaires. Dimensions : 248 x 65 x 168 mm ; poids : 800 g. Prix : 3 950 F.

OPTIQUE

Une lunette pour voir sur terre et dans l'espace

Un télescope, c'est d'abord un instrument d'observation et de photographie du ciel. Mais certains modèles peu puissants conviennent également pour l'observation terrestre. C'est le cas du dernier Celestron, type 90. D'un diamètre de 90 mm et d'une focale de 1 000 mm, il est utilisable autant pour observer la Lune et les étoiles que pour surveiller la faune sauvage ou pour examiner et photographier un détail d'architecture éloigné. Grâce à un jeu d'oculaires, il rapproche de 35 ou de 55 fois...



permettant par exemple de lire une plaque d'immatriculation à 3 km. Pour la photographie, ce télescope reçoit un appareil 24 x 36 reflex par simple connexion d'une bague. Doté d'une combinaison optique Matsutov-Cassegrain, il ne pèse que 1,6 kg. Un chercheur 8 x 20 fixé sur la monture facilite les repérages. Prix : de 5 300 à 5 900 F selon l'équipement (Maison de l'Astronomie, 33 rue de Rivoli, 75004 Paris).

PHOTO

Le reflex super-automatique de Canon est né

Après Nikon qui avait lancé au début de l'année le F4, premier reflex 24 x 36 professionnel tout électronique, c'est au tour de Canon, son concurrent le plus direct, de proposer un modèle aux possibilités comparables, l'EOS 1. Comme le Nikon F4, l'EOS possède la mise au point automatique (3 programmes) et manuelle, l'exposition automatique (3 programmes aussi) et manuelle, l'exposition automatique au flash avec mesure de la lumière sur le film, un obturateur fonctionnant de 30 s au 1/8000 s et synchronisant le flash électronique jusqu'au 1/250 s, trois systèmes de mesure de la lumière (multizones, sélective, spot), un viseur avec correction d'oculaire de + 1 à - 3 dioptries, l'affichage automatique des sensibilités de 25 à 5 000 ISO et manuelle de 6 à 6 400 ISO, des dos interchangeables et un entraînement par moteur. Bien sûr, il existe tout de même quelques différences entre les deux appareils : le prisme de visée est fixe sur l'EOS alors que le F4 possède des viseurs interchangeables, la commande de surimpression est électronique sur l'EOS et mécanique sur le F4, le miroir ne peut pas être relevé sur commande manuelle sur l'EOS alors qu'il l'est sur le F4. A noter que l'EOS, enfin, est plus léger que son concurrent (890 g contre 1 090 g).

ERRATUM. Dans notre numéro 864 (septembre 1989), une coquille nous a fait attribuer à Sony un combiné radio produit par Sanyo. Il s'agit du Sanyo MCD 950, appareil permettant l'enregistrement à partir de la radio, d'un disque compact et d'une cassette.

VIDEO

Téléviseur à écran orientable et son hi-fi

Les postes de télévision changent. Ainsi, la firme allemande Blaupunkt vient-elle de lancer sur le marché une gamme de récepteurs, les Modular, conçus pour améliorer le confort visuel et auditif du télespectateur.

Par télécommande, il est possible de modifier leur inclinaison dans un angle de 9° et leur orientation horizontale dans un rayon de 40°. Cela permet de diriger l'écran vers l'utilisateur, où qu'il soit dans une pièce.

D'autre part, les Modular sont dotés d'un équipement sonore stéréophonique de haute fidélité constitué de deux haut-parleurs d'aigus, deux haut-parleurs de médium (chaque voie étant alimentée par un étage amplificateur de 25 W) et d'un haut-parleur de graves qui est alimenté, lui, par un étage de 50 W.

Tous les Modular sont des récepteurs multisonores avec 99 mémoires de programmes, deux prises de péritélévision et toutes les entrées pour le raccordement des appareils vidéo et audio. Prix : 9 490 F avec écran de 70 cm et 8 490 F avec écran de 63 cm.

AUDIO

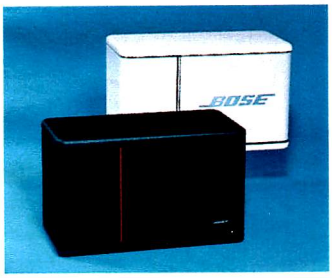
Un pupitre avec sono autonome

A l'intention des conférenciers ou des éducateurs qui s'adressent à un public de 30 à 200 personnes, la société Audio Sud (route de Lavérune, Montée du Terral, 34430 Saint-Jean de Védas) propose l'Ensign, un pupitre de 56 x 61 x 24 cm, pesant 15 kg, facilement transportable et doté de tout l'équipement de sonorisation : amplificateur de 50 W, deux entrées microphone, correcteur de grave et d'aigu, sortie magnétophone, deux haut-parleurs incorporés et prise pour haut-parleur supplémentaire. L'alimentation est assurée par des accumulateurs rechargeables sur le secteur 220 V, chaque charge procurant une autonomie de dix heures environ. Le dessus du pupitre comporte un éclairage de lecture. Quelques dizaines de secondes suffisent à mettre cet appareil en place.

HAUTE-FIDELITE

Des enceintes pour disques laser

En réalisant les enceintes 305, la firme Bose a cherché à améliorer la restitution sonore des sources numériques comme le disque compact ou le magnétophone numérique (DAT). Ces enceintes ont été étudiées avec le Massachusets Institute of Technology (MIT) qui a utilisé ses moyens informatiques de simulation et des mesures en interférométrie laser pour optimiser les transducteurs dans leur réponse aux signaux numériques. Chaque enceinte comporte un haut-parleur pour le grave et le médium de 20 cm et deux pour l'aigu de 7,6 cm. Elle convient à des amplificateurs dont la puissance se situe entre 30 et 100 W. Dimensions : 43 x 25 x 23 cm ; poids : 7 kg.



PHOTO

La mise au point automatique pour 500 F

L'intégration à des puces de perfectionnements conçus à l'origine pour des reflex 24 x 36 coûteux, permet aujourd'hui de les monter à bas prix sur des appareils de grande diffusion. Ainsi le Vision IV AF, dernier 24 x 36 compact du japonais Haking, dont le prix dépasse à peine 500 F, est-il doté de la mise au point automatique avec possibilité de mémoriser un réglage (ce qui permet de fignoler un cadrage après avoir obtenu la mise au point sur un élément déterminé, par exemple le visage d'un personnage). Un obturateur électronique règle l'exposition sur contrôle d'une cellule et un moteur assure l'entraînement automatique du film. L'objectif 4,5/34 mm à trois lentilles est équipé d'un volet de protection qui, fermé, bloque l'obturateur. Le viseur collimaté comporte des repères de correction de la parallaxe. Enfin, l'appareil possède un flash électronique avec touche de commande d'une correction de l'exposition en contre-jour (pour améliorer la restitution des détails dans les ombres).

SON

Porsche dans l'autoradio

Proposé par Grundig, les deux combinés radio-cassette WKC 5500 RDS et 5000 RDS se distinguent d'abord par leur esthétique, aux arrondis prononcés, imaginée par la société allemande Porsche Design. Ce sont aussi des récepteurs à la pointe de la technologie radio automobile. Ainsi sont-ils conçus pour le RDS, le système d'information actuellement en cours d'implantation en Europe et qui, grâce à des signaux numériques diffusés sur la voie FM, en plus du programme FM, permet la sélection automatique de la fréquence assurant la meilleure qualité d'écoute parmi toutes celles qu'utilisent les émetteurs de la région. Divers circuits électroniques contrôlent la séparation de ces émetteurs pour éliminer les interférences et amplifient les signaux trop faibles afin qu'ils ne soient pas couverts par le bruit de fond. De même pour éliminer l'influence des bruits toujours élevés à l'intérieur d'une automobile qui roule, l'amplificateur délivre 40 W par canal sur le modèle 5500 RDS et 14 W sur le 5000 RDS (4 canaux alimentent 4 haut-parleurs). Quant au niveau effectif de l'écoute, il est automatiquement dosé en fonction de la vitesse du véhicule. Le modèle 5500 RDS (prix : 5 500 F) reçoit la FM, les OC, PO et GO alors que le RDS 5000 (prix : 5 000 F) ne capte que la FM, les PO et GO. Tous deux sont équipés d'un magnétophone à cassette et d'un tableau de commandes amovible anti-vol.

3 ACCÉDEZ À LA TÉLÉMATIQUE AVEC UNE CALCULATRICE
5 895 F, chez Link, 252 rue de Vaugirard, 75015 Paris.

5 POUR VOTRE SÉCURITE, DES SACS VISIBLES LA NUIT
100 à 400 F, selon le modèle dans les grandes surfaces et les magasins spécialisés.

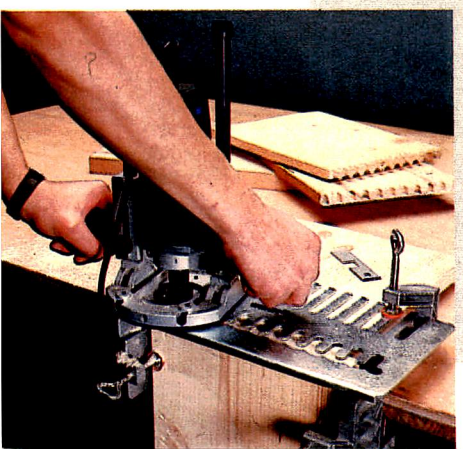
LES OBJETS DU MOIS

1 POUR OBSERVER LA FAUNE AQUATIQUE, DES MOTEURS DE BATEAUX SILENCIEUX
de 2 800 à 3 800 F, chez Marine Power France, BP 52, 78372 Plaisir cedex.

1 Pour s'aventurer en bateau dans des zones protégées, sans déranger la faune, Mercury propose une gamme de moteurs électriques fonctionnant pratiquement sans bruit. Fournissant une poussée de 9,5 à 12,7 kg en marche avant et 4,5 kg en marche arrière, ils fonctionnent sur batterie de 12 à 24 V, avec une autonomie d'environ 4 heures. Le modèle le plus puissant (Thruster T128) propose 8 vitesses grâce à une commutation de 12 en 24 V. Tous peuvent être équipés d'une nouvelle hélice, transparente, en polycarbonate de polyester. Pour ces moteurs, la longueur d'arbre est de 86 à 81 cm, ce qui permet de les monter sur le tableau arrière. Leur poids varie entre 7 et 8 kg.

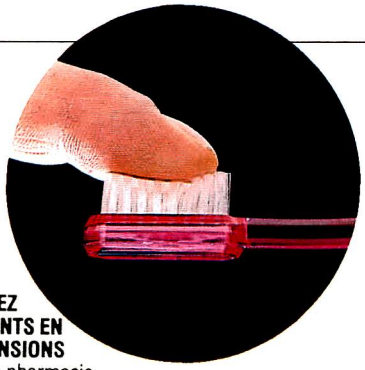
2 UN GABARIT DE FRAISAGE POUR TENONS/MORTAISES
700 F dans les magasins de bricolage et les quincailleries.

2 Avec la rentrée, nombre d'entre-vous vont retrouver les joies du bricolage domestique : étagères, cadres, assemblages divers... Le gabarit de fraisage Wolfcraft permet d'obtenir une finition parfaite lors de la coupe et de l'assemblage en angle droit de pièces de bois. Les deux pièces à assembler sont, en effet, réalisées en même temps, ce qui évite toute erreur de découpe. Le gabarit se fixe sur un établi, comme un étau, comporte un peigne de guidage muni de deux types d'encoches, pour les assemblages par tenons droits (planches tenues verticalement) ou par tenons à queue d'aronde (planches tenues perpendiculairement). Ce gabarit s'utilise avec n'importe quelle fraiseuse défonceuse et tous bois.



3 Lorsqu'elle est utilisée sur l'ordinateur de poche 1360 de Sharp (17 x 8 cm), couplé à un petit modem (kit MDP-1), la carte-programme, réalisée par la société Fornext, permet d'accéder à tous les services télématiques, même ceux de l'étranger. Deux petits coupleurs acoustiques se fixent sur un combiné téléphonique, on compose le numéro de service télématique et l'on obtient, assez lentement il est vrai, le début d'une page de Minitel. Les touches de la calculatrice donnent accès à toutes les fonctions, sommaire, annulation, retard, etc. et il est toujours possible de revenir en mode calcul. Le 1360 de Sharp mémorise 32 pages que l'on peut faire défiler sur l'écran (5 lignes de 37 caractères). Il fonctionne grâce à une alimentation de 6 V autonome, livrée avec le calculateur.

4 Imaginez que pour épouser les formes des dents, les poils de la brosse s'enfoncent plus ou moins à l'intérieur de la brosse où ils sont disposés. Cela permettrait à leurs extrémités de rester en contact avec l'émail, alors qu'avec les brosses conventionnelles, les poils se courbent, réduisant leur capacité à nettoyer. Cette brosse nouvelle sera commercialisée dans quelques mois sous la marque Sanogyl-suspension. Les poils y sont fixés sur une fine membrane élastomère (1/10 mm) dans laquelle ils s'enfoncent, sans plier, pour s'adapter à la denture. Le brossage est plus efficace et moins agressif pour les gencives, car la pression à exercer est plus faible qu'avec les brosses ordinaires. Comme sur celles-ci, les poils sont en matière synthétique et à bouts arrondis. Pour améliorer l'efficacité du brossage, d'autres techniques ont aussi été proposées. Ainsi la brosse Gibbs Professional présente-t-elle une semelle mince et arrondie (partie où sont fixés les poils) et deux hauteurs de fibres relativement fines. La brosse Sanogyl-suspension, de par son mécanisme, ne saurait être aussi fine, mais elle ne nécessite pas de différences de hauteur des poils. Du coup, les



4 BROSSEZ VOS DENTS EN TROIS DIMENSIONS
25 à 30 F, en pharmacie à partir de la fin de l'année.

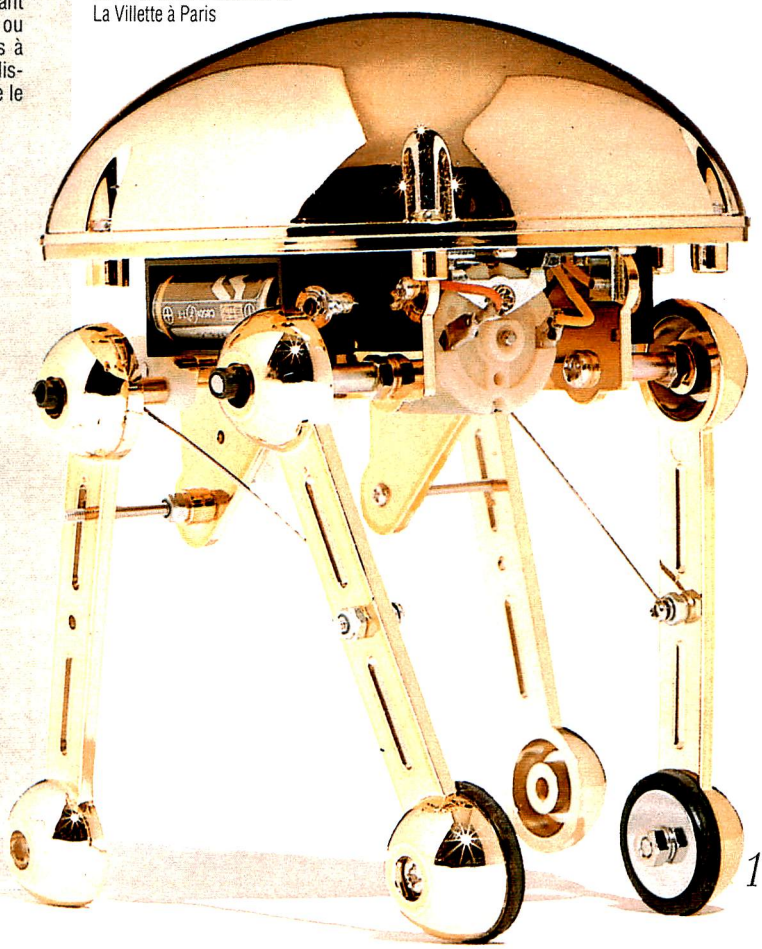
6 UN STYLO PHOTOCOPIEUR
2 790 F, chez Dune, Rond-Point des Champs Elysées, 75008 Paris.

arguments avancés de part et d'autre diffèrent. Les concepteurs de Sanogyl-suspension insistent sur l'efficacité de la tête de la brosse, alors que chez Gibbs, on souligne l'importance du profil donné aux poils et celle du geste, facilité par la forme de l'objet.

5 Sous la marque Scotchbrite, la société 3M présente une gamme de tissus réfléchissant la lumière. Déjà utilisés par les ouvriers travaillant la nuit sur les routes, ils sont maintenant appliqués sur les cartables des écoliers, sacs ou gibecières des randonneurs. Ils sont visibles à 135 m dans les phares des véhicules, une distance suffisante pour que l'automobiliste évite le porteur de tels sacs.

6 Ce photocopieur très compact (143 g), le CP-8 de Casio, contient, dans son boîtier, une tête de lecture électronique et un ruban encreur, qui restituera le texte sélectionné. Sur un papier lisse posé sur une surface plane, on place le CP-8 en position verticale côté copie et on le déplace lentement en ligne droite. Il enregistre alors le document. L'impression se fait en retournant l'appareil, les caractères et graphiques mémorisés sont alors fixés sur le papier grâce au ruban encreur. La largeur maximale de ligne est de 8 mm et le CP-8 peut enregistrer jusqu'à 20 m de texte. Attention, cet appareil ne copie qu'en ligne droite et ne donnera pas de bons résultats si les originaux sont trop sombres. Il va de soi qu'il fonctionne sur pile rechargeable.

7 CLAQUEZ DANS VOS MAINS POUR LE FAIRE AVANCER
490 F, à la Boutique de la Cité des sciences et de l'industrie de La Villette à Paris



7 Execu-Bot n'avance qu'au claquement des mains. Très prisés au Japon, ces petits robots électroniques viennent de faire leur apparition en France. Ils sont dotés d'une mémoire enregistrant le bruit plus ou moins long de chaque claquement et l'utilisent pour rythmer leur déplacement.

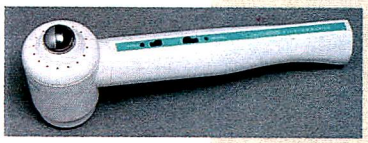
8 UN TÉLÉPHONE DE VOITURE PORTABLE
22 688 F, chez Péri Comunication Service, 137 rue de Paris, 92100 Boulogne.

11 UN SCANNER COULEUR MANUEL
16 500 F dans les magasins d'articles de bureau et d'informatique.

LES OBJETS DU MOIS

8 **Un appareil portable de plus, pourrait-on dire !** Certes, mais celui-ci est original. Il s'agit d'un téléphone de voiture mis au point par Philips pour utiliser la ligne SFR. Ce nouveau réseau téléphonique en cours d'installation en France emploie une seule bande de fréquence, 450 MHz, ce qui permettra, avec le Car-Line, de téléphoner d'une voiture, ou de l'extérieur, dans tout l'Hexagone en 1991 — les radiotéléphones actuels font appel à plusieurs fréquences et doivent donc être recalés suivant le lieu d'utilisation. Léger (4,3 kg), il est doté d'un écran pour faciliter la composition du numéro par le conducteur et propose contrôle du volume sonore, numérotation abrégée, sonnerie réglable, code confidentiel, etc. Ses touches d'appel sont disposées sur la tranche du combiné. Un micro intégré permet de parler sans tenir le combiné. Fonctionne sur batterie 12 V rechargeable en 8 h, avec autonomie de 18 h.

9 UN GÉNÉRATEUR DE VIBRATIONS CONTRE LES COURBATURES
400 F, dans les grandes surfaces.



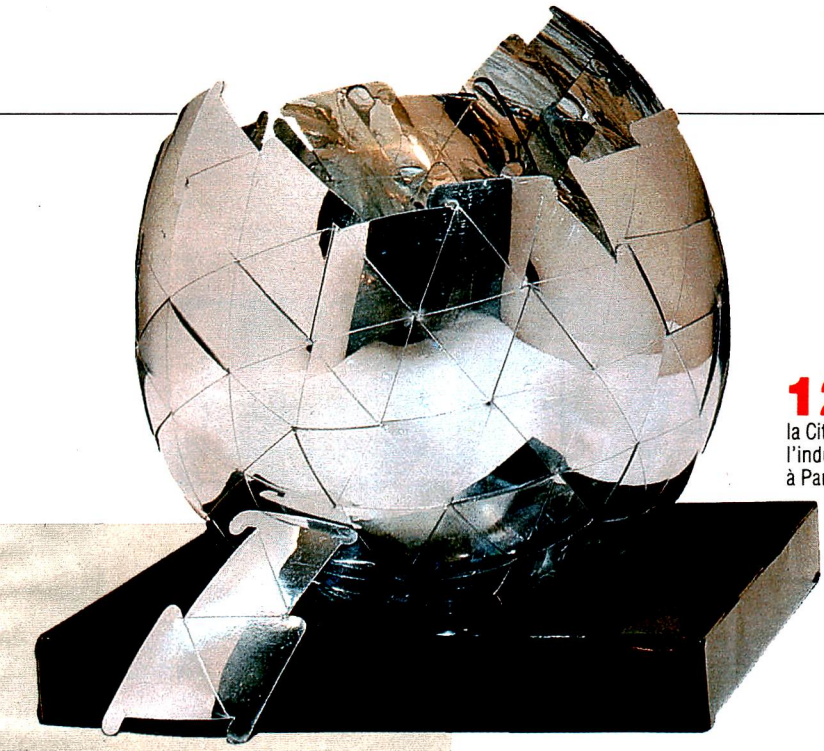
9 Le Vibrotherm, mis au point par la société Chromex, est un combiné vibrant et chauffant. Sorte de "gant" électrique, il peut s'utiliser pour masser un hématome ou décontracter les muscles après un effort. Il présente une face plate et une face munie d'une sphère vibrante et chauffante (60°) qui, appliquée quelques minutes sur l'endroit douloureux, y effectue un massage local. Un sélecteur de puissance (25 W maximum) permet deux modes de vibrations.

10 CALCULATEUR NUMÉRIQUE DE PLONGÉE 2 990 F, en version bracelet, chez Airdif, bd des Océans, 13009 Marseille.

10 Dans *Science & Vie* de juillet (n° 862) nous avions présenté deux ordinateurs de plongée sous-marine. Une firme méditerranéenne, Airdif, nous indique qu'elle en propose un autre, le SME-ML de la marque finlandaise Suunto, doté de quelques fonctions supplémentaires non négligeables pour les plongeurs avertis. Il se présente également comme une console adaptable sur un équipement d'air comprimé de plongée, ou comme un bracelet. Outre les paramètres classiques, profondeur courante, profondeur maximum, temps d'immersion, intervalle de surface, nombre de plongées, etc., l'instrument fournit ses données selon le principe de la décompression continue, au lieu de la décompression par paliers. Il possède également une mémoire de profil complet des plongées. Ces informations sont limitées à l'utilisation autorisée de l'air comprimé, c'est-à-dire 60 m, au lieu de 99,9 m, et 30 min de décompression.

11 Périphérique d'ordinateur, le scanner analyse par balayage un document, texte ou dessin, et le mémorise sous forme numérique, permettant ensuite sa reproduction sur un moniteur ou par tirage sur papier au moyen d'une imprimante. Des modèles de faibles dimensions ont déjà été commercialisés ces dernières années. Dernier-né parmi ces scanners miniatures, le Sharp JX 100 mesure 16 x 32 x 4 cm, pèse 1 600 g et s'utilise à la main. Muni d'une interface RS 232 C, il est adaptable à tout micro-ordinateur de type PC, XT, AT et Apple ou compatibles. Cet instrument peut numériser en un seul passage des documents d'environ 12 x 18 cm en 60 secondes avec une résolution de 80 points/cm en couleur et 10 secondes en noir et blanc. Doté d'un analyseur à transfert de charge, il peut séparer 260 000 couleurs et 64 niveaux de gris. Connecté à un ordinateur, il permet bien entendu toutes les fonctions classiques des logiciels graphiques. Il sera disponible en novembre prochain.

12 Un puzzle sphérique ? Impossible ! Et pourtant voici une reproduction de la Géode de la Cité des sciences. D'un diamètre de 160 mm, cette maquette montre comment la



12 LA GÉODE EN PUZZLE
80 F, à la Boutique de la Cité des sciences et de l'industrie de La Villette à Paris.

courbure d'une sphère peut être obtenue à partir de triangles. Les 60 pièces — 240 triangles, groupés par 4, qui reproduisent les facettes du bâtiment (6 433 dans la réalité) — s'accrochent grâce à un astucieux système de découpe.

13 Le Run-Mate, préprogrammé et équipé d'une calculatrice à mémoire, permet l'évaluation d'une distance à partir d'une carte. Géographique, routière ou marine. On choisit l'unité de mesure (km, mile ou mille marin) puis l'échelle. Un message clignote sur l'écran lorsque les données sont enregistrées. En promenant la roulette de mesure sur la carte, l'instrument indique directement la distance représentée à l'échelle. Le Run-Mate peut aussi être utilisé en calculatrice ; ses fonctions supplémentaires offrent le calcul de la circonférence d'un cercle, son aire, la contenance d'un cylindre ou d'une poutre, etc. De la taille d'un gros stylo, il est très maniable.

14 Sœur du Rubik's Cube, la Rubik's Clock est un casse-tête dont la gageure consiste à mettre 18 pendules (9 sur chaque face) à la même heure, midi ou minuit. Les aiguilles se déplacent simultanément des deux côtés. Quatre roues crantées entraînent ces horloges, et quatre boutons permettent d'en bloquer le mouvement. Il va de soi que c'est un jeu de patience... et, il va sans dire, de réflexion.

Les textes des Echos de la vie pratique ont été réalisés par Roger Bellone, Pierre Courbier, Lionel Dersot, Habib Eljari et Christine Mercier. ▲

13 UN STYLO-CURVIMETRE
899 F, chez Metland France, 3 rue des Deux Boules, 75001 Paris.

14 LE CASSE-TÊTE DE RUBIK
150 F, à la Boutique de la Cité des sciences et de l'industrie de La Villette à Paris.

LA FRANCE EN CHIFFRES

UN NUMÉRO HORS SÉRIE DE

SCIENCE & VIE

ECONOMIE

Ce document de 180 pages fait le point complet sur l'économie du pays. Les secteurs clés, les grandes évolutions, les régions, le poids de la France, tout est parfaitement mis à jour et répertorié dans ce panorama de l'économie française.

PARUTION LE 14 OCTOBRE. 48 F

TREMBLEMENTS DE TERRE SUR RENDEZ-VOUS

(suite de la page 53)

l'insuffisance de moyens dont souffrent en l'occurrence tous ses collègues : la quantité et la qualité des troupes qui ne dépendent que de lui et le fait qu'il puisse les engager dans ce genre de bataille suffiraient, s'il en était chargé, à rendre les secours plus efficaces qu'ils ne le sont (à condition, bien sûr, qu'il s'agisse de troupes préalablement instruites dans cette optique, et non les troupes habituelles que l'on n'a que trop vues, en trop de lieux de par le monde, être de peu d'utilité, sinon même être nuisibles en ce genre de circontances).

» De surcroît, le ministre de la Défense dirige des armées dont, officiellement, l'unique mission est de répondre à une agression. Que celle-ci soit celle d'une puissance étrangère ou de la très puissante nature n'y change pas grand-chose, et ce ministre n'aurait donc aucune difficulté supplémentaire à surmonter pour ajouter les menaces naturelles à celles qu'il est jusqu'ici chargé de prévenir.

» Plus encore : quelle que soit, dans la grande bataille des secours d'après-catastrophe, la part prise par les organismes civils, tant publics que privés, elle sera toujours — y compris aujourd'hui où le ministre de l'Intérieur a la charge de livrer ladite bataille — nettement inférieure à la part prise par les contingents et les matériels militaires. Plutôt donc que de confier cette très lourde mission à un ministre de l'Intérieur qui ne dispose en propre que des seuls pompiers (qui ne sont pas obligés de demeurer en leur ville pour y assurer les indispensables services de sécurité qu'ils fournissent quotidiennement), et qui sera par conséquent obligé de demander à son collègue de la Défense de lui prêter une partie de ses unités et de ses matériels, pourquoi ne pas en charger d'emblée ledit ministre de la Défense, lequel, de toute façon, dispose des personnels et des matériels nécessaires ?

» Je sais ce qu'une telle "révolution" peut soulever de réticences, d'hostilités diverses et de rejet dans le microcosme concerné, combien elle va choquer certains et en indisposer d'autres, mais faut-il une fois de plus sacrifier l'intérêt général aux intérêts particuliers ? Faut-il subir la pression des lobbies plutôt que de respecter l'éthique de sa fonction, demeurer dans un conservatisme frileux au lieu, avec un zeste d'audace, de rénover ce qui est vétuste ? Faut-il, comme toujours, ne rien faire jusqu'à ce que la catastrophe prochaine impose les indispensables réformes ? Ces questions et cette alternative se posent aujourd'hui à toutes les nations de la Terre. Ce qui était impossible hier — se protéger efficacement du risque sismique — est désormais accessible : on sait prévoir les tremblements de terre, on sait construire des édifices qui leur résistent, et l'on pourrait sortir des habitudes désuètes et inefficaces pour organiser les secours... »

Présentation de Roger Bellone

Votre solitude, c'est uniquement dans votre tête

En fait, cela n'existe pas. Parce que vous êtes unique. Il y a des êtres formidables qui ne demandent qu'à vous rencontrer, précisément pour cette raison. Comment faire pour que leur chemin et le vôtre se croisent ? Votre seule chance est-elle de multiplier vos rencontres, en faisant confiance au hasard ?

Pour trouver le bonheur à deux, il ne suffit pas de rencontrer beaucoup de personnes. Il faut aussi que celles-ci aient une sensibilité profonde réellement compatible avec la vôtre.

C'est cette aventure que Ion International vous propose : rencontrer des personnes qui souhaitent découvrir un être comme vous, dès lors que leur personnalité, définie par une Etude Psychologique, correspond à la vôtre. Et cette aventure ne peut que réussir puisque votre inscription est valable jusqu'au choix définitif.

opp - Image Bank - L.D. Gordon

Pour recevoir une documentation complète :
Faites 36.15 code ION sur votre Minitel ou retournez cette demande.

Veuillez m'envoyer gratuitement et sans engagement, sous pli neutre et cacheté, votre livret d'information en couleurs.

M., Mme, Mlle .....

Prénom ..... Age .....

Adresse .....

■ PARIS (75009) 94, rue Saint-Lazare
Tél. : (1) 45.26.70.85 +
■ TOULOUSE (31300) 16, rue Nungesser-et-Coli
Tél. : 61.59.48.58
■ BRUXELLES (1000) rue du Marché-aux-Herbes 105 BP 21
Tél. : 511.74.30
■ GENEVE (1206) 4, route de Florissant.
Tél. : (022) 46.84.88. SV 32

Ion International
UNE LIBERTÉ EN PLUS.

VOYAGE AU CENTRE DES TERRES RARES

(suite de la page 106)

causée par ces radiations. Les verres contenant des terres rares résistent bien à la lumière solaire et sont utilisés non seulement pour les fenêtres, mais aussi pour les lunettes de soleil. Les ions cériques offrent, quant à eux, une protection contre les radiations très énergétiques, comme les rayons X et gamma ; on les emploie dans les vitres soumises à un fort rayonnement, dans l'industrie nucléaire, ou plus couramment pour éviter le brunissement de la face avant des tubes cathodiques dans les téléviseurs (3).

En joaillerie. En mélangeant dans des proportions déterminées un oxyde d'yttrium (15 % en poids) à un oxyde de zirconium, on obtient un cristal aux propriétés de dureté, de durabilité et de brillance proches de celles du diamant, à des coûts de fabrication extrêmement intéressants.

En optique de précision (microscopes, objectifs photographiques, etc.), les verres spéciaux à haut indice de réfraction et faible dispersion contiennent jusqu'à 40 % de leur masse en oxyde de lanthane, qui, à la différence d'autres terres rares, n'absorbe pas la lumière visible et présente une excellente transparence. Il faut assurer à l'oxyde une pureté de 99,9 %, la présence d'autres terres rares se traduisant, nous l'avons vu, par une coloration indésirable dans ce cas.

A l'inverse, on peut opacifier le verre (pour le carrelage, la vaisselle) en y intégrant de l'oxyde de cérium ou de praséodyme, qui donneront respectivement un verre blanc et jaune.

L'oxyde de cérium (CeO_2) s'emploie pour le polissage du verre ; il possède une dureté proche de celle du verre, ce qui est nécessaire pour le travail d'abrasion, mais, de surcroît, il attaque le verre chimiquement, d'où une action plus rapide.

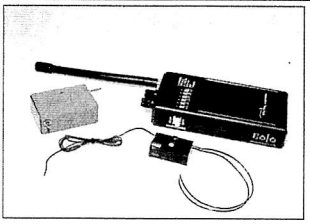
Dans l'éclairage et les écrans TV en couleurs. La première application industrielle de l'oxyde de cérium, on s'en souvient, fut le manchon Auer, qui devient luminescent sous l'effet de la chaleur de la flamme. Le résultat, pour l'époque, était étonnant ; la luminescence des terres rares souleva l'enthousiasme des profanes et l'intérêt des scientifiques. Mais il a fallu attendre les années 60 pour donner toute sa valeur à cette propriété physique des terres rares, grâce à la fois aux procédés de séparation chimique, désormais élevés au stade industriel, et à l'apparition de la télévision en couleurs. Les luminophores, qui forment la couche sensible du tube cathodique, doivent non seulement durer longtemps et fournir une très bonne luminosité, mais aussi donner une couleur parfaitement définie. L'emploi du vanadate d'yttrium activé à l'europium dans les écrans de télévision en couleurs a considérablement stimulé l'exploitation des terres rares.

C'est encore le besoin de couleurs pures qui a fait adopter les terres rares pour l'éclairage fluorescent. Dans les lampes et les tubes de ce type, une décharge électrique à travers la vapeur de mercure provoque l'émission de lumière visible, mais surtout d'ultraviolet ; le rôle du luminophore déposé sur les parois est de convertir l'UV en lumière visible. Avec des luminophores aux émissions strictement définies, on peut, par le mélange des trois couleurs fondamentales convenablement dosées, obtenir avec de tels tubes une lumière très semblable à celle du jour. L'europium joue ici aussi un rôle prépondérant.

En radiologie. La luminescence peut également être induite par les rayons X, d'où son utilité en radiologie. Un écran fluorescent est placé devant l'émulsion photographique ; il absorbe les rayons X et émet de la lumière visible, plus apte à impressionner la couche sensible. Les luminophores à base de terres rares tendent à remplacer l'oxyde mixte de tungstène et de calcium employé à l'origine ; leur rendement très supérieur permet en effet

(3) Il va sans dire que les écrans TV ou informatiques arrêtent totalement les rayons.

SPECIAL SURVEILLANCE



MATERIEL
PROFESSIONNEL
GARANTI
2 ANS

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
Enregistrement automatique & simultané possible.

Egalement disponible une gamme complète de matériel de contre surveillance : DETECTEUR DE MICROS ESPIONS ; DETECTEUR D'ECOUTE TELEPHONIQUE ; EXTERMINATOR, ELIMINATOR, pour la mise hors service de tous systèmes d'écoutes téléphoniques.

CATALOGUE GENERAL SUR SIMPLE DEMANDE

CRELEC
voir, entendre, se défendre
6, rue des Jeûneurs - 75002 PARIS
Tél. : 45.08.87.77
Fax : 42.33.06.96

de réduire le temps d'exposition et de diminuer la quantité de cristaux d'halogénures d'argent dans la pellicule photographique.

Dans les lasers. Quand on les irradie ou qu'on les chauffe, les terres rares émettent chacune une lumière dans une longueur d'onde bien précise et bien spécifique, propriété fort recherchée en technologie laser ; certaines sont en effet utilisées dans les lasers de haute puissance.

Dans la fabrication d'aimants permanents. En 1969, les chercheurs découvrent qu'en introduisant du samarium dans un alliage à base de cobalt on obtient un aimant permanent formidablement résistant à la désaimantation et dont la puissance est plus de trente fois celle du traditionnel "fer à cheval" en acier, et six fois celles des ferrites, les meilleurs aimants à l'époque. Les terres rares font alors une entrée triomphale dans l'univers magnétique. Elles permettent de fabriquer des aimants beaucoup plus petits pour une même puissance, et donc de miniaturiser et d'alléger de nombreux systèmes tels que les écouteurs de Walkman, où la restitution du son demeure néanmoins excellente. Les aimants samarium-cobalt représentent un tel progrès que, malgré leur prix élevé, ils ont remplacé les électro-aimants dans la plupart des moteurs de petite et de moyenne puissance.

Cependant, les chercheurs s'orientent maintenant vers des alliages fer-terres rares, car le cobalt est un matériau stratégique qui augmente considérablement le prix de revient. Les puissances les plus importantes ont été obtenues avec des aimants ferbore-néodyme. Découverts en 1983, ces derniers ont déjà la même part de marché que les samarium-cobalt. Toutefois, ce nouveau matériau ne garde son aimantation que jusqu'à 300 °C (alors que le samarium-cobalt résiste jusqu'à 700 °C), ce qui interdisait des applications intéressantes telles que les démarreurs de voiture. Mais, dans ce dernier cas, General Motors semble avoir résolu le problème puisque la firme se prépare à commercialiser des démarreurs au fer-bore-néodyme.

Dans l'informatique. Une des plus récentes applications des terres rares concerne les disques magnéto-optiques, qui sont des mémoires informatiques d'une très forte densité.

Malgré leurs multiples avantages, les terres rares présentent deux inconvénients de taille. Le premier, c'est que les plus intéressantes sont aussi les plus rares, donc les plus chères. Pour contourner ce problème, il faudrait trouver des applications rentables aux terres rares les moins rares pour compenser la cherté des autres. Le second, c'est que la majorité des réserves mondiales se trouvent... en Chine.

Olivier Bedué, Valérie Borde, Didier Chaloupe et Franck Maubuisson,
de l'Ecole nationale supérieure de chimie de Paris

Comment j'ai réussi à tous les examens et concours où je me suis présenté

Pendant des années, j'ai peiné dans mes études, j'ai beaucoup travaillé et pourtant je n'obtenais que des résultats moyens. Et puis, un jour, tout a changé. J'ai rencontré un professeur qui m'a expliqué que dans les écoles, les collèges, les lycées, on nous apprenait beaucoup de choses, mais pas l'essentiel. Car, l'essentiel (et c'est par là qu'il faudrait commencer), c'est de connaître les techniques modernes de l'apprentissage. Il faut d'abord «apprendre à apprendre» me dit-il.

J'ai appris à lire deux fois plus vite. Et il me révéla des techniques surprenantes qui permettent de lire deux fois plus vite, d'étudier en moitié moins de temps, de retenir tout sans effort. Pour me donner un exemple, il m'enseigna comment se rappeler instantanément et après une seule lecture, une liste de 50 mots quelconques n'ayant aucun rapport entre eux. J'en fis l'essai et je réussis aussitôt. Il me montra comment, de la même manière, on peut retenir instantanément 20 nombres de 4 chiffres en ne les ayant lus qu'une fois. J'essayai et je réussis également. Il m'expliqua aussi comment se trouver psychologiquement dans les meilleures conditions lors d'un examen, comment être plus efficace à l'oral.

On peut connaître l'essentiel d'un livre en une heure. Il m'apprit ensuite à retenir une conférence sans notes et m'indiqua une méthode stupéfiante de simplicité pour connaître l'essentiel d'un livre de 300 pages en une heure. J'appris également à avoir la forme physique pour l'examen, à améliorer mon expression orale, à tirer grand parti d'un magnétophone pour faciliter l'étude, à développer mon pouvoir d'attention et de concentration, à améliorer ma volonté et à contrôler mes émotions.

Un vrai miracle pour réussir. Le résultat de tout ceci, j'ose à peine l'écrire, car cela paraît immodeste, c'est qu'en travaillant sans fatigue, j'ai obtenu à partir de ce jour les plus brillants résultats: j'ai décroché mon baccalauréat (mathématiques) du premier coup, j'ai été reçu à HEC après un an de préparation seulement, j'en suis sorti dans les 25 premiers, et pour me distraire, j'ai passé en même temps avec succès quelques autres examens en langues, comptabilité, droit, etc.

Avec cette méthode, il est tellement facile de réussir brillamment n'importe quelles études, que j'ai voulu en faire bénéficier tous ceux que cela intéresse. Je l'ai rédigée et améliorée encore avec des psychologues spécialistes de la mémoire et de l'apprentissage. Il est évident que ceux qui appliquent cette méthode bénéficient d'un avantage considérable par rapport à ceux qui en ignorent les principes.

Etudiez mieux, avec moins d'effort. N'hésitez donc pas à vous donner cet atout extraordinaire. Vous aussi, vous pouvez étudier avec moins d'effort et davantage de résultats, réussir facilement tous vos examens ou concours en appliquant la méthode dont je viens de parler. Pour en savoir plus, demandez la brochure gratuite offerte ci-dessous, mais faites-le tout de suite, car actuellement, vous pouvez profiter d'un avantage supplémentaire particulièrement intéressant.

Marc A., HEC

GRATUITS! 1 brochure + 1 test

Découpez ce bon et renvoyez-le à Service X, Centre d'Etudes, 1, av. Stéphane-Mallarmé, 75017 Paris. *Veuillez m'envoyer votre brochure gratuite «La méthode infaillible pour réussir études, examens et concours» et me documenter sur l'avantage indiqué. Je joins 3 timbres pour frais (étranger: 5 coupons-réponse).* X14V

Mon nom: .....

Prénom: .....

Mon adresse complète: .....

Code postal: ..... Ville: .....

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 7065, 35 rue Collange 92303 Paris-Levallois, Tél. : (1)42.70.73.63

BON D'INFORMATION GRATUITE

à compléter et retourner à ICF, service 7065
35 rue Collange 92303 Paris-Levallois.

Veuillez m'envoyer à l'adresse ci-dessous, la documentation complète sur votre méthode.

Nom : .....

Adresse : .....

.....

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 :

- **Examens européens de langues**
- **Chambre de Commerce Etrangères**
- **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 4928
35, rue Collange - 92303 Levallois.
Tél. : (1) 42.70.81.88

LE PÈRE OUBLIÉ DE LA RECHERCHE FRANÇAISE

(suite de la page 58)

day, dont l'œuvre l'a inspiré ; fils d'ouvrier forgeron, celui-ci débute comme garçon de courses chez un libraire-papetier, pour devenir ensuite relieur, prenant ainsi connaissance de nombreux ouvrages savants qui feront de lui une sommité mondiale de la physique et de la chimie.

Parmi d'autres autodidactes brillants, dont Jean Perrin avait plus spécialement fréquenté la pensée, il y avait justement Amadeo Avogadro, qui commença comme secrétaire de préfecture, sans vocation déclarée pour les sciences, et John Dalton, fils d'un ouvrier tisserand et, au début, simple instituteur dans une école de campagne.

Le Service national de la recherche préconisé par Perrin a bien été créé, mais perdra finalement son nom et son identité pour être intégré à la Caisse nationale des sciences, conçue à l'origine, ô paradoxe, comme un organisme de retraite pour vieux chercheurs.

Début 1933, Perrin entreprend de défendre, devant Anatole de Monzie, ministre de l'Education nationale, son projet de Conseil supérieur de la recherche scientifique. Les attributions de cet organisme : servir de jury indépendant et qualifié dans toutes les affaires touchant à la science, évaluer les programmes proposés et, s'ils sont agréés, leurs résultats, approuver ou rejeter les demandes de subvention publique selon des critères rigoureux, assurer la coordination entre les innombrables services qui sont censés gérer la recherche et qui, pour le moment, tirent chacun de leur côté dans l'incohérence la plus anarchique. Il réunit 81 signatures parmi les plus éminentes du monde savant d'alors, pour soutenir une idée que la bureaucratie d'Etat regarde avec suspicion, craignant l'installation d'un contre-pouvoir scientifique qui retirerait leurs prérogatives aux clans des ministères. Ce Conseil, à partir de sa création en 1934, ne siégera que quatre fois, la dernière préludant à son absorption par le CNRS.

Avec le front populaire et le gouvernement Léon Blum, Jean Perrin est nommé à l'automne 1936 sous-secrétaire d'Etat à la recherche scientifique, en remplacement d'Irène Joliot-Curie, peu intéressée par une telle fonction ministérielle. Il restera à ce poste jusqu'à la chute du premier gouvernement Blum en juin 1937, et y retournera pendant quelques mois en 1938.

Il contribue plus que tout autre à doter la France d'une admirable organisation scientifique à l'échelle nationale, unique au monde si l'on excepte l'Union soviétique. Sous l'impulsion de Perrin, un décret-loi a donné naissance à la Caisse nationale de la recherche scientifique, qui octroie des bourses, participe aux travaux et au fonctionnement des

laboratoires, organise des missions spécialisées dans les différents domaines du savoir. Jean Perrin est nommé à la présidence de son premier conseil d'administration. Il se trouve maintenant à la tête d'une organisation bien structurée.

Son besoin de "socialisation" de la science prend corps en 1938 dans une nouvelle institution, le Palais de la découverte, qui doit faire partager au plus grand nombre la passion des connaissances exactes, celle qui est le moteur de sa propre vie.

Avec son ami Paul Langevin et quelques autres, il réussit à imposer cette nouvelle représentation des conquêtes intellectuelles, adressée au grand public, à l'occasion de l'Exposition universelle qui se tient à Paris en 1937. Ce qui devait être un événement provisoire est resté de nos jours un monument permanent de la science.

Le Palais de la découverte est une conception unique en son genre. Il présente au visiteur toutes les méthodes des diverses sciences et reproduit les grandes expériences qui ont été menées dans les différentes disciplines, le tout animé par un personnel scientifique de très haut niveau. Jean Perrin en fit le temple de sa religion personnelle, la science, vers laquelle il espérait attirer de nombreuses jeunes vocations.

Dernière étape de la construction des institutions que nous devons à Jean Perrin : la création du Centre national de la recherche scientifique, le tentaculaire CNRS qui, en 1939, absorbe tous les organismes existants dédiés à l'effort de recherche.

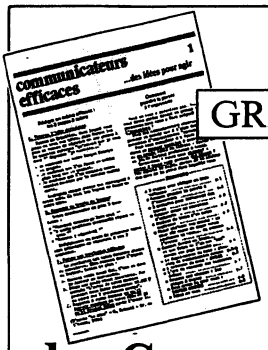
La France est déjà en guerre... qu'elle perd aussitôt. Les deux directeur adjoints du CNRS, Longchambon pour la recherche appliquée et Henry Laugier pour la partie fondamentale, choisissent l'exil. Jean Perrin s'expatrie lui aussi, ses positions politiques rendant sa sécurité précaire sous l'occupation. Il part pour Alger avec un groupe de parlementaires qui fuient le régime de Vichy et espèrent former un gouvernement de lutte à l'étranger.

Après un retour clandestin d'un an à Lyon, encore en zone non-occupée, Jean Perrin rejoint son fils Francis à New York, en décembre 1941. Il y participera à la fondation de l'Ecole des hautes études, un centre français prestigieux.

Cet homme de haute conscience adhère à la France libre et milite auprès des Américains pour les éclairer sur la situation de son pays, cette France "prisonnière, enchaînée, baillonnée". Il ne la reverra pas. Il meurt à New York en avril 1942, à 72 ans. Ses cendres seront rapportées à Paris six ans plus tard et déposées au Panthéon, où l'attendent celles de son grand ami Paul Langevin, disparu entre-temps lui aussi.

« Sa chevelure, dressée en flammes sur son front, lui donnait je ne sais quel enthousiasme. Il avait l'œil lumineux, le geste vif, la parole tantôt hésitante, tantôt volant vers la conclusion qui l'attirait », confiait Paul Valéry.

Philippe Dautry



GRATUIT

Découvrez les "trucs" des Communicateurs Efficaces

Demandez le premier numéro de la lettre d'information confidentielle "Communicateurs efficaces".

Pour écrire vos lettres avec plein de "punch", rédiger des mémos qui marchent, des rapports qui sont lus, pour donner des conférences et organiser des réunions réussies, pour comprendre, évaluer, convaincre, motiver les autres, voici des idées pratiques qui vous aideront à agir.

Un exemplaire du premier numéro ainsi qu'une offre de lancement seront offerts à tous les lecteurs de ce magazine qui en feront la demande.

Au sommaire du 1er numéro :

- 3 étapes pour rédiger un mémo efficace.
- Comment prendre la parole à l'improviste.
- 5 méthodes pour influencer les autres.
- Comment mener un entretien d'embauche.
- Plus sûr moyen de saper votre confiance en vous... et comment l'éviter.
- Comment écrire un livre... et que faire si l'on est "sec" devant une page blanche.
- L'art de raconter des histoires drôles.
- Réussir une réunion : les pièges à éviter.

Pour recevoir votre exemplaire gratuit, téléphonez au 44 58 00 29, ou découpez ce bon, et adressez-le à :

Editions Godefroy, B.P. 94
60505 Chantilly Cedex

© MCMLXXXVII - E C H G - La Ferrière-sur-Risle

BON POUR ÉCHANTILLON GRATUIT

à retourner à : Editions Godefroy,
B.P. 94, 60505 Chantilly Cedex

Votre lettre d'information m'intéresse. Envoyez-moi un échantillon gratuit — le numéro 1 — ainsi qu'une proposition d'abonnement à prix "d'introduction" sans engagement à l'adresse suivante :

Nom _____

Prénom _____

Adresse _____

_____

Code _____

Ville _____

DW20/SV645

PRÉVOIR LA FOUDRE

(suite de la page 49)

ment naît la foudre dans un nuage », rappelle par exemple Gérard Berger, chercheur CNRS au laboratoire de physique des décharges de l'Ecole supérieure d'électricité, à Gif-sur-Yvette. On l'a vu, la séparation des charges électriques qui se produit dans les nuages d'orage reste notamment très mal comprise. Elucider ce mécanisme, ainsi d'ailleurs que celui de la formation des cellules orageuses, permettrait d'améliorer la prévision des orages.

Bien d'autres phénomènes continuent d'exciter la curiosité des chercheurs, que les nouveaux systèmes de détection pourraient également contribuer à éclaircir. A l'occasion d'une rencontre entre une cinquantaine de spécialistes français et japonais de la foudre, organisée à Deauville en juillet dernier par l'Association pour la promotion des échanges entre recherche et industrie, les Japonais se sont ainsi déclarés particulièrement intéressés par les perspectives ouvertes par SAFIR.

« Ce système nous permettra peut-être de mieux comprendre les causes des orages "inversés" d'hiver que l'on observe dans notre pays », souligne Nobu Kitagawa, universitaire de Saitama et conseiller de l'Agence spatiale nippone, la NASDA, pour la protection contre la foudre. Alors que l'immense majorité des coups de foudre au sol, dans nos climats à région tempérée, sont de polarité négative (du fait de la charge, également négative, de la base du nuage), près de 20 % des éclairs survenant au Japon lors des orages d'hivers révèlent, en effet, une polarité positive. Sans que les chercheurs, pour le moment, puissent fournir la moindre explication satisfaisante à l'étrange phénomène.

Autre énigme non éclaircie : celle de la foudre en boule, phénomène qui existerait bel et bien. C'est du moins ce que pensent nombre de physiciens, bien que, décrit depuis l'Antiquité, il n'ait jamais pu être observé scientifiquement ni reproduit en laboratoire.

Comment expliquer l'existence de ces globes de feu, de couleur jaune-orangée, qui, selon les témoignages apparaissent parfois de façon imprévisible au cours d'un orage ? Illusion d'optique ? Réalité ? « Jusqu'à présent, la plus forte intensité mesurée pour un coup de foudre était égale à 200 kiloampères », soulignait récemment Pierre Hubert, physicien au Commissariat à l'énergie atomique et spécialiste des plasmas (2). « Maintenant, certaines observations semblent indiquer, dans un très petit nombre de cas, une intensité crête de 500 kiloampères. Là réside peut-être l'explication de ce phénomène toujours incompris qu'est la foudre en boule... ».

SAFIR, entre autres performances, parviendra-t-il à élucider le mystère ? **Patrice Lanoy**

(2) Revue du Palais de la Découverte, Vol. 15 n° 143

LA MALADIE DE LYME DÉMASQUÉE

(suite de la page 68)

Etats-Unis comme en Europe, on dispose d'un "kit diagnostic" (des anticorps anti-corps spécifiques) qui permet de faire le diagnostic sérologique. Ainsi pourvus, les médecins sont en mesure de traquer la maladie de Lyme un peu partout dans le monde. Ils la débusquent sous des formes neurologiques qui simulent une sclérose en plaques, une démence, des accidents vasculaires cérébraux... Certains patients, classés comme déments séniles, se révèlent avoir tout simplement contracté cette maladie infectieuse d'un nouveau genre. Une atrophie cutanée connue, depuis la fin du XIX^{e} siècle sous le nom de maladie de Pick Herxheimer ou acrodermie chronique atrophiante, que l'on rencontre le plus souvent en Europe centrale et qui commence par des placards rouges sur les membres, se révèle aussi une manifestation tardive de la maladie de Lyme...

De là à voir partout la maladie de Lyme, il n'y a qu'un pas. Des maladies terribles comme la sclérose latérale amyotrophique (SLA ou maladie de Charcot), qui paralyse progressivement, mais inexorablement ses victimes, certaines infections cutanées très invalidantes comme la sclérodermie (maladie "elephant-man") qui indure profondément la peau et les tissus sous-cutanés, voire un certain nombre de maladies encore inexpliquées, ne seraient-elles pas, elles aussi, dues à *Borrelia burgdorferi* ? Certains l'ont cru jusqu'à ce que des études aient montré que ce spirochète, quoique capable de simuler dans bien des cas ces maladies, n'est pas l'agent responsable de la véritable SLA, non plus que de la véritable sclérodermie.

En 1989, la maladie de Lyme tend encore des pièges aux médecins : le sérodiagnostic n'est pas une arme absolue, environ 2 % de la population ont des taux faibles d'anticorps sans avoir la maladie. Parmi les travailleurs forestiers, un grand nombre ont des taux notables, sans avoir jamais souffert, comme s'ils s'étaient immunisés au contact des innombrables tiques rencontrées pendant des années de travail en forêt. En revanche, et cela est une très récente découverte américaine du Pr Dattwyller, le sérodiagnostic peut rester négatif malgré une maladie de Lyme chronique si le traitement initial a été insuffisant. Mais cela ne concerne probablement pas plus d'un malade sur cent.

Même si l'on n'est pas certain de connaître encore tous ses visages, la découverte de la maladie de Lyme, de son germe et de son traitement, représente une victoire d'autant plus brillante qu'elle a été difficilement acquise. *Borrelia burgdorferi* étant sensible aux antibiotiques, on sait maintenant que, prise à son début, c'est-à-dire au stade de l'érythème chronique migrant ou à celui des douleurs, la maladie de Lyme peut être guérie. **Dr Michel Ruel**

DIS-MOI CE QUE TU MANGES JE TE DIRAIS QUI TU ES

(suite de la page 84)

ments enrichis en fibre (pain au son, aux céréales...), 10 % des desserts ou des boissons réduits en sucre et 3 % des articles où le sucre a été remplacé par des édulcorants de synthèse.

Distribués principalement par les hyper- et supermarchés, qui détiennent 37 milliards sur les 39 milliards dévolus à ce marché, ces produits n'ont pas encore acquis suffisamment de notoriété pour qu'on leur accorde une place à part où ils seraient tous regroupés. Encore une fois, il ne s'agit pas des aliments diététiques, mais des articles "forme et santé". « On en est à un stade où les consommateurs de produits nutritionnels sont des timides, explique Jacques Belay ; bien que représentant 35 % de la population française, ils se voient minoritaires. Si leur beurre allégé est à côté du beurre normal, personne ne les voit en prendre » ; il estime que dans dix ans cette population aura doublé et sera donc majoritaire et affirmée.

Bref, en l'an 2000, si l'on en croit ces prophètes de la "non-bouffe", c'est-à-dire demain, le panier de la ménagère risque de ne plus peser bien lourd. Devra-t-on faire des détours innombrables à travers les rayons pour dénicher un vrai camembert, du beurre d'Echiré et une entrecôte persillée ?

Jacqueline Denis-Lempereur

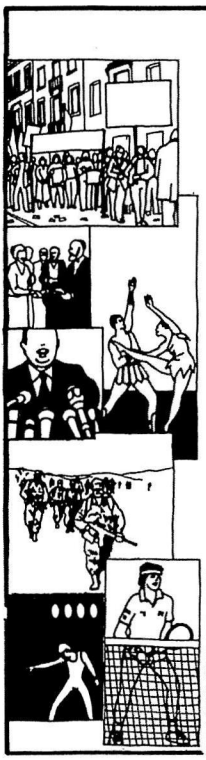
LE COBRA DE POUGATCHEV FAIT PEUR AUX ÉTATS-MAJORS

(suite de la page 111)

De leur côté, dès qu'ils eurent pris connaissance des capacités du Su-27, les constructeurs américains ont planché sur la question. Eidetics International, un consultant spécialisé dans la conception des chasseurs, a proposé à l'US Air Force ainsi qu'à General Dynamics des modifications qui amélioreraient le F-16, dont l'angle d'attaque ne peut dépasser actuellement 23,5° comme nous l'avons dit plus haut, sous peine de décrochage par perte de la stabilité latérale. Selon Eidetics, qui se base sur des simulations sur ordinateur, le nœud du problème consiste à modifier le dessin du cockpit et du nez de manière à réduire les turbulences qui entraînent des défauts de portance et accroître ainsi la stabilité latérale aux plus grands angles d'incidence lors d'une rapide perte de vitesse. Qu'en pensent les augures militaires américains ? Sans doute que des simulations sur ordinateur ne suffiront pas et que des études en soufflerie seront nécessaires avant d'entraîner les modifications des machines.

En attendant, les pilotes soviétiques sont les seuls à réaliser le cobra de Pougatchev à bord de leurs Su-27.

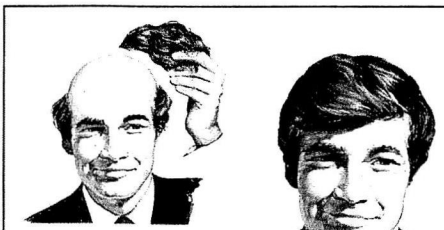
Jean-René Germain



DEVENEZ
REPORTER
JOURNALISTE

Le plus beau, le plus exaltant des métiers du monde désormais à votre portée. Grâce à sa méthode moderne, inédite, facile à assimiler, UNIVERSALIS (institut international d'enseignement privé par correspondance) vous offre une occasion unique de transformer merveilleusement votre existence en vous préparant RAPIDEMENT ET A PEU DE FRAIS à l'exercice de cette profession passionnante et de prestige.
Pendant vos loisirs, tout à votre aise, quels que soient votre âge, vos études, vos occupations, votre résidence, UNIVERSALIS vous initie à la technique de l'information et à la pratique du reportage, de l'enquête, de l'interview (presse écrite, radio, télévision) dans tous les domaines de l'actualité quotidienne : faits divers, affaires criminelles, politique, sports, mondanités, événements de province et de l'étranger, etc.
Demandez notre documentation gratuite :
UNIVERSALIS, 11, rue Fg Poissonnière, 75009 Paris
Belgique : rue Louvrex 30, 4000 Liège - T. 041/23.51.10

BON POUR UNE DOCUMENTATION GRATUITE ET SANS ENGAGEMENT F17
Nom .....
Prénom .....
Adresse .....
C.P. ..... Ville .....



Pourquoi emprunter les cheveux des autres...
n'allez pas chercher ailleurs ce que vous possédez déjà

la chirurgie esthétique
vous fera retrouver en une intervention
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 .....
SV10

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

Pour ne pas être un Panurge dans le mon des affaires, il faut savoir anticiper. Et pour qu'u entreprise – même bien portante – sache se mettre cause, puis réagisse à temps, une seule solutio 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

200 000 ESCLAVES DANS VOTRE APPAREIL-PHOTO

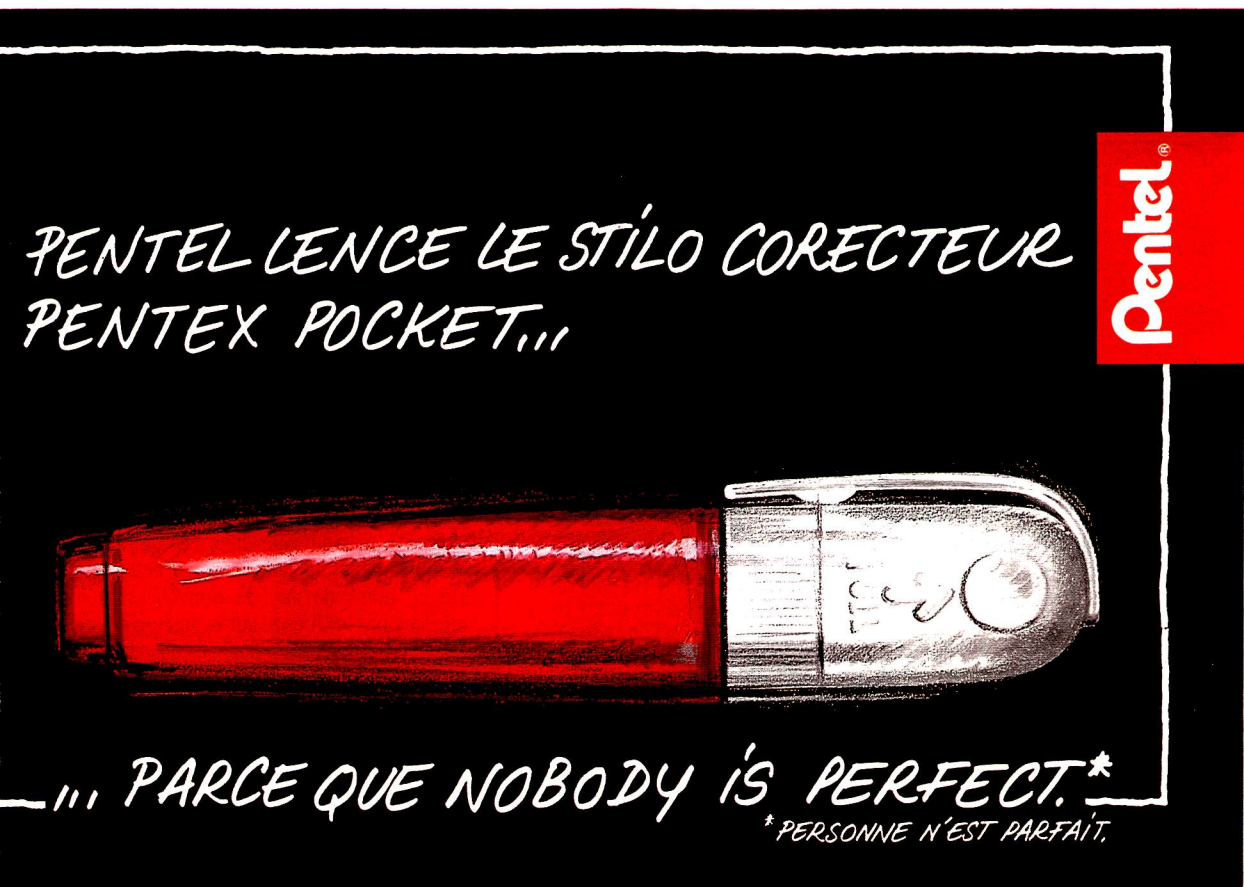
(suite de la page 135)

180 et C80 ; JVC GFS 1000 HE ; GR 60 S, S 77 E et Philips VKR 9300).

L'une des possibilités les plus importantes du numérique pour les amateurs de prise de vue vidéo réside dans les facilités qu'il apporte pour la réalisation d'effets spéciaux et pour le montage. Il faut en effet rappeler qu'en vidéo, contrairement au cinéma, aucun truquage de laboratoire n'est possible, puisque la phase de développement et de copie du film n'existe pas. De même il n'est pas possible de monter les images et le son en coupant et en collant la bande magnétique comme on coupe et colle un film. D'abord, parce que la bande magnétique est enfermée dans une cassette. Ensuite, parce que les pistes sont imbriquées en fonction des balayages obliques en vidéo, du défilement horizontal sur les têtes audio et de l'enregistrement des signaux de synchronisation. Cela interdit tout raccord par coupure de la bande. Les studios vidéo procèdent donc par copies successives sur des équipements lourds, dont le prix à lui seul les interdit aux amateurs. Avec l'arrivée du numérique, qui, nous l'avons vu, permet facilement de traiter les signaux, de petites unités de montage ont commencé à être proposées par les constructeurs. Mais, surtout, certains éléments générateurs d'effets spéciaux ont été introduits dans les camescopes. C'est le cas du générateur de caractères et de la mémoire qui permettent de stocker un titre ou même le texte d'un générique afin de l'incruster ensuite dans une image. Sony et JVC, par exemple, proposent des camescopes permettant d'enregistrer un texte défilant sur une image : Sony F 500 (4 pages de texte, 8 couleurs), JVC GR 60 S (3 pages et 8 couleurs), CCD V 900 (2 pages), CCD TR55 (1 page). Sanyo a lancé trois caméras permettant le titrage en 5 couleurs (VM-D6P, VM-D8P, VM-H100 P). Des générateurs de caractères se trouvent encore sur la Pentax PV 860E, la Canon E640 ou sur les camescopes VHS de Grundig (S-VHS 180, SVS-C80 ; VS 170 et VS-70).

C'est parfois l'insertion de séquences image qui est possible (JVC GF S1000HE, et GR 60 S, Sony F250, F500, TR55). Autre possibilité due au numérique associé à un analyseur à transfert de charge : l'obturateur purement électronique qui permet de faire varier la vitesse d'obturation en vidéo. Le record sur ce point est battu par le camescope Sony CCD-V900, qui procure 7 vitesses de 1/50 à 1/10 000 s. Mais le 1/4 000 s est couramment atteint (Fujix P-850, Sanyo VM D8P, Pentax PV860E, Sony F500 et TR55).

(suite du texte page 176)



200 000 ESCLAVES DANS VOTRE APPAREIL-PHOTO

(suite de la page 135)

Bien d'autres possibilités sont encore offertes par les camescopes : accélérés et ralentis, arrêt sur image, contrôle numérique de la mise au point automatique (canovision E640 et Pentax PV-C860), mesure de la lumière sur 15 zones du champ de visée avec traitement de ces 15 mesures par microordinateur afin de déterminer l'exposition optimale (Canon E640), commutation des images en négatif, celles-ci apparaissant alors en couleurs complémentaires, le bleu devenant jaune, le vert devenant rouge, etc. (Minolta 8 81E, JVC GR 60S et GR S77E).

Les performances des camescopes les plus modernes, en SV-HS et Hi-Band, exigent de nouvelles bandes magnétiques, capables de mémoriser des informations quantitativement plus importantes. Les fabricants ont donc conçu des bandes aux particules plus fines, plus denses, plus homogènes, déposées par évaporation sous vide. Cette technique n'est pas nouvelle, mais elle correspond à une technologie très fine, qui, jusqu'à ces dernières années, n'avait pas été maîtrisée. Aujourd'hui, c'est chose faite. Le S-VHS et le Hi-Band peuvent donc faire leur entrée sur le marché. **Roger Bellone**

PHOTOGRAPHES ET ILLUSTRATEURS

(Les crédits sont indiqués page par page, de gauche à droite et de haut en bas)
Couverture : E. Malmanche-Ernoult ; p. 2 : D.R. — J.C. Revy/CNRI — Fabian/Sygma — I. Python ; p. 3 : R. Pasley/Polaroïd — Q. Ehrmann/Sodel — Gaillard/Jerrican ; p. 24 : NASA - Ciel et Espace ; p. 26/27 : NASA/Ciel et Espace ; p. 28/29 : AP — Ciel et Espace ; p. 30 : NASA/Ciel et Espace ; p. 32/33 ; AAT — Hale Obs. — MPIA/Ciel et Espace ; p. 34/35 : E. Malemanche — CEA ; p. 36/40 : P. Bon ; p. 42 à 44 : CEA ; p. 45 : P. Bon ; p. 46 à 48 : Safir ; p. 51 : Figard/Gamma ; p. 53 : D. Galland ; p. 54 : R. Viollet ; p. 55 : J. G. Marquis ; p. 56 : P. Bon ; p. 57/58 : Palais de la Découverte ; p. 61 : CNRI ; p. 62 : D.R. ; p. 65 : CNRI ; C. Francolon/Gamma ; p. 66/67 : Bild der Wissenschaft/Manfred Kage ; p. 68 : F. - R. Matuschra — Bild der Wissenschaft/Manfred Kage ; p. 70/72 : R. Bellone ; p. 74 à 84 : I. Python ; p. 87 : C. Lacroix ; p. 89 : P. Granier/Langage ; p. 91 : CERN ; p. 92 : A. Nogues/Sygma ; p. 94 à 96 : I. Python ; p. 98 : R. Smith/Zefa ; p. 100/101 : J.L. Boussange ; p. 102 : D.R. ; p. 104/105 : A. Meyer ; p. 108 : A. Ernoult ; p. 109 : C. Lacroix ; p. 110 : Fourmy/REA — A. Nogues/Sygma ; p. 111 : A. Shogin/Tasj ; p. 113 : A. Meyer ; p. 114/115 : N. Papamiltiadès ; p. 116 : L. Crooson ; p. 117/118 : N. Papamiltiadès ; p. 119 : D.R. ; p. 120 : Lapi/Viollet ; p. 121 : M. Th. Gueguen/Diaf ; p. 123 : Gaillard/Jerrican ; p. 125/127 : Plantu/Le Monde ; p. 130 à 134 : D.R. ; p. 135 : D. Mauri ; p. 137 : M. Toscas/Galerie 27 ; p. 139/141 : M. Roux - Saget ; p. 142 : M. Toscas ; p. 145 : M. Roux - Saget ; p. 158 à 161 : D.R. ; p. 162 : Dao — D.R. — D.R. ; p. 163 : Dao ; p. 164 : D.R. — D.R. — V. Okenheimer ; p. 165 : Dao.

LE CANADA VA-T-IL MANQUER DE BOIS ?

(suite de la page 101)

racine, c'est-à-dire tant que les émissions polluantes n'auront pas été significativement diminuées. Le gouvernement du Québec s'est engagé, d'ici à 1994, à réduire ces dernières de 50 %, mais les Etats-Unis qui sont responsables de la moitié de la pollution n'ont, jusqu'à ces dernières semaines, rien voulu entendre. En effet, après huit ans de silence de la part de l'administration Reagan, le tout nouveau président George Bush s'est finalement engagé, le 10 février dernier, auprès du Premier ministre canadien, Brian Mulroney, à négocier un accord bilatéral sur cette épineuse question qui, au sens propre comme au sens figuré, empoisonne les relations entre les deux pays.

Mais si cette démarche est en soi un fait hautement positif, rien ne permet encore de présager de l'issue de ces discussions tant les Américains se sont évertués jusqu'à présent à mettre en doute le lien de cause à effet entre les pluies acides et le dépérissement des forêts. Il est vrai que les nombreux accidents climatiques qui se sont succédés depuis une dizaine d'années ne sont certainement pas étrangers aux désordres survenus dans l'écosystème forestier (sécheresses estivales, alternances brutales de périodes de gel et de dégel). D'où la polémique qui s'est développée ces dernières années en Amérique du Nord : le dépérissement est-il dû exclusivement à la pollution, les accidents climatiques ne faisant que précipiter le phénomène (thèse soutenue par les environnementalistes) ? Ou bien, ces derniers ne sont-ils pas la cause première du phénomène (thèse soutenue par les industriels et les partisans du *statu quo*), ce qui revient à dire que, quoi que l'on fasse, c'est-à-dire pollution ou pas, les arbres continueront à dépérir ?

A coup sûr, c'est aux chercheurs et aux scientifiques qu'il revient de trancher cette délicate question. Toutefois, vu la complexité des phénomènes en jeu et leurs nombreuses interactions, il ne faut pas espérer obtenir de réponse claire et définitive — et notamment une hiérarchie des facteurs de dégradation de la forêt — dans de brefs délais.

Or, sur le terrain, le temps presse. Le rôle de la pollution atmosphérique et de la surexploitation ne peut plus être mis en doute, il est temps d'agir au plus vite. Surtout que dans ces deux domaines la responsabilité de l'homme est directement engagée. De ce point de vue, la nouvelle réglementation adoptée par le Québec sur la gestion des ressources forestières constitue, dans la mesure où elle sera effectivement appliquée, un grand motif d'espoir. Mais cette initiative positive doit en appeler d'autres. L'avenir de la légendaire forêt canadienne en dépend. **Marc Mennessier**

Pour ceux qui vont refaire le monde.

Pour étonner le monde, il faut s'étonner de lui. Les savants et Science & Vie Junior ne font rien d'autre. Mais à une époque où les satellites se marchent sur les antennes pour déverser l'information, où chaque mois voit sa moisson de découvertes, il faut un flair de chercheur d'or pour trier les pépites. Sans parler de la traduction nécessaire des jargons de la Babel scientifique. Et c'est le rôle de Science & Vie Junior. Dire très simplement des choses compliquées. C'est le style de Science & Vie Junior. Les dire avec des photos spectaculaires, les expliquer avec rigueur mais sans se prendre au sérieux, c'est l'esprit de Science & Vie Junior. Quand on est junior, c'est toujours le moment de découvrir, mais ce n'est jamais celui de s'ennuyer.

CAMEL
BRIQUET
CAMEL
Briquet tempête
Joannis Schneider Conseil