SCIENCE & VIE

MENSUEL - N° 894
MARS 1992

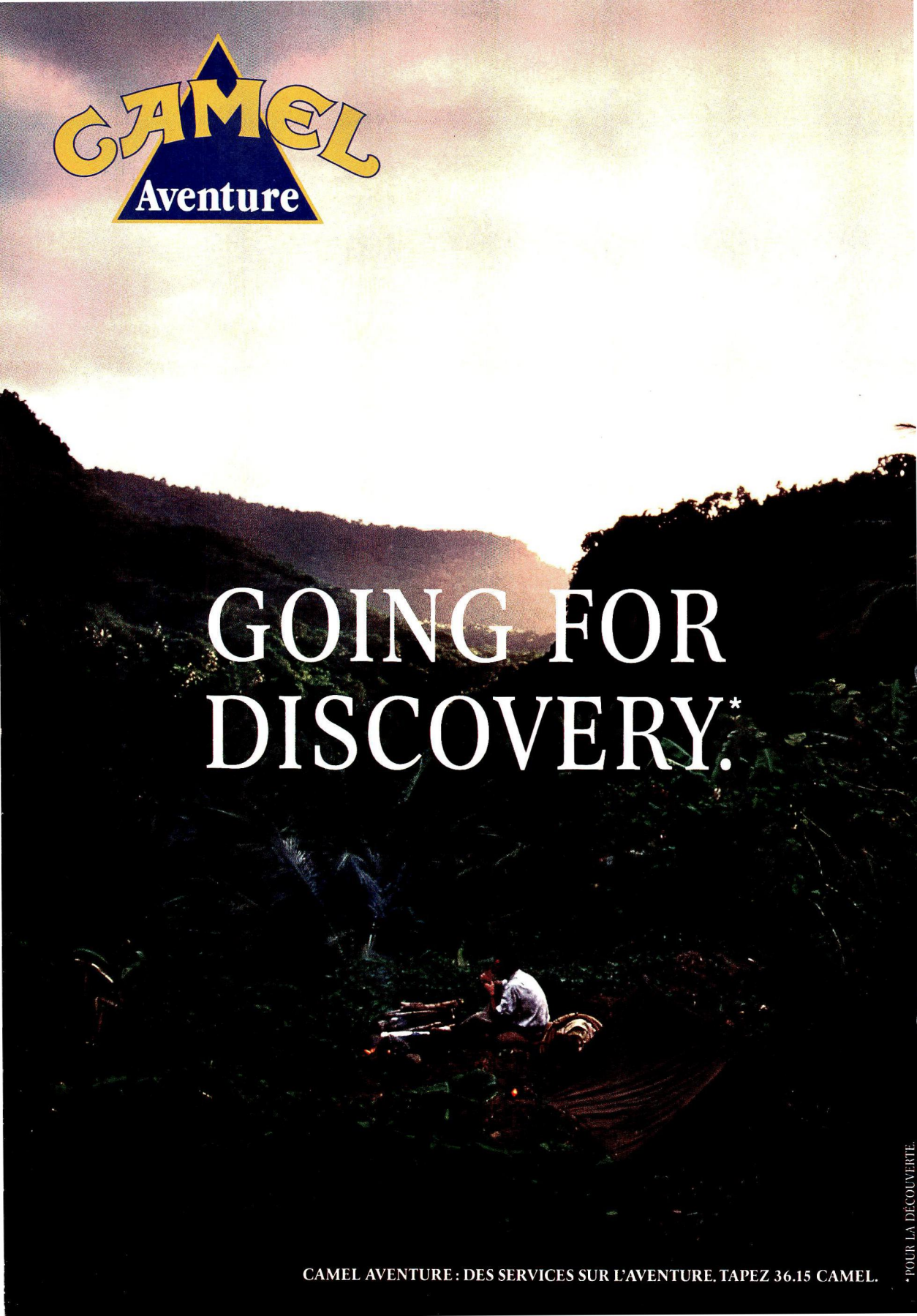


300 MILLIONS DE DOLLARS POUR VERIFIER EINSTEIN

- Deux planètes autour d'un pulsar !
- On a trouvé le dinosaure manquant
- Bi-bop, le téléphone de poche

M 2578 - 894 - 22,00 F

160 FB - 6,50 FS - $ can 3.75 - 650 Ptas - 600 Esc - 30 Dh - 3000 Dt - 5500 L - 4,75 $US NYC - 1370 RCI - 1035 CFP


CAMEL
Aventure
GOING FOR
DISCOVERY.*
CAMEL AVENTURE : DES SERVICES SUR L'AVENTURE. TAPEZ 36.15 CAMEL.
* POUR LA DÉCOUVERTE.

SCIENCE & VIE

Publié par EXCELSIOR PUBLICATIONS S.A.
Capital social : 2 294 000 F - durée : 99 ans
1 rue du Colonel Pierre-Avia - 75503 Paris Cedex 15
Tél. (1) 46 48 48 48 - FAX : (1) 46 48 48 67
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 général adjoint : FRANÇOIS FAHYS
Directeur financier : JACQUES BÉHAR
Directeur commercial publicité : PATRICIA BRAULT
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
Rédacteur en chef édition: ELIAS AWAD
Secrétaires de rédaction : FRANÇOISE SERGENT, NADINE RAGUET
Rédacteurs : 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, HENRI-PIERRE PENEL, MARC MENNESSIER, ISABELLE BOURDIAL
Secrétaires : MARIE-ANNE GUFFROY, PAULE DARCONNAT

• ILLUSTRATION
ANNE LÉVY
Photographe : MILTOS TOSCAS

• DOCUMENTATION
EMMANUELLE BILLON-BERNHEIM

• CONCEPTION GRAPHIQUE
CHRISTINE VAN DAELE

• MAQUETTE
LIONEL CROOSON

• RELATIONS EXTÉRIEURES
MICHÈLE HILLING
Assistée de : NATHALIE HAPPILLON

• SERVICES COMMERCIAUX
Abonnements et marketing direct: PATRICK-ALEXANDRE SARRADEIL
Assisté de : BRIGITTE CROUZAT
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, PO Box 1860 - Hemlock Farms - Hawley PA 18428 - USA

• PUBLICITÉ
EXCELSIOR PUBLICITÉ INTERDECO
27 rue de Berri - 75008 Paris - Tél. (1) 44 35 11 98
Directeur de la publicité : RICHARD TZIPINE-BERGER
Chef de publicité : KARINE PARENT

• À NOS LECTEURS
Courrier et renseignements : MONIQUE VOGT - Tél. (1) 46 48 48 66
Commande de reliures et d'anciens numéros :
CHANTAL POIRIER - Tél. (1) 46 48 47 18
Relations abonnés : par téléphone : (1) 46 48 47 08 (de 9h à 12h)
par courrier : Service abonnements,
1 rue du colonel Pierre-Avia
75503 Paris Cédex 15

À NOS ABONNÉS

Pour toute correspondance relative à votre abonnement, envoyez-nous l'étiquette collée sur votre dernier envoi. Changement d'adresse : veuillez joindre à votre correspondance 2,50 F en timbres-poste français ou règlement à votre convenance. Les noms, prénoms et adresses de nos abonnés sont communiqués à nos services internes et organismes liés contractuellement avec Science & Vie sauf opposition motivée. Dans ce cas, la communication sera limitée au service des abonnements. Les informations pourront faire l'objet d'un droit d'accès ou de rectification dans le cadre légal.

LES MANUSCRITS NON INSÉRÉS NE SONT PAS RENDUS
COPYRIGHT 1989 SCIENCE & VIE

OJD DIFFUSION PUBLICITÉ 1990

BVP



BULLETIN D'ABONNEMENT

à retourner à SCIENCE & VIE
1, rue du Colonel Pierre Avia - 75503 Paris Cedex 15

OUI, je souhaite m'abonner à SCIENCE & VIE

☐ CCEE **1 AN + 4 hors série : 16 N°s**
280 F au lieu de 364F*

☐ CCEF **2 ANS + 8 hors série : 32 N°s**
513 F au lieu de 728 F*

☐ CCEB **1 AN/12 N°s : 220 F** au lieu de 264 F*

☐ CCEC **2 ANS/24 N°s : 418 F** au lieu de 528 F*

Cochez la case de votre choix - *Prix de vente au N°

Nom _____

Prénom _____

Adresse _____

_____

Code Postal _____ Ville _____

☐ Ci-joint mon règlement à l'ordre de SCIENCE & VIE-BRED
Offre réservée à la France métropolitaine & valable jusqu'à fin 1992
RC PARIS B 572 134 773
S&V 894



Les petits avions happés par les gros. A moins de 3 minutes entre deux décollages (ou deux atterrissages), les tourbillons créés par l'avion de tête menacent celui qui le suit. p. 102

Gros comme un paquet de cigarettes, le téléphone de poche vous reliera au monde entier, dès que votre ville aura installé des bornes-relais. p. 126



SOMMAIRE

SAVOIR

Forum 8

Deux Terres découvertes dans la constellation de la Vierge
Daniel Tarnowski 16

Les grands miroirs de l'Univers
Renaud de La Taille 26

D'Hipparque à Hipparcos, 2 000 ans d'astrométrie
Renaud de La Taille 34

300 millions de dollars pour voir si Einstein avait raison
Hélène Guillemot 40

TIVA à l'écoute des images sous-marines
Muriel Thouin 54

Le gène du cancer vaincu par son contraire
Jean Ferrara 58

Des nerfs coupés ont repoussé
Jean-Michel Bader 62

Informations exactes, conclusions absurdes
Jacques Lecomte 68

Une grotte bien ténébreuse
Isabelle Bourdial 74

Les sciences naturelles abandonnées
Marc Mennessier 80

A la poursuite des dinosaures perdus
Pierre Rossion 86

La forêt, de la cave au grenier
Didier Dubrana 92

Echos de la recherche
Dirigés par Gerald Messadié 95

POUVOIR

Les gros avions dangereux pour les petits
Serge Brosselin 102

La bicyclette volante
Germain Chambost 108

Les bâtiments qui rendent malade
Isabelle Bourdial 112

Echos de l'industrie
Dirigés par Gérard Morice 119

Des marchés à saisir 124



Le dinosaure perdu retrouvé. Entre les vieux dinosaures chinois et les jeunes de Mongolie, il manquait une génération. On vient de la retrouver au Laos. p. 86



Soupçons sur la grotte de Cassis. Des préhistoriens nous expriment plusieurs doutes. **p. 74**



Traversée de l'Atlantique en dirigeable à pédales. Deux hommes, pendant dix jours, sur les traces de Christophe Colomb. **p. 108**

UTILISER

Bi-bop: le monde dans la poche
Henri-Pierre Penel **126**

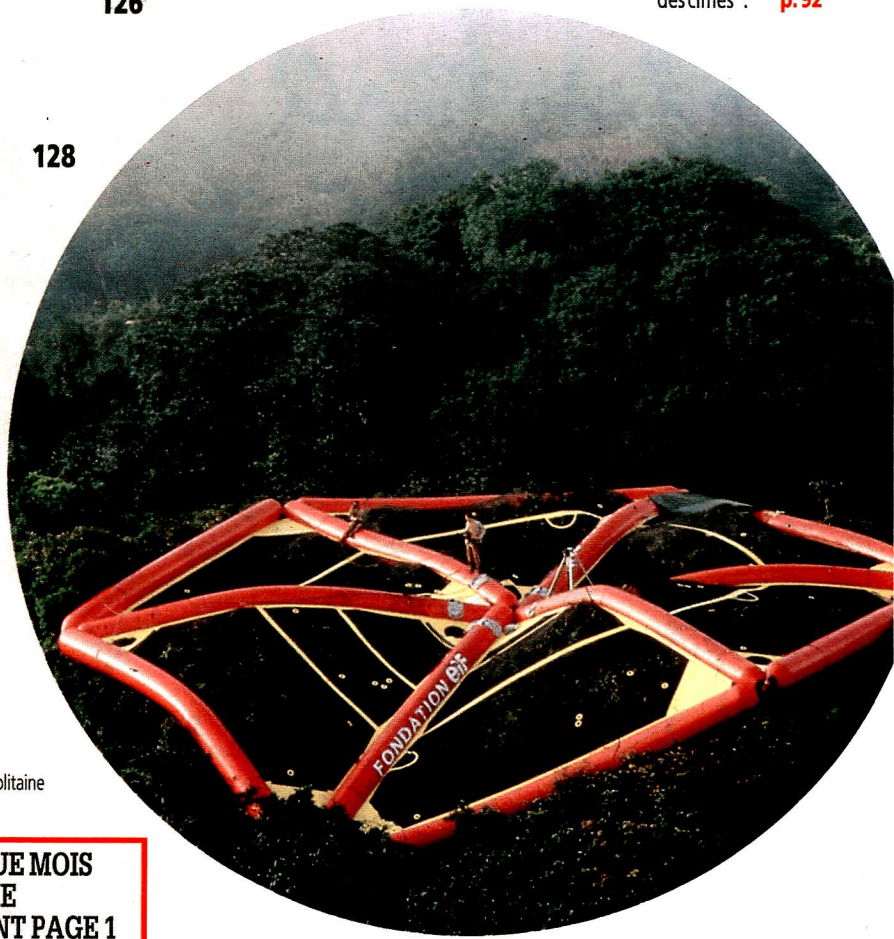
Construction mécanique: à qui le tour?
Hervé Lhuissier **128**

Science & Jeux
Yves Delaye, Renaud de La Taille et Henri-Pierre Penel **132**

Science & Vie a lu pour vous **144**

Echos de la vie pratique
Dirigés par Roger Bellone **152**

Les plus grands arbres du monde, dont la tête est dans une chaleur torride et les pieds dans l'ombre humide, abritent deux mondes végétaux et animaux qu'explore le "radeau des cimes". **p. 92**



Encart abonnement *Science & Vie* entre la deuxième de couverture et la page 1.
Diffusion: vente au numéro France métropolitaine

RETROUVEZ CHAQUE MOIS SCIENCE & VIE OFFRE D'ABONNEMENT PAGE 1

Foote Cone & Belding

Ce que je ferai plus tard je veux pouvoir le faire bien.



Pauline Chauvat.

Samedi 11 h 20. Chemin du Mont Vendoux.

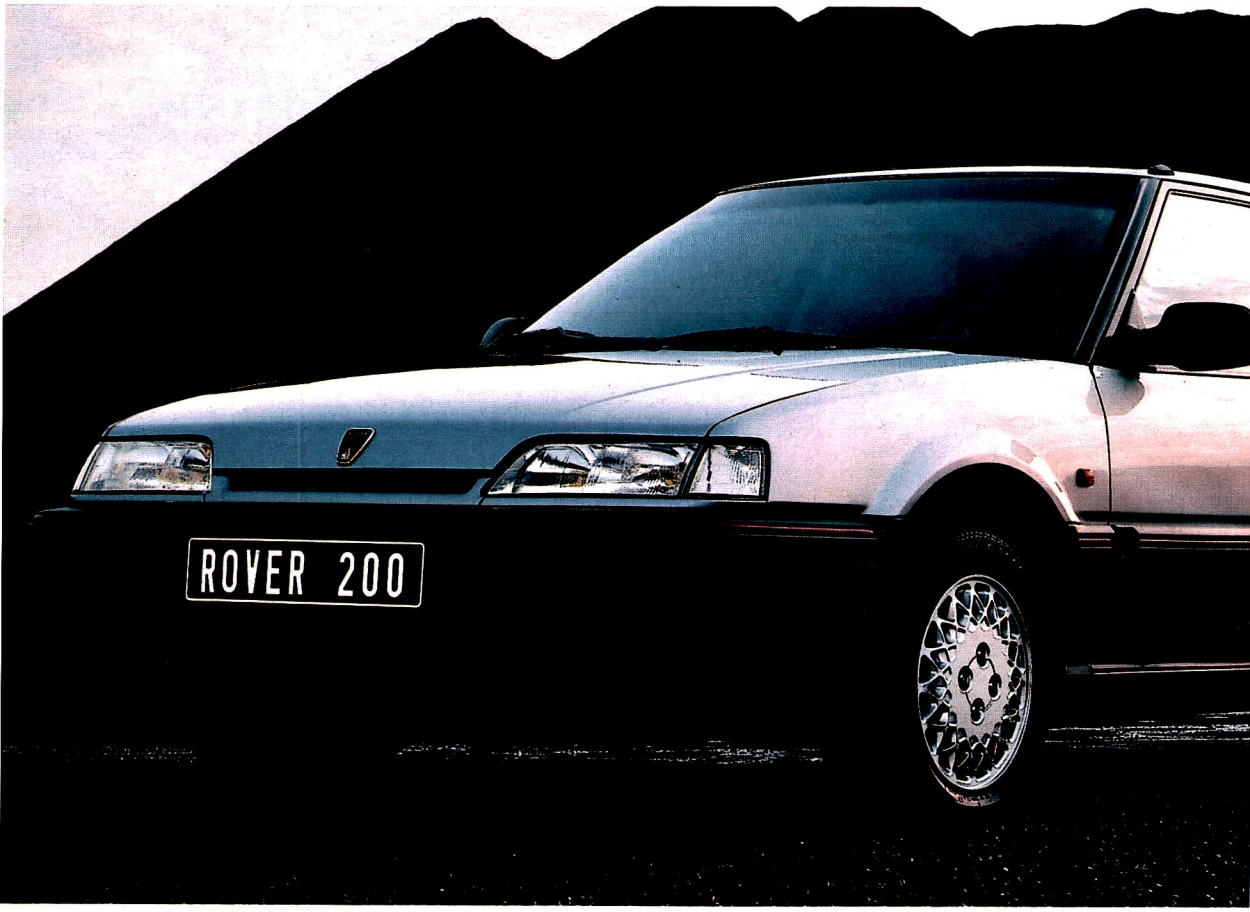


Son Conseiller du Crédit Agricole.

VOUS FAITES BIEN DE M'EN PARLER .

Bien démarrer, c'est se donner toutes les chances de bien réussir. Autant le faire avec une banque capable d'accompagner tous les moments forts de votre vie. Au Crédit Agricole, pour être au plus près de vos préoccupations, nous vous proposons des solutions financières qui vous permettent, par exemple, d'attendre un premier salaire, de faire face à votre premier loyer, ou encore de vous constituer une épargne en toute liberté. Pour vos questions d'aujourd'hui comme pour celles de demain, nos Conseillers prendront le temps de vous écouter pour mieux vous informer.

Le bon sens



PUNCH & CLASSE

BSB Backer Spielvogel Bates

ROVER

POUR OBTENIR TOUTES LES INFORMATIONS SUR LA GAMME ROVER, RECEVOIR GRATUITEMENT UN CATALOGUE À DOMICILE OU CONNAÎTRE L'ADRESSE DE VOTRE CONCESSIONNAIRE ROVER, COMPOSEZ LE **3615 ROVER.**

ROVER FINANCEMENT. ROVER CONSEILLE ***Castrol***.



Compacte et racée la Rover Série 200 est une berline polyvalente, bénéficiant des plus récents développements technologiques automobiles en terme de motorisation, tenue de route, qualité et fiabilité.

16 soupapes essence ou Turbo Diesel, 4 moteurs ultramodernes à injection, de 88 à 130 ch, vous sont proposés.

Tous les modèles de la gamme Rover Série 200 disposent d'une suspension multibras très sophistiquée, 4 roues indépendantes.

L'habitacle est spacieux, lumineux et confortable avec finition ronce de noyer.

Garantie anticorrosion 6 ans et peinture 3 ans.

Rover : un réseau de 440 concessionnaires et agents dans toute la France.

ROVER SÉRIE 200

16 Soupapes Essence et Turbo Diesel

NOUVELLE GAMME ROVER SÉRIE 200 : 7 MODÈLES 16 SOUPAPES ESSENCE OU TURBO DIESEL DE 80 900 F À 114 250 F. MODÈLE PRÉSENTÉ ROVER 216 GTi 16 v 114 250 F. OPTIONS PEINTURE MÉTALLISÉE ET ASSISE DES SIÈGES EN CUIR NON COMPRISES. PRIX CLÉS EN MAIN AU 13/01/92. MILLÉSIME 92. CONSOMMATION L/100 KM (NORMES UTAC) : 6,5 À 90 KM/H, 8,5 À 120 KM/H, 9,9 EN VILLE.

FORUM

Le vrai site d'Alésia

M.M.G., de Besançon, apprécie nos efforts d'impartialité et s'étonne de nos commentaires sur l'ouvrage de Louis Courlet (*Science &Vie* n° 890, p.153), qui, rappelons-le, défend la thèse selon laquelle le site d'Alésia, bataille célèbre, ne se trouve pas à Alise-Sainte-Reine, en Côte-d'Or, mais à Alaise, en Franche-Comté. Il nous dit:

«*Vous écrivez que les fouilles de Stoffel ont pourtant été confirmées par les prises de vues aériennes modernes. C'est accréditer une thèse qui était déjà suspectée d'être fausse en 1859. Je possède un livre édité à cette date qui conteste la thèse imposée par Napoléon III.*»

La thèse n'est pas la nôtre: c'est celle qu'exposent des ouvrages récents et qu'on ne peut soupçonner de parti pris ou de désuétude dans l'information, tels que la *Grande Encyclopédie Larousse* et l'*Encyclopædia Universalis*. L'*Encyclopædia Britannica* soutient le même point de vue. Dans un ouvrage récent, *Archéologie de la France*, publié sous l'égide de la Réunion des musées nationaux (Champs-Flammarion, 1990), Michel Reddé, professeur à l'université de Nantes, écrit (p.365): «Les fouilles de Napoléon III, tellement décriées, mais souvent beaucoup plus sérieuses qu'on ne l'a dit, ont été pleinement confirmées dans leur ensemble et souvent complétées par les prises de vues aériennes. Les survols répétés ont notamment permis d'identifier les fortifications nouvelles... Même lacunaires, nos connaissances sur l'histoire d'Alésia constituent un acquis scientifique sérieux. La localisation du site est d'ailleurs pleinement assurée.» Il faudrait donc supposer qu'une vaste conspiration d'ignorants en place s'obstine à situer Alésia à Alise-Sainte-Reine, pour des raisons qui demeurent impénétrables. Notre correspondant cite l'opinion de G. Colomb, qui fut, sous le pseudonyme de Christophe, l'auteur des célèbres aventures du Sapeur Camembert, mais fut aussi maître de conférences à la Sorbonne, et «*qui croyait dur comme fer qu'Alésia se trouvait à Alaise. Il organisait en été des sorties à ce village et c'était un régal que de l'entendre exposer son point de vue (à l'époque, c'était d'autant plus apprécié que n'existaient ni radio, ni télévision).*» Hélas, l'archéologie technique moderne n'existait pas non plus.

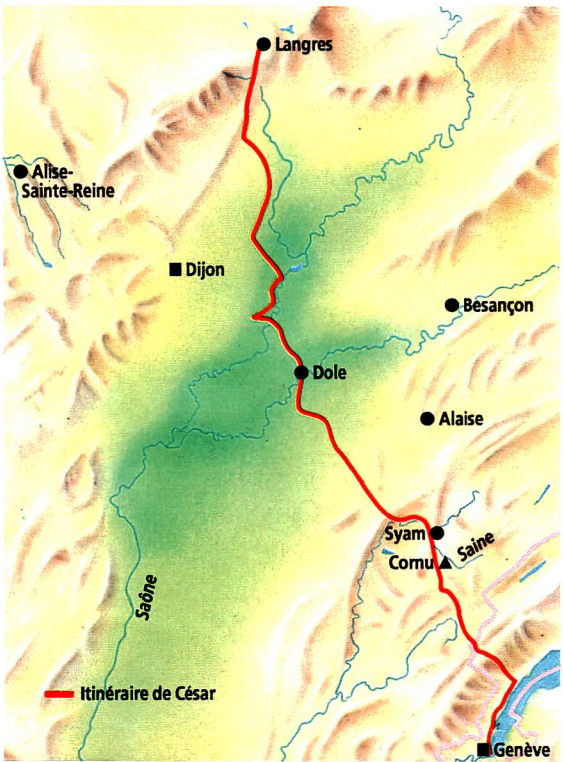
Reste aussi, comme nous l'avons écrit, que le site d'Alaise ne se prête pas à l'établissement d'une place forte susceptible de supporter un siège tel que celui d'Alésia, et qu'il déplace tellement le schéma des campagnes de César qu'il finit par poser plus de problèmes qu'il n'en résout. Faut-il considérer que la question est close et ne mérite pas d'être réexaminée? Tel ne semble pas être le cas, car notre correspondant, M.M.G., donc, nous adresse très obligeamment un ouvrage qui a rassemblé de nombreux partisans d'une autre thèse; c'est *le Génie militaire de Vercingétorix et le mythe d'Alésia*, de René Potier, un de ces ouvrages qui, ainsi que nous l'avons déjà déploré, n'ont pas atteint le circuit de la grande distribution d'éditeur, puisqu'il a été tiré à un petit nombre d'exemplaires aux éditions Volcans, en 1973, par les soins et sans doute aux frais de l'auteur.

La thèse est qu'Alésia se trouverait sur un troisième site, celui de Cornu, dans le Jura. Et cette fois, la thèse est remarquablement étayée du point de vue géographique et historique. Géographiquement, en effet, l'*oppidum*, ou place forte, est ainsi constitué naturellement qu'il explique bien mieux les difficultés que Jules César eut à s'en emparer: il est quasiment imprenable (César, d'ailleurs, se trouva contraint de réduire les assiégés par la faim). Historiquement, le site correspond davantage qu'Alise aux mesures données par César. M.F.G., de Viroflay, qui nous a téléphoné pour défendre la thèse de Potier, souligne, de plus, que jusqu'aujourd'hui ce site commande, en effet, l'une des voies naturelles de passage en Italie. Il était donc logique que César n'eût de cesse que de ne l'avoir anéanti comme place forte militaire. De plus, il se trouve bien en Séquanie, comme l'indique César (la rivière qui coule au pied de l'*oppidum* s'appelle d'ailleurs la Saine) alors qu'Alise ne pourrait s'y trouver que si l'on étendait considérablement les limites de cette province.

Même si l'on reste attaché à la thèse d'Alésia-Alise, on ne peut que rendre hommage au travail remarquable, fouillé, cohérent et rationnel de Potier. Reste malgré tout une question: et qu'était donc l'*oppidum* d'Alise?

Rendons à ce propos un hommage particulier à des lecteurs tels que MM. G. et G., dont les compétences et les passions intellectuelles nous valent un plaisir que nous ne dissimulerons pas.

(suite du texte page 10)



EXCLUSIVEMENT HOMME

Oui, un shampooing peut donner corps et volume aux cheveux fins ou clairsemés.

NOUVEAU.

Le Shampooing Reconstituant Formule Homme de L'Oréal répare la fibre capillaire et gaine le cheveu.



UN HOMME SUR DEUX A LES CHEVEUX FINS OU CLAIRSEMÉS.

A partir de 25 ans environ, pour 50% des hommes, les cheveux deviennent fins, se raréfient et présentent une apparence de plus en plus clairsemée.

Les raisons ? Elles sont d'abord d'ordre interne, hormonales. Mais elles peuvent être aggravées par la vie moderne des hommes: alimentation mal équilibrée, stress, et par la carence en oligo-éléments.

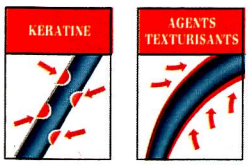
Et puis, surtout, on constate un appauvrissement en kératine, constituant essentiel du cheveu, garant de son élasticité et de sa vigueur.

DE LA KÉRATINE POUR RÉPARER, DES AGENTS TEXTURISANTS POUR GAINER LA FIBRE CAPILLAIRE.

Une solution réellement efficace à la portée de tous les hommes. Un shampooing qui agit directement sur les fibres affaiblies, pour les renforcer et donner un résultat tangible, visible et immédiat de volume et d'abondance apparente.

Sa formule : un cocktail original d'oligo-éléments et de kératine substantive, comparable à celle perdue naturellement par le cheveu, et qui vient se fixer sur les parties affaiblies de la fibre capillaire.

L'action de la kératine est complétée par celle d'un agent texturisant qui gaine le cheveu pour lui donner encore plus d'épaisseur et de corps.



Répare et reconstitue *Gainent le cheveu*

DU VOLUME POUR LA CHEVELURE.

Son effet : les cheveux renforcés quotidiennement sur toute la longueur retrouvent de la vigueur. La chevelure est plus abondante d'aspect, les cheveux ont plus de volume.

CHAQUE JOUR, EN UN SEUL GESTE, LE CHEVEU EST RENFORCÉ.

Chaque matin, simplement, facilement, au moment du shampooing, les hommes donnent enfin à leurs cheveux ce à quoi ils ne croyaient plus avoir droit. La mousse dense et abondante du Shampooing Reconstituant Formule Homme, au parfum très rafraîchissant et masculin, exerce tout de suite son action. Formulé spécifiquement pour les cheveux fins ou clairsemés, le Shampooing Reconstituant Formule Homme est très doux et peut être utilisé à volonté, car sa base lavante est adaptée aux usages fréquents.



KÉRATINE : L'ESSENTIEL DE LA FIBRE CAPILLAIRE.

Comparable à la kératine naturelle du cheveu, la kératine substantive se fixe sur la fibre capillaire et la répare.

OLIGO-ÉLÉMENTS : DES CONCENTRÉS D'ÉNERGIE.

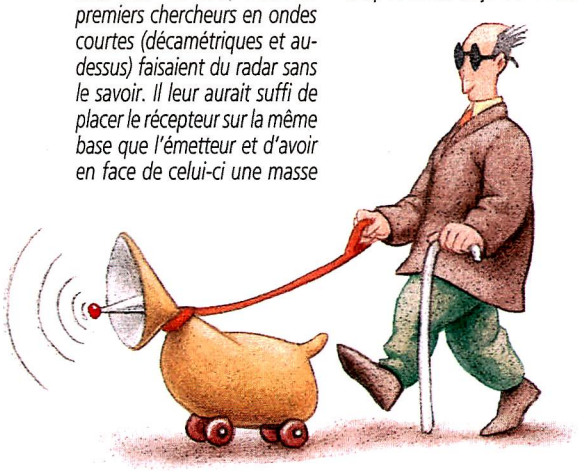
Composants minéraux, le cuivre, le zinc, le silicium et le magnésium favorisent l'activité du bulbe pilaire.

FORMULE HOMME, C'EST AUSSI UN TRAITEMENT ANTI-CHUTE POUR FREINER LA CHUTE ET FAVORISER LA POUSSE DES CHEVEUX. EN COFFRET DE 10 AMPOULES.



Radar, suite mais non fin

A propos des origines du radar, qui ont été évoquées plusieurs fois dans cette rubrique, M.C.P., de Marseille, note que le débat ne sera jamais clos: «*En effet, même les premiers chercheurs en ondes courtes (décamétriques et au-dessus) faisaient du radar sans le savoir. Il leur aurait suffi de placer le récepteur sur la même base que l'émetteur et d'avoir en face de celui-ci une masse métallique quelconque... M.Hertz n'a pas dû passer loin! Le développement du radar me paraît plus intéressant, et c'est avec plaisir que je vous adresse une synthèse de l'ouvrage de Cajus Bekker, "Radar" (éd. France-Empire), qui retrace la lutte acharnée opposant les Anglais aux Allemands pour obtenir et conserver la supériorité dans la technologie radar, surtout en matière de détection d'avions, afin de tenter de briser les raids massifs des Alliés de 1941 à 1945. Vous pourrez constater que, partis en 1939 avec une bonne avance en ondes métriques, les Allemands perdirent pied à partir de février 1943. Et cela par suite des ordres d'Hitler datant de l'été 1940: "Toutes les recherches ne pouvant produire des appareils utilisables au front dans un délai d'un an doivent être interrompues..." Ce qui stérilisa tous les progrès allemands.*»



C'est là une preuve de plus de l'inculture scientifique d'Hitler (il avait déjà rejeté la relativité et ses applications en physique comme "science juive") et de son incapacité à saisir l'importance de la recherche scientifique. En avril 1940, en effet, les Allemands disposaient déjà du Wurzburg, radar à portée de 70 km, qui indiquait le gisement, l'altitude et la distance d'avions; s'ils avaient poursuivi leurs recherches, le destin de la guerre en eût peut-être été changé. Quand, en 1943, les Allemands découvrirent dans l'épave d'un bombardier anglais un radar à ondes centimétriques, il était trop tard: les Alliés avaient fait passer leur puissance de crête à 50, puis à 300 kW.

M.B.L., de Bayeux, retraité de la Compagnie radio maritime, nous communique obligeamment une photocopie de pages parues dans une plaquette que publia cette compagnie en 1969, à l'occasion de son cinquantenaire. Il y est rappelé que le premier radar sur navire fut installé par la CRM en 1935 sur un navire français, le célèbre transatlantique *Normandie*. Sa portée était de 10 km, certes moins que celle du Wurzburg, mais bien assez pour un navire de ligne. Il y demeura jusqu'en 1939, année où les Américains le démontèrent quand le paquebot se trouvait dans le port de New York, où il fut mystérieusement incendié. Les Français n'étaient pas avares de leurs progrès, car ils avaient déjà communiqué les plans de leur radar aux Anglais afin que ceux-ci pussent protéger militairement leurs côtes et, en 1940, le Dr Ponte, de la CFR, quittait la France pour l'Angleterre en emportant le premier magnétron à segments résonnants, clef de tous les radars modernes.

Méthode Bordesoules : des remerciements

M.et Mme J.B.B., de Brest, nous expriment toute leur reconnaissance pour avoir fait connaître la méthode Bordesoules de traitement de la dyslexie. «*C'est grâce à Science & Vie que notre fils Alexandre a été été sauvé de la dyslexie et que son intelligence a été reconnue, contre l'avis des enseignants et des spécialistes. Aujourd'hui, Alexandre poursuit une scolarité normale et ses professeurs le considèrent comme un excellent élève. Il a obtenu son brevet et est maintenant en seconde. C'est aussi grâce à vous que notre association a pu être créée, ce qui a rendu le goût de vivre à de nombreux petits écoliers dyslexiques et à leurs parents.*» Voilà donc un bienfait de plus de l'information!

Un peu de sel et d'astrologie

C'est avec quelque humour qu'il faut lire la lettre de M.J.C., de Marseille: «*Permettez-moi de vous communiquer une petite découverte. L'astrologie prétend connaître les caractères d'après les astres; ne serait-il pas possible de découvrir les astres d'après les caractères? J'ai travaillé dans cet esprit sur Descartes, sa vie, son œuvre. Quelle ne fut pas ma stupéfaction en découvrant qu'Uranus, découvert à la fin du XVIII^e siècle, existait nécessairement au XVII^e, peut-être même au XVI^e! La théorie s'en doutait; nous voici face à une certitude. Au fait, les subventions, c'est où?*» Tiens donc! Descartes était marqué par Uranus?





(suite du texte page 12)

Votre assurance auto moins chère ?

Essayez EUROFIL





Comparez

Voici quelques exemples de prix EUROFIL pour vous faire une idée :

	"Au tiers"	"Tous risques"
RENAULT SUPERCINQ GL CITROËN AX KWAY OPEL CORSA 1000 S	854 F	1347 F
RENAULT CLIO RL 1.2 PEUGEOT 205 XR (5 CV) FIAT UNO 60 TARGA	988 F	1539 F
RENAULT 19 TD CITROËN BX 14 EVASION OPEL KADETT 1,4 S	1178 F	1873 F
RENAULT 25 GTS PEUGEOT 405 SR AUDI 80 1,8 S	1343 F	2245 F

Exemples de tarifs annuels pour un conducteur de 35 ans, salarié, habitant Rennes et disposant d'un coefficient de "bonus" de 50 %, en usage promenade-trajet.
Prix au 01.01.92.

Nos meilleurs tarifs sont destinés aux conducteurs :

- disposant d'un "bonus" de 10 % au moins
- possédant un véhicule dont la valeur à neuf est inférieure à 150 000 F TTC (sauf GTI et assimilés)
- sans sinistre déclaré depuis 24 mois

Avec EUROFIL,
vous faites des économies...

Grâce à une organisation en direct et à une informatique performante, EUROFIL est en mesure de vous offrir des tarifs vraiment très intéressants.

Avec EUROFIL,
vous faites aussi des économies de temps...

Vous vous adressez directement par téléphone ou par courrier à un conseiller personnel qui gère votre contrat et tout s'accélère : visite de l'expert, remboursement...

Avec EUROFIL,
vous profitez de l'expérience d'un grand groupe...

EUROFIL bénéficie de toute l'expérience de sa maison mère : Commercial Union, 3ème groupe anglais d'assurance, est aujourd'hui présent dans 85 pays avec plus de 20 000 collaborateurs.

Devis par téléphone
au 05 200 200
de 9 heures à 20 heures
(appel gratuit)

Devis par Minitel
composez le
3614 code EUROFIL

EUROFIL

Demandez votre devis personnel

Oui, je souhaite connaître vos conditions d'assurance auto. Merci de me faire parvenir rapidement un devis gratuit correspondant au descriptif suivant.

❑ Mlle ❑ Mme ❑ M

Nom _____

Prénom _____

Adresse _____

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

Tél. (dom.) _____ (prof.) _____

Marque de votre véhicule _____

Modèle et type exacts _____ Puissance fiscale |_|_| CV

Date de 1ère mise en circulation |_|_|_|_|_|_|

Votre date de naissance |_|_|_|_|_|_|

Votre profession _____

Votre situation de famille _____

Date et lieu d'obtention de votre permis |_|_|_|_|_|_|

à _____

Vous utilisez votre véhicule pour des déplacements :
❑ privés exclusivement ❑ privés et professionnels occasionnels
❑ privés et trajet travail ❑ privés et professionnels réguliers

Votre coefficient de "bonus" |_|_|_|

Votre compagnie actuelle _____

Votre date d'échéance |_|_|_|_|_|_|

N.B. : Votre devis sera établi sur les bases suivantes : • Le véhicule étant assuré à votre nom, vous en êtes le conducteur principal. Vous êtes titulaire de la carte grise. • Au cours des 24 derniers mois, vous avez été assuré(e) sans interruption, vos contrats auto n'ont été ni résiliés, ni annulés par l'assureur et vous n'avez déclaré aucun sinistre. • Au cours des 5 dernières années, vous (et votre conjoint) n'avez fait l'objet ni d'une suspension, ni d'une annulation de votre permis de conduire.Si vous n'êtes pas dans ce cas, nous pouvons vous proposer des solutions spécialement étudiées pour vous : n'hésitez pas à nous contacter au 05.200.200 (l'appel est gratuit).

Informatique et libertés : vous bénéficiez d'un droit d'accès et de rectification pour toutes informations vous concernant issues de ce questionnaire facultatif destiné à EUROFIL. Ces informations peuvent être cédées à des fins commerciales sauf demande de votre part.

A retourner dès aujourd'hui sous enveloppe non affranchie à EUROFIL libre réponse n°006 - 92 509 Rueil-Malmaison Cedex.

AP VIE K01

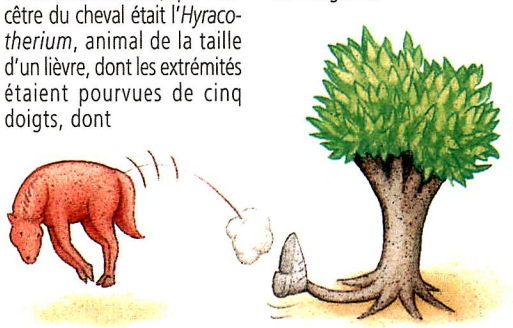
EUROFIL - S.A. Devenue suite à la loi du 30/12/91 - Entreprise régie par le Code des assurances MESSAGES A RC 323 983 092

Les origines du cheval

Se référant à notre article sur la découverte de l'Amérique (*Science &Vie* n° 892, p. 72), M.B.V., de Meynac, écrit: «*A plusieurs reprises, vous écrivez que, parmi les choses européennes importées sur le continent américain, il y a le cheval. Tout le monde s'accorde sur le fait que les chevaux avaient disparu du Nouveau Monde à la fin de l'ère glaciaire, c'est-à-dire pendant la période de forestation due au réchauffement du climat. Mais pourquoi les bisons, bovins vivant aussi dans les plaines américaines, n'ont-ils pas disparu eux aussi?*» Et ce correspondant cite le roman de Claude Vermorel, *Il y a 10 000 ans, le roman de Wala, fils de l'Ours*: «*Dans une annexe, l'auteur y défend l'hypothèse de l'existence du cheval en Amérique, bien avant l'arrivée de Colomb. Il la fonde sur certains témoignages des conquistadores, qui avaient rencontré des indigènes à cheval, notamment en Patagonie... Dans ce pays, on trouve toujours, d'ailleurs, de petits chevaux trappus et très rapides, qui seraient des descendants de sept chevaux mythiques laissés en liberté par un colon espagnol...*»

On sait, en particulier depuis les travaux de Kowalski, à la fin du siècle dernier, que l'ancêtre du cheval était l'*Hyracotherium*, animal de la taille d'un lièvre, dont les extrémités étaient pourvues de cinq doigts, dont l'un atrophié aux extrémités antérieures, et deux aux postérieures. De l'*Hyracotherium* au genre *Equus* actuel, l'évolution des principales lignées se fit en Amérique: les nouvelles formes envahirent l'Ancien Monde par les mêmes voies que les "immigrants" humains, mais en sens inverse. Il se peut que ce soit la forestation qui ait poussé le cheval américain à quitter son territoire d'origine. Si l'on veut poursuivre la comparaison avec le bison, on peut supposer que celui-ci s'accommoda mieux du changement de l'écosystème, car la différence principale entre le bison américain et le bison européen le donne à penser: l'européen, lui, vit dans les forêts. C'est-à-dire que le bison peut vivre aussi bien en plaine qu'en forêt, ce qui ne semble pas être le cas du cheval, dont l'alimentation est basée sur les graminées.

Quant à la présence de chevaux avant l'arrivée des conquistadores, elle est possible, car des descendants de l'hippidion, par exemple, un des plus récents parmi les ancêtres de nos équidés, auraient pu survivre dans quelques poches écologiques. Ils auraient vraisemblablement été très différents des chevaux que nous connaissons. Mais on ne voit guère pourquoi ils auraient disparu depuis la colonisation de l'Amérique du Sud par les Européens, le milieu ayant relativement peu changé, surtout en Patagonie.



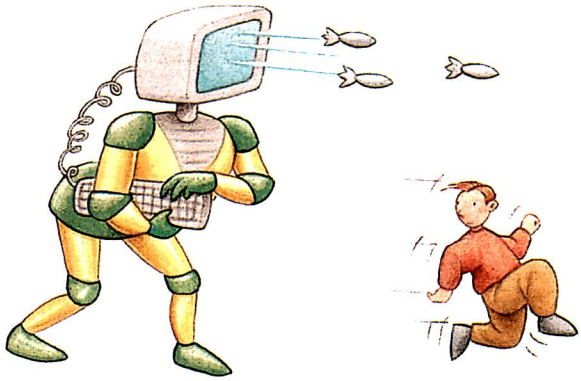
Les jeux vidéo contre-attaquent

M.A.L'H., de Horbour-Wihr, se déclare d'entrée de jeu "scandalisé par les erreurs plus ou moins techniques " de notre article "Les jeux vidéo contre-attaquent". Qu'il nous permette de corriger ici celles qui émaillent son texte. «*Tout d'abord, vous affirmez que les micro-ordinateurs ne savent rien faire. Mais avez-vous eu connaissance des possibilités qu'offre un micro? Par exemple, le dessin artistique ou technique, facilement accessibles avec des logiciels tels que que DeLuxe Paint IV sur Amiga, qui permet de travailler en 4 096 couleurs en mode HAM. On ne peut, certes, obtenir de tirages sans imprimante couleurs, mais on peut en tous cas facilement en faire des démos. Ces dessins peuvent être complétés à l'aide de logiciels d'animation.*

»*Pour le dessin technique, Autocad 10, sur PC, est l'un des meilleurs outils. Un autre domaine dans lequel l'ordinateur est roi est la musique. L'Amiga a de très bonnes capacités sonores, qui sont exploitées avec commodité. La preuve en est le très grand nombre de groupes qui font des démos.*

»*L'Atari est aussi très utilisé, même par Jean-Michel Jarre* [compositeur connu].

»*Ensuite, vous parlez du long et fastidieux apprentissage que demande un micro. Pour les micros modernes (16 bits), pour lancer un programme, il suffit d'insérer la disquette (Amiga et ST), ou de taper son nom (PC). Si vous voulez vraiment utiliser la machine, il faudra bien évidemment lire le manuel ou le chapitre concernant l'application envisagée. Par comparaison, c'est comme si vous préfériez un lecteur de cassette mono-touche à un lecteur laser, parce que celui-ci demande lecture de la documentation.*



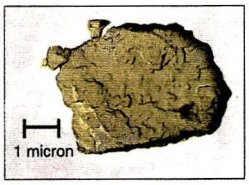
»*Puis vous dénigrez le micro parce qu'il ne peut nouer un dialogue. Or, je ne pense pas que ce soit son objet....*»

Suit une assez longue série de griefs, que nous sommes au regret d'abréger, faute de place. Or, il semble bien qu'il y ait eu malentendu sur la famille d'ordinateurs dont traitait l'article. En effet, le courrier de notre lecteur évoque essentiellement des appareils du type PC, dont les prix se situent entre 8 000 et 15 000 F, voire plus. Ceux-ci sont certes d'excellents outils de travail, mais ils n'ont rien à voir avec les consoles de jeu – sujet de l'article – qui coûtent de 400 à 1 200 F. Et les micro-ordinateurs que nous citions par ailleurs sont ceux dont le

(suite du texte page 14)

MÉTAL 5 NOUVELLE GÉNÉRATION

PRÉCONISÉ DES 15000 KM



Vue au microscope électronique de la nouvelle particule Métal 5 grossie 16 000 fois. Elle a une structure lamellaire ce qui la rend très efficace pour un accrochage rapide dans les moindres porosités du métal. Sa taille réelle est de 0,5 micron d'épaisseur et de 4 microns de longueur.

Après 4 années de recherche et fort de l'expérience de plusieurs millions de moteurs, le laboratoire Métal 5 a mis au point 2 nouvelles formules particulièrement efficaces pour la longévité des moteurs, l'amélioration de leur fonctionnement et la diminution des consommations. Un nouveau processus de fabrication permet de descendre en-dessous du micron et d'améliorer la thixotropie.

Résultats : des microparticules ultra-fines, des effets plus rapides et 2 formulations spécifiques adaptées au kilométrage des moteurs (Métal 5 Préventif et Métal 5 Curatif). Car un moteur de 15000 km ne ressemble pas à un moteur de 100 000 km.

MÉTAL 5 PRÉVENTIF : le produit "soft" de Métal 5 avec ses toutes nouvelles microparticules (moins de un micron d'épaisseur !) : à utiliser dès 15000 km parce qu'il serait dommage d'attendre les premiers signes d'usure pour se préoccuper de son moteur.

MÉTAL 5 CURATIF : un dosage de microparticules différent, 30 % de produit actif en plus et la nouvelle thixotropie. Particulièrement recommandé pour tous les moteurs de plus de 100 000 km.

MÉTAL 5, LA PROTECTION ACTIVE DES MOTEURS



NOUVEAU : LE GUIDE DE LA PROTECTION DES MOTEURS

● 28 pages illustrées : le moteur, sa lubrification, sa protection. ● 17 questions d'automobilistes. ● 17 réponses Métal 5. ● Un guide précieux.

3615 MÉTAL 5

Métal 5 est un remétallisant compatible avec tous les lubrifiants. Ses 2 nouvelles formules protègent activement tous les moteurs Diesel ou Essence, avec ou sans plomb. Elles conviennent aussi bien aux moteurs atmosphériques que turbo, avec ou sans pot catalytique.

SCIENCE & VIE

Veuillez m'adresser gratuitement le nouveau "Guide Métal 5".

Nom : _____ *Prénom :* _____

Adresse : _____

Code Postal : |_|_|_|_|_| *Ville :* _____

Type de voiture : _____ *Kilométrage :* _____

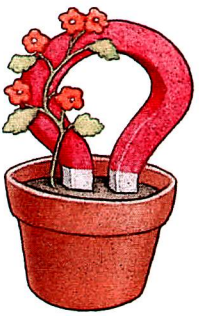
Préventif ou Curatif, Métal 5 est conseillé par plus de 10 000 professionnels de l'automobile.
Demande d'information et documentation à **SODITEN S.A. - 127 AVENUE FÉLIX - FAURE 92000 NANTERRE - TÉL. : (1) 45 06 22 44**

prix est beaucoup plus proche de celui d'une console (de 2 000 à 3 000 F) que du prix d'appareils de la gamme Sinclair ou Thomson MO5, par exemple. Ces derniers, comme le dit lui-même ce lecteur, ont d'ailleurs pratiquement disparu du marché.

Reste que notre correspondant a bien relevé deux coquilles. La première porte sur la mémoire vive, qui est bien celle dont on peut modifier le contenu (ce qu'explique le texte, mais que dément, par erreur, la parenthèse), et la console 16 bits de Sega s'appelle bien la Mega Drive, d'ailleurs présentée en photo, et non la Master System. *Errare humanum est*, nous ne recommencerons pas.

D'Arsonval et les champs électriques

«*Deux lettres de lecteurs dont vous faites état dans votre n° 889*», écrit M.P.C., de Marseille, «*m'ont fait rechercher un livre paru en 1928,*



celui de Georges Lakhovsky intitulé "le Secret de la vie", préfacé par le Pr d'Arsonval, de l'Institut. Un de vos lecteurs, en effet, signale qu'un orateur à la conférence de Boston a relevé "une analogie entre les vaisseaux sanguins et les conducteurs électriques en bandes fermées, et la modélisation électrique des tumeurs cancéreuses". Or, Lakhovsky disait textuellement (p. 77): "L'examen du noyau de la cellule révèle l'existence de petits filaments entortillés, constituant de véritables circuits électriques... Ainsi ces organes, parce qu'ils affectent la forme de filaments conducteurs, constituent un circuit électrique doté par construction de self-inductance et de capacité, qui peut être assimilé à un circuit oscillant."

»*Et c'est dans un autre livre, publié en 1938 que le même auteur dit: " J'ai été frappé par la multitude de résonateurs de Hertz ultra-microscopiques qu'on trouve dans la cellule." Je cite ces deux passages parce que cet auteur publie des photos de pelargoniums auxquels ont été inoculés, avec du Bacterium tumefaciens, des tumeurs comparables – dixit – aux cancers animaux, et qu'il a complètement guéris avec des circuits oscillants.*

»*Les circuits oscillants de Lakhovsky sont beaucoup plus simples que la machine de Priore dont vous rappelez l'existence...*»

Observons d'abord que les assertions de Lakhovsky, en l'état des connaissances de biologie moléculaire en 1928 et même 1938, relèvent bien plus de l'intuition que de la réalité vérifiée.

D'Arsonval, son préfacier, et tout membre de l'Institut qu'il fût, croyait bien, lui, que le diabète était une "maladie alimentaire". Rien ne permet encore d'assigner aux "petits filaments entortillés" (des chromosomes en télophase?) la nature, ni les rôles indiqués. Quant à la "guérison" de géraniums cancéreux par circuits oscillants... Même aujourd'hui, il existe bien des théories sur les effets des champs électromagnétiques sur la cellule vivante, et encore plus d'observations, mais peu de faits qui puissent aboutir à des lois. On ne peut que souhaiter que les travaux en cours sur ces effets acquièrent enfin l'importance qui semble leur revenir dans les recherches en biologie.

Dons d'organes et respect du corps

«*Le Pr Cabrol lance un cri d'alarme: "On manque cruellement de donneurs d'organes." N'est-il pas étonnant que certains préfèrent livrer aux vers leurs enfants malheureusement décédés plutôt que les perpétuer, fût-ce symboliqement, dans le corps d'autres humains?*» demande M.P.P., de Dunkerque.

Trois questions dans une seule. D'abord, le Pr Cabrol est spécialiste des greffes de cœur et de poumon; c'est donc dans ce domaine qu'il dénonce une carence. Or, ce n'est pas tant de cœurs que de poumons qu'on manque, parce qu'il est difficile de trouver des donneurs de cet organe adaptés; on ne peut pas, en effet, greffer un poumon d'enfant à un adulte, ni l'inverse.

De plus, les transports de poumons sont délicats et, pour maintenir un mourant qui ferait un donneur, certains réanimateurs ont tendance à insuffler une quantité excessive d'oxygène pour garder l'organe en vie, ce qui endommage les tissus en causant une pneumopathie à l'oxygène.

Ensuite, la loi Caillavet autorise le prélèvement d'organes sur des cadavres, sauf opposition de la famille; c'est ainsi que 95% des organes prélevés le sont sur des cadavres. Il n'y a donc pas crise aiguë dans le domaine des autres organes que le cœur et le poumon.

Toutefois, une grande partie des organes prélevés le sont sur des accidentés de la route dont, par ailleurs, il faut se féliciter que le nombre tende à baisser. C'est-à-dire qu'il y a quand même pénurie.

Enfin, des raisons culturelles bien enracinées font que, dans un certain nombre de cas, la famille ne souhaite pas autoriser le prélèvement d'or-



ganes, qu'elle ressent d'abord comme un acte quasi profanateur, et non, comme le relève notre correspondant, comme la possibilité de prolonger la vie d'un autre.

Plus vite que la lumière

«*Une jeune équipe d'un institut américain de Milwaukee a acquis la preuve que la lumière dépassait la vitesse limite qui lui est assignée en théorie*», nous signale M.M.L, de Bois-Colombes. «*Aucun de vos confrères ne semble avoir eu vent de cela.*»

Nous ne pouvons répondre pour nos confrères, mais ce point fera l'objet d'un prochain article chez nous. Saisissons l'occasion pour exprimer le plaisir que nous vaut la vigilance de nos lecteurs. ●



Fahti Conz & Belmisi

L'Europe, l'Europe vous me faites rire, Moi, je suis à Quimper

Monsieur Pierrat.
Chef d'Entreprise



Son Chargé d'Affaires
Entreprises
du Crédit Agricole.

MOI AUSSI.

Et si je connais bien le tissu économique
local, cela ne m'empêche pas d'être
à tout moment en contact avec Madrid ou Berlin.
En liaison avec nos spécialistes des opérations
internationales, je peux vous apporter des conseils
financiers pour développer vos activités en
Europe et cela depuis votre région. Avec les Chargés
d'Affaires Entreprises du Crédit Agricole,
vous profiterez partout en France d'un réseau
d'interlocuteurs privilégiés des PME-PMI.
Autant de raisons de prendre l'Europe au sérieux.

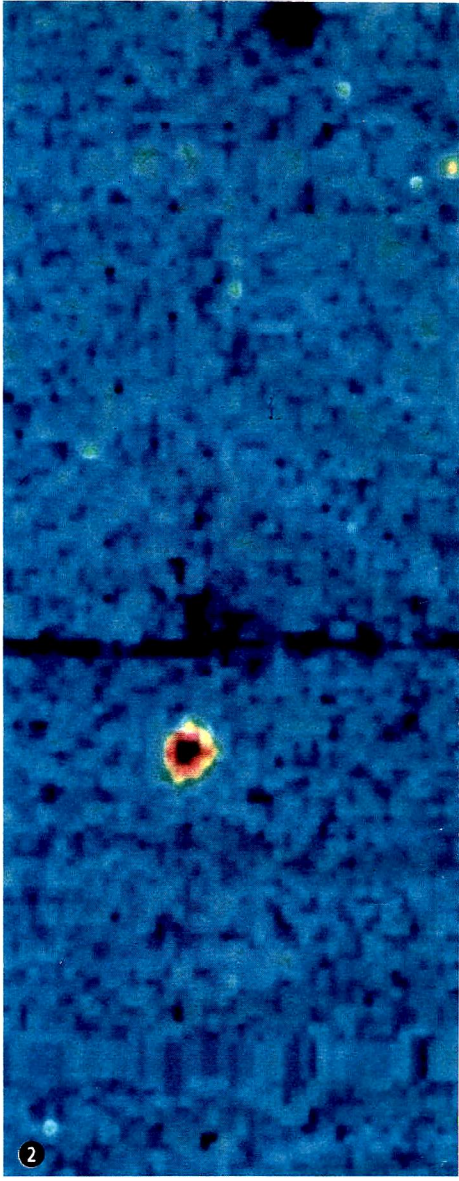
Le bon sens

Mercredi 16 h 20. Route de Kerogan.

PAR DANIEL TARNOWSKI

DEUX "TERRES" DÉCOUVERTES DANS LA CONSTELLATION DE LA VIERGE

Oui ou non, existe-t-il des planètes en dehors des "nôtres" ? Oui, deux dans la constellation de la Vierge. Non, aucune dans celle de l'Ecu, contrairement à ce qu'on avait cru. Voilà en résumé le tableau de chasse des radioastronomes. On attend avec impatience la suite de ce passionnant feuilleton qui concerne une des questions les plus fondamentales de l'astronomie.

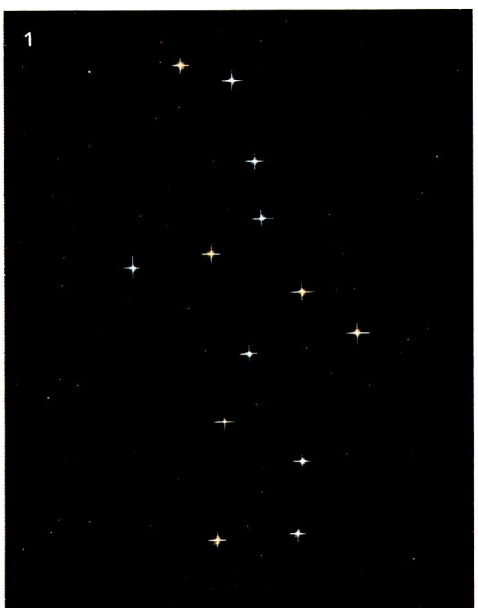

2

Trois astronomes britanniques (1) du radiotélescope de Jodrell Bank (dans le Cheshire, en Angleterre) avaient fait sensation l'été dernier en annonçant la découverte de ce qui apparut, aux yeux des spécialistes, comme la première planète jamais détectée en dehors du système solaire. Découverte d'autant plus étonnante que cette planète, dix fois plus massive que la Terre, était en orbite non pas autour d'une étoile ordinaire, comme le Soleil, mais autour d'un pulsar. Or un pulsar est un objet extrêmement petit et dense : il possède une fois et demie la masse du Soleil concentrée dans une sphère d'une dizaine de kilomètres de rayon ! Donc une énorme Terre autour d'un Soleil minuscule !

Pourquoi le pulsar est-il si petit ? Parce que c'est ce qui reste de la partie centrale d'une étoile qui meurt en s'effondrant sur elle-même, dans une gigantesque explosion (devenant ainsi une supernova dont l'éclat est considérable, avant de faiblir graduellement). Dans une telle explosion, les couches externes de l'étoile sont projetées au loin, à des milliers de km/s. Comment imaginer qu'une planète puisse survivre au voisinage d'un tel cataclysme ?

Eh bien, il faut croire qu'elle a survécu : les résultats obtenus par les astronomes britanniques paraissent sans équivoque. Ils montrent – par une méthode indirecte, certes, mais d'une grande précision – l'existence d'une planète qui semble bien de dix masses terrestres, en orbite quasi-circulaire autour d'un pulsar situé à 30 000 années-lumière du système solaire, dans la constellation dite de l'Ecu.

Six mois plus tard, premier rebondissement. Le 9 janvier 1992, en effet, une seconde équipe annonce la découverte similaire de deux – voire peut-être trois – planètes en orbite autour d'un autre pulsar situé, celui-là, à une distance de 1 500 années-lumière en



Et une troisième, plus proche de nous, à 50 années-lumière "seulement", soit trois fois moins que celles découvertes dans la constellation de la Vierge (**1** – sur ce cliché, ses étoiles ont été "rehaussées" photographiquement). En effet, de tout récents résultats obtenus par une équipe française de l'observatoire de Paris-Meudon suggèrent la présence d'une planète dans le disque de poussières observé en 1984 autour de l'étoile Bêta Pictoris (**2**) par des astronomes américains.

direction de la constellation de la Vierge. La nouvelle vient cette fois de Puerto Rico, où Aleksander Wolszczan et Dale Frail, deux astronomes américains, ont réalisé leurs observations avec le radiotélescope d'Arecibo. Le résultat est fabuleux : il montre l'existence d'un véritable petit système "extrasolaire" composé de deux planètes en orbite à 54 et 70 millions de km du pulsar (distances comparables à celle de Mercure au Soleil) et dont les masses sont respectivement 3,4 et 2,8 fois celle de la Terre. La troisième pla-

nète, quant à elle, reste très hypothétique.

Nouveau coup de théâtre une semaine plus tard. Le 16 janvier 1992, en effet, les Britanniques de la première équipe, celle de Jodrell Bank, publient une courte communication, où ils expliquent – ni plus, ni moins – avoir commis une erreur dans l'analyse de leurs données. Leur planète n'existe pas. Elle est le résultat d'une erreur incroyable mais pas facile à comprendre, qu'ils décrivent courageusement. Consternation et déception chez les astrophysiciens !

On se demande évidemment si la seconde découverte, celle des deux radioastronomes d'Arecibo, n'est pas, elle aussi, un mirage. Jusqu'à présent, la réponse est non. Les vérifications ont rapidement été faites, avec toute l'attention qu'on peut imaginer. De plus, les procédures suivies par les deux équipes pour analyser leurs données présentent des différences qui excluent *a priori* la répétition d'une même erreur. Il ne reste donc aucune raison de douter de l'existence d'un système planétaire autour du pulsar dans la constellation de la Vierge.

Cependant, le doute a ses raisons que la Raison ignore! Si bien que les experts sont plutôt embarrassés par cette découverte. Dans l'attente d'une confirmation ou d'un nouveau rebondissement : ils se demandent, en effet, si elle marquera l'histoire de l'astronomie... ou celle des grandes erreurs scientifiques !

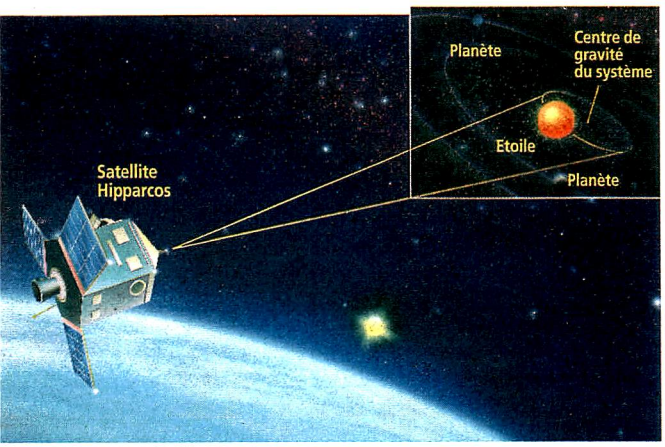
Pour bien apprécier l'extrême originalité de ces découvertes, il faut les placer dans le contrexte plus général de la recherche de planètes en dehors du système solaire, une chasse qui a mobilisé les moyens et les talents des chercheurs depuis le tout début de l'astronomie moderne, dans les années 1930. Tout commence par une question beaucoup plus ancienne : en quoi les planètes et les étoiles sont-elles différentes ? En fait, on le sait maintenant, tout est d'abord une question de masse. Celle d'une planète est bien plus faible que celle d'une étoile. Jupiter, par exemple, qui est pourtant la planète la plus massive du système solaire, a une masse mille fois plus faible que celle du Soleil. Quant à la Terre, sa masse est encore 300 fois plus faible que celle de Jupiter.

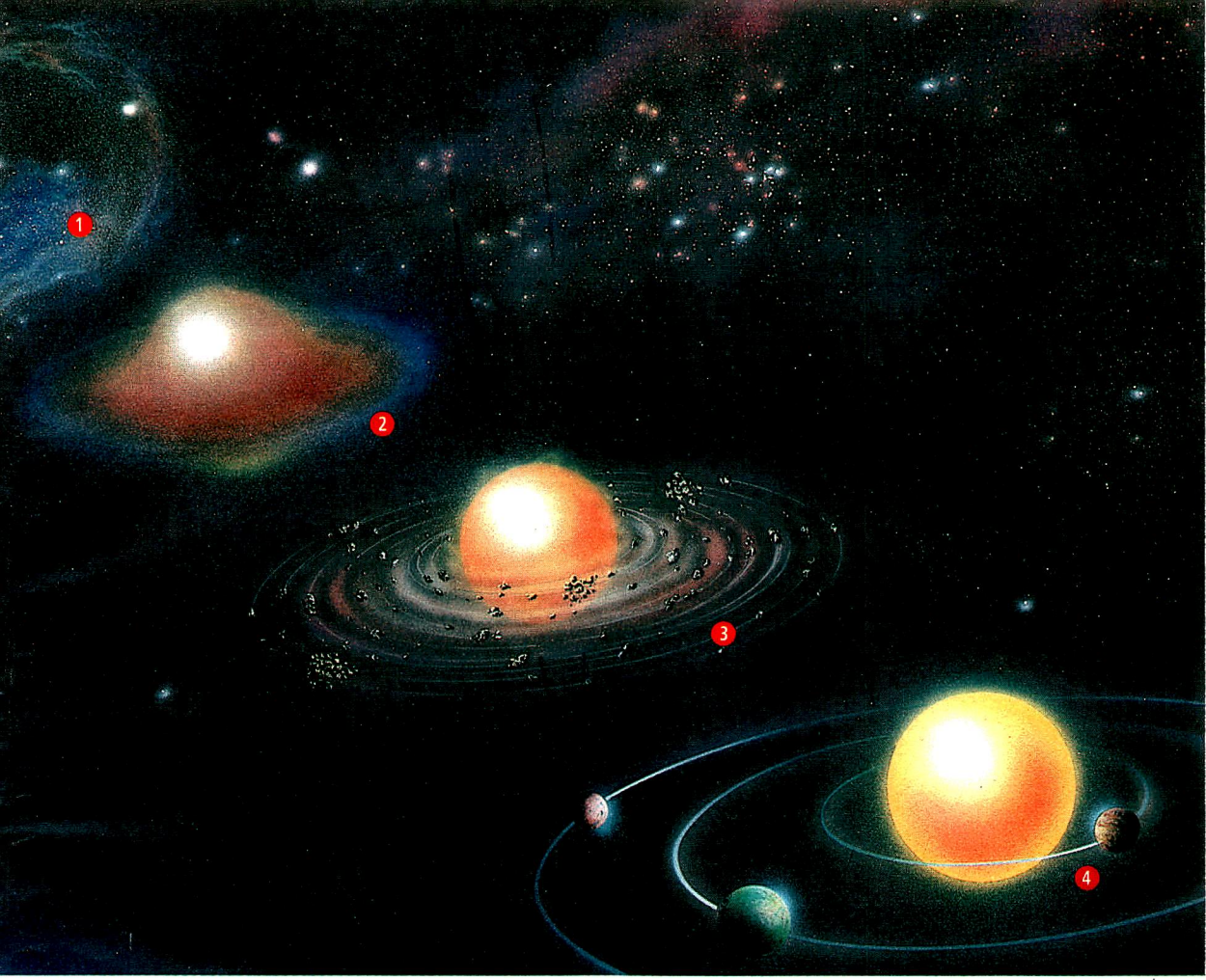


Cette différence de masse a une conséquence fondamentale : une étoile brille par elle-même. Autrement dit, elle produit en son sein toute l'énergie qu'elle rayonne dans l'espace sous forme de lumière. Alors qu'une planète n'émet pas de lumière par elle-même et se contente de réfléchir celle de l'étoile autour de laquelle elle est en orbite. Sans le Soleil, les planètes Vénus, Mars ou Jupiter n'auraient pas dans le ciel nocturne cet éclat qui –parce qu'elles sont proches de nous – les rend visibles à l'œil nu.

On connaît aujourd'hui relativement bien le scénario qui conduit à cette séparation des rôles et à la formation des planètes. Il confirme une hypothèse fort ancienne, celle de la "nébuleuse primitive" évoquée dès le XVIII[e] siècle par Kant et Laplace pour expliquer l'origine du système solaire. A la lumière de nos connaissance actuelles, la nébuleuse primitive est en fait un fragment de nuage interstellaire, composé de gaz moléculaire et de poussière, tel qu'on en trouve dans les galaxies. Animé au départ d'un lent mouvement de rotation, ce nuage se contracte progressivement sous l'action de sa propre gravité ; ce qui a pour effet, d'une part, de le transformer en disque, d'autre part d'augmenter la densité et la température de sa partie centrale. Dès que cette température atteint 10 millions de degrés, les réactions thermonucléaires de fusion de l'hydrogène s'allument au sein d'un em-

Les planètes invisibles à l'observation directe trahissent quand même leur présence, par la perturbation qu'elles apportent au mouvement de l'étoile autour de laquelle elles sont en orbite. L'étoile n'est plus fixe au centre du système qu'elle forme avec les planètes, mais tourne autour du centre de gravité commun. Cette oscillation d'une amplitude infime sera peut-être détectable par le satellite *Hipparcos* (voir p. 34).





Les quatre temps de la naissance d'une planète. D'après le modèle théorique en vigueur à l'heure actuelle, un fragment de nuage interstellaire (**1**) commence par se contracter sur lui-même sous l'effet de sa propre gravitation. En un point de ce nuage, densité et température atteignent un niveau suffisant pour déclencher l'allumage des réactions de fusion entre les noyaux du gaz constituant le nuage : une étoile est née (**2**), entourée d'un disque de poussières plus froides qu'elle entraîne par gravitation. A force de s'agglutiner ainsi entre elles, les poussières du nuage forment des planétésimaux, gros cailloux de quelques mètres de diamètre (**3**). Ce phénomène d'accrétion se poursuit et finit par former des planètes proprement dites (**4**).

bryon d'étoile qui concentre déjà l'essentiel de la masse du fragment de nuage initial. Le reste du disque n'est formé que de grains de poussière dont la dimension est inférieure au millimètre.

Des phénomènes complexes entrent en jeu dans les étapes suivantes du scénario, qui voit d'abord la formation de ce que les astrophysiciens appellent des "planétésimaux", gros cailloux d'une taille de quelques mètres, faits de l'agglutination de grains de poussière. La répartition de ces planétésimaux autour de l'étoile n'est pas homogène. Elle présente des fluctuations qui, en s'amplifiant, vont finalement donner naissance aux planètes (voir dessin ci-dessus).

Trop de facteurs interviennent pour traduire directement en chiffres les quatre étapes du scénario théorique. Au bout du compte, pour en savoir plus sur les planètes extrasolaires, mieux vaut les chercher !

L'observation par imagerie directe est le premier moyen qui s'offre au chercheur de nouvelles planètes. Pas suffisamment efficace, malheureusement, pour distinguer une épingle (planète) collée en orbite autour d'une botte de foin (étoile) dix milliards de fois plus lumineuse. Une étude publiée en 1987 par Robert Brown, du Space Telescope Institute a montré par exemple que même le télescope spatial *Hubble* ne pourrait pas, à une distance de 16 années-lumière, voir un objet de la taille de Jupiter (pourtant énorme) autour d'une étoile comme le Soleil. Il y a donc peu de chances qu'il nous fasse découvrir une nouvelle planète. Et de toute manière, il faudra d'abord attendre qu'il soit équipé d'un dispositif optique correcteur qui le guérira de son affligeante myopie actuelle pour lui permettre d'atteindre ses performances nominales. Une mission de la navette est programmée pour cela, fin 1993.

A défaut de planète extrasolaire, un satellite d'observation astronomique en orbite terrestre nous a déjà

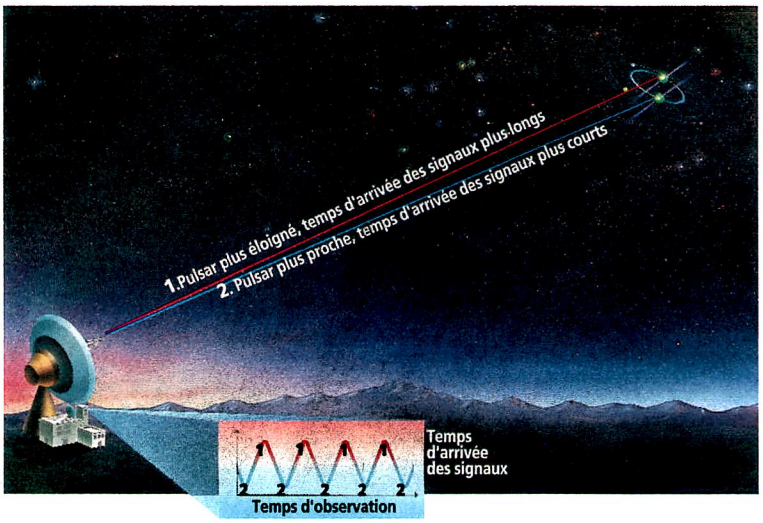
apporté des indices intéressants sur leur formation. Il s'agit de *IRAS* (Infrared Astronomical Satellite), lancé en 1983 pour cartographier le ciel en infrarouge (entre 12 et 100 microns de longueur d'onde). Connaissant la luminosité d'une étoile dans le domaine visible, il est relativement aisé d'en déduire celle qu'elle devrait avoir dans l'infrarouge. Or, *IRAS* a montré que plusieurs étoiles, parmi lesquelles Véga et Bêta Pictoris, présentent un fort excès de rayonnement infrarouge. Dans le cas de Véga, située à 25 années-lumière de nous, cet excès provient non pas de l'étoile elle-même, mais d'une région étendue dont la dimension est deux fois celle du système solaire. Cela indique l'existence d'un anneau composé de poussières relativement froides (à l'échelle stellaire), émettant un maximum de rayonnement infrarouge. Un anneau qui pourrait correspondre à un système planétaire en formation.

Le cas de Bêta Pictoris, située dans la constellation de l'Atelier du peintre, est encore plus spectaculaire. En 1984, deux astronomes américains, Bradford Smith et Richard Terrile, ont observé cette étoile depuis la Terre, toujours en imagerie directe, mais cette fois dans le domaine visible, avec le grand télescope austral de Las Companas, au Chili. En masquant la lumière de l'étoile avec un cache, ils ont obtenu l'image d'un disque vu par la tranche, dix fois plus grand que le système solaire (voir photo p. 17). Cette image est extraordinaire. C'est la seule où l'on peut voir directement ce qui est peut-être un disque de poussière protoplanétaire.

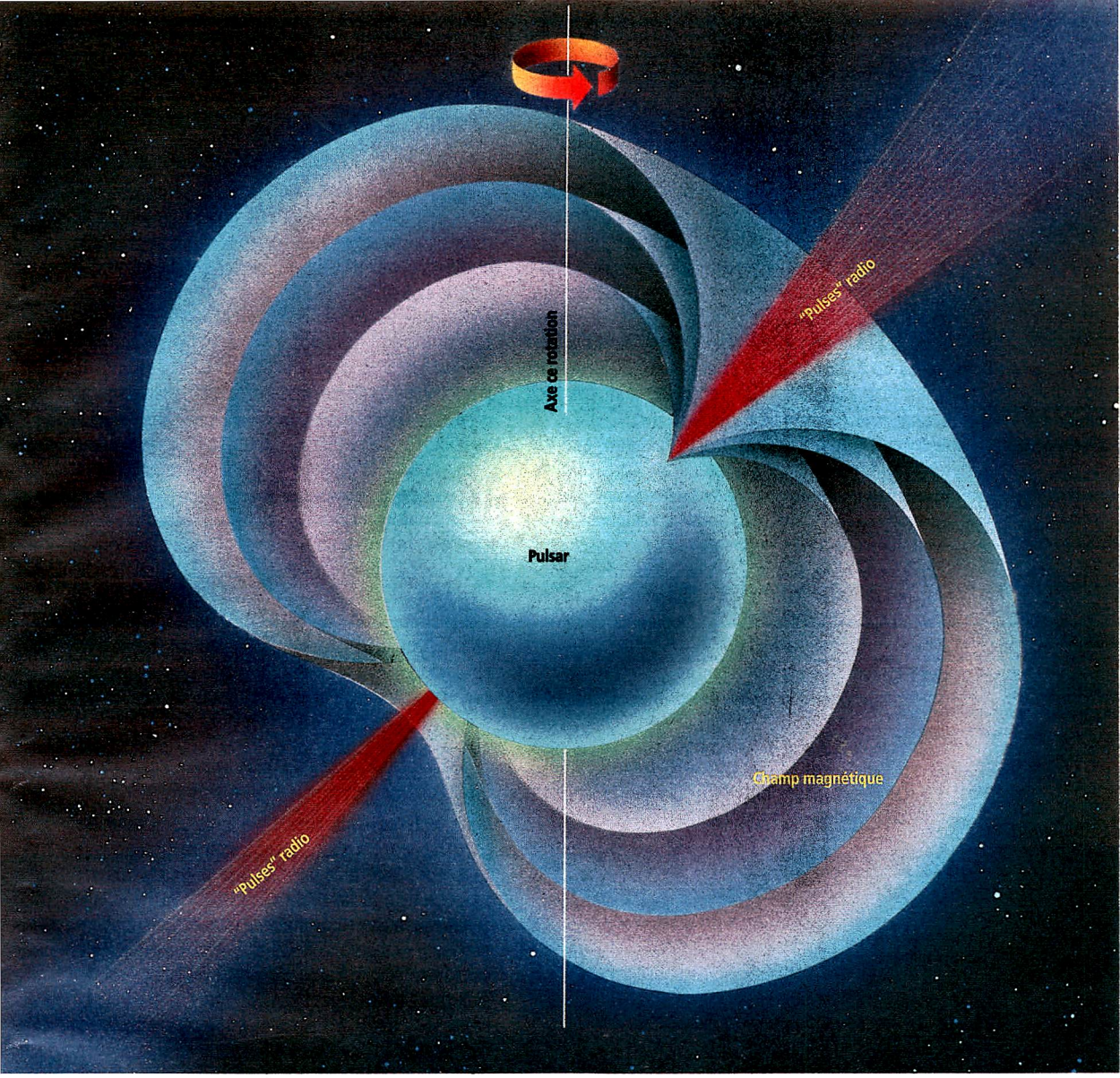
L'histoire de Beta Pictoris ne s'arrête pas là. A partir des données obtenues depuis la Terre, on peut en déduire la quantité de poussière présente autour de l'étoile et recalculer l'excès de rayonnement infrarouge qui en résulte. On s'aperçoit alors que cet excès obtenu par le calcul est nettement plus grand que celui effectivement observé par *IRAS*. Le seul moyen de réconcilier les deux résultats est de supposer que le disque autour de l'étoile présente une lacune centrale, un peu comme les vieux "45-tours". Reste à expliquer cette lacune.

Pour les astrophysiciens, l'hypothèse la plus simple est la présence d'une planète qui opposerait un "barrage gravitationnel" aux poussières tombant sur l'étoile, créant ainsi un espace vide entre la planète et l'étoile. Les toutes récentes simulations numériques effectuées par Françoise Roques, Bruno Sicardy (de l'observatoire de Paris-Meudon) et Hans Scholl (de l'observatoire de Nice) montrent qu'une planète en orbite à 3 milliards de km de Bêta Pictoris (20 fois la distance Terre-Soleil) et de masse 10 à 100 fois plus grande que la Terre, permet effectivement de reconstituer le disque voulu. Indirectement, ces résultats sont une indication possible de nouvelle planète. Ils ont été présentés en novembre 1991, lors d'un congrès à Palo Alto (Californie) et seront bientôt publiés dans la revue *Nature*.

Plus connus sont les résultats obtenus avec une autre méthode d'observation indirecte, plus classique mais tout aussi acrobatique, visant à détecter la perturbation gravitationnelle d'une planète sur le mouvement de son étoile-mère. Prenons, par exemple, un système constitué uniquement du Soleil et de Jupiter. Un calcul simple montre que le centre de gravité ne coïncide pas exactement avec celui de l'étoile. Et le mouvement de Jupiter autour du Soleil entraîne ce dernier dans un infime déplacement autour du centre de gravité de l'ensemble du système (dessin p. 18). C'est ainsi qu'un observateur situé à 16 années-lumière du Soleil verra celui-ci décrire un



Le pulsar trahit ses planètes. Tournant sur lui-même avec une régularité d'horloge, ce phare du cosmos nous envoie des impulsions d'ondes radio dont la période est mesurée avec une extrême précision. Si un objet – une planète, par exemple – est en orbite autour de lui, elle induira une rotation du pulsar autour du centre de gravité du système (voir aussi dessin p. 18). Ce mouvement se traduira par une fluctuation périodique du temps d'arrivée sur Terre des signaux radio du pulsar. Cette fluctuation trahit donc la présence de la planète, et la période de cette fluctuation nous indique la durée d'une révolution de ladite planète autour du pulsar.



cercle apparent de 1 milliseconde d'arc en 11,9 années (période orbitale de Jupiter). Une milliseconde d'arc, c'est minuscule. Cela correspond à la taille d'une pièce de 10 centimes vue à 4 000 km ! Mais avec les étoiles proches et un puissant télescope, le défi méritait d'être relevé.

Peter Van de Kamp, de l'observatoire de Sproul, en Pennsylvanie, s'est lancé dès 1937 dans cette aventure qu'il a poursuivie pendant plus de vingt ans. En observant à plusieurs reprises l'étoile de Barnard, il a constaté une variation de la position de cet astre due, selon lui, à la perturbation gravitationnelle d'une planète. En fait, cette découverte a été démentie par plusieurs équipes, dont l'une de l'US Naval Observatory, dans les années 1970. Et pour les astronomes, elle est due en fait à une imprécision inhérente aux appareils de mesure.

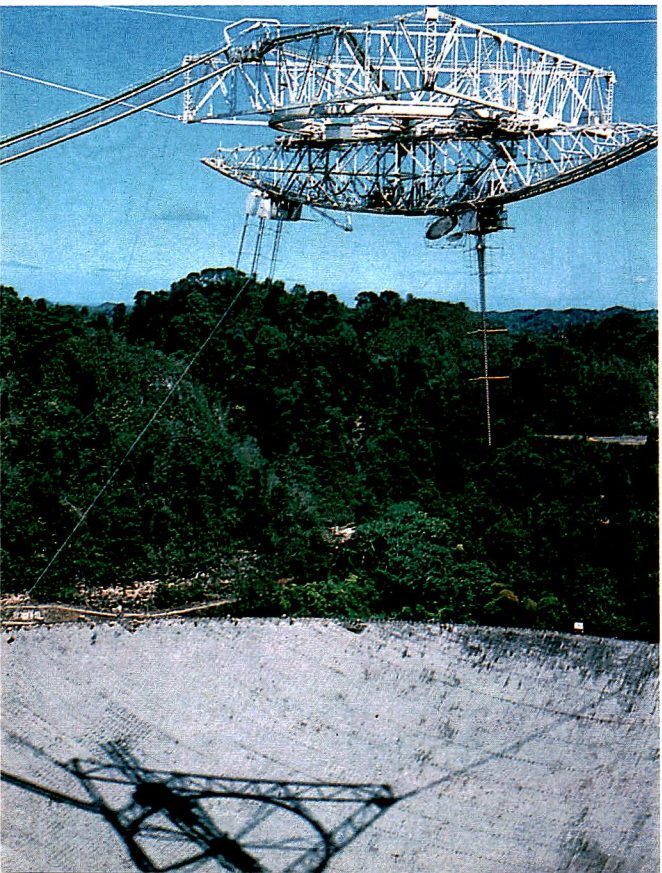
Le radio-phare du cosmos. Les pulsars sont des "boules" de neutrons (on les appelle étoiles à neutrons) extrêmement denses : 1,5 masse solaire dans un volume d'à peine 10 km de rayon. Ils tournent sur eux-mêmes à une vitesse vertigineuse (jusqu'à plusieurs centaines de tours/s). Leur champ magnétique intense provoque l'émission de puissants faisceaux d'ondes radio balayant l'espace comme un phare emballé. Quand la Terre se trouve sur le trajet d'un tel faisceau, on détecte un train d'impulsions ("pulses") radio très régulièrement espacées.

Une deuxième méthode d'observation indirecte des planètes vise à mettre en évidence non pas l'amplitude mais la vitesse de déplacement d'une étoile en mouvement autour du centre de gravité du système d'une étoile avec une planète. Reprenons notre exemple de Jupiter et du Soleil. Nous avons vu que le Soleil est entraîné dans un léger mouvement périodique autour du centre de gravité du système. Eh

bien, la vitesse de ce déplacement est de 15 m/sec. Elle se traduit, par effet Doppler, par un petit décalage en longueur d'onde de la lumière émise par le Soleil. Là encore, l'effet recherché est minuscule. Là encore, les chasseurs de planètes ont tenté de le mettre en évidence. C'est ainsi que, depuis 1981, B. Campbell mesure avec le grand télescope d'Hawaï des vitesses de déplacement d'étoiles compatibles avec l'existence de planètes. En particulier pour Gamma Cephei, une étoile de la constellation de Céphée. Le mouvement qu'il en déduit n'est cependant pas périodique de façon évidente. Il faudrait, pour en avoir le cœur net, continuer les mesures pendant encore au moins une dizaine d'années. En attendant, les spécialistes ne sont pas convaincus. Ils refusent catégoriquement de suivre Campbell dans ses conclusions et de considérer ce qu'il observe aujourd'hui comme preuve de l'existence d'une planète.

Arecibo : 2 ...

Grâce au radiotélescope d'Arecibo (ci-dessous), installé à Puerto Rico, en Amérique centrale, deux chercheurs américains ont capté des signaux émis par un pulsar situé dans la direction de la constellation de la Vierge. Ces signaux présentaient une modulation qui révélait l'existence de deux planètes autour du pulsar.



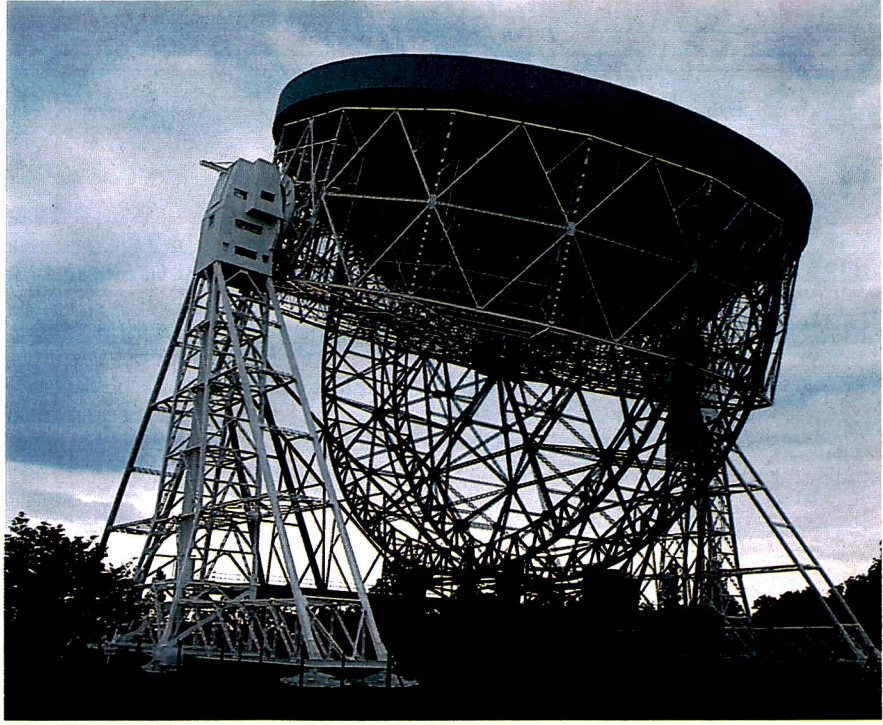
Il reste une dernière méthode d'observation indirecte des planètes. De loin la plus saugrenue. Elle consiste à installer un super-émetteur d'ondes radio et un chronomètre sur une étoile, de telle façon que celle-ci nous communique de brefs signaux à des intervalles de temps régulièrement espacés. Si une planète est en orbite autour de l'étoile et qu'elle entraîne celle-ci dans un mouvement périodique autour de leur centre de gravité commun, alors on observe une dérive, périodique elle aussi, du temps d'arrivée des signaux sur Terre. Ceux-ci sont plus espacés quand l'étoile s'éloigne de nous et moins quand l'étoile se rapproche (voir dessin p. 20).

Cela paraît totalement farfelu. Jusqu'à présent, c'est pourtant la seule méthode efficace et de loin la plus précise. Mais pas avec n'importe quelle étoile: comme il est hors de question d'envoyer quoi que ce soit surt une étoile, on ne peut utiliser cette méthode qu'avec un pulsar, qui est naturellement équipé d'un chronomètre et d'un émetteur d'ondes radio. Un pulsar, rappelons-le, est un objet petit et compact (un rayon d'une dizaine de km, pour une fois et demie la masse du Soleil). Il se forme lorsqu'une étoile massive, au terme de son évolution, s'effondre sur elle-même.

La vie d'une étoile n'est en effet qu'une longue parenthèse entre deux phases de contraction gravitationnelle, une lutte permanente pour échapper à l'étreinte de la force de gravitation qui s'exerce comme un étau comprimant de tous côtés la matière, poussant l'étoile à s'effondrer sur elle-même. Dans cette lutte, l'étoile n'a qu'un seul allié : l'énergie de fusion thermonucléaire. Celle-ci intervient dès la naissance de l'étoile, à l'issue de la première phase de contraction qui conduit un fragment de nuage interstellaire à se condenser progressivement en une boule massive au cœur de laquelle la densité et la température s'élèvent. Lorsque cette température franchit le cap des 10 millions de degrés, la fusion entre en jeu. En convertissant l'hydrogène en hélium, elle libère son énergie au cœur de l'étoile qui vient de naître. Cette énergie canalisée vers la surface engendre, à l'intérieur de l'astre, des forces de pression centrifuges qui s'opposent et résistent à la force de gravitation. L'étoile entre alors dans une longue période d'équilibre qui dure plusieurs milliards d'années (dix dans le cas du Soleil, par exemple).

Le sort ultérieur de l'étoile et son destin final dépendent de sa masse initiale. Si celle-ci est comprise entre 1,5 et 5 fois la masse du Soleil, l'étoile terminera sa "brillante" carrière dans une gigantesque explosion, nous offrant ainsi l'occasion de voir parfois apparaître dans le ciel, comme le 23 février 1987, une supernova. Mais avant d'en arriver là, l'étoile pour-

suit son évolution marquée par la fusion de l'hydrogène en hélium, puis par celle de l'hélium en éléments de plus en plus lourds, jusqu'au fer qui, lui, ne fusionne pas. Toutes ces réactions de fusion se propagent dans des couches de plus en plus éloignées du cœur stellaire, et l'étoile acquiert ainsi une structure en "pelure d'oignon". Lorsque son cœur est intégralement transformé en fer, la fusion s'y arrête faute de combustible. L'étoile perd son seul allié. Plus rien ne s'oppose alors à la force de gravitation : le cœur devenu stérile s'effondre sur lui-même, entraînant dans sa chute le château de cartes des couches externes qui reposaient sur lui.



... Jodrell Bank: 0

Six mois plus tôt, des astronomes britanniques, au radiotélescope de Jodrell Bank, dans le Cheshire, en Angleterre, annonçaient avoir découvert une planète autour d'un autre pulsar, à 30 000 années-lumière celui-là, dans la direction, cette fois, de la constellation de l'Écu...Puis ils s'excusèrent, annonçant sportivement qu'ils s'étaient trompés. Une erreur "bête", mais non grossière (voir l'article) s'était glissée dans leurs résultats.

La suite survient à une vitesse fulgurante. En une fraction de seconde, la gravitation contracte violemment le cœur de l'étoile et le transforme en une boule de neutrons serrés les uns contre les autres. A ce stade, la matière devient incompressible davantage, et l'effondrement du cœur est brutalement stoppé. Une onde de choc se produit par contre-coup : les couches externes de l'étoile "rebondissent" sur le "mur" central de neutrons et sont projetées dans l'espace. L'étoile explose alors, libérant en un grandiose mais bref feu d'artifice une énergie équivalente à celle rayonnée par le Soleil en 10 milliards d'années. Autant dire que cette explosion se voit de loin. Elle se traduit par l'apparition dans le ciel de ce qu'on appelle une supernova.

Le seul vestige de l'étoile initiale est cette boule de neutrons qui, nous l'avons dit, concentre en un rayon d'une dizaine de km une masse égale à une fois et demie celle du Soleil ! Cet objet qui subsiste après l'effondrement du cœur stellaire est ce qu'on appelle un pulsar ou "étoile à neutrons". Le rétrécissement qui accompagne sa formation a deux conséquences étonnantes. Tout d'abord, le mouvement de rotation du cœur est accéléré dans la même proportion que sa taille est réduite.

Autre conséquence : le champ magnétique du pulsar se retrouve concentré sur une surface très réduite et voit son intensité augmenter d'autant. Cette intensité peut atteindre le chiffre fantastique de mille milliards de gauss (celle du Soleil n'est que de 1 gauss) ! Ce champ magnétique provoque un certain nombre d'effets à sa mesure, en particulier l'émission d'un puissant rayonnement d'ondes radio dans l'axe des deux pôles magnétiques (voir dessin 3). Comme le pulsar tourne sur lui-même, avec une régularité d'horloge, ces faisceaux d'onde radio balayent l'espace comme le pinceau lumineux d'un phare le long des côtes. Lorsque la Terre intercepte le trajet de ces faisceaux, le signal en provenance du pulsar, que nous détectons avec un radiotélescope, se présente ainsi sous la forme d'une série de "pulses" intermittents, très régulièrement espacés.

On connaît aujourd'hui plus de 500 pulsars dont les noms de baptême n'ont rien de bien poétique puisqu'ils indiquent très prosaïquement les coordonnées célestes de chacun d'eux. Ainsi PSR 1829 –10 est le pulsar (PSR) situé dans le ciel à 18 h 29' d'ascension droite (l'équivalent céleste de la longitude) et 10° de déclinaison sud (équivalent de la latitude, le signe moins indiquant l'hémisphère sud). PSR 1829 –10 est l'un des 40 pulsars découverts en 1985, lors d'une campagne de recherche systématique menée à l'aide du radiotélescope de Jodrell Bank, en Grande-Bretagne. La régularité du mouvement de rotation des pulsars se traduit par la grande précision avec laquelle on peut mesurer leur période de rota-



tion. Ainsi, celle de PSR 1829 -10 est de ... 0,330353559543 seconde ! Des 40 nouveaux pulsars détectés en 1985, PSR 1829 -10 est le seul à présenter une anomalie : à l'observation sa période de rotation n'est pas fixe mais présente une variation régulière.

C'est en analysant cette variation régulière que les astronomes Matthew Bailes, Andrew Lyne et Setnam Shemar ont abouti aux résultats dont la publication en 1991 a fait l'effet d'une bombe dans le monde de l'astronomie. Les trois chercheurs de Jodrell Bank ont, en effet, découvert que la seule façon de l'expliquer faisait appel à la présence d'un compagnon suffisamment massif pour entraîner le pulsar dans un mouvement autour du centre de gravité du système formé par l'un et l'autre (***voir dessin p. 18***). La surprise vient du fait que le compagnon de PSR 1829 -10 a une masse égale à 10,2 fois celle de la Terre et qu'il circule en orbite quasi circulaire à une distance de 105 millions de km du pulsar (environ la distance de Vénus au Soleil) avec une période de 184 jours. En d'autres termes, la masse de ce compagnon et les caractéristiques de son orbite en font une planète découverte autour d'un pulsar, lui-même situé à quelque 33 000 années-lumière du système solaire.

Les trois chercheurs présentent ce résultat extraordinaire dans un article publié le 21 juillet 91 par la revue anglaise *Nature*. Cette découverte est extraordinaire car, comme on l'a vu, l'existence d'aucune planète extrasolaire n'a pu être jusque-là confirmée. De plus, la méthode utilisée est d'une grande précision puisque les pulsars tournent sur eux-mêmes comme des horloges, et qu'une fluctuation apparaît très nettement superposée sur le mouvement de cette horloge. Enfin, la découverte est surprenante car personne ne s'attendait vraiment à trouver une planète autour d'un pulsar. Celle-ci a-t-elle survécu à l'explosion de l'étoile initiale en supernova ? Pourquoi son orbite est-elle aussi circulaire ? En quelques mois plusieurs modèles théoriques sont proposés pour tenter de répondre à ces questions.

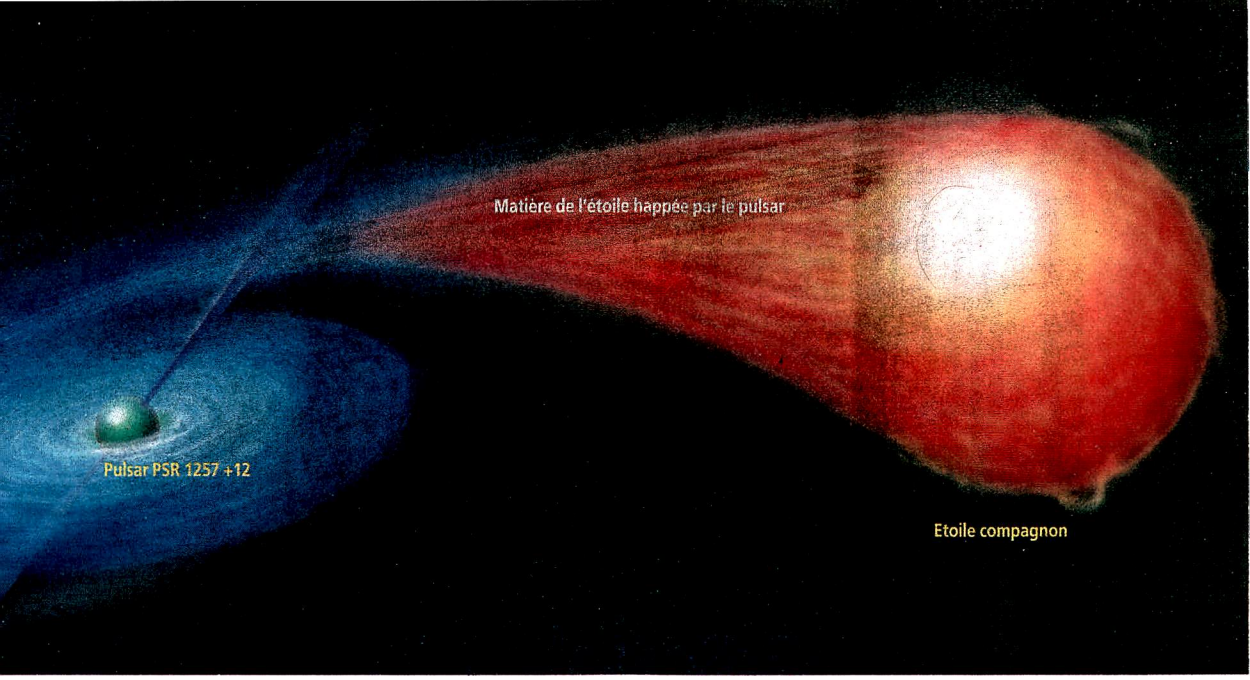
Le 9 janvier 1992, nouvelle découverte, encore plus spectaculaire puisqu'il s'agit cette fois d'un système planétaire (et non plus une planète unique) détecté autour de PSR 1257 +12. Ce pulsar est ce que l'on appelle un "pulsar ultrarapide" (ou encore "pulsar milliseconde"). Sa période est en effet de 6 millisecondes (très exactement 6,21853193177 ms, avec une précision de ±1 sur le dernier chiffre significatif !). La valeur de cette période fait de lui un pulsar beaucoup plus âgé (un milliard d'années) que le précédent, accéléré – après l'explosion en supernova, le pulsar ralentit normalement – par un phénomène complexe qui fait probablement intervenir, longtemps avant la naisssance des deux planètes, la présence d'un compagnon, par exemple une étoile géante rouge, dont la matière est "aspirée" par le pulsar (***voir dessin ci-contre***).

Les deux planètes en orbite autour de lui ne sont que 3,4 et 2,8 fois plus massives que la Terre. Elles circulent respectivement à des distances de 54 et 70 millions de km du pulsar (comparables à celle de Mercure au Soleil), avec des périodes de 66 et 98 jours. La découverte d'une troisième planète est même évoquée, mais son existence reste très hypothétique. Cependant, avec deux planètes il s'agit déjà d'un véritable "système extrasolaire" dont certaines caractéristiques se retrouvent d'ailleurs dans notre système solaire (rapport entre les périodes orbitales proche de 3/2).

Le grand âge du pulsar de la Vierge est aussi un élément nouveau et intéressant, car, contrairement aux pulsars ordinaires, il offre un laps de temps plus grand pour la formation de planètes.

Ce facteur temps était d'ailleurs l'une des questions soulevées par la découverte des chercheurs de Jodrell Bank. La planète dont ils avaient annoncé la mise en évicence, soit était formée avant l'explosion de la supernova, et alors elle n'aurait pu survivre au cataclysme; soit elle était née après, mais la jeunesse du pulsar PSR 1829 -10 ne lui laissait qu'un temps beaucoup trop court pour se former. On sait aujourd'hui que la question ne se pose plus, puisque ladite planète n'existe tout simplement pas. Elle n'est qu'un artefact, une illusion due à une erreur dans l'un des calculs où intervient le mouvement de la Terre (autour du Soleil). De là vient d'ailleurs l'explication de la période orbitale attribuée à cette fausse planète, 184 jours, qui coïncide presque exactement avec une demi-année... terrestre !

Les Anglais décrivent cette erreur "bête" (mais non grossière) dans une courte et sobre communication. Il est important d'en comprendre l'origine pour savoir si elle remet en cause la seconde découverte, celle du système planétaire du pulsar de la Vierge par l'équipe d'Arecibo. Au départ, ce que chacune des deux équipes a observé, c'est une variation des temps d'arrivée sur Terre des ondes radio émises par chacun des deux pulsars. A partir de là, les méthodes d'analyse des données observées sont différentes. Les Anglais procèdent en deux étapes. Tout d'abord, ils cor-



Trop rapide pour être classique. Le pulsar PSR 1257 +12, "soleil" de deux planètes, tourne sur lui-même cent fois plus vite que les pulsars ordinaires (un tour en 6 millisecondes environ). Cette vitesse n'ayant pu être acquise par la seule explosion de l'étoile normale qu'il était à l'origine, on pense que PSR 1257 +12 a dû aspirer dans sa rotation la matière d'une étoile compagnon : en tombant sur le pulsar, cette matière l'a accéléré, tout comme une patineuse tourne plus vite lorsqu'elle ramène ses bras près de son corps.

rigent les temps d'arrivée mesurés, des fluctuations introduites par le mouvement de la Terre autour du Soleil. Autrement dit, ils ramènent leurs données à celles qu'on observerait d'un point fixe, au centre de gravité du système solaire. Dans cette première étape, ils utilisent d'une part des éphémérides très précises pour décrire l'orbite terrestre, et d'autre part la position du pulsar telle qu'ils l'ont mesurée.

Dans une deuxième étape du calcul, on ajuste un modèle dont on fait varier les paramètres pour décrire au mieux le mouvement du pulsar. La différence entre les temps d'arrivée calculés avec ce modèle et ceux ramenés au centre de gravité du système solaire, est ce qu'on appelle les "résidus". Le but du jeu est de minimiser ces résidus. Dans cette deuxième étape, intervient aussi le mouvement de la Terre par rapport au Soleil, mouvement que les Anglais décrivent cette fois de façon plus sommaire, en négligeant l'excentricité de l'orbite terrestre. Cette approximation est *a priori* légitime car le calcul de l'orbite terrestre n'intervient ici que dans la comparaison avec les résultats du modèle. En termes mathématiques, il s'agit d'un processus différentiel qui ne demande pas une précision aussi grande que dans la première étape.

Pourtant, en rétablissant dans cette seconde étape une description précise de l'orbite terrestre (avec son excentricité), les Anglais ont vu disparaître leur planète autour du pulsar. La raison exacte n'est pas évidente à comprendre : c'est en fait une erreur sur la position initiale du pulsar, utilisée dans la première étape de l'analyse, qui rend illégitime l'approximation utilisée dans la deuxième étape pour décrire l'orbite terrestre et qui attribue au pulsar un mouvement qu'il n'a pas et une planète qui n'existe pas. On le voit, c'est une erreur "bête" (une description précise de l'orbite terrestre aurait pu être introduite d'emblée dans les deux étapes de l'analyse), mais qui est loin d'être grossière.

Qu'en est-il de la seconde équipe, celle d'Arecibo, et du système planétaire qu'elle annonce avoir découvert ? De ce côté-là, jusqu'à présent, tout va bien ! La méthode d'analyse des temps d'arrivée est différente. Les périodes des deux planètes autour du pulsar ne correspondent pas à une année ou une demi-année terrestre (et donc pas d'erreur due à une mauvaise prise en compte du mouvement de la Terre). Enfin, la position du pulsar, mesurée avec le radiotélescope, a été contrôlée avec un autre dispositif et une autre méthode (avec l'interfémomètre Very Large Array, dans le Nouveau-Mexique, aux Etats-Unis). Rappelons, en outre, que le pulsar est plus ancien, ce qui rend plus vraisemblable la formation de planètes de "deuxième génération". Enfin, sa très courte période (6 ms) rend la méthode utilisée d'une extrême sensibilité : susceptible de mettre en évidence autour du pulsar des objets de masse inférieure à celle de la Lune !

Signalons tout de même que Wolszczan et Frail, les auteurs de cette seconde découverte, ne sont pas passés loin de la catastrophe. Outre leurs deux planètes dûment détectées, ils évoquent en effet l'exis-

(suite du texte page 164)

PAR RENAUD DE LA TAILLE

LES GRANDS MIROIRS DE L'UNIVERS

Pour voir loin dans l'espace, il faut voir grand: le miroir de 5 m du mont Palomar, qui semblait marquer l'ultime limite des instruments géants, semble maintenant un peu limité. Demain, les grands observatoires seront équipés de miroirs dépassant les 8 m et capables de refléter l'Univers le plus profond.

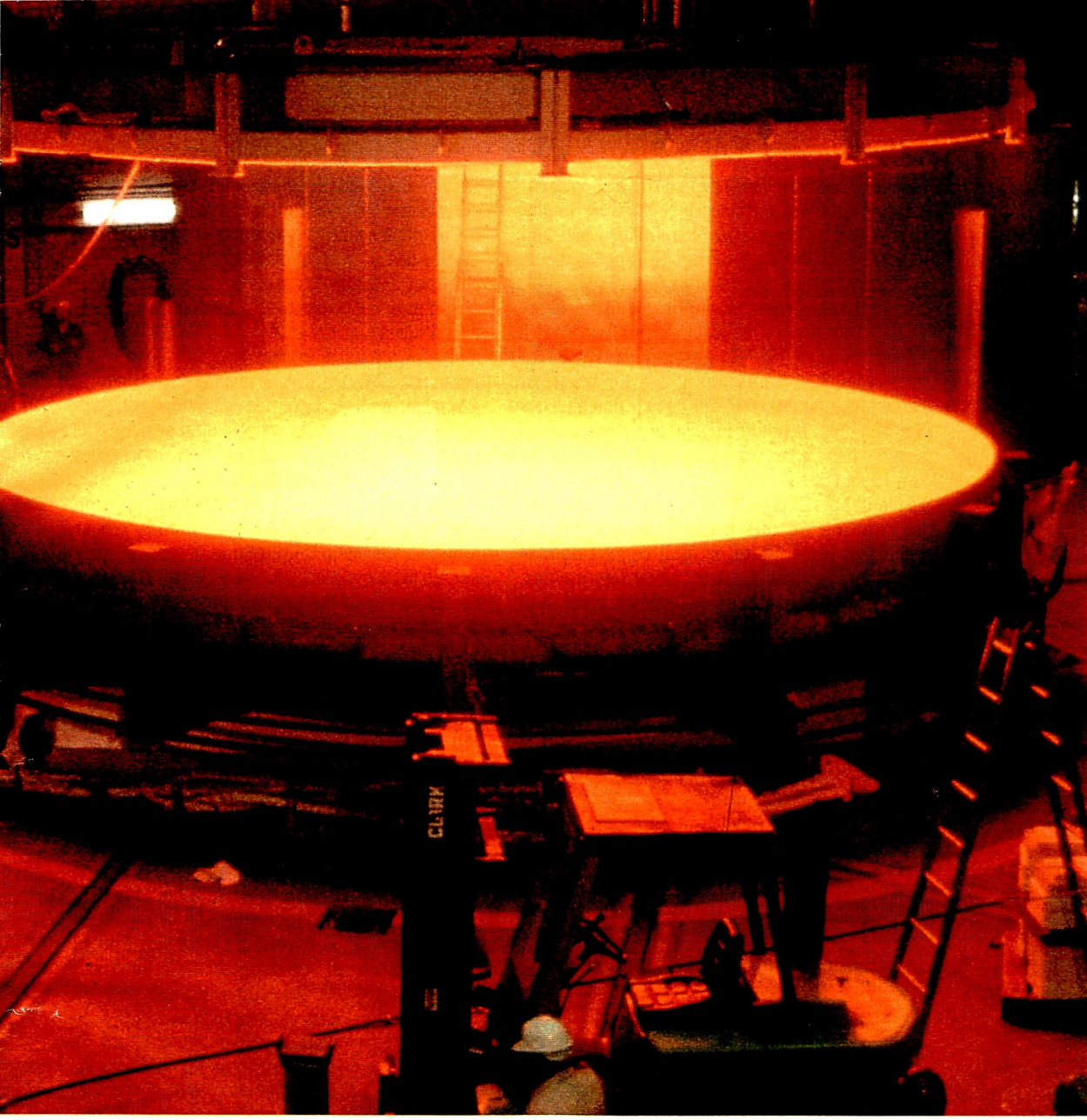


Chaque fois que l'on a augmenté la taille des lunettes et des télescopes, on a reculé les limites de l'univers visible sans que jamais les astres observables ne se raréfient au fond du ciel. Bien au contraire même: plus l'instrument est puissant, et plus on voit de galaxies et d'amas galactiques au fin fond de l'espace. Celui-là est toujours plus grand qu'on ne peut l'imaginer, et pour aller l'explorer il faut des moyens d'observation qui soient en rapport avec la distance des étoiles.

Celles-ci déversent des torrents de lumière, mais ces torrents ont à dévaler toute l'immensité du vide intersidéral avant d'arriver à la Terre, et ils s'éparpillent en route exactement comme un jet d'eau: à bonne distance on n'en reçoit plus que quelques rares gouttelettes. Ces gouttes qui tombent du ciel, ce sont d'ailleurs des photons, ces grains d'énergie associés à tout rayonnement électromagnétique.

Pour avoir le maximum d'informations sur une étoile, il faut recueillir le maximum de photons, et donc mettre le plus grand entonnoir possible. Cela explique la course aux grandes surfaces réceptrices qui est le lot aussi bien de l'astronomie classique, celle de la lumière, que de la radioastronomie. Quand Galilée tourna la première lunette vers les étoiles, il découvrit du premier coup les satellites de Jupiter: il n'avait pourtant qu'un objectif fort modeste de quelques centimètres, mais qui représentait une surface réceptrice de 10 cm^2 alors que la pupille de l'œil ne fait, au mieux, que 0,7 cm^2.

La lunette recueillait donc quinze fois plus de lumière que l'œil, et révélait du même coup des milliers d'étoiles qui avaient jusque-là échappé à la vision directe. Depuis lors, on augmenta sans cesse le diamètre de l'objectif, ce qui permit de découvrir les anneaux de Saturne, puis Uranus, Neptune et Pluton, leurs satellites et, bien plus loin, les étoiles doubles, les nébuleuses, les galaxies et les amas stellaires.



Le verre qui reflétera les galaxies. Incandescent dans son moule, le ménisque de verre de 8,20 m qui vient d'être coulé par Schott devra être lentement refroidi puis recuit – une opération qui demandera des mois – avant de voir les étoiles depuis le télescope européen VLT, à l'observatoire de l'ESO, dans les Andes chiliennes.

Pendant longtemps deux techniques se trouvèrent en concurrence dans cette course aux grands instruments: celle de l'objectif à deux lentilles en verre, et celle du miroir concave inaugurée par Newton en 1680. La plus grande lunette à lentilles est celle de Yerkes (Etats-Unis) montée en 1897 avec un objectif de 102 cm – mais la plus grande lunette d'Europe est celle de Meudon, 83 cm, maintenant laissée à l'abandon.

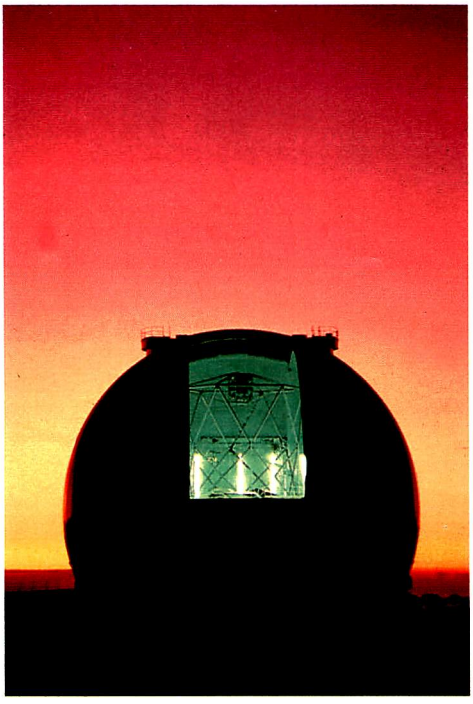
Depuis lors, on ne fait plus que des instruments à miroirs: il n'y a qu'une surface à polir au lieu de quatre pour les lentilles, les défauts internes du verre sont sans importance et, surtout, le poids de l'objectif est bien moindre. De ce fait, alors que la plus grande lunette possède un objectif qui dépasse tout juste le mètre, les miroirs de télescope atteignirent vite 1,5 m, puis frôlèrent les 2 m.

En 1918, les Américains installèrent au mont Wilson, en Californie, un miroir de 2,5 m qui permit à Hubble de déterminer la distance des galaxies lointaines et de découvrir l'expansion de l'Univers. En 1930, au mont Palomar, ils décidèrent de dou-

bler ce diamètre et de faire un miroir de 5 m. L'entreprise s'avéra d'une colossale difficulté: il fallut plus d'un an pour assurer le refroidissement du disque de verre de 20 tonnes et le polissage de cette énorme masse prit des années.

L'instrument complet, avec sa monture et ses miroirs secondaires, pesait 450 tonnes et n'entra en service qu'en 1947. Les astronomes pensèrent avoir atteint les limites du possible et les télescopes qui suivirent restèrent dans le domaine des 3 à 4 mètres. Pendant près de quarante ans, les progrès dans l'observation du visible vinrent essentiellement de l'électronique, d'une part pour les capteurs d'images DTC (dispositif à transfert de charge), 50 fois plus sensibles que les meilleurs films photo, et d'autre part pour le contrôle des miroirs secondaires déformables, dits optiques adaptatives, qui compensaient l'agitation atmosphérique.

Toutefois les capteurs ont maintenant atteint une efficacité voisine du maximum théorique et, pour continuer à progresser, il ne reste plus qu'à faire des miroirs nettement plus grands que le géant du mont Palomar, mais en partant sur d'autres bases. Jusque-là, on s'était contenté d'agrandir le modèle conçu vers 1780 par l'allemand Herschel: la rigidité du miroir est assurée par son épaisseur et le poids qui en découle est absorbé par une monture tout aussi massive.



Continuer sur cette voie était impossible: doubler la taille de l'instrument du Mont Palomar, qui était pourtant déjà allégé, aurait mené à un miroir de 160 tonnes - le poids de deux locomotives. Le premier schéma nouveau fut celui du MMT (télescope à multiples miroirs) américain: en faisant converger 6 miroirs de 1,80 m ayant une monture commune, on a la même surface collectrice de lumière qu'un miroir de 4,50 m. Mais la coupole et la structure de soutien sont plus petites et plus légères que celles d'un télescope conventionnel de 4 m.

La nouvelle génération de télescopes, celle qui sera en service d'ici à quelques années, repose toutefois sur des miroirs géants dépassant les 8 mètres mais qui n'ont plus rien de commun avec les disques épais des anciens instruments. Ceux-ci tenaient leur rigidité de leur épaisseur; comme nous l'avons vu, cette formule ne se prête pas aux grandes dimensions: un miroir de 4 m pèse 15 tonnes. Si on l'agrandit à 8 m, il pèsera 120 tonnes et se déformera quatre fois plus sous son propre poids.

Pour échapper à cet alourdissement, la première idée qui vient consiste à remplacer le verre par un matériau moins dense, lequel n'a d'ailleurs nul besoin d'être transparent. Mais, dans l'état actuel des techniques, cela n'est pas possible pour une raison simple: le verre est le seul matériau qui permette d'arriver à des cœfficients de dilatation thermique voisins de zéro. Un miroir de 8 m en aluminium verrait son diamètre varier de 5 mm entre 0° et 25°C, ce qui est inacceptable pour un élément qui est surfacé aux tolérances de l'optique, soit le centième de µm (micromètre).

Il faut donc en rester au verre, lequel a remplacé le métal à miroirs vers 1860 quand J. von Liebig a inventé l'argenture chimique des glaces. Mais il faut aussi renoncer au disque épais, ou même au disque d'un seul tenant comme l'ont fait les ingénieurs de l'université de Californie pour le télescope installé à 4 200 m près du sommet Mauna Kea, à Hawaï, et financé par la fondation Keck (***photo ci-contre***).

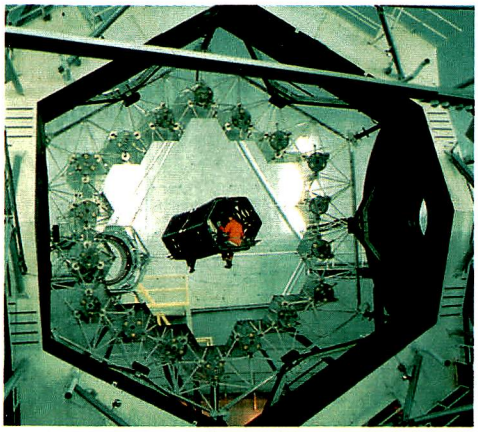
Le miroir de 10 m est fait d'un pavage régulier de 36 dalles hexagonales de 1,80 m de diagonale. Comme tous les nouveaux télescopes, il a une focale relativement courte par rapport à son diamètre et son ouverture relative est de 1,75 - les instruments plus anciens avaient une ouverture allant de 3 (mont Palomar) à 5. Le record en ce genre pour un grand miroir est actuellement détenu par le télescope du Vatican, le VATT, qui at-

teint l'ouverture exceptionnelle de 1 avec 1,80 m de diamètre.

Le télescope Keck, avec son miroir fractionné, est en cours d'achèvement et il a déjà donné des résultats prometteurs. La taille et le polissage des dalles hexagonales, dont l'assemblage doit donner un miroir hyperbolique, ont posé un difficile problème qui a été résolu de manière très astucieuse. On part d'un disque de 1,80 m que l'on déforme légèrement par tension élastique et que l'on polit alors en sphère.

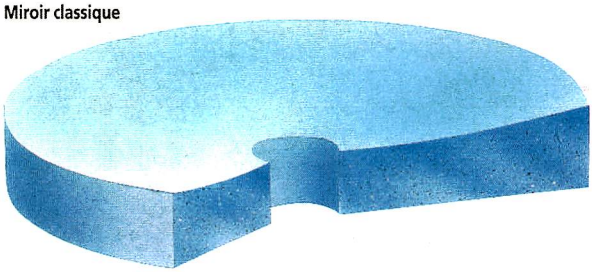
Quand on relâche la tension, le disque reprend sa forme primitive et la courbure donnée devient asphérique; mais quand on coupe les bords pour avoir un hexagone, la forme change encore d'une infime quantité qui est alors compensée par les ressorts qui maintiennent la dalle sur son support. Celui-ci est d'ailleurs fait d'un ensemble complexe de leviers, de servomoteurs et de capteurs reliés à un ordinateur qui corrige toute variation pour que l'ensemble des dalles conserve le profil hyperbolique voulu.

Chaque dalle est faite en Zerodur, un verre-céra-

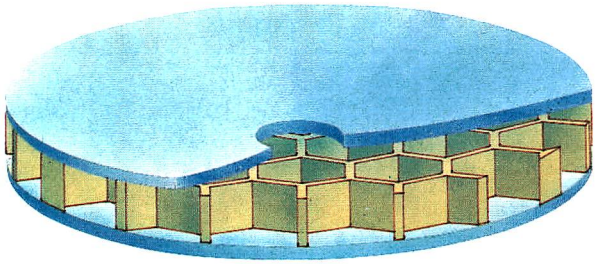


Un miroir pavé de glaces. Le télescope américain Keck (**photo page de gauche**), installé à Hawaï, utilisera un réflecteur primaire constitué d'un dallage de 36 miroirs hexagonaux posés sur une structure commandée par ordinateur (**ci-dessus**). Terminé, il offrira une surface collectrice de 76 m², fort utile pour la spectrographie, mais de résolution inférieure à celle d'un miroir d'un seul tenant.

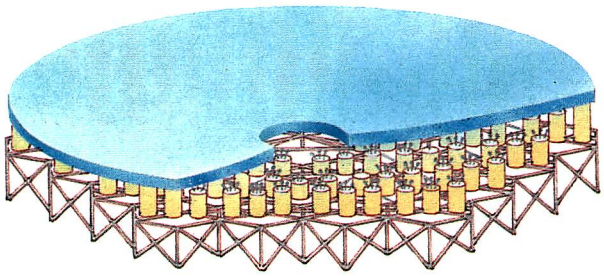
1. Miroir classique



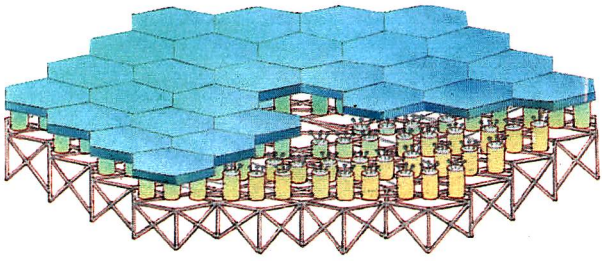
2. "Sandwich" à base nid d'abeille



3. Ménisque contrôlé par ordinateur



4. Dallage de miroirs hexagonaux



Quatre formules pour voir grand.

Dans les télescopes classiques, la rigidité du miroir était assurée par son épaisseur même (**1**); le rapport diamètre/épaisseur était de l'ordre de 6 à 8, mais au delà de 5 m la quantité de verre est telle que le miroir se déforme quand même sous son propre poids. On peut conserver la rigidité sans augmentation de poids en adoptant pour la surface réfléchissante un fin ménisque posé sur une structure en nid d'abeille (**2**). Certains grands télescopes américains de 8 m reposent sur ce principe. Une autre variante à faible épaisseur utilise encore un ménisque mince, mais porté par une structure dont chaque plot de soutien est sous le contrôle d'une calculatrice pour conserver au miroir la courbure prévue (**3**). La formule du télescope Keck américain (**4**) repose aussi sur une structure active, mais le ménisque est remplacé par un carrelage de miroirs hexagonaux dont la position est réglée par l'ordinateur au dixième de µm près.

mique fait par Schott Glaswerke à Mayence; il s'agit d'un produit exceptionnel, d'ailleurs fort cher, qui possède une dilatation thermique négligeable grâce à la combinaison d'une phase vitreuse à cœfficient positif avec une phase cristalline à cœfficient négatif. Au total, le miroir de 10 m fait de 36 hexagones ne pèse que 14,4 tonnes, soit un peu moins qu'un miroir classique de 4 m.

Il faut toutefois noter que cet ensemble est sous la dépendance totale du système informatique qui assure la position exacte de chaque dalle. D'autre part, les inévitables séparations entre chacune d'elles introduisent de la diffraction; de ce fait, l'intérêt de ce miroir discontinu vient plus de son immense surface collectrice - 76 m² - que de son pouvoir séparateur. Ce sera un outil fantastique pour la spectrographie.

Il existe heureusement deux autres voies pour réaliser des miroirs géants tout en restant dans des poids raisonnables:

Le sandwich à base nid d'abeille est la formule qui a été retenue pour les miroirs de 8 m des projets Columbus et Magellan (Etats-Unis), et du NOAO - National Oceanic and Atmospheric Administration - (Etats-Unis - Royaume-Uni - Canada). Pour chacun d'eux, le miroir est fait d'une mince plaque frontale de 28 mm d'épaisseur posée sur un réseau hexagonal en nid d'abeille épais de 80 cm environ (hexagones de 200 mm de large); une plaque dorsale de 25 mm ferme le tout.

La réduction de poids est d'autant plus importante que le miroir est concave dès la fusion, ce qui élimine déjà 20 tonnes de verre qu'il aurait fallu meuler pour creuser le disque. Pour cela, la coulée se fait dans un moule rotatif et la force centrifuge repousse le verre pâteux vers les bords en creusant la surface - on a le même profil qu'en faisant tourner de l'eau dans un gobelet. Bien que la concavité obtenue n'ait pas exactement le profil hyperbolique recherché, il reste peu à enlever pour arriver à la courbure idéale.

Le verre utilisé pour la face réfléchissante est un borosilicate semblable au Pyrex, il est fait à Ohara, au Japon. Il fond à une température relativement basse, de l'ordre de 1 200°C, et sous l'effet de la force centrifuge il s'étale alors facilement sur la base nid d'abeille dans le moule qui tourne. Le projet Columbus (université de l'Arizona) est un double télescope à monture commune avec deux miroirs de 8,40 m. Chacun d'eux a environ 85 cm d'épaisseur sur les bords, mais la structure alvéolée permet de ne pas dépasser un poids de 14 tonnes. Il sera installé à 3 200 m, sur le mont Graham, à l'observatoire de

l'Arizona (*voir photos ci-contre*).

La formule ménisque, pour sa part, a été retenue pour le très grand télescope européen VLT de l'ESO (European Southern Observatory, un organisme européen d'observations astronomiques dans l'hémisphère austral) et pour le JNLT japonais; tous deux auront des miroirs dépassant les 8 m. Contrairement aux miroirs classiques dont le rapport diamètre/épaisseur est de l'ordre de 6 à 8, le ménisque est bâti sur un rapport de 40 à 50. C'est donc une mince coupe de verre - l'équivalent d'une coupe à champagne dont on aurait enlevé le pied - dont l'épaisseur constante est bien trop faible pour assurer la rigidité du miroir: celui-ci ne pourrait garder sa forme tout seul car son propre poids le déforme de manière inégale selon qu'il est pointé à la verticale ou vers l'horizon.





La fonte des glaces. Au laboratoire Steward de l'observatoire de l'Arizona, un technicien (**en bas**) vérifie la structure céramique en nid d'abeille sur laquelle un ingénieur (**en haut**) va répartir des blocs de borosilicates. A la chaleur, ces blocs subissent une fusion pâteuse et ce verre s'étalera en cuvette quand le moule sera mis en rotation.

La stabilité de profil dépend donc entièrement d'un système de support à contrôle actif qui peut comporter plusieurs centaines de servomoteurs répartis au dos du ménisque pour contrebalancer la charge qui varie selon l'orientation. La force exercée aux points de contact sur lesquels repose le miroir est constamment ajustée par une calculatrice de façon à ce que la concavité reste celle qui a été calculée au centième de micromètre près.

Le VLT européen comportera quatre télescopes avec des miroirs de 8,20 m en Zerodur ; l'ensemble sera installé sur le plateau de Cerro Paranal, dans les Andes chiliennes, non loin du site de La Silla où se trouvent déjà les autres instruments de l'ESO. Les miroirs seront coulés par Schott Glaswerke dans un moule rotatif pour être concaves dès le départ, comme ceux de la formule sandwich (*voir photo p.27*).

Chacun d'eux ne fait que 17,5 cm d'épaisseur et pèse 23 tonnes; l'ouverture est de 1,8. Le polissage, au centième de micromètre près, sera assuré par la société française REOSC dans un nouvel atelier bâti près d'Evry, non loin de Paris. Pour le contrôle de la surface, qui doit absolument suivre le profil géomé-

trique voulu, il a fallu monter une tour de 30 mètres dans l'axe du miroir; des faisceaux laser, envoyés d'en haut sur le ménisque, permettent d'en mesurer la courbure avec la précision recherchée.

Il s'agit là d'un travail exceptionnel puisque jamais personne encore n'a poli un miroir de cette taille. Pendant un an, les ingénieurs vont d'ailleurs mener des essais sur un ménisque de béton, ce qui permettra de tester les machines à polir, les supports, les contraintes et autres. Il est en effet impensable de se faire la main sur un des vrais ménisques qui viendront de Mayence: tout doit être parfaitement au point à leur arrivée.

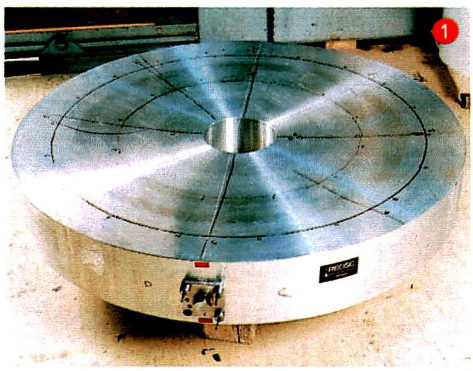
A lui seul, le transport de ces immenses coupes fragiles pose déjà de gros problèmes. Sorti de l'usine après un refroidissement qui peut durer des mois, le miroir est d'abord acheminé par péniche sur la Ruhr jusqu'à la mer du Nord; de là il est embarqué pour Le Havre où il reprend la péniche sur la Seine jusqu'à Evry; un camion spécial large de 3 m le prend alors, mais le miroir déborde encore de 2,50 m de chaque côté. Il lui faudra donc prendre de nuit l'autoroute qui aura été fermée pour la circonstance.

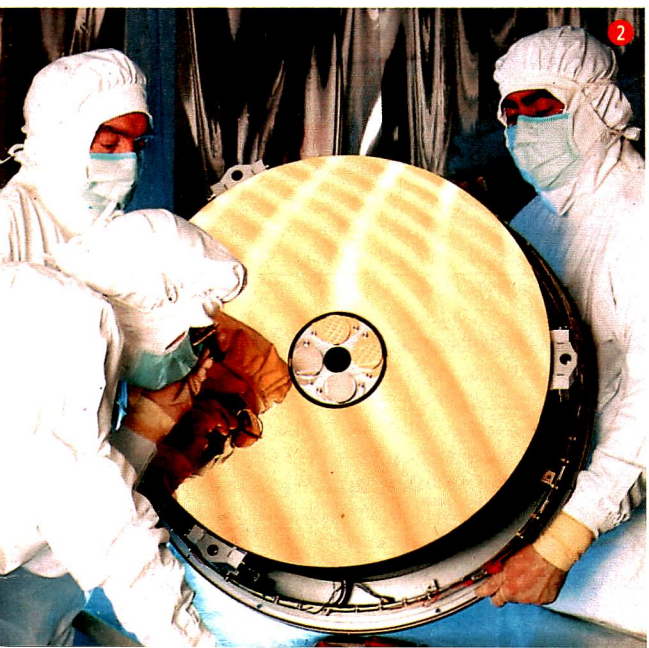
Après polissage il reprendra la mer jusqu'au Chili, mais il restera encore à le monter dans les Andes. Le dépôt réfléchissant, à base d'aluminium, sera fait sur place. Chaque miroir repose sur une structure complexe qui comporte d'abord un système hydraulique passif qui répartit le poids du verre sur 450 points; à cela s'ajoute un ensemble de 150 servocommandes dont chacune agit sur trois points de contact. Le maintien latéral – quand le télescope est incliné vers l'horizon – est assuré par un autre système hydraulique qui distribue les efforts sur tout le pourtour du miroir.

Qui plus est, cet ensemble répartiteur de charge permet de modifier le profil du miroir: celui-ci est normalement hyperbolique en montage Ritchey-Chrétien, mais il peut être mis en montage classique Cassegrain avec miroir parabolique - une variation de surface de seulement 2 centièmes de millimètre que permet facilement la souplesse du fin ménisque – en agissant sur la force exercée par les 150 servocommandes. Quand les quatre miroirs seront installés, vers 1998, l'observatoire de Cerro Paranal sera le plus puissant du monde car les quatre instruments peuvent travailler simultanément pour les études de spectrographie.

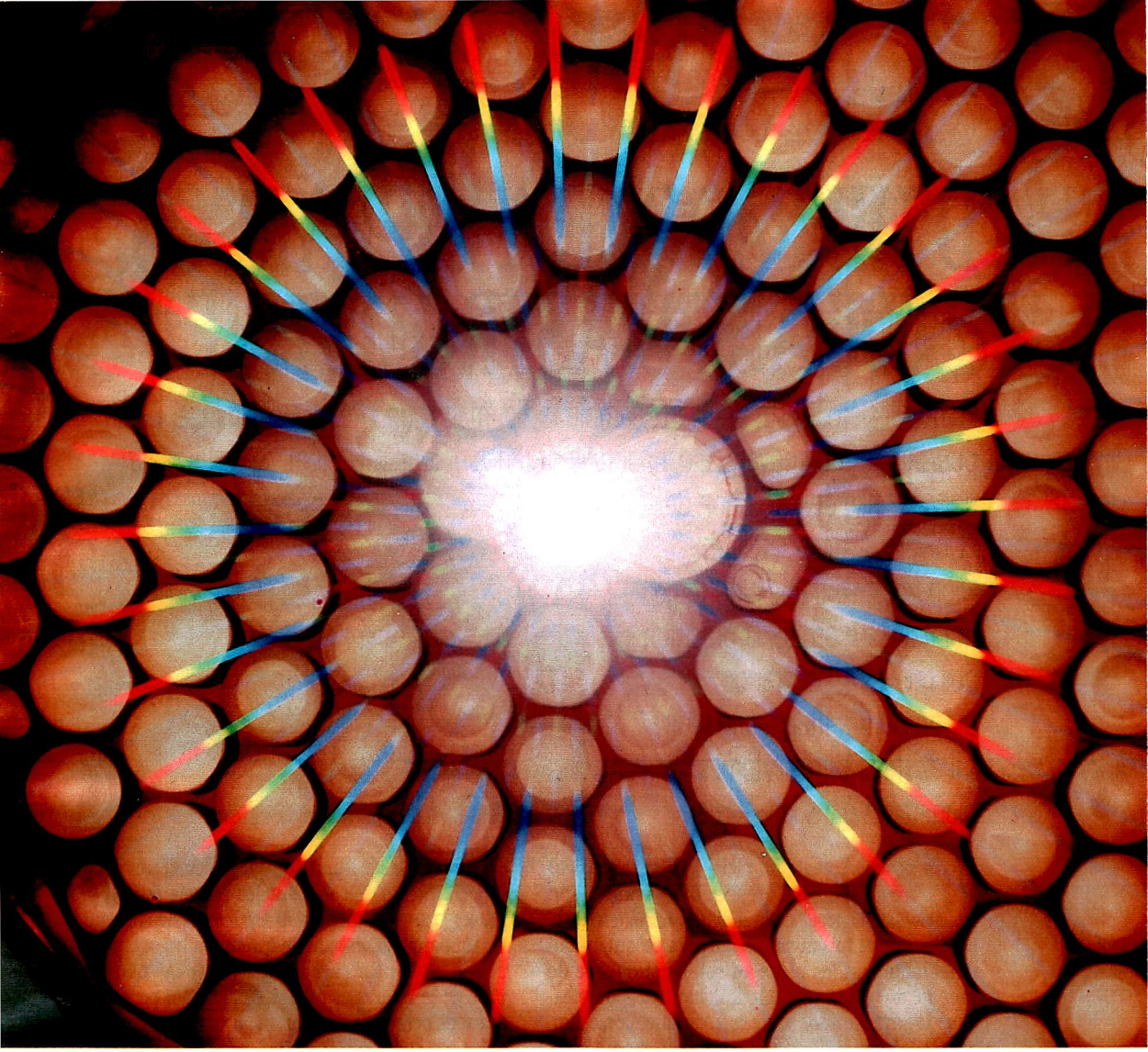
Le second instrument à utiliser un ménisque sera le télescope japonais qui sera installé à Mauna Kea. Le miroir, qui était initialement de 7,50 m, a été porté à 8,31 m – sans doute pour ne pas faire moins que les Européens et les Américains. Il sera fait par Corning Glass (New York) à partir de silice fondue dopée avec de l'oxyde de titane pour réduire la dilatation thermique.

Pour faire un ménisque de cette taille avec un verre qui ne peut être liquéfié, la firme Corning recourt à un procédé très particulier: on part de dalles hexagonales de 1 m environ dont on fait un assemblage jointif du diamètre voulu. On porte ensuite l'ensemble à haute température et, par fusion pâteuse, tous les bords des hexagones se soudent les uns aux autres. On obtient ainsi un





Aluminium et dorure. La société française Reosc, qui polira les grands miroirs de 8,20 m du VLT, a déjà réalisé pour l'ESO un miroir de 1,80 m en aluminium (**1**) pour tester la réalisation de grands miroirs dans d'autres matériaux que le verre. L'astronomie dans l'infrarouge utilise des miroirs revêtus d'or, tel celui (**2**) du satellite ISO.



Les couleurs au centième de micromètre. Quand la courbure du miroir approche le profil géométrique recherché au centième de µm, comme c'est la cas ici avec le miroir de 1,80 m taillé par la Reosc pour l'US Navy, les faisceaux réfléchis par le verre seul sont parfaitement symétriques pour toutes les couleurs.

disque monolithique dont le diamètre, après mise en forme des bords, sera de 8,31 m.

Ce ménisque aura 20 cm d'épaisseur, soit un peu plus que ceux du VLT européen, et il sera donc plus rigide. Il sera toutefois soutenu par 264 servocommandes agissant sur des points de contact ou sur des trous creusés dans l'épaisseur du verre, ce qui limite les déformations dues aux forces latérales. Comme sur le VLT européen, toutes ces commandes agissent par rétroaction en fonction de capteurs qui doivent déceler la moindre déformation.

Mais le niveau de précision requis est tel qu'il a été impossible de trouver sur le marché un capteur de charge répondant à ces spécifications. Les Japonais et les Européens ont donc dû mettre au point des jauges dont l'extrême sensibilité est basée sur la fréquence vibratoire de la zone du miroir qui est sous tension. Grâce à cela, le profil du ménisque restera égal au profil géométrique prévu à moins d'un cent millième de millimètre près.

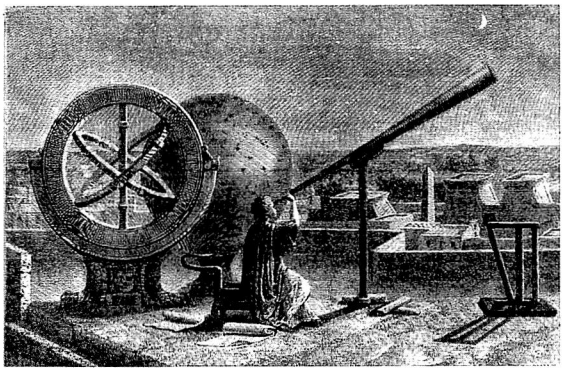
Les astronomes attendent beaucoup de ces miroirs géants qui entreront progressivement en service au cours des prochaines années. En particulier, ces gigantesques entonnoirs à lumière permettront pour la première fois de lever le mystère sur la présence de planètes autour de certaines étoiles, une mission qui restait pratiquement hors de portée des plus grands instruments actuels.

Renaud de La Taille

PAR RENAUD DE LA TAILLE

D'HIPPARQUE A HIPPARCOS, 2 000 ANS D'ASTROMÉTRIE

Pointer les étoiles sur une carte semble facile, mais d'un intérêt assez mince. C'est pourtant le seul moyen de connaître la distance et le mouvement de ces étoiles, donc la taille et l'évolution de l'Univers. Avec le satellite *Hipparcos*, véritable lunette de pointage sur orbite, la précision des relevés est si grande qu'on pourra maintenant voir s'il existe d'autres sytèmes planétaires dans la Galaxie.



La première carte du ciel – Ptolémée, en 140 après J.-C. – fut dressée bien avant qu'on puisse disposer de la moindre carte terrestre, et ce pour une raison simple : avec la pesanteur qui nous maintient les pieds au sol, il est difficile de prendre du recul, ou plutôt de la hauteur, pour dessiner le paysage dans toute son étendue. Le ciel, lui, est largement étalé sous nos yeux à chaque nuit claire. Il a par contre l'inconvénient d'être mobile, car toutes les étoiles se lèvent et se couchent, comme le Soleil ou la Lune. Le seul repère apparemment fixe étant constitué par la position de ces étoiles les unes par rapport aux autres, et donc par les dessins qu'elles forment dans le ciel, tracer la carte stellaire revenait donc à noter sur papyrus – le papier n'est pas encore inventé – les écarts angulaires que font les étoiles entre elles.

A l'époque de Ptolémée, cela se faisait à l'œil nu avec un système de visée analogue à celui d'un fusil, soit un cran de mire et un guidon fin montés sur un cercle gradué. Il fallait faire vite, car les étoiles continuaient à se promener dans le ciel entre deux pointages, et l'incertitude des relevés était de plusieurs minutes d'angle (le soixantième du degré, sachant qu'il y a 90 degrés dans un angle droit). Ptolémée avait ainsi catalogué un peu plus de 1 000 étoiles et quatre douzaines de constellations, qui servirent de référence pendant plus d'un millénaire.

Pour être juste, il faut dire que Ptolémée s'était appuyé, en les précisant, sur les relevés faits trois siècles plus tôt par le grand astronome de l'Antiquité, Hipparque. C'est lui qui inventa la trigonométrie et s'en servit pour calculer la distance qui nous sépare de la Lune. Ses relevés d'étoiles lui permirent aussi de déceler le très lent mouvement de l'axe des pôles par rapport aux étoiles, ce qu'on appelle aujourd'hui la précession des équinoxes.

L'astrométrie, cette branche de l'astronomie qui s'occupe, justement, de la position des étoiles, resta ensuite en sommeil pendant quatorze siècles. Puis, en 1576, le Danois Tycho-Brahé fonda l'observatoire d'Uranienburg et travailla pendant vingt et un ans à préparer un catalogue d'étoiles qui ne fut publié qu'après sa mort. Il avait perfectionné l'outil de pointage, le quadrant, en remplaçant le cran de mire et le guidon par deux fentes très fines espacées de 3,20 m et en le fixant à un mur pour avoir une plus grande stabilité.

Menant ses observations avec une scrupuleuse régularité, il avait abaissé l'incertitude des relevés à une minute d'angle seulement, ce qui dépassait de très loin toutes les mesures faites avant lui. C'est grâce à la précision du catalogue de Tycho-Brahé que Kepler put déterminer l'orbite des planètes et formuler les lois de leur mouvement. L'astrométrie, discipline longue et fastidieuse, portait ses premiers fruits.



Mesurer le ciel au 1/1000 seconde d'arc, telle est la mission du satellite *Hipparcos,* dont les deux demi-miroirs correcteurs envoient au miroir principal les images des étoiles décalées de 58 degrés. Le miroir secondaire renvoie ces images aux appareils d'analyse de position derrière le trou du miroir primaire.

Quelques dizaines d'années plus tard, Kepler inventait la lunette astronomique à oculaire convergent, ce qui permet d'utiliser un réticule et d'en faire une lunette de pointage. La précision des relevés d'étoiles monta en flèche : en 1700, elle était de quinze secondes d'arc, soit 4 fois mieux que les pointés de Tycho-Brahé, puisque la minute vaut 60 secondes. Vingt-cinq ans plus tard, elle avait encore doublé, avec huit secondes seulement.

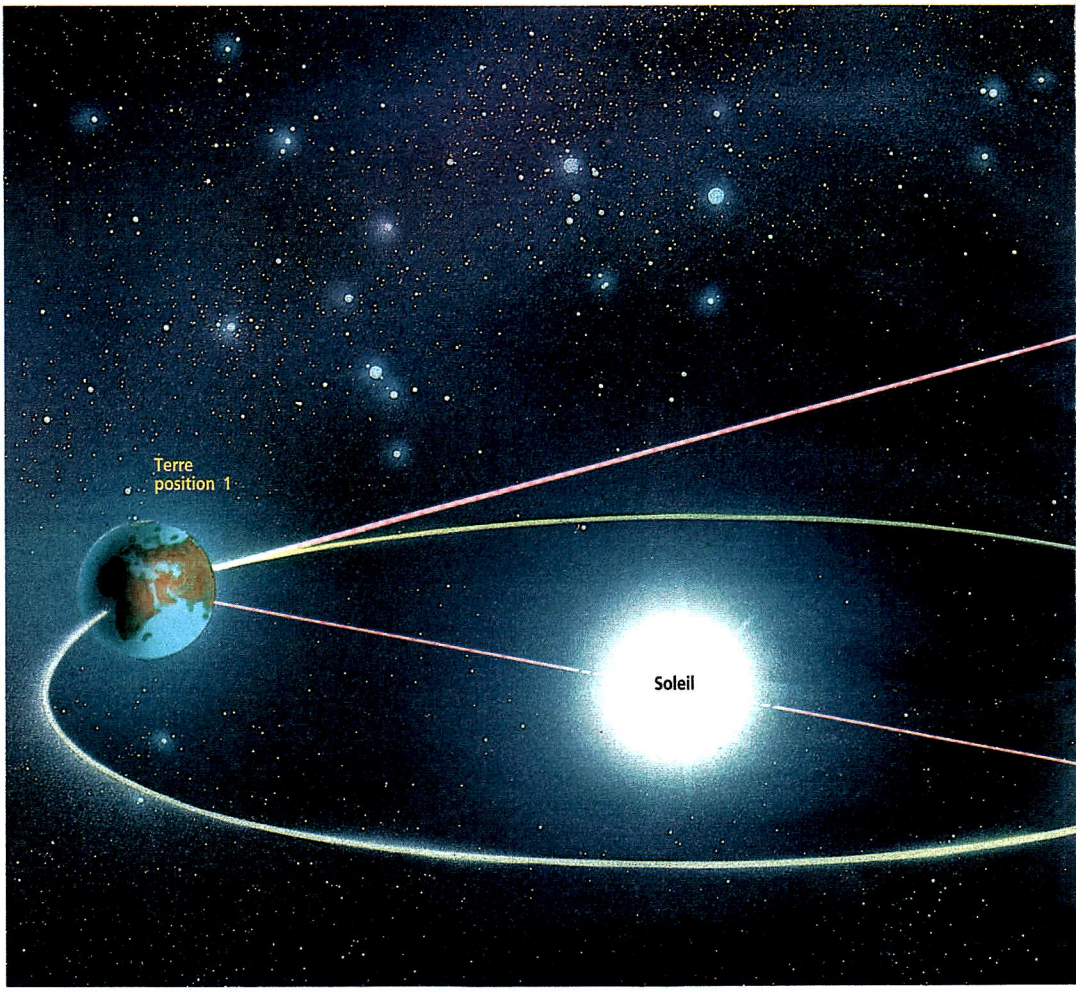
A ce niveau de précision, le monde stellaire allait s'avérer beaucoup plus distant qu'on ne le pensait, et beaucoup moins stable aussi. C'est ainsi que, dix huit siècles après Hipparque, l'astronome anglais Halley se mit en devoir de recalculer la précession des équinoxes en comparant le catalogue grec avec les relevés de son époque. Cela lui permit de découvrir que trois brillantes étoiles, Aldebaran, Arcturus et Sirius, n'occupaient plus les positions qu'elles avaient au temps d'Hipparque.

Il annonça cette découverte en 1718, et en déduisit fort logiquement que les étoiles n'étaient pas fixes comme on le croyait, mais avaient un mouvement propre ; autrement dit, elles se déplacent les unes par rapport aux autres, mais comme elles sont très loin ce mouvement est imperceptible dans le court terme – tout comme un avion très haut dans le ciel semble immobile si on ne fait que lui jeter un rapide coup d'œil.

A longue échéance, par contre, le déplacement finit par se repérer, mais par longue échéance il faut entendre des siècles ou des millénaires. C'est là le côté difficile de l'astrométrie : on doit faire face non seulement à des distances qui se mesurent avec des dizaines de zéros, mais à des durées qui sont de très grands multiples d'une vie humaine.

En 1728, James Bradley découvrit un mouvement apparent affectant toutes les étoile : l'aberration. Ce déplacement est dû à ce que la vitesse de la lumière qui nous arrive d'un astre se compose vectoriellement avec la vitesse de la Terre sur son orbite ; de ce fait, il y a un effet optique dû au mouvement relatif des deux corps. Cela prouvait en tout cas que la Terre n'est pas immobile au centre du monde.

C'est toujours grâce à la précision accrue des pointés que l'Allemand Herschell découvrit, en 1803, les étoiles doubles, qu'il ne faut pas confondre avec les couples optiques qui apparaissent quand deux étoiles, bien que fort distantes, sont quasiment dans la même direction. Là, il s'agit d'étoiles qui tournent autour de leur centre de gravité commun et forment un système



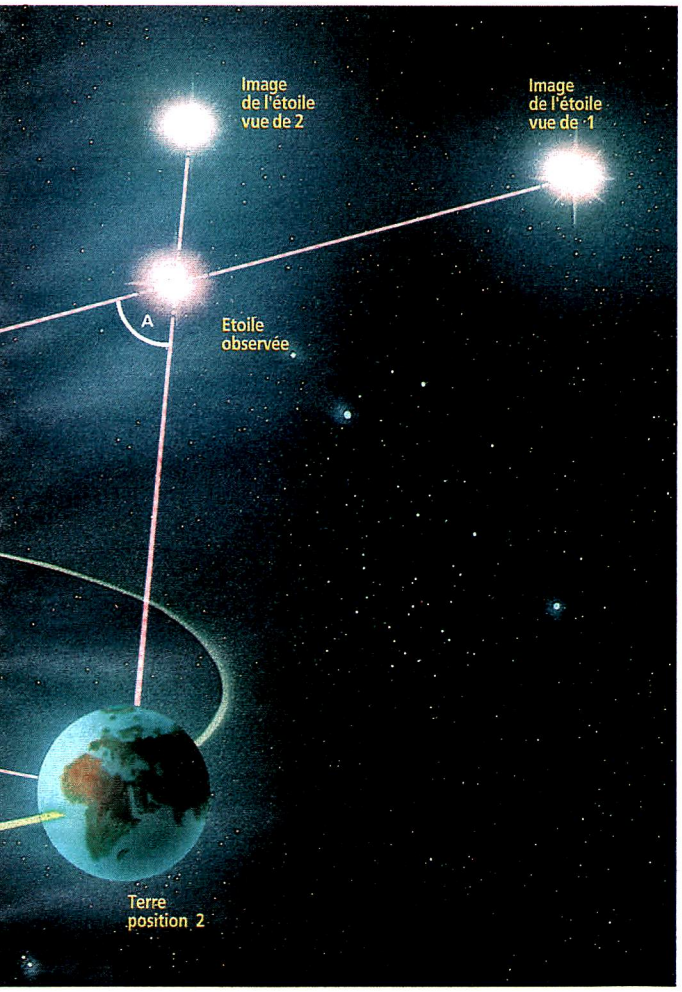
lié par les lois de la gravitation. Il peut d'ailleurs y avoir plus de deux étoiles, et on connaît des systèmes qui en ont trois, quatre, cinq ou même six.

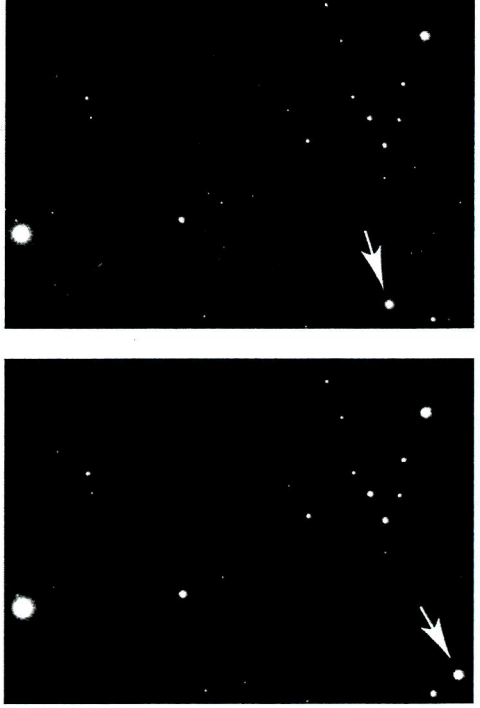
Chose amusante, mouvement propre des étoiles, aberration et étoiles doubles avaient été découverts par hasard ; en réalité, Halley, puis après lui Bradley et Herschell cherchaient quelque chose de bien plus important : les parallaxes stellaires. Il s'agit d'un déplacement des étoiles proches par rapport aux étoiles lointaines (**voir dessin ci-dessus**) quand la Terre va d'un bout de son orbite à l'autre. En fait, la parallaxe est aussi l'angle sous lequel on verrait d'une étoile le rayon moyen de l'orbite terrestre.

Mesurer une seule parallaxe aurait permis de connaître la distance de l'étoile par les méthodes classiques de la trigonométrie – le même processus était utilisé dans les appareils photo à mise au point par télémètre genre Leica M. Or, dès 1576, Tycho-Brahé avait tenté de mesurer une parallaxe stellaire ; il échoua, mais, en mesurant au passage celle de la grande comète de 1577, il prouva qu'elle était bien au-delà de la Lune, et non dans l'atmosphère terrestre comme on le pensait jusque-là.

La recherche des parallaxes stellaires resta vaine pendant largement plus de deux siècles, ce qui veut dire qu'on ignorait totalement la distance qui nous séparait des étoiles ; la seule chose dont les astronomes étaient certains, c'est qu'elles étaient bien au-delà des planètes, dont la parallaxe était importante et facile à mesurer.

Et puis, en 1838, et presque simultanément, Bessel, Struve et Henderson parvinrent à mesurer la parallaxe de trois étoiles: Véga, 61 du Cygne et Alpha du Centaure. Pour la première fois, on eut une idée de l'immense distance qui nous séparait des étoiles,





Pointer une étoile à six mois d'intervalle permet d'évaluer sa distance si elle est proche, car en ce cas elle se sera déplacée par rapport au fond du ciel lointain. Quand la Terre est passée d'un bout de son orbite à l'autre, l'étoile observée en (**1**) est vue ensuite en (**2**). Le demi-angle (A / 2)qui va de l'étoile aux deux positions de la Terre est sa parallaxe; la trigonométrie permet ensuite d'en tirer la distance de l'étoile. Des clichés espacés de six mois (ci-dessus) permettent de repérer toute étoile (**flèches**) qui s'est déplacée par rapport aux autres.

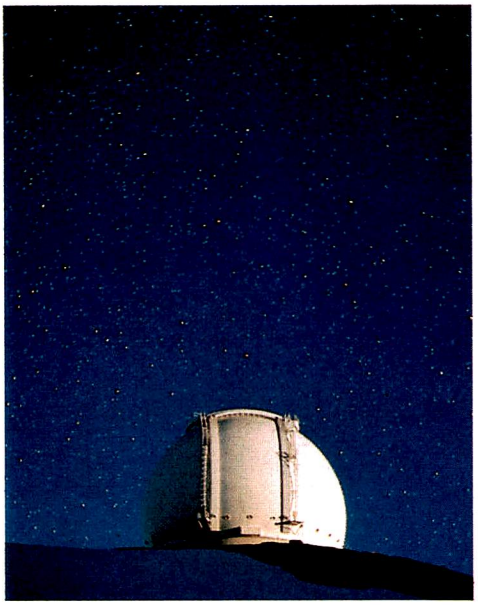
puisque la plus proche (Proxima du Centaure, voisine du pôle céleste sud) est déjà à 43 000 milliards de km.

De ce fait, la parallaxe est un angle minuscule, toujours inférieur à la seconde d'arc – 0,762 pour Proxima du Centaure –, ce qui explique qu'il ait été si difficile à mettre en évidence. Jusque vers 1900, on ne put mesurer qu'une soixantaine d'étoiles, puis les méthodes photographiques, plus rapides et plus précises que les pointés visuels, permirent de porter ce chiffre à plusieurs milliers. Mais l'incertitude des mesures augmente avec la distance : l'erreur relative reste inférieure à 1% pour les étoiles les plus proches, mais elle dépasse très vite les 10% dès qu'il s'agit d'étoiles un peu distantes.

On estime aujourd'hui qu'il y a à peine quelques centaines d'étoiles dont la distance soit connue à moins de 20% près. Pourtant, malgré cette relative imprécision, toute la cosmologie repose sur ces étoiles dont on a pu mesurer la parallaxe et qui sont les seules dont on connaisse directement la distance. Elles servent, en fait, de fondations à toutes nos connaissances de l'Univers stellaire.

Parmi les étoiles dont on connaît la distance, il y a des systèmes doubles dont les deux étoiles décrivent des orbites obéissant aux lois de la gravitation. Les amplitudes de leurs mouvements sont inversement proportionnelles à leurs masses ; on a là un premier rapport. Si, de plus, on connaît la distance qui les sépare, les lois de la mécanique céleste donnent la masse totale du sysème ; de ces deux valeurs, total et rapport, on déduit aisément la masse de chaque étoile.

C'est la seule méthode actuellement connue pour mesurer la masse d'une étoile. Mais pour connaître la distance entre les deux éléments d'un couple, il faut d'abord connaître sa distance à nous : sans mesure de parallaxe, pas de mesure de masse. De là, il existe des relations, découvertes par Eddington en 1924, qui relient masse et luminosité (magnitude absolue). Ensuite, à partir de la magnitude apparente, on peut évaluer la distance de l'étoile.



Le moindre mouvement d'étoile est recherché systématiquement sur les clichés de ciel nocturne que prennent les observatoires de par le monde.

Il existe d'autre part des étoiles dont la luminosité varie régulièrement sur une période qui peut aller de quelques heures à quelques mois. Les Céphéides sont des étoiles dont la période est de l'ordre de la semaine, et il y en a qui forment des sytèmes doubles dont la parallaxe, et donc la masse, est connue. On a alors constaté que la période est liée à la masse, et les Céphéides servent ainsi à évaluer la distance des amas stellaires lointains et des galaxies.

En effet, de la période on déduit la masse, avec la masse on a la magnitude absolue, et en la comparant à la magnitude apparente on a la distance. Mais l'étalonnage de la méthode repose sur les Céphéides dont on peut mesurer la parallaxe, et celle-ci se trouve donc à la base de l'échafaudage qui permet de connaître les distances dans l'Univers.

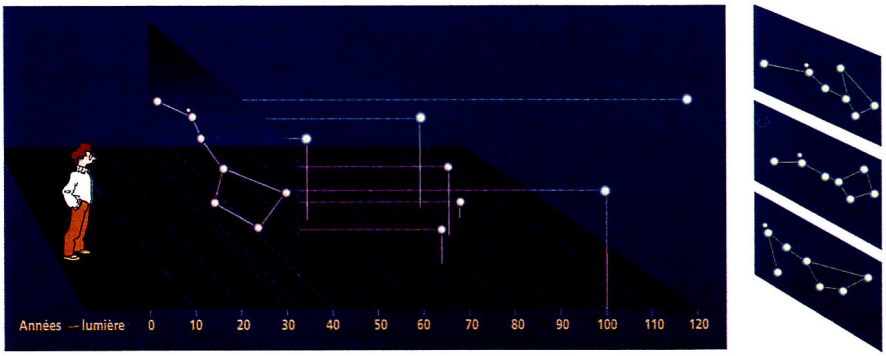
C'est dire l'importance vitale de l'astrométrie pour tout ce qui concerne l'univers stellaire, depuis les plus proches étoiles jusqu'aux plus lointaines galaxies. Cela explique que la première grande collaboration scientifique internationale ait eu justement pour but de dresser la carte du ciel depuis le pôle nord jusqu'au pôle sud.

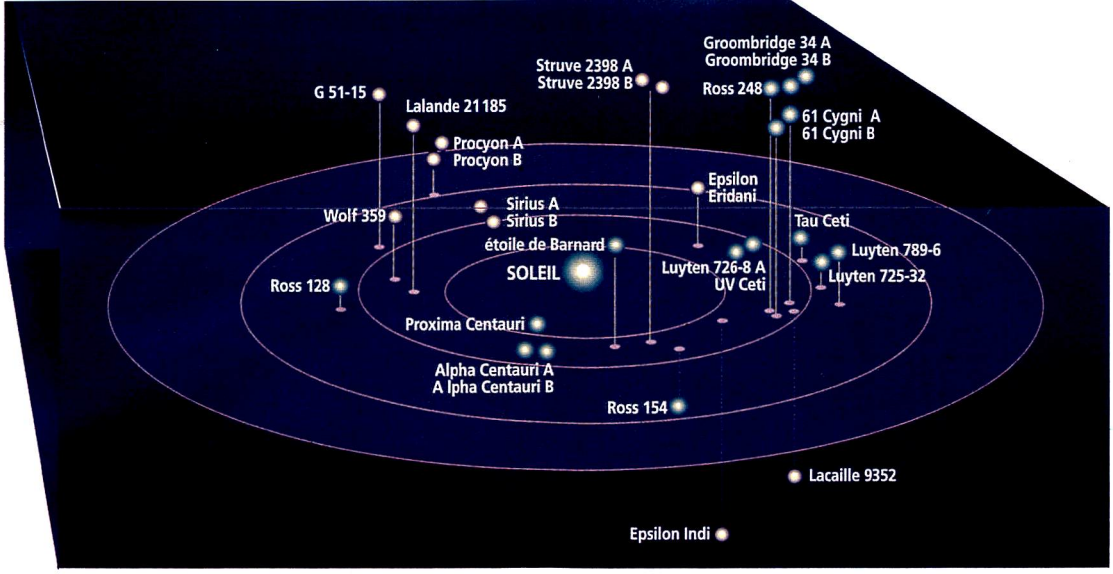
Le projet est dû à l'initiative de E. Mouchez, directeur de l'observatoire de Paris, qui organisa une conférence en 1887 à laquelle ne manquaient que les Américains. Dix-huit observatoires du monde entier s'engagèrent dans le programme "Carte du ciel". Les frères Henry, à l'époque les meilleurs spécialistes de la photographie astronomique, mirent au point une lunette dont l'objectif était spécialement corrigé pour le bleu, et l'opticien Paul Gautier en fit dix huit copies pour équiper chacun des participants.

Les plaques photo, les mêmes pour tout le monde, comportaient un quadrillage de 5 mm de côté dont le tracé était précis à 1 ou 2 µm près. Les observations débutèrent en 1891, mais la Première Guerre interrompit les travaux en Europe ; certains observatoires abandonnèrent ensuite, puis les progrès techniques obligèrent à changer de matériel et, en fait, la "Carte du ciel" ne fut jamais vraiment terminée tant l'œuvre était colossale.

Mais elle mena toutefois à ce qu'on appelle les catalogues fondamentaux, dont le dernier est le FK5 – le précédent, le FK4, a été publié en 1963. Notons tout de suite que ces catalogues ne ressemblent pas à une carte au sens ordinaire du terme, ni à un atlas du ciel : ce sont des listes de coordonnées définissant la position de chacune des 1 535 étoiles servant de référence. Ces coordonnées invariables, dites équatoriales, sont deux angles : l'ascension droite,

Elle bouge, la Grande Ourse, comme le montrent les trois dessins de droite, qui représentent : son aspect actuel (au milieu), celui qu'elle avait il y a 100 000 ans (en haut) et celui qu'elle aura dans 100 000 ans (en bas). Dans tous les cas, ce que l'on observe dans le ciel n'est qu'un effet de perspective, car les étoiles d'une constellation sont loin d'être à la même distance de nous (ci-dessous).





La carte en 3 D des étoiles les plus proches de notre système solaire a pu être établie en calculant avec une très bonne précision leur parallaxe. Leurs distances, connues ainsi directement, servent de base aux mesures indirectes qui permettront ensuite d'évaluer la taille de l'Univers.

comptée en heures (l'angle droit vaut 6 heures), et la déclinaison, comptée en degrés.

La mesure des parallaxes, nous l'avons dit, est très difficile parce que les angles sont infimes ; elle est, d'autre part, compliquée par l'agitation atmosphérique qui fait scintiller les étoiles, ce qui est très joli à regarder mais se traduit dans la moindre lunette par un sautillement qui ne facilite pas les pointés exacts. D'où l'idée, due au Pr Lacroûte, de l'observatoire de Srasbourg, de lancer un satellite astrométrique dont les relevés en seront plus gênés par l'atmosphère.

Le projet fut adopté par l'ESA (l'Agence spatiale européenne) au cours des années 1980 et la fabrication commença en 1984. Le 9 août 1989, la fusée *Ariane* emportait le satellite *Hipparcos* – pour HIgh Precision PARallax COllecting Satellite, mais avec, bien sûr, une référence à Hipparque, le fondateur de l'astrométrie. Le satellite comportait essentiellement un télescope de 29 cm (Zeiss, Matra, Reosc) couvrant, grâce à deux miroirs correcteurs décalés, deux zones du ciel écartées de 58 degrés.

Les images des étoiles arrivent au foyer sur une grille comportant 3 000 fentes parallèles sur un carré de 25 mm de côté. La lumière de chaque étoile renvoyée par le miroir primaire parcourt la grille quand le télescope court sur son orbite et se trouve donc modulée en passant successivement par chaque fente. C'est cette modulation qui est analysée par un système informatique, ce qui permet de donner l'écart angulaire entre les étoiles avec une précision de 2 millisecondes d'arc.

La mission d'*Hipparcos* ? Relever durant deux ans et demi les positions, parallaxes et mouvements propres de 120 000 étoiles, un travail qui dépasse les capacités du meilleur observatoire terrestre à cause de l'agitation atmosphérique. Mais, deux jours après le lancement, le moteur-fusée qui doit le mettre sur orbite géostationnaire reste en panne. Les contrôleurs de Darmstadt, en Allemagne, emploient alors les moteurs de contrôle d'altitude pour le mettre sur une orbite un peu plus haute mais encore très elliptique. Pour tous les spécialistes, la mission est déjà fort compromise. Aujourd'hui, deux ans et demi après le sauvetage, on la considère au contraire comme un succès scientifique de premier plan.

L'équipe du Pr Kovalevsky (observatoire de la Côte d'Azur) vient juste de compiler les résultats complets d'une année d'observation. *Hipparcos* a déjà fourni la position de 10 759 étoiles avec une précision de 2 à 3 millisecondes d'arc. L'analyse a, de plus, révélé plus de 3 500 étoiles doubles et de nombreuses étoiles variables. Les chercheurs ont donc bon espoir de proposer un catalogue final de 120 000 étoiles meilleur que ce qui avait été promis *a priori*.

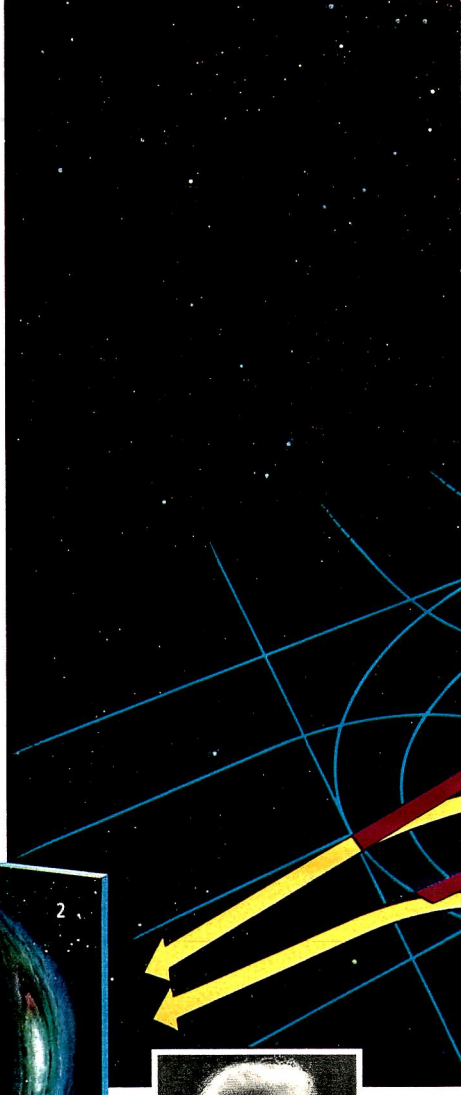
Les astronomes disposeront alors d'un catalogue stellaire d'une précision inégalée, mais il faudra attendre encore deux ans pour obtenir de bonnes mesures de parallaxe ; celles-ci, nous l'avons vu, sont la base sur laquelle repose tout l'échafaudage des distances stellaires et cosmiques, et, finalement, l'évaluation de l'âge de l'Univers. Il est de même encore un peu tôt pour que les mesures concernant le mouvement propre des étoiles permettent aux astronomes d'étudier la dynamique de notre Galaxie, mais la précision des relevés rendra l'étude beaucoup plus sûre.

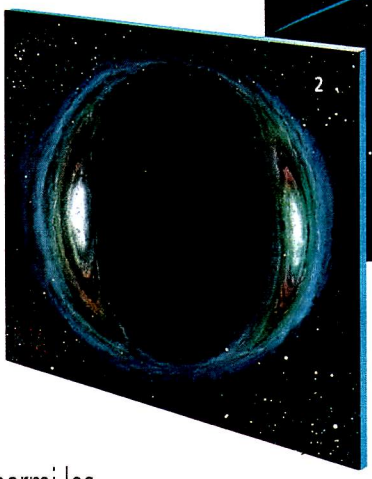
En fait, *Hipparcos* apporte surtout un système de référence et d'étalonnage nettement plus fiable que celui dont on dispose aujourd'hui ; on pourra donc évaluer la taille de l'Univers avec une marge d'erreur plus faible, et réduire la vaste incertitude qui pèse toujours sur les modèles cosmologiques. A vrai dire, c'est là chose normale : entre le modèle géocentrique d'Hipparque et celui qu'offrira *Hipparcos*, il y a tout de même deux mille ans d'écart.

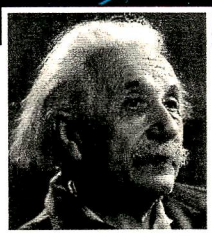
Renaud de La Taille

PAR HÉLENE GUILLEMOT

300 MILLIONS DE DOLLARS POUR VOIR SI EINSTEIN AVAIT RAISON !

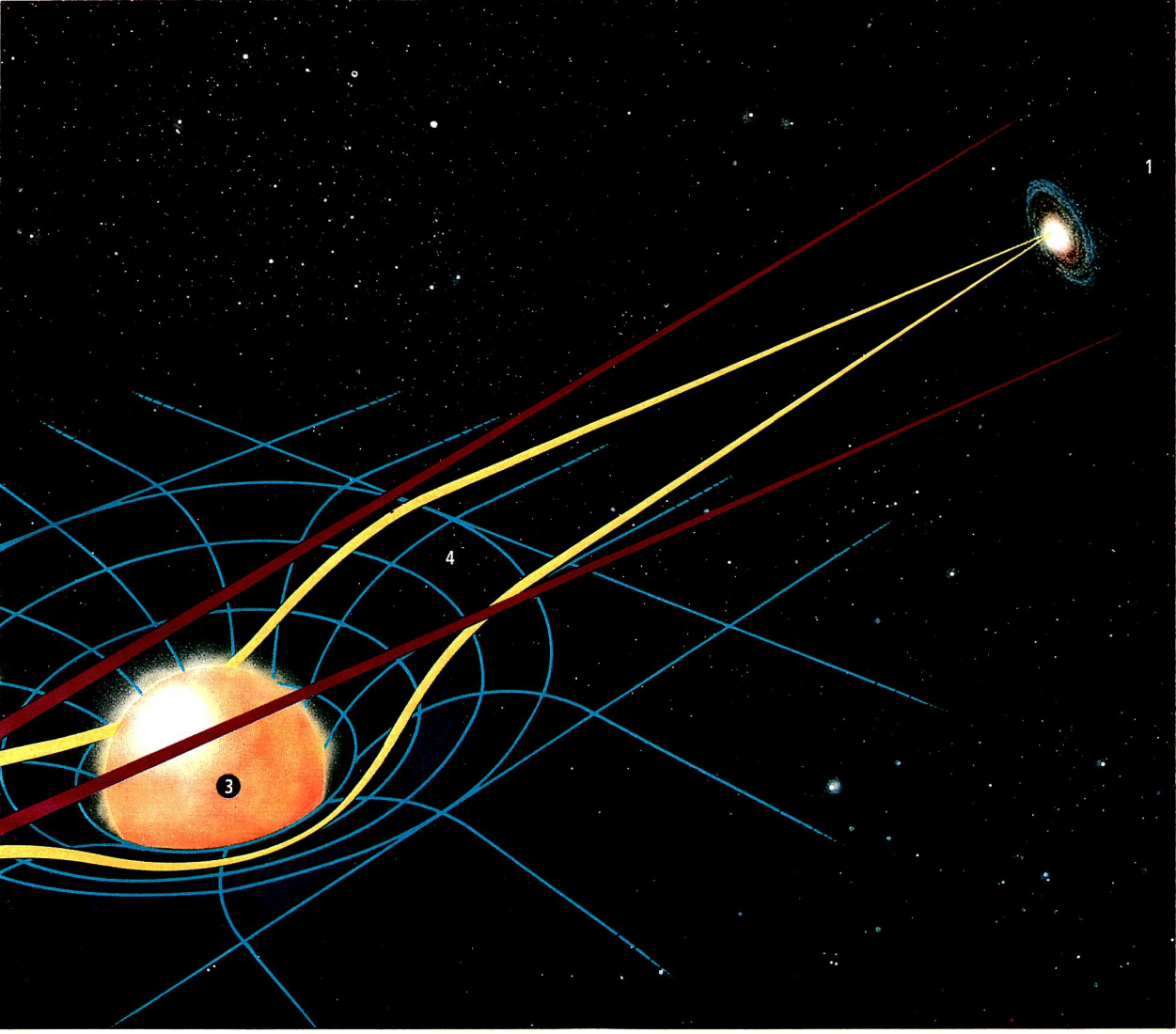






Le Congrès américain a voté la construction d'un satellite d'un genre très particulier, qui doit emporter la plus fabuleuse expérience de physique fondamentale jamais réalisée par la NASA. Il aura pour mission de vérifier la validité d'une grande théorie, parmi les plus célèbres et les plus fondamentales de l'Univers : la relativité générale, de laquelle découle en particulier que l'Univers a pris naissance dans une explosion gigantesque et que ses "morceaux" continuent à s'éloigner de plus en plus vite les uns des autres, dans une expansion infinie.

Plus de soixante quinze ans après son énoncé, la théorie de la relativité générale reste toujours aussi difficile à tester. Pourtant, elle n'a jamais été mise en échec et continue vaillamment à décrire l'Univers à grande échelle, à expliquer, par exemple le phénomène des mirages gravitationnels, qui fait qu'une étoile nous apparaît quelquefois ailleurs qu'à sa position réelle dans le ciel. On lui doit des découvertes fondamentales, comme l'expansion de l'Univers ou les trous noirs, aussi bien que toute une foule de constatations toutes plus bizarres les unes que les autres. Elle a heurté (et heurte encore !) notre intuition et notre sens commun en bouleversant à jamais l'idée qu'on se faisait de l'espace et du temps. Albert



La courbure de la lumière confirme Einstein. Les astronomes observent que l'image de galaxies lointaines (**1**) nous parvient quelquefois déformée en un anneau ou en moitiés d'anneau (**2**), baptisés anneaux d'Einstein. En examinant plus attentivement l'espace plus proche, ils découvrent qu'un objet très massif, une étoile à neutrons (**3**), par exemple, se trouve sur la trajectoire de la lumière qui nous parvient de ces galaxies: l'important champ gravitationnel dû à l'objet massif courbe l'espace-temps (**4**), ce qui dévie la lumière de sa trajectoire normalement rectiligne. Et c'est ce que prévoit la théorie de la relativité générale exprimée en 1916 par le célèbre savant.

Einstein lui-même, son génial inventeur, n'a pu accepter toutes les conséquences qu'elle entraînait pour le destin de l'Univers.

En fait, l'histoire de ce qui deviendra l'une des plus grandes révolutions conceptuelles de tous les temps débute il y a près de quatre siècles.

Tout commence avec Galilée. La première relativité – car il y en a trois –, la plus importante peut-être historiquement dans la mesure où elle fonde la physique, nous la devons à ce mathématicien, physicien et astronome italien né à Pise en 1564. Lorsqu'il arrive sur la scène scientifique, le monde des idées est encore dominé par l'héritage des Grecs anciens, et surtout par la pensée d'Aristote. Et l'on croit fermement, à la suite du grand philosophe de l'Antiquité, que pour un corps, il n'existe qu'un seul état naturel, le repos, qu'il ne peut quitter sans y être poussé par une force quelconque. Le repos n'est pas seulement un état naturel, c'est un état idéal, une sorte de perfection qui explique pourquoi le Soleil, les planètes, les étoiles sont fixes dans le ciel. Au centre de tout cela, sur Terre, règnent l'irrégularité, le mouvement, et donc l'imperfection.

Galilée, le premier, va refuser ce schéma. Il affirme, lui, que le mouvement et l'immobilité sont des notions toutes relatives. Et il en prend pour preuve (***voir encadré p. 44***) ce que l'on constate sur un bateau resté à quai et sur un bateau voguant à vitesse de croisière (c'est-à-dire à vitesse constante, sans ac-

célération; on dit aussi en mouvement uniforme). Car, sans se référer à un repère extérieur – et à condition, bien sûr, qu'il n'y ait pas trop de remous –, comment peut-on savoir sur lequel des deux on est embarqué ? Justement, c'est bien là le point capital, on ne le peut pas... Dans les deux cas, les lois physiques sont les mêmes et aucune expérience simple ne permettra de faire la différence entre les deux référentiels (1), ici les deux bateaux. Autrement dit, il n'existe pas de norme de repos. Conséquence : le mouvement et la distance ne sont pas absolus...

A l'époque de Galilée, cette affirmation est non seulement novatrice, elle est aussi et surtout hautement subversive: si, à la place du bateau on considère l'ensemble de notre planète... cela revenait tout bonnement à dire que rien ne permet d'affirmer, comme on le soutenait alors, que le formidable "vaisseau" Terre est immobile. Le blasphème!

En dépit du courroux de l'Eglise de l'époque, notre planète va ainsi perdre sa place d'astre privilégié au centre de l'Univers. Ce fut même la condition *sine qua non* pour que naisse enfin la physique : il fallait que les phénomènes observés soient indépendants de celui qui les observe pour que l'on puisse les étudier objectivement. La mécanique classique est issue de ce principe de relativité de Galilée : les phénomènes mécaniques décrits par ses lois s'expriment de la même manière dans tous les systèmes qui se déplacent en ligne droite et à vitesse constante les uns par rapport aux autres. Par exemple, on obtiendra les mêmes mesures de la pesanteur si on lâche une pierre du haut du mât d'un navire, que celui-ci soit à quai, ou qu'il vogue à sa vitesse de croisière, c'est-à-dire à une vitesse constante. (***voir dessin p. 45***). En langage de physicien, on dit que «les lois de la mécanique sont invariantes dans des référentiels en mouvement rectiligne uniforme».

L'un des principes de base de cette mécanique, la loi d'inertie de Newton, exprime sous une autre forme le principe de relativité galiléenne : «Un corps qui n'est soumis à aucune force est immobile ou animé d'un mouvement rectiligne uniforme.» Puisqu'aussi bien l'immobilité que le mouvement (à vitesse constante) sont des notions relatives...

Au début de notre XX^{e} siècle, juste avant l'entrée en scène d'Einstein, la physique repose sur deux pilliers : la mécanique classique, solidemment installée et qui n'a pas bougé depuis Galilée et Newton, d'une part, et d'autre part la théorie de l'électromagnétisme, fondée en 1865 par le physicien James Clerk Maxwell, qui établit qu'électricité et magnétisme sont des phénomènes de même nature. Malheureusement, ces deux

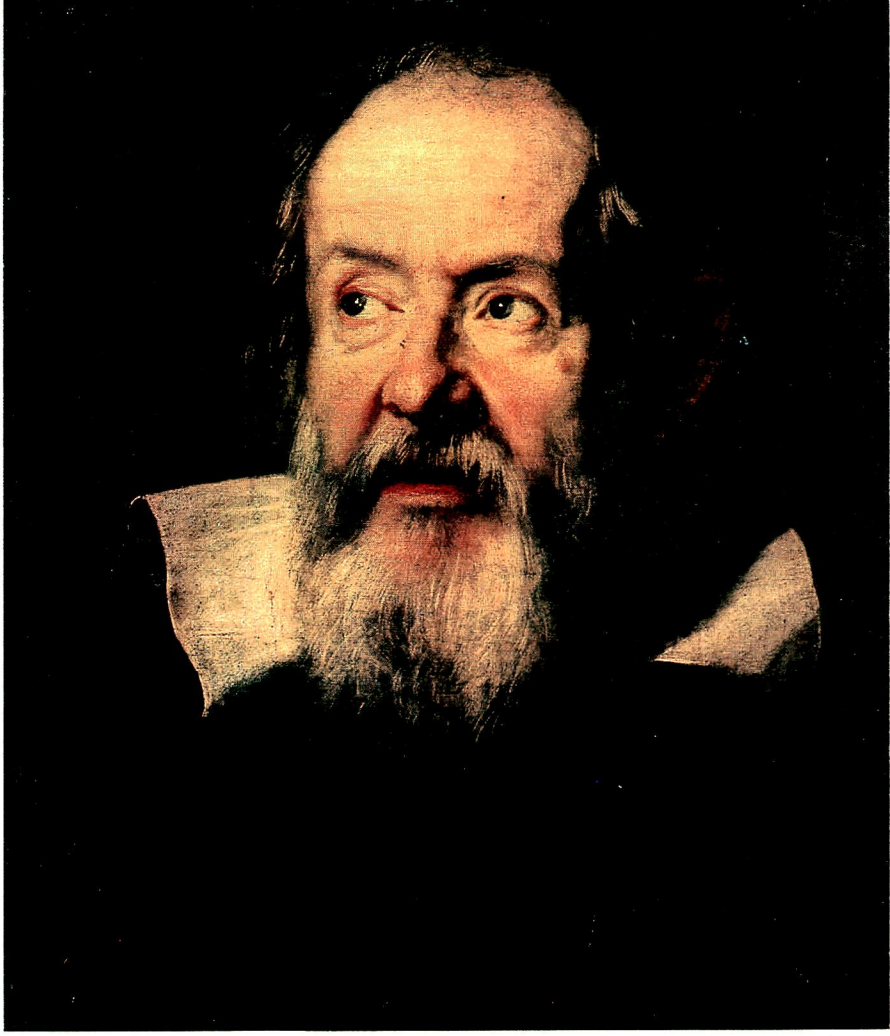
Aristote : Le repos est l'état naturel des corps



(1) On appelle référentiel en physique le corps par rapport auquel on repère (auquel on "réfère") le mouvement que l'on veut étudier. Par exemple, la vitesse d'un voyageur marchant dans un train est de 5km/h par rapport au référentiel train, et de 105 km/h par rapport au référentiel terre.

théories maîtresses sont en contradiction! En effet, les équations de Maxwell établissent formellement que les ondes électromagnétiques (la lumière, mais aussi les ondes radio, les rayons X et gamma) se propagent à une vitesse constante bien déterminée qui, chose étrange, ne dépend pas du tout du repère dans lequel on les observe. Bref, la vitesse de la lumière est une constante absolue! Ce qui est complètement incompatible avec les enseignements de la relativité galiléenne, qui n'admet aucune exception ! Or la théorie de Maxwell pour l'électromagnétisme "marche" aussi bien que celle de Newton et de Galilée pour la mécanique terrestre ou céleste.

Pour tenter de résoudre ce paradoxe, on imagine alors que la matière tout entière baigne dans une substance invisible, l'éther, dont les mouvements compliqués permettraient de réconcilier électromagnétisme et mécanique. Différentes expériences sont menées dans les années qui suivent pour détecter ce mystérieux et providentiel éther. Mais personne ne le voit. Il faut attendre encore une vingtaine d'années, 1905 exactement, pour que l'on tranche ce débat, de manière assez radicale.



Galilée : Non! L' immobilité et le mouvement ne se distinguent que l' un par rapport à l' autre

Cette année-là, un employé du Bureau des brevets de Suisse lance une idée surprenante. Albert Einstein – c'est lui – déclare que ces deux théories (mécanique et électromagnétisme) ne sont pas si incompatibles que cela... pourvu que l'on fasse quelques concessions. Pour sauver à la fois le principe de relativité de Galilée (qui dit que les phénomènes sont les mêmes, que l'on soit à l'arrêt ou que l'on avance à vitesse constante) et le caractère absolument constant de la vitesse de la lumière, sans recourir à des subterfuges *ad hoc* comme l'éther, il faudra abandonner une idée jamais remise en question jusque-là: le caractère absolu... du temps !

Car, avec une vitesse de la lumière constante, il n'est plus possible de raisonner comme avant. Si, à bord d'un train roulant à 100 km/h, vous avancez à 5 km/h dans le sens de la marche, un observateur immobile sur le quai vous verra avancer à 105 km/h. Mais cette règle d'addition très simple n'est plus valable avec la vitesse de la lumière, puisque celle-ci est constante! Il est formellement interdit de lui ajouter ou d'en soustraire quoi que ce soit. Or les distances, elles, sont relatives au système de référence (quand le voyageur du train pense avoir parcouru 5 m, l'observateur du quai le voit parcourir 105 m). Si la vitesse de la lumière reste pourtant invariante dans tous les référentiels, ...c'est que le temps est, lui aussi, relatif! Il ne s'écoule pas de la même façon dans deux référentiels en mouvement l'un par rapport à l'autre si leur vitesse relative s'approche de celle de la lumière. Deux événements donnés peuvent ainsi être simultanés pour l'un des deux référentiels et pas pour l'autre (*voir dessin p. 48*).

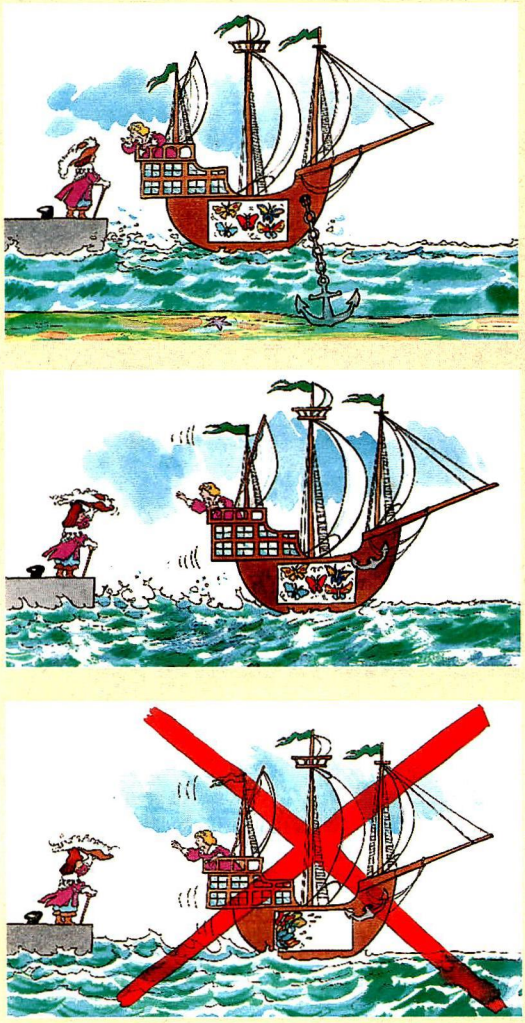
A cause de l'invariance de la vitesse de la lumière,

GALILÉE : REPOS OU MOUVEMENT UNIFORME, C'EST TOUT UN

Dans un texte essentiel tiré du *Dialogue concernant les deux plus grands systèmes du monde*, paru en 1632 à Florence, Galilée illustre le caractère relatif du mouvement et de l'immobilité par le comportement d'un nuage d'insectes voletant dans un bateau:

«Enfermez-vous avec un ami dans la plus vaste cabine d'un grand navire, et faites en sorte que s'y trouvent également des mouches, des papillons et d'autres petits animaux volants (...): puis, alors que le navire est à l'arrêt, observez attentivement comment ces petits animaux volent avec des vitesses égales quel que soit l'endroit de la cabine vers lequel ils se dirigent (...) Si vous sautez à pieds joints, comme on dit, vous franchirez des espaces semblables dans toutes les directions.

»Une fois que vous aurez observé attentivement tout cela, il ne fait aucun doute que, si le navire est à l'arrêt, les choses doivent se passer ainsi. Faites se déplacer le navire à une vitesse aussi grande que vous voudrez. Pourvu que le mouvement soit uniforme et ne fluctue pas de-ci de-là, vous n'apercevrez aucun changement dans les effets nommés, et aucun d'entre eux ne vous permettra de savoir si le navire avance ou bien s'il est arrêté: si vous sautez, vous franchirez sur le plancher les mêmes distances qu'auparavant et, si le navire se déplace, vous n'en ferez pas pour autant des sauts plus grands vers la poupe que vers la proue, bien que, pendant que vous êtes en l'air, le plancher qui est en dessous ait glissé dans la direction opposée à celle de votre saut. (...) Enfin, les papillons et les mouches continueront à voler indifféremment dans toutes les directions. Et on ne les verra jamais s'accumuler du côté de la cloison qui fait face à la poupe; ce qui ne manquerait pas d'arriver s'ils devaient s'épuiser à suivre le navire dans sa course rapide...»



l'espace et le temps deviennent tous deux relatifs et indissociables. La relativité restreinte est née, et avec elle, l'espace-temps (on qualifie de "restreinte" cette théorie de la relativité, parce qu'elle ne concerne que les mouvements rectilignes uniformes).Désormais, la physique évoluera non plus dans un décor à trois dimensions (longueur, largeur, hauteur) et selon un temps absolu qui s'écoule partout de la même manière, mais dans un seul espace-temps à quatre dimensions, comme on le désigne pour bien insister sur le fait qu'espace et temps sont irrémédiablement liés (cela dit, dans "espace à quatre dimensions" le mot "espace" est pris au sens mathématique; même s'ils sont liés, temps et espace ne sont pas du tout de même nature. Et notre espace quotidien, réel, reste bien entendu à trois dimensions).

S'ils ne sont plus absolus en soi, le temps peut alors s'étirer et l'espace se contracter simultanément pour un objet (généralement une particule) voyageant à très grande vitesse!

Certes, cela est loin d'être intuitif, justement parce que les effets les plus marquants ne se produisent que lorsqu'on approche la vitesse de la lumière. Pourtant, de tels effets, dits relativistes, existent bel et bien. Non pas pour des objets habituels à des vitesses habituelles, mais pour des particules élémentaires. Ainsi, un muon (un électron lourd) a un temps de vie moyen de 2,2 microsecondes quand il est immobile dans un laboratoire, alors que ceux produits avec de très grandes vitesses par un accélérateur de particules voient leurs temps de vie s'allonger rapidement à mesure que l'on approche de la vitesse de la lumière.

La théorie d'Einstein remplace donc les règles élémentaires de la relativité galiléenne (passage d'un référentiel à l'autre par simple addition ou soustraction

des vitesses) par des règles certes un peu plus compliquées, mais qui, elles, respectent le caractère absolu de la vitesse de la lumière. La contradiction est levée, En élargissant le principe de la relativité classique, Einstein a réconcilié Galilée, Newton et Maxwell. Désormais, toutes les lois physiques sont les mêmes dans des systèmes en mouvement rectiligne uniforme : pas seulement les lois de la mécanique; celles de l'électromagnétisme aussi.

Parmi les innombrables conséquences de la relativité restreinte, deux vont tout particulièrement passer à la postérité. La première, c'est que la vitesse de la lumière dans le vide, notée c et qui vaut 300 000 km/s, est désormais une limite infranchissable (cela découle des équations établies par Einstein).

La seconde, c'est la formule ultra-célèbre qui affirme l'équivalence entre masse et énergie : $E=mc^2$. Une illustration spectaculaire de cette équivalence est donnée par l'annihilation d'une particule rencontrant son antiparticule. Toute particule a, en effet, une antiparticule de même masse et de charge opposée (électron et positron, proton et antiproton, muon positif et muon négatif, etc.). Or, lorsqu'une particule rencontre son antiparticule, toutes deux s'annihilent, elles disparaissent et se transforment en une autre forme d'énergie : en général de la lumière ou des rayons gamma. La quantité d'énergie que l'on récupère ainsi est donnée par la formule $E = mc^2$. Inversement, de l'énergie (libérée, par exemple, dans la collision de deux particules élémentaires) peut aussi donner naissance à de la masse pure, suivant la même célébrissime formule (où, précisons-le, "c" est une constante égale à la vitesse de la lumière, et n'a rien à voir avec la vitesse des particules, lesquelles peuvent s'annihiler ou être produites même au repos). Ces phénomènes sont observés quotidiennement dans les laboratoires de physique des hautes énergies. Pour la physique, E et m, l'énergie et la masse, deviennent donc les deux facettes d'une même réalité...

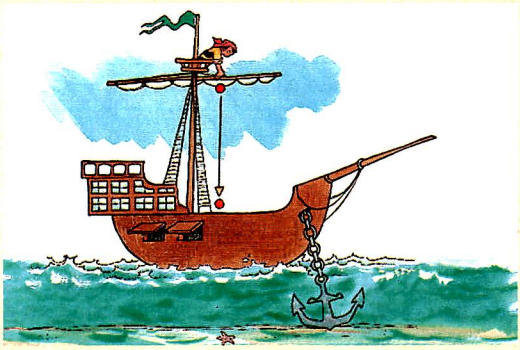
A partir de novembre 1915, Einstein fait paraître ses premiers articles exposant sa théorie de la relativité générale. Celle-ci va bouleverser notre conception de l'espace et du temps, plus profondément encore que la relativité restreinte dix ans auparavant. L'Univers avait déjà changé de décor: l'espace classique avait été remplacé par un espace-temps à quatre dimensions. Avec la relativité générale, cet espace-temps devient courbe, et surtout... ce n'est plus seulement un décor : les objets déforment l'espace-temps, qui lui-même, en retour, agit sur les objets. De toile de fond, l'espace-temps s'est métamorphosé en acteur de l'Univers, inséparable de la matière...

GALILÉE: LA PIERRE TOMBE TOUT DROIT ...

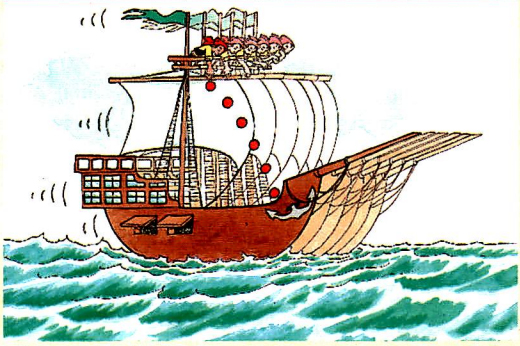
Si on lâche une pierre du haut du mât d'un navire, elle tombe au pied dudit mât, que le navire soit à quai ou qu'il vogue à vitesse de croisière. Dans ce dernier cas, la pierre ne tombe pas du tout en arrière, comme pourrait le laisser croire une intuition fausse.

C'est Galilée lui-même qui citait cet exemple pour illustrer le principe de la relativité. En effet, la pierre, juste avant d'être lancée, est dans la main du marin, donc avance avec le bateau. Par conséquent, lorsque le marin la laisse tomber, la trajectoire de la pierre est la résultante de deux mouvements: l'un vertical et vers le bas dû à l'accélération de la pesanteur; l'autre horizontal dû à la vitesse constante du bateau (on ignore, bien sûr, les remous de la mer).

Relativement à un observateur sur le quai, la trajectoire de la pierre trace une courbe appelée parabole, et "rattrape", en quelque sorte, le pied du mât qui avance solidaire du bateau. En revanche, pour les marins embarqués, qui observent la scène du pont, la pierre tombe simplement verticalement. Mais le résultat est le même, comme l'a remarqué Galilée: la pierre tombe du haut du mât au pied de celui-ci.



... POURTANT, ELLE SUIT UNE COURBE



Comment Einstein en est-il arrivé là ? La relativité restreinte était une extension du principe de relativité galiléenne à toute la physique; la relativité générale, elle, modifie le contenu même de ce principe. Einstein, qui était un démocrate (comme il l'a amplement prouvé dans son activité politique), disait en plaisantant qu'il avait voulu étendre la démocratie aux objets de la physique. De quel droit le mouvement rectiligne uniforme jouirait-il d'un statut privilégié, en physique classique comme dans sa propre théorie de la relativité restreinte ? Pourquoi les mouvements quelconques n'auraient-ils pas droit, eux aussi, à leur principe de relativité ? Et d'ailleurs, concrètement, où sont-ils, ces fameux systèmes en mouvement rectiligne uniforme? La Terre? Elle tourne autour du Soleil. Le Soleil, alors, ou des "étoiles fixes"? Existe-t-il seulement des étoiles fixes...

Mais surtout, la théorie classique de la gravitation ne cadrait pas avec la relativité restreinte. Pour Newton, en effet, l'attraction gravitationnelle agit instantanément quelle que soit la distance. Or c'est impossible : rien ne saurait aller plus vite que la lumière. D'ailleurs, bien avant qu'Einstein ait établi cette limite, au temps de Newton déjà, l'idée d'attraction immédiate gênait certains esprits scientifiques. Comment la matière peut-elle agir là où elle n'est pas?

Pour éviter ce problème, on a recours au concept de champs: un objet agit sur l'espace autour de lui par l'intermédiaire d'un champ, et c'est cette modification de l'espace que ressent un autre objet, là où il se trouve. Einstein espérait donc adapter la gravitation de Newton à sa relativité restreinte, et montrer que le champ gravitationnel se propage à la vitesse de la lumière.

Par ailleurs, quelque chose d'autre le gênait dans la théorie newtonienne : la question de l'identité de la masse pesante et de la masse inertielle. Une notion assez subtile, mais essentielle. Lorsqu'on exerce une force sur un objet, il prend une accélération; mais plus il est lourd, moins il est accéléré. La masse "résiste", en quelque sorte, à la force exercée : c'est pourquoi on l'appelle masse inertielle. Par ailleurs, lorsqu'un objet se trouve placé dans un champ de pesanteur, il est attiré proportionnellement à sa masse pesante. Or il se trouve que la masse pesante d'un objet est égale à sa masse inertielle. C'est même la raison pour laquelle tous les objets – plume, bois, plomb, etc. – tombent sur Terre avec la même accélération (si l'on néglige la résistance de l'air), comme dans la fameuse expérience de Galilée sur la tour de Pise.

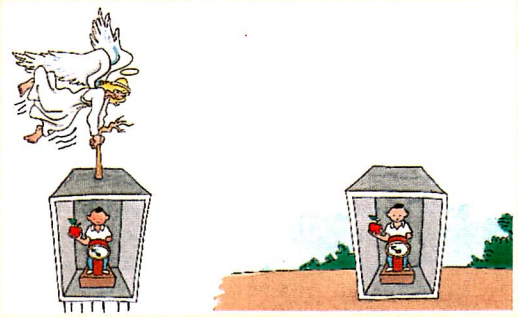
Tout cela nous paraît peut-être évident, mais à tort. Il n'y a, *a priori*, aucune raison pour que masse inertielle et masse pesante soient égales : la première caractérise la "résistance" d'un corps au mouvement, quelle que soit la force. La seconde, en revanche, caractérise l'objet vis-à-vis de la seule force de gravitation (tout comme la charge électrique caractérise l'objet vis-à-vis de la force électromagnétique). Or Newton constate cette égalité de la masse pesante et de la masse inertielle, mais sans l'expliquer, comme s'il s'agissait d'une coïncidence. Ce qui ne satisfaisait pas du tout Einstein.

En résumé, le programme d'Einstein était donc le suivant : généraliser le principe de relativité restreinte pour que les lois de la nature soient les mêmes dans tous les systèmes, même accélérés; que la théorie de la gravitation universelle y trouve sa place, et que soit justifiée l'égalité de la masse inertielle et de la masse pesante.

C'est alors qu'Einstein eut «la plus belle idée de sa vie", comme il le dira plus tard. Cette intuition, qui fut le point de départ de la relativité générale, lui vint presque comme une expérience métaphysique: il raconte qu'étant renversé sur son fauteuil, il eut la révélation de ce que ressentirait un homme en chute libre. Il saisit d'un coup les implications gigantesques de cet état d'apesanteur (***dessin ci-contre***): il comprit que l'égalité masse iner-

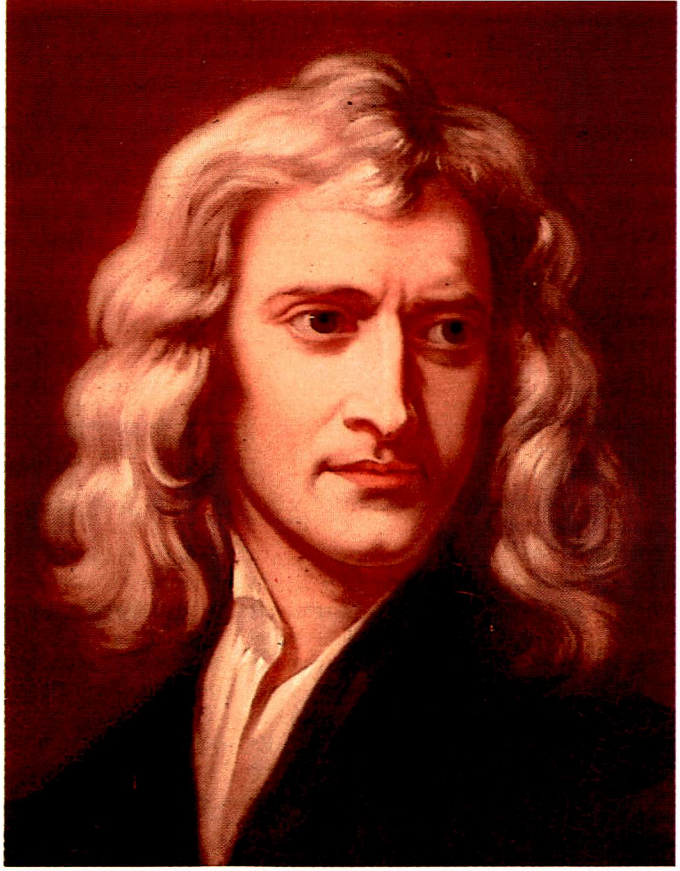
EINSTEIN : ACCÉLÉRATION ET GRAVITATION, C'EST PAREIL

Si vous vous trouviez dans une cabine fermée (donc privé de repères extérieurs), loin de la Terre et de toute autre source de gravitation, et qu'une force extérieure, disons un ange, tire cette cabine avec une accélération exactement égale à celle de la pesanteur terrestre, quel moyen auriez-vous de savoir si vous êtes posé sur Terre ou non? Réponse: aucun! Tout se passerait, dans votre cabine, exactement comme si elle était posée sur le sol: votre poids serait le même, les objets chuteraient de pareille façon.



Accélération et gravitation sont donc identiques, du moins pour le physicien. Cette constatation est à la base de la relativité générale, et – même si le lien n'est pas manifeste – à l'origine de l'idée d'un espace courbe, la gravitation n'étant rien d'autre que la courbure de l'espace causée et subie par les masses qui s'y trouvent

Newton : la gravitation agit instantanément quelle que soit la distance



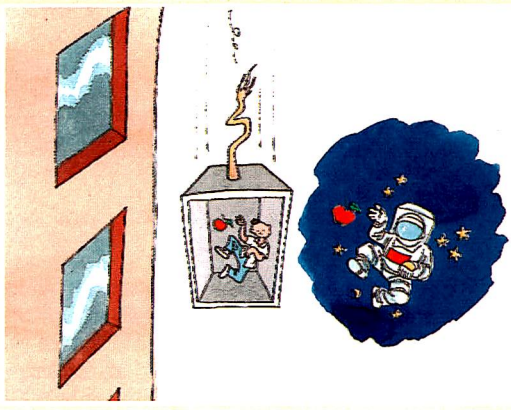
tielle = masse pesante découle d'une identité plus générale, plus profonde, entre gravitation et inertie. Ce ne sont que deux manières différentes de voir la même chose. Imaginons qu'un ange, dans l'espace interstellaire, en l'absence de toute pesanteur, tire une cabine fermée avec une accélération égale à celle de la pesanteur sur Terre. L'occupant de cette cabine, s'il ne voit pas au dehors, peut croire que sa cabine est posée sur le sol terrestre. Rien, aucune expérience, ne lui permettra de faire la différence entre l'attraction gravitationnelle terrestre et la force exercée par l'ange. Exactement comme, dans l'exemple de Galilée, on ne peut savoir si le bateau dans lequel on se trouve est à quai ou vogue à vitesse constante. Comme la vitesse, l'accélération et la gravitation ne sont pas absolues, mais relatives.

Ainsi le principe de relativité, jusque-là "restreint" aux seuls systèmes en mouvement rectiligne à vitesse constante, peut se "généraliser" à tous les mouvements, y compris accélérés.

La gravitation n'est pas une force comme les autres, de toute évidence, puisque, comme on le voit dans l'exemple de la cabine tirée par un ange, on ne peut pas la différencier des forces d'inertie. De cette identité qu'il considère comme un postulat, Einstein a tiré une conséquence d'une extrême audace : on peut "oublier" la nature exacte de la source à l'origine de la gravitation (par exemple l'astre autour duquel

EINSTEIN : DANS UN ASCENSEUR QUI TOMBE, LES OBJETS NE TOMBENT PLUS

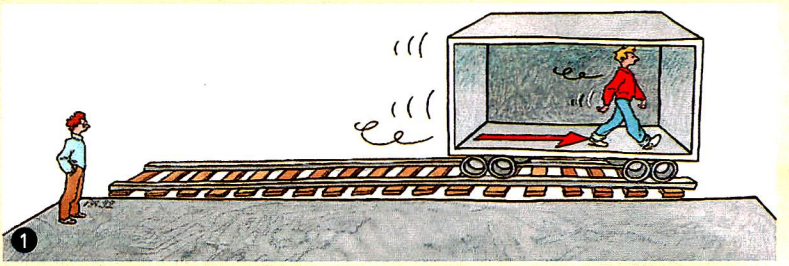
Imaginez que vous vous trouvez dans un ascenseur dont le câble s'est rompu et qui tombe en chute libre. Si vous en aviez la curiosité (vu les circonstances!), vous pourriez constater qu'en lâchant un objet, celui-ci, tombant à la même vitesse que vous, reste à côté de votre main. Si vous lui donnez une pichenette, il part en ligne droite jusqu'à ce qu'il rencontre une paroi de la cabine. Bref, alors même que vous êtes entièrement soumis à l'accélération due à la gravitation terrestre, tout se passe autour de vous exactement comme si vous étiez un cosmonaute dans l'espace interstellaire, loin de toute gravitation!



Einstein a raconté que c'est en imaginant pareille situation (plus universelle – mais aussi plus risquée – que celle de Newton et de sa pomme tombant d'un arbre) qu'il a pleinement saisi le caractère "relatif" de l'accélération gravitationnelle, fondement de la relativité générale.

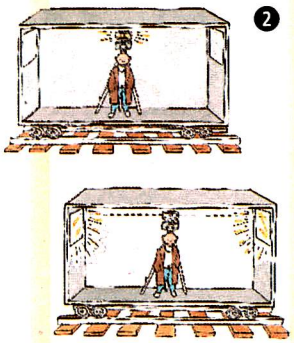
EINSTEIN : RIEN NE PEUT AUGMENTER NI DIMINUER LA VITESSE DE LA LUMIÈRE

Vitesses "courantes", temps absolu. Nous avons tous appris que pour un observateur immobile sur un quai de gare, un voyageur se promenant à 5 km/h dans le couloir d'un train roulant à 100 km/h file, en fait, à 105 km/h s'il avance dans le sens de la marche (**1**), et à 95 km/h s'il va vers l'arrière du train. Eh bien, cette règle évidente ne "marche" plus dès que l'on atteint – ou seulement approche – la vitesse de la lumière. L'exemple suivant permet d'illustrer cela, à condition d'accepter de se départir de notre bonne vieille intuition.



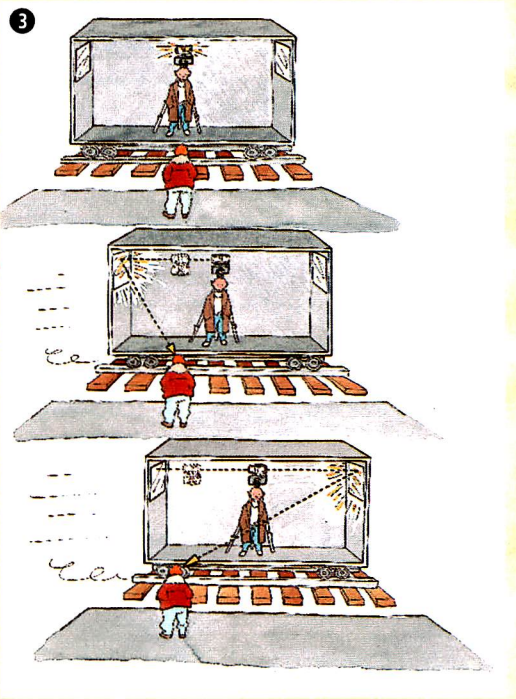
Vitesse de la lumière, temps relatif. Prenons un voyageur et un flash de photographe, tous deux exactement au milieu d'un wagon qui roule sur la voie. Lorsque le voyageur déclenche le flash (**2**), pour lui, la lumière atteint les deux parois avant et arrière du wagon exactement en même temps, puisque le flash est à égale distance de celles-ci.

Mais si l'on se place du point de vue de l'observateur sur le quai (**3**), comme le wagon avance entre le moment où le flash est déclenché et celui où la lumière atteint les parois, la paroi arrière du wagon "va à la rencontre" de la lumière du flash. Au contraire, la paroi avant du wagon "fuit" dans la même direction que la lumière. Résultat: la lumière va atteindre en premier la paroi arrière, et la paroi avant ne sera rattrapée que plus tard.



Autrement dit, pour l'observateur du quai, le trajet de la lumière n'ayant pas la même longueur vers l'avant et vers l'arrière, et la vitesse de la lumière étant constante quel que soit le point de vue, l'arrivée de la lumière sur les deux parois n'est pas simultanée, alors qu'elle l'était pour le voyageur du train! Or, si deux événements sont simultanés pour l'un et pas pour l'autre (ce qui était impensable en physique classique, galiléenne) c'est que le temps est relatif, c'est-à-dire qu'il ne s'écoule pas toujours de la même manière... La raison en est que la vitesse de la lumière est absolue, la même pour tout le monde (les physiciens l'appelle "invariante"), et qu'on ne peut donc pas lui additionner ou lui soustraire la vitesse du train.

Cet exemple, bien entendu, n'est qu'une "expérience de pensée"; car dans la réalité il ne s'écoule que quelques fractions de millionième de seconde entre le moment ou le flash se déclenche et celui où il atteint l'une ou l'autre paroi du wagon : aucun observateur, qu'il soit dans le train ou à l'extérieur, aucun instrument, quelle que soit sa précision ou sa vitesse, ne peut enregistrer le décalage.



tourne une planète) et ne considérer que l'effet produit par cette source (matière ou énergie), qui n'est autre qu'une déformation de l'espace-temps ! Dans cette interprétation géométrique de la gravitation, celle-ci n'est plus une force, au sens traditionnel de ce mot, mais une courbure variable de l'espace-temps engendrée par la matière. Ainsi, les corps massifs déforment l'espace comme une orange posée sur un édredon, en y faisant un "creux" que "ressentiront" les corps passant à proximité. On ne dit plus, comme au temps de Newton, que les masses s'attirent sous l'effet de la gravitation : elles se contentent

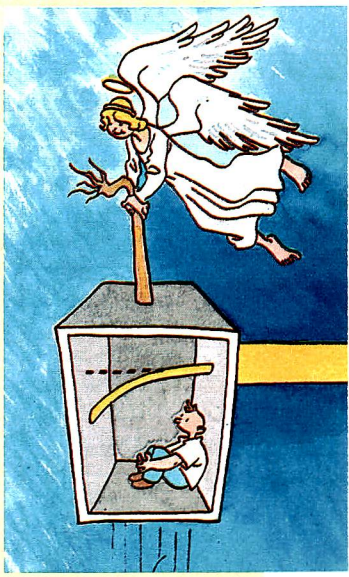
de se déplacer dans cet espace courbe en suivant leur ligne de plus grande pente, appelée géodésique : la géodésique d'une planète, dans l'espace-temps "creusé" par une étoile, aura la forme d'une orbite elliptique. Et la lumière, elle aussi, ne peut qu'épouser les courbures de l'espace et se propager suivant sa géodésique (de même que sur la Terre ronde, le chemin le plus court entre deux points n'est pas réellement droit, mais toujours incurvé). Autrement dit, la lumière est déviée par le champ gravitationnel des objets massifs... comme si elle aussi avait une masse ! En l'absence de champ gravitationnel important, donc de courbure, l'espace-temps est plat, la lumière se propage en ligne droite – et on retrouve le cas de la relativité restreinte.

EINSTEIN : JET DE LUMIÈRE, JET D'EAU, MÊME COURBURE

Cette expérience imaginaire montre que la lumière subit l'effet de l'accélération et de la gravitation comme un quelconque corps doté d'une masse, et peut donc, elle aussi, voir sa trajectoire se courber. Imaginons la même cabine tirée par un ange dans l'espace (voir page 45).

Un faisceau de lumière entre soudain dans la cabine par un petit trou percé dans une paroi. Si l'ange tire suffisamment vite, la cabine se sera déplacée de façon appréciable entre le moment où la lumière a pénétré et le moment où elle atteint la paroi opposée. Résultat: la lumière frappera cette paroi un peu plus bas que si elle suivait une ligne droite depuis son point d'entrée. Pour l'occuppant de la cabine, la lumière aura donc décrit une courbe, un peu comme s'il s'était agi d'un jet d'eau sortant d'un tuyau d'arrosage!

Mais on a vu dans le dessin page 45 que la cabine tirée par un ange est exactement semblable à une cabine posée sur le sol, soumise à une force de gravitation. Donc, la lumière se courbe de la même façon lorsqu'elle subit la gravitation. Là encore, le dessin exagère beaucoup cet effet : il faudrait une accélération énorme (ou un champ gravitationnel extraordinairement puissant) pour courber la lumière de manière aussi prononcée.



Dès 1907, Einstein avait compris que généraliser le principe de relativité obligeait à concevoir un espace-temps courbe. Mais il lui fallut ensuite huit années pour écrire les équations reliant la courbure de l'espace et les masses, qui créent et subissent à la fois cette courbure. Ces relations font appel à des mathématiques très complexes, qu'Einstein ne connaissait pas et qu'il dut donc apprendre.

En 1916 il avait enfin achevé sa théorie, que beaucoup de physiciens considèrent encore aujourd'hui comme "l'une des plus belles théories physiques", d'autant plus géniale qu'elle est sortie toute faite du cerveau d'un seul homme, alors que toutes les autres théories modernes (comme la mécanique quantique, par exemple) sont le fruit d'un travail éminemment collectif. Restait à savoir si elle était vraie.

L'histoire raconte qu'un matin de juin 1919, on vient annoncer à Einstein qu'une expérience menée par Arthur Eddington et destinée à mesurer, pour la première fois, cette déviation de la lumière vient de donner raison à sa toute jeune théorie de la relativité générale. Einstein ne paraît pas plus ému ou étonné que cela. Comme on lui demande comment il aurait réagi si l'expérience s'était avérée négative, il répond simplement : «Cela aurait été dommage pour Dieu...»

Pour cette fameuse expérience, Eddington avait profité d'une éclipse totale de Soleil pour tenter de vérifier que la trajectoire de la lumière est bien courbée au voisinage d'une grande quantité de matière. En l'occurrence, le Soleil devrait, d'après les calculs, dévier légèrement les rayons lumineux venant d'un groupe d'étoiles lointaines. Et tandis qu'en temps normal l'éclat du Soleil masque la faible lueur de ces étoiles, durant une éclipse, lorsque la lumière solaire est "bloquée" par l'ombre de la Lune, la lumière des étoiles devient parfaitement visible.

Eddington trouve effectivement la déviation prévue par la théorie d'Einstein. Aujourd'hui, son résultat paraîtrait si peu précis qu'il ne serait pas jugé concluant. Mais à l'époque, il propulse Einstein au sommet de la gloire. Les journaux ne parlent plus que de relativité. Le 7 novembre 1919, le très célèbre quotidien londonien *The Times* titre : «Une révolution scientifique, une nouvelle théorie de l'Univers. Newton détrôné !» Et c'est vrai... La première prédiction de la relativité générale a été vérifiée. Elle se manifeste d'ailleurs fréquemment aujourd'hui dans ce que les astronomes appellent des mirages gravitationnels (***voir dessin p. 40***).

Mais Einstein a également imaginé, dès 1915, deux autres tests à sa théorie. En premier lieu, l'avance du périhélie de Mercure (***voir dessin p. 52***), une petite entorse à la mécanique céleste constatée par les astronomes dès le milieu du siècle dernier :

l'orbite très elliptique de Mercure, au lieu de rester fixe comme celle des autres planètes, tourne, son grand axe fait un tour complet en 3 millions d'années. Du coup, le périhélie, le point de l'orbite le plus proche du Soleil, avance... Pas de beaucoup, certes (570 secondes d'arc par siècle), mais assez pour que ce phénomène dépasse ce qui pourrait être dû aux effets classiques – newtoniens – engendrés par l'attraction des autres planètes perturbant celle du Soleil. Là encore, la relativité générale est un succès : elle affirme que Mercure, étant la planète du système solaire la plus proche du Soleil, doit ressentir ces fameux effets relativistes liés à la courbure de l'espace-temps au voisinage de notre astre. On calcule et l'on trouve, en effet, que théorie et observation s'accordent. Deuxième coup de maître pour Einstein.

Reste le troisième effet, beaucoup moins facile et à comprendre et à vérifier : le décalage gravitationnel vers le rouge. La relativité générale prédit, en effet, qu'à la surface d'une masse très importante (une étoile, par exemple), le temps s'écoule plus lentement – d'autant plus lentement que la gravitation est forte.

Energie et matière sont deux facettes d'une même réalité

Voilà encore une conséquence de la déformation de l'espace-temps plutôt difficile à avaler! En fait, ce "ralentissement du temps" résulte directement de l'équivalence entre gravitation et accélération. Retournons donc dans notre cabine tirée par un ange avec une accélération constante, et installons-y cette fois deux horloges, une accrochée au plafond (du côté où tire l'ange), l'autre sur le plancher. Supposons que ces horloges envoient un signal lumineux à chaque "tic-tac". L'occupant de la cabine, assis sur le plancher, verra les rayons émis par l'horloge du plafond lui parvenir de plus en plus vite, par rapport aux signaux lumineux de l'horloge du plancher, puisque la cabine est accélérée et que le plancher "se précipite" vers le haut.

Si, au contraire, notre observateur s'accroche au plafond, les signaux émis par l'horloge du plancher lui parviendront plus lentement : entre le moment où un signal est émis et celui où il arrive au plafond, ce dernier a fui vers le haut. Or, nous avons vu plus haut qu'une telle cabine volante accélérée est en tout point équivalente à une cabine identique posée sur le sol, et donc soumise à la gravitation (***dessin p.46***). L'expérience des horloges lumieuses donnerait donc le même résultat : l'horloge du plancher fonctionnera plus lentement que celle du plafond; autrement dit, le temps s'écoule plus lentement au sol qu'au plafond, tout simplement parce que la gravitation est plus forte lorsque l'on est plus près du centre de la Terre.

De la même manière, dans le cas d'une étoile massive, le ralentissement du temps agit sur le rayonnement émis par les atomes de la surface : chaque type d'atome (hydrogène, hélium, etc.) émet des rayonnements d'une fréquence bien déterminée, mais, sous l'effet du puissant champ de gravitation de l'étoile, cette fréquence se trouve ralentie. Cet abaissement de la fréquence est appelé "décalage gravitationnel vers le rouge" (à ne pas confondre avec le décalage dû au mouvement par effet Doppler), parce que la couleur rouge correspond à la fréquence la plus basse du spectre de la lumière visible. Einstein calcula que le spectre de la lumière du Soleil, observé sur Terre, devait présenter un tel décalage par rapport au spectre d'une même lumière créée dans un laboratoire terrestre, cela en raison de la masse du Soleil.

Ce décalage extraordinairement faible fut effectivement vérifié en 1960. Einstein (qui est décédé en 1955) n'aura jamais su que, là encore, sa théorie a marqué un point. Car la relativité générale ne fait pleinement sentir ses effets que dans des régions où la gravitation est très intense. Or dans le système solaire, cette dernière est relativement faible, et les écarts entre les prévisions de la relativité générale et de la gravitation de Newton sont si minimes que, du temps d'Einstein, des expériences n'étaient pas envisageables.

De 1920 à 1960, donc, alors même qu'Einstein était entré de son vivant dans la légende, sa théorie sombre dans l'indifférence, ou presque. Elle est considérée comme un splendide édifice mathématique, fondamental... mais qui ne sert à rien de concret. Ce n'est que cinq ans après sa mort que la relativité générale revient en force. Progrès techniques aidant, les calculs théoriques s'améliorent, les observations astronomiques ouvrent de nouveaux horizons aux expérimentateurs. Grâce aux radars, aux lasers, aux horloges atomiques ultra-précises, aux radio-interféromètres, l'astronomie s'échappe du système solaire : elle quitte enfin un monde calme et presque plat, où le Soleil incurve à peine l'espace-temps, pour aborder des régions jusque-là inconnues, beaucoup plus "accidentées" et où la gravitation crée des objets étonnants – étoiles à neutrons, trous noirs –, qui courbent l'espace-temps de facon plus appréciable. L'astronomie et l'astrophysique ne pouvaient plus ignorer la relativité générale. Le moment était venu de la mettre à l'épreuve.

Il serait impossible d'énumérer ici toutes les expériences menées depuis 1960 pour vérifier la relativité générale, elles sont trop nombreuses, trop

complexes (dans leur réalisation et dans leur interprétation). Le décalage gravitationnel, observé pour la première fois en 1960, et à plusieurs reprises depuis, a propduit les meilleurs résultats en juin 1976 grâce à des horloges atomiques embarquées à bord de fusées américaines *Scout*. Des expériences de radio-interférométrie détectèrent, quant à elles, la déviation de la lumière provenant de quasars (objets très lumineux et très lointains) et passant près du Soleil.

Mais le meilleur soutien à la théorie fut sans conteste celui apporté par le pulsar binaire 1913 +16, découvert en 1974. Un pulsar est une étoile très dense qui tourne très rapidement sur elle-même. A chaque tour, elle nous envoie un signal électromagnétique régulier, qui fait d'elle un "phare du cosmos" d'une très grande précision (atteignant le milliardième de seconde). Sa très grande densité (la masse d'une étoile enfermée dans une sphère d'à peine 10 km de diamètre!), en fait déjà un sujet de choix pour l'étude des champs gravitationnels forts.

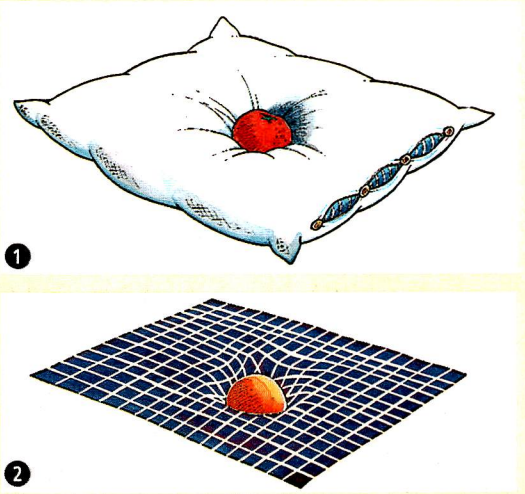
Aussi le pulsar 1913+16 combla-t-il les astronomes lors de sa découverte : il est en effet binaire, donc accompagné d'une autre étoile très dense (les deux tournant l'une autour de l'autre). Nul doute alors que les effets relativistes devaient se faire sentir entre ces deux partenaires. La théorie d'Einstein prévoit, en effet, que la force de gravitation agissant entre ces deux astres entraîne une faible perte d'énergie du système double, laquelle induit une très légère accélération de la rotation du pulsar sur lui-même. On observa ce pulsar pendant les quatre ans qui suivirent sa découverte, et l'infime accélération fut effectivement mesurée ! Elle "collait" aux calculs théoriques avec une précision de 4%, ce qui, vu la difficulté de la mesure, est plus qu'honorable. Pour la première fois, la relativité générale était testée sur des champs gravitationnels particulièrement forts (2), ce qui a permis une vérification beaucoup plus probante.

Alors pourquoi, malgré tous ces succès, la relativité générale continue-t-elle à être testée ? Comme toute théorie physique, ce n'est pas parce qu'elle n'a jamais été mise en échec qu'elle est vraie dans tous les cas. En l'occurence, des aspects essentiels de la théorie restent encore à vérifier. Quoi qu'il en soit, jusqu'à présent la relativité générale ne s'en sort pas mal par rapport à ses rivales plus jeunes. D'autres théories de la gravitation ont en effet été proposées depuis 75 ans : s'inspirant pour la plupart de la théorie d'Einstein, elles fournissent souvent les mêmes prévisions, si bien que rien ne permet de les préférer à la relativité générale. Celle-ci semble l'emporter pour le moment, car c'est la plus "simple" des théories en présence, et la mieux vérifiée.

En attendant, c'est un outil de travail irremplaçable en astrophysique et en cosmologie. La relativité générale est, par exemple, à l'origine de la théorie de l'expansion de l'Univers (la théorie dominante de l'astrophysique, qui affirme que l'Univers est né d'une "explosion" originelle, le Big Bang, et qu'il est en continuelle expansion depuis), au grand dam d'Ein-

EINSTEIN : PLUS UN CORPS EST MASSIF, PLUS IL DÉFORME L'ESPACE-TEMPS

Il nous est impossible de nous imaginer l'espace-temps courbe à quatre dimensions de la relativité générale. En revanche, nous pouvons facilement visualiser un espace courbe à deux dimensions, car nous disposons alors de la troisième dimension pour représenter la courbure. La surface d'un drap ou d'un édredon est un espace à deux dimensions: si on y pose une orange, elle y fait un creux (**1**). C'est là une bonne analogie pour faire saisir la courbure produite dans l'espace-temps par une masse très importante, comme une étoile ou une galaxie (**2**).



(2) Jusque-là, les tests avaient porté sur le champ gravitationnel du Soleil, champ faible comme nous l'avons dit, qui n'engendre qu'une très faible courbure de l'espace et ne produit donc que des effets relativistes très minimes. Pour calculer ces effets, la relativité n'intervient qu'en second lieu: on part de la gravitation classique de Newton, à laquelle on apporte ensuite des corrections relativistes. Cette méthode ne permet pas de tester les aspects fondamentaux de la relativité générale. Mais avec le pulsar binaire, le champ de gravitation et la courbure de l'espace sont si forts que les effets relativistes jouent à plein: la théorie de Newton n'est plus applicable; et le phénomène est décrit directement à partir de la théorie d'Einstein. C'est pourquoi ce pulsar constitue un test plus probant que les autres.

stein lui-même, d'ailleurs, qu'une telle idée choquait parce qu'elle impliquait la notion de commencement. A tel point qu'il introduisit dans ses équations un terme supplémentaire pour éviter d'avoir à traiter le cas d'un Univers en évolution ! Quand il reconnut la validité de cette idée d'expansion, il regretta son attitude antérieure: ce fut «la plus grosse erreur de ma vie», confiera-t-il à ce propos.

Les trous noirs sont, eux aussi, des enfants de la relativité, même s'ils causent quelques soucis à leur théorie-mère. Ces trous noirs sont des objets d'une densité inimaginable (par exemple, toute la masse d'une étoile concentrée en un seul point!). La gravitation y est si forte qu'ils attirent tout ce qui passe à proximité et ne laissent rien ressortir. Ils n'émettent donc absolument rien, pas même de la lumière, d'où leur nom. C'est aussi pourquoi on n'a aucune preuve directe de l'existence des trous noirs; et pourtant presqu'aucun astrophysicien ne la met en doute (3).

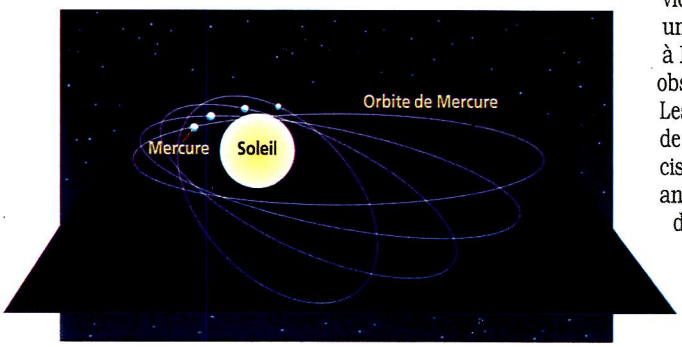
Pour la théorie, les trous noirs constituent une "singularité", autrement dit une abérration, une monstruosité engendrée par la théorie elle-même, mais qu'elle ne comprend pas. Contrairement à ce qui se passe dans une étoile en activité, où la gravitation, qui tend à faire s'effondrer l'astre sur lui-même, est équilibré par différents phénomènes (dont la pression du rayonnement), dans les trous noirs, rien ne s'oppose à la gravitation : leur densité atteint une valeur infinie, et ils engendrent une courbure infinie de l'espace-temps... Ce qui est assez inconcevable, même pour la relativité générale. Celle-ci parvient plus ou moins à s'en accomoder, mais la recherche théorique sur ce sujet est aujourd'hui particulièrement riche et féconde (voir *Science & Vie* d'août 1991).

D'autres prédictions de la relativité ne sont toujours pas vérifiées. La plus importante est sans conteste l'existence des ondes gravitationnelles. De même que les charges électriques en mouvement (par exemple, des oscillations d'électrons) émettent des ondes électromagnétiques, de même des objets très massifs en proie à des mouvements violents doivent, selon la théorie d'Einstein, engendrer des ondes gravitationnelles, qui se propageraient aussi à la vitesse de la lumière. On peut se les figurer comme des sortes de vagues sur l'espace-temps, semblables à des rides à la surface de l'eau. Leurs effets sont si imperceptibles que tous les efforts pour les détecter directement, par l'expérience, ont été vains. Mais les astrophysiciens ont bon espoir d'en observer avant l'an 2000, grâce à un gigantesque interféromètre à laser nommé Virgo. Les ondes gravitationnelles assez puissantes pour être détectables proviendraient de cataclysmes cosmiques du type effondrement d'une étoile, trou noir, supernova, etc.

Enfin, une autre prévision de la relativité générale sera peut-être bientôt soumise à l'épreuve des faits : selon la théorie, une masse importante en rotation doit modifier la structure de l'espace-temps. En plus de la courbure due à la présence de cette masse, sa rotation induirait une déformation supplémentaire. C'est ce que devra vérifier le satellite *Gravity Probe B*, mentionné au début de cet article; l'objet en rotation sera la Terre elle-même. L'expérience utilisera des gyroscopes, instruments qui jouissent d'une étrange propriété : une fois qu'on les a pointés dans une direction, ils n'en bougent plus, quels que soient les mouvements de leur support (ici le satellite). Mais la déformation relativiste de l'espace-temps due à la rotation de la Terre devrait les faire déroger à cette règle : si la théorie dit vrai, ils devraient être déviés de 42 millièmes de seconde d'arc en une année. Or mesurer une telle déviation à 1% près (précision nécessaire) équivaut à observer un cheveu à 20 km de distance! Les astrophysiciens de Stanford ont prévu de pointer les quatre gyroscopes ultra-précis du satellite sur l'étoile Rigel, à 300 000 années-lumière de la Terre (bien visible dans la constellation d'Orion). Pour éviter toute perturbation parasite, ces gyroscopes fonctionneront dans un vide presque parfait, à une température

Mercure, le premier, donne raison à Einstein

La trajectoire de la planète Mercure est une éllipse, mais cette éllipse tourne très lentement autour du Soleil. Ce phénomène, qu'on appelle avance du périhélie de Mercure (le périhélie est le point de l'éllipse le plus proche du Soleil), n'est pas entièrement expliqué par les perturbations dues aux autres planètes : il reste une rotation de 43 secondes d'arc par siècle que la mécanique céleste de Newton est incapable de justifier. C'est Einstein qui expliqua cet écart dès 1916, grâce à la relativité générale. Mercure, planète la plus proche du Soleil, est la seule à ressentir les effets "relativistes" de la gravitation de notre étoile.



proche du zéro absolu, et dans un champ gravitationnel et un champ magnétique quasi nuls.

Il faudra en outre les protéger des vibrations du satellite et même des variations de la très faible pression du rayonnement solaire (voir *Science & Vie* n° 861, p. 16). Le coût total de l'expérience est estimé à 300 millions de dollars. Est-ce le prix à payer pour que la relativité générale soit définitivement à l'abri des théories concurrentes?

Peut-être pas. Car le point faible essentiel de la relativité générale, pour beaucoup de physiciens, est sa totale incompatibilité avec les autres grandes théories de la physique, qui décrivent les interactions des particules élémentaires. Les deux révolutions de la physique du XX^{e} siècle sont, d'une part, les théories de la relativité, et de l'autre la théorie quantique (qu'il n'est pas question de résumer ici; il suffit de savoir que c'est une physique très différente de celle que nous connaissons à notre échelle, et qui donne lieu à d'innombrables applications pratiques, notamment en électronique).

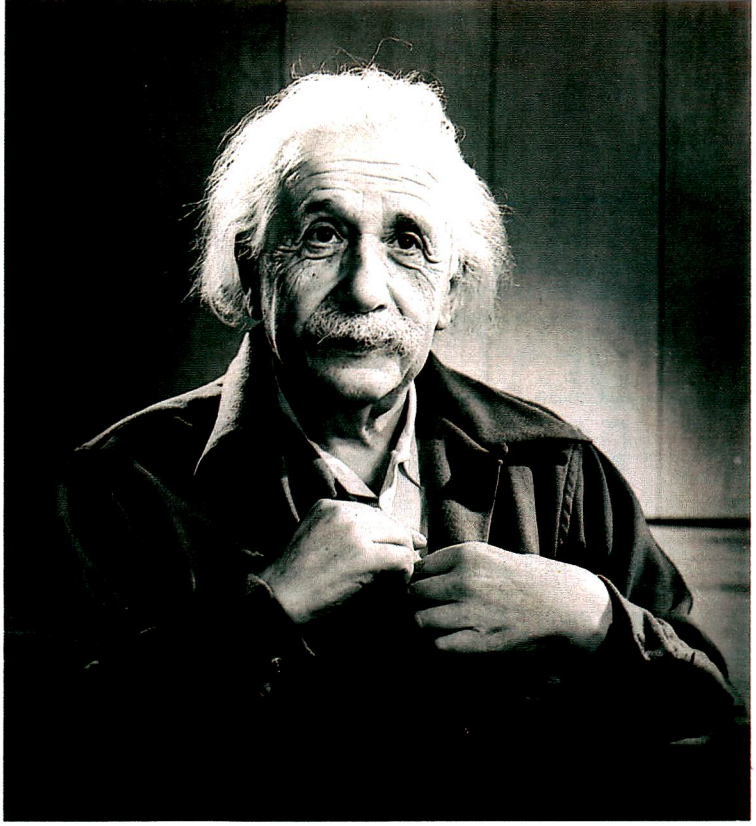
Créées au début du siècle, relativité générale et physique quantique continuent de règner, la première sur l'infiniment grand, la seconde sur l'infiniment petit. Or les physiciens pensent que la physique doit être unifiée; Einstein lui aussi a poursuivi ce but, des années 1920 à sa mort – en vain.

Aujourd'hui, les physiciens ont répertorié quatre "forces fondamentales" régissant tout l'Univers : la gravitation, l'électromagnétisme et les forces nucléaires "forte" et "faible", qui agissent au niveau du noyau atomique. La force électromagnétique et la force nucléaire faible sont déja unifiées, et il y a bon espoir qu'on parviendra à y joindre la force nucléaire forte.

En revanche, on ne voit pas du tout comment la force de gravitation pourrait rejoindre les trois premières. En effet, la théorie de la gravitation, aujourd'hui, c'est la relativité générale, tandis que les trois autre forces sont décrites par des théories quantiques.

Or il y a une incompatibilité apparemment insurmontable entre relativité générale et physique quantique : par exemple, on ne sait pas tenir compte de la courbure de l'espace-temps dans les théories quantiques, qui ont pour cadre un espace-temps banalement "plat"!

Cette unification, sans doute le problème essentiel de la physique actuelle, mobilise de nombreux théoriciens. Mais aucun modèle valable n'a jusqu'à présent vu le jour. La faute à la relativité générale? Peut-être. Ou peut-être est-ce à la physique quantique de s'adapter à la structure courbe de l'espace-temps. A moins que tout le monde fasse fausse route, et qu'un nouvel Einstein vienne un jour trancher ce nœud gordien avec une idée simple et géniale, à laquelle personne ne pense aujourd'hui. **Hélène Guillemot**



Einstein : si la vitesse de la lumière est incompressible, c'est que le temps est élastique

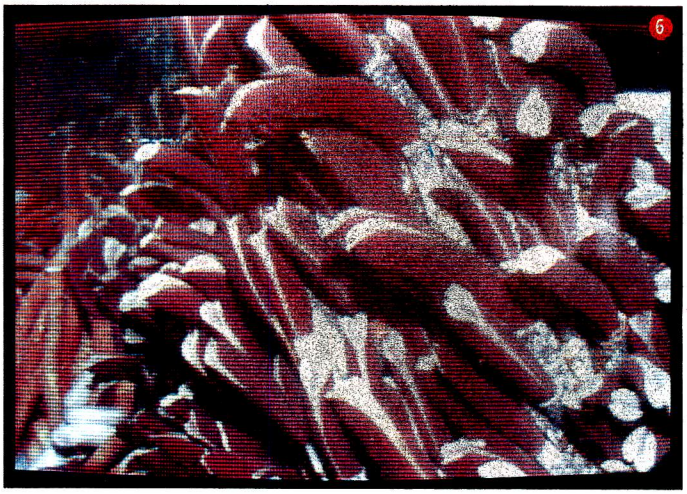
(3) Les trous noirs ne sont pas observables directement, puisqu'ils n'émettent rien. Selon la théorie dominante, la matière qu'ils attirent, en revanche, doit émettre de puissants rayonnements juste avant d'être avalée, ce qui permettrait une détection indirecte de leur présence. On pense actuellement que les quasars, ces galaxies très lointaines et ultra-lumineuses, possèdent un trou noir central, ce qui expliquerait l'intensité de leur rayonnement.

(4) Le procédé fait intervenir un rayon laser partagé en deux faisceaux qui se réfléchissent sur des miroirs et parcourent ainsi des dizaines de kilomètres, avant d'aller interférer sur un détecteur. Une onde gravitationelle serait susceptible de modifier la longueur totale de la trajectoire des faiscaux et d'être ainsi détectée par la perturbation qu'elle induit dans la figure d'interférence.

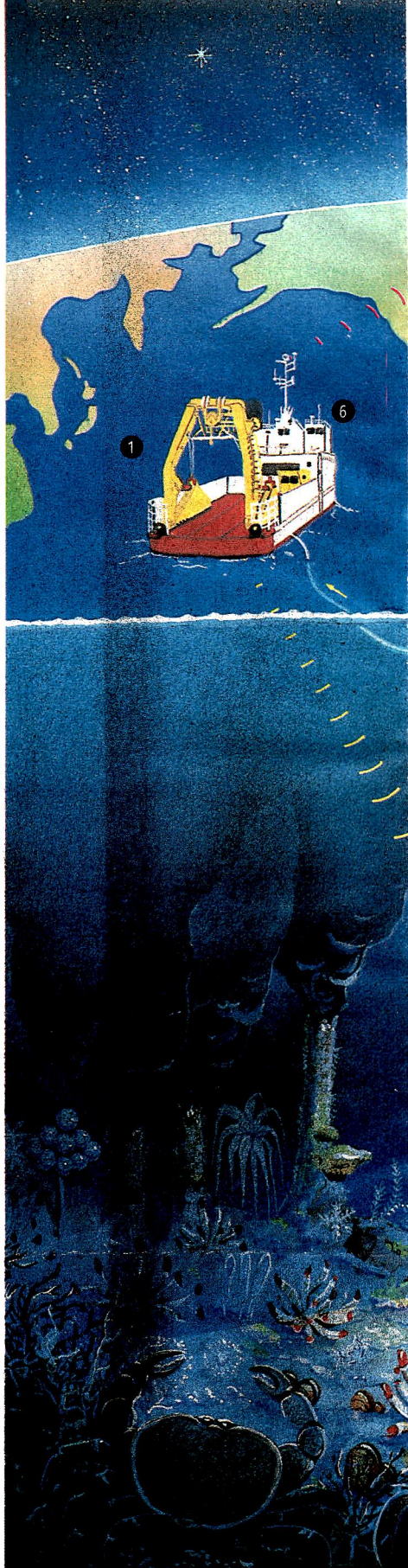
PAR MURIEL THOUIN

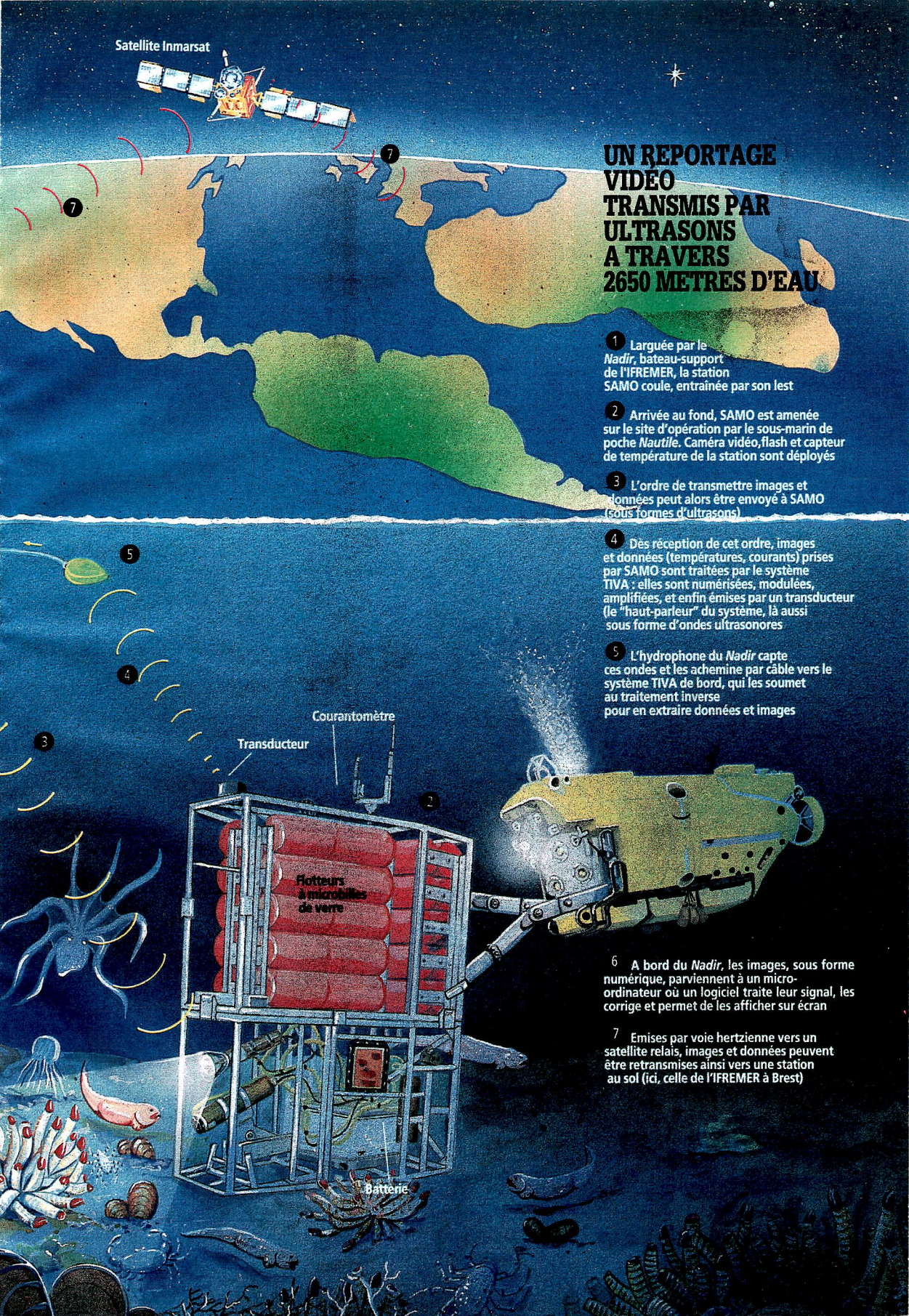
TIVA A L'ÉCOUTE DES IMAGES SOUS-MARINES

L'IFREMER et la société ORCA Instrumentation viennent d'expérimenter, au large du Mexique, un système de transmission par voie acoustique qui permet d'envoyer à la surface, en quelques minutes, des images en couleurs prises au fond des océans à partir d'une station d'observation autonome. Une première mondiale.



Photos de la faune et de la flore des grandes profondeurs, mesures des températures et des courants abyssaux, enregistrements sismographiques sur le plancher océanique et autres données indispensables à l'exploration des eaux profondes et à une meilleure connaissance de la Terre, sont aujourd'hui disponibles grâce à des appareils très perfectionnés. Toutefois, l'utilisation de stations d'observation ou de caméras embarquées à bord de sous-marins était jusqu'à présent confrontée à un impor-





UN REPORTAGE VIDÉO TRANSMIS PAR ULTRASONS A TRAVERS 2650 MÈTRES D'EAU

1 Larguée par le *Nadir*, bateau-support de l'IFREMER, la station SAMO coule, entraînée par son lest

2 Arrivée au fond, SAMO est amenée sur le site d'opération par le sous-marin de poche *Nautile*. Caméra vidéo, flash et capteur de température de la station sont déployés

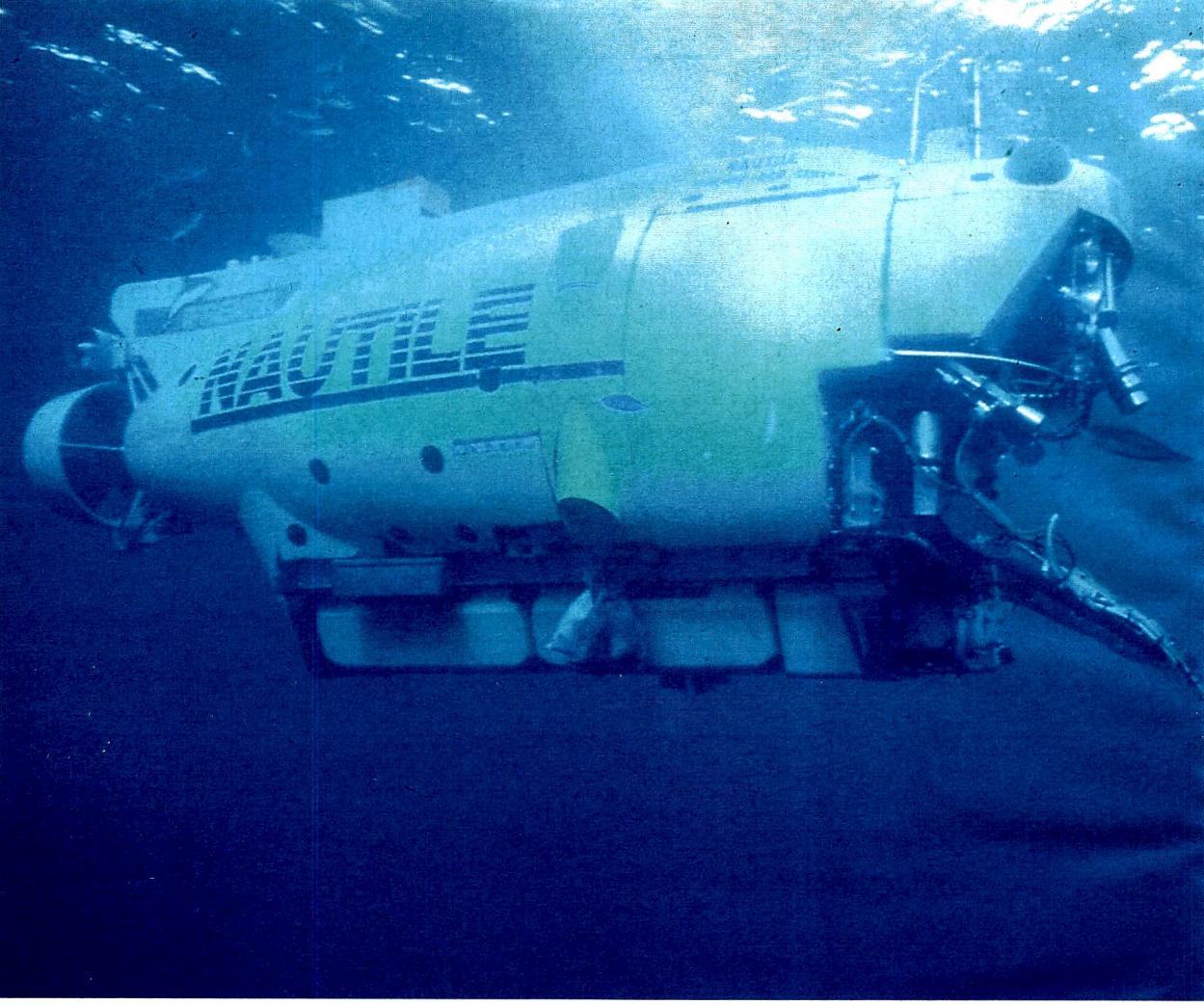
3 L'ordre de transmettre images et données peut alors être envoyé à SAMO (sous formes d'ultrasons)

4 Dès réception de cet ordre, images et données (températures, courants) prises par SAMO sont traitées par le système TIVA : elles sont numérisées, modulées, amplifiées, et enfin émises par un transducteur (le "haut-parleur" du système, là aussi sous forme d'ondes ultrasonores

5 L'hydrophone du *Nadir* capte ces ondes et les achemine par câble vers le système TIVA de bord, qui les soumet au traitement inverse pour en extraire données et images

6 A bord du *Nadir*, les images, sous forme numérique, parviennent à un micro-ordinateur où un logiciel traite leur signal, les corrige et permet de les afficher sur écran

7 Emises par voie hertzienne vers un satellite relais, images et données peuvent être retransmises ainsi vers une station au sol (ici, celle de l'IFREMER à Brest)



tant problème : celui de la transmission des données vers la surface. Les techniques existantes s'avéraient peu pratiques, délicates à mettre en place et onéreuses.

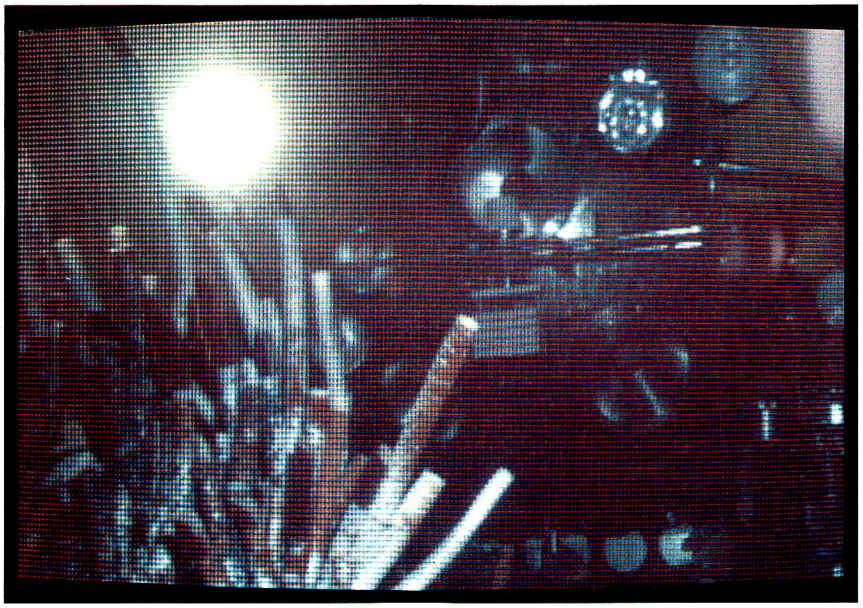
Certes, il y a des stations autonomes opérationnelles quelle que soit la profondeur – OBS (qui effectue des relevés sismographiques au fond des mers), OT 6 000 (qui enregistre les variations de température liées aux phénomènes tectoniques), etc. Mais elles ne pouvaient jusqu'alors dialoguer avec la surface. Les scientifiques n'étaient pas certains qu'elles fonctionnaient bien et, surtout, n'avaient accès aux données recueillies qu'une fois la station remontée, à la fin de la campagne.

Bien sûr, il existe des stations reliées par câble électro-porteur à un navire de surface. C'est le cas, notamment, du SAR : système acoustique remorqué au bout d'un câble à 80 m au-dessus du fond et jusqu'à –6 000 m, il fournit une image sonar du relief du plancher sous-marin. Avec le câble, la liaison est permanente et permet de transmettre une très grande quantité d'informations. Toutefois, la mise en œuvre est relativement longue, et très coûteuse.

Quant aux ondes hertziennes, elles se propagent très mal sous l'eau (pour communiquer avec le monde extérieur, un sous-marin est obligé de faire surface).

D'où le grand intérêt de la station SAMO (Station abyssale de mesures océanographiques), une cage métallique qu'il suffit de "balancer" par-dessus bord pour que, une fois arrivée au fond, elle exécute les ordres émanant du navire de surface et lui renvoie des images et d'autres informations. Comment ? tout simplement par voie acoustique.

Pour réussir cette prouesse, la station SAMO est équipée du système TIVA de transmission acoustique, fruit des recherches entreprises depuis une dizaine d'années par le centre IFREMER de Brest en collaboration avec l'ENSTB (1). Une petite merveille qui vient de faire ses premières preuves au cours de la campagne HERO (Hydrothermal Ecosystem Research Observatory) qui s'est déroulée au mois d'octobre dernier au large



L'océan profond en direct. La station autonome SAMO et son système TIVA de transmission acoustique ont permis de mener à bien la campagne scientifique HERO (Hydrothermal Ecosystem Research Observatory) organisée par l'IFREMER en collaboration avec des chercheurs de l'université de Californie. Les scientifiques ont pu ainsi observer en quasi direct et sur de longues durées la faune et la flore autour des sources hydrothermales de l'océan profond (en dessous de 2 000 m). Ce milieu, difficile d'accès pour l'homme, est encore très mal connu. Il s'y développe une chaîne alimentaire fondée non sur l'énergie lumineuse, mais sur l'énergie chimique (le souffre dégagé par ces sources), comme les vers tubicoles ci-dessus, photographiés par 2650 m de fond devant les projecteurs du *Nautile* (en arrière-plan et ci-contre), le sous-marin de poche qui a collaboré à la campagne.

du Mexique : pour la première fois, des images sous-marines en couleurs prises à partir d'une station d'observation autonome ont été reçues en surface quasiment en temps réel (en moins de 3 minutes). Cette station prototype a effectué le suivi d'un site hydrothermal, établi par 13° nord sur la dorsale pacifique orientale, à une profondeur de 2 650 mètres.

Larguée à partir du *Nadir*, bâteau-support appartenant à l'IFREMER, la station a "coulé" grâce à son lest. Arrivée au fond, elle a été rejointe par le sous-marin *Nautile* qui, grâce à ses deux bras manipulateurs, l'a transportée sur le site exact où elle devait opérer et l'y a correctement positionnée. Le travail pouvait alors commencer. Obéissant aux ordres envoyés du bateau-support par voie acoustique, elle a pris de nombreuses photos de colonies de vers tubicoles, de bivalves, de crabes; enregistré les variations de température grâce à sa sonde thermométrique; mesuré la vitesse du courant avec son courantomètre (***voir dessin p. 54***). Les biologistes de la campagne souhaitaient, en effet, observer le comportement, encore très peu connu, des organismes qui vivent autour des sources hydrothermales. Ils se demandaient, notamment, si les variations de température précédemment constatées sur le site environ toutes les six heures, étaient réellement en relation avec la marée. D'où la présence du courantomètre et du thermomètre.

La caméra de SAMO ne réalise pas un film continu mais des séries de prises de vues couleurs à l'aide d'un flash synchronisé. Il est, bien sûr possible, en prenant un nombre suffisant d'images, de monter celles-ci pour en réaliser un film. Mais là n'était pas le but des scientifiques de la campagne HERO. Leur objectif n'était pas d'avoir des images animées ou de recueillir des données dans un laps de temps très court, mais, bien au contraire, d'étudier l'écosystème hydrothermal sur une période assez longue pour en comprendre l'évolution. La campagne a, en effet, duré un mois; on ne pouvait donc multiplier inutilement le nombre des prises de vues pour évi-

(suite du texte page 160)

PAR JEAN FERRARA

LE GÈNE DU CANCER VAINCU PAR SON CONTRAIRE

En bloquant l'action d'un gène impliqué dans un grand nombre de tumeurs chez l'homme, une équipe de chercheurs français vient de réussir à "guérir" des cellules cancéreuses en laboratoire. Le traitement génique de certains cancers chez l'homme serait-il pour bientôt?

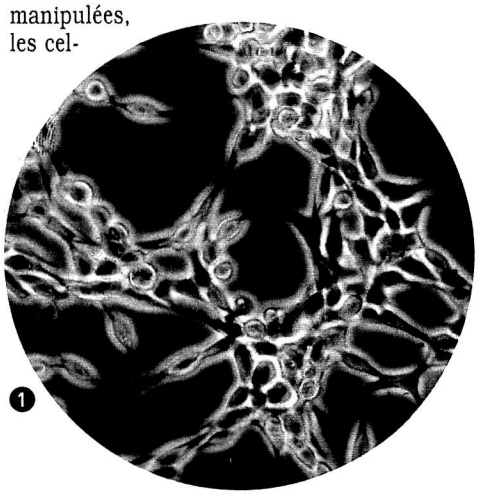
On sait, depuis une dizaine d'années, que le patrimoine génétique d'un certain nombre d'animaux (y compris l'homme) contient, entre autres, des gènes qui provoquent le cancer, les oncogènes (du grec *onkos*, tumeur) et des gènes qui le répriment, les anti-oncogènes. Les oncogènes induisent la synthèse de protéines favorisant la multiplication anarchique des cellules, alors que les anti-oncogènes s'y opposent, soit en interrompant la chaîne d'événements biochimiques menant à la production de protéines cancérigènes, soit en commandant la synthèse d'autres protéines qui jouent le rôle d'antidotes des "poisons" produits par les oncogènes.

L'équipe du Pr Bohdan Wasylyk (1), à l'Institut de chimie biologique de la faculté de médecine de Strasbourg, vient de montrer qu'il était possible, en laboratoire, d'interrompre la cascade de réactions provoquée par un oncogène (2).

Rappelons que les oncogènes, à l'état normal, sont présents sous la forme de proto-oncogènes qui contrôlent la croissance cellulaire. Mais lorsque les proto-oncogènes sont altérés par un agent cancérigène externe (produit chimique, virus, ou rayonnement ionisant) ou par une erreur dans le "programme" de réplication de l'ADN, ils deviennent oncogènes, acquérant la capacité d'induire la multiplication anarchique des cellules. Plusieurs recherches ont, en effet, montré que certains oncogènes sont des gènes commandant la fabrication de facteurs de croissance "dévoyés" de leur fonction initiale, activés au mauvais moment, ou produisant le facteur de croissance en quantité excessive.

L'oncogène faisant l'objet des attentions du Pr Wasylyk et de son équipe appartient à la famille des oncogènes *ras* (pour *rat sarcoma*, parce qu'ils ont été identifiés dans le sarcome du rat, tumeur du tissu conjonctif). Impliqué dans un grand nombre de cancers humains (dans de 30 à 50 % des cancers du poumon et du côlon, 90% des cancers du pancréas, ainsi que dans le cancer du sein et dans celui de la thyroïde), il est en outre particulièrement aisé à étudier à partir de fibroblastes de souris; en effet, ces cellules immatures du tissu conjonctif se multiplient rapidement et se prêtent bien à l'étude *in vitro*.

Les chercheurs strasbourgeois ont ainsi pu montrer que le gène *ras* conduisait à l'activation d'un autre oncogène, *c-Jun*. Ils ont alors fabriqué un gène mutant de *c-Jun*, baptisé *c-Jun Delta 9*: celui-ci est incapable d'activer la suite des réactions du processus cancéreux – mais garde la faculté de se fixer sur l'ADN et d'interagir avec d'autres protéines –, ce qui indirectement, bloque l'action de *ras*. Ainsi manipulées, les cel-



1

(1) Bohdan Wasylyk, Alison Lloyd et Nina Yancheva.
(2) *Nature*, vol 352, 15 août 1991.

lules perdaient leurs caractéristiques tumorales: leur prolifération se ralentissait, et les tumeurs induites chez la souris par l'introduction de ces cellules se développaient difficilement. En revanche, les fibroblastes possédant *ras*, non traités par *c-Jun Delta 9*, devenaient cancéreux, et engendraient de très grosses tumeurs chez les souris (***voir photos ci-dessous***).

Le gène *c-Jun Delta 9* se comporte donc comme un anti-oncogène dans les fibroblastes transformés par l'oncogène *ras*, en bloquant une des étapes finales de la transformation des cellules. Une expérience qui ouvre ainsi la voie à l'interruption du processus cancérigène.

Les oncogènes commencent à être relativement bien connus; en revanche, les recherches sur les anti-oncogènes accusent un retard sensible dû au fait qu'ils brillent... par leur absence des cellules cancéreuses.

Le processus cancéreux met, en effet, en jeu de nombreuses modifications qui s'accumulent les unes après les autres dans le patrimoine génétique des cellules au cours de leur évolution vers la malignité. Dans la plupart des cancers, une des étapes de la transformation de cellules saines en cellules malignes est la destruction de certaines parties du matériel génétique; or, les morceaux d'ADN détruits jouent, justement, chez les cellules saines, un rôle dans le blocage du processus de cancérisation induit par les oncogènes. D'où leur nom d'anti-oncogènes.

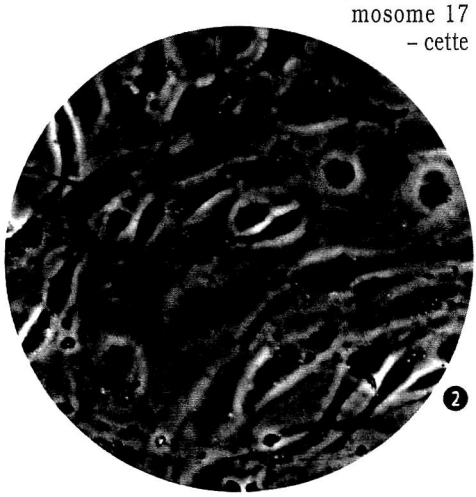
Ainsi, les cellules de polypes non cancéreux du côlon comportent souvent un oncogène, *K-ras*, activé (donc potentiellement cancérigène), situé sur le chromosome 5. Pour qu'il y ait transformation cancéreuse de ces cellules, il faut habituellement que se produise l'inactivation par mutation d'un anti-oncogène, situé sur le chromosome 18, puis d'un autre, sur le chromosome 17 – cette dernière mutation se retrouve dans d'autres types de cancer, ce qui laisse à penser que le rôle de cet anti-oncogène n'est pas limité au cancer du côlon.

Deux types de modifications semblent donc nécessaires pour qu'un processus cancéreux s'enclenche et se développe: l'activation d'oncogènes provoquant la multiplication anarchique des cellules et l'inactivation, voire la destruction, d'anti-oncogènes capables d'empêcher la croissance de la tumeur.

Le Pr Robert A. Weinberg (un des découvreurs des oncogènes), du Whitehead Institute of Biomedical Research, au Massachusetts Institute of Technology (Boston), a démontré cette indispensable concomitance par une expérience simple. En effet, l'hybridation de cellules tumorales avec des cellules normales donne naissance, presque toujours, à une ou plusieurs lignées de cellules hybrides non-cancéreuses. Autrement dit, les cellules normales apportent aux cellules hybrides une information, sous forme d'anti-oncogènes, capable de contrer l'information portée par les cellules tumorales. Il arrive cependant que des cellules hybrides perdent du matériel génétique protecteur (des anti-oncogènes) et redeviennent tumorales.

Les techniques actuelles d'ingénierie génétique, permettant la multiplication de gènes et leur identification rapide grâce à des "sondes" moléculaires, devraient conduire, dans les prochaines années, à une moisson d'anti-oncogènes aussi fertile qu'a été la moisson d'oncogènes dans les années quatre-vingts. Mais il restera encore à définir leur mode d'action précis, leur localisation sur tel ou tel chromosome (ce qui a déjà été fait pour certains d'entre eux), et leur rôle dans les cancers à composante héréditaire (comme le rétinoblastome, cancer de la rétine).

Cette connaissance des anti-oncogènes devrait rendre envisageable, à terme, une véritable thérapie génique du cancer par insertion – comme vient de le faire l'équipe strasbourgeoise – d'anti-oncogènes dans le génome des cellules malades.



Le cancer guéri en laboratoire.

Des fibroblastes de souris ont été mis en culture, puis cancérisés (**1**) par un oncogène *ras*: les cellules se multiplient de façon anarchique, prenant une forme arrondie et s'agglutinant les unes aux autres pour former des amas caractéristiques du cancer. Un anti-oncogène, introduit dans la culture, a permis d'interrompre la cancérisation des cellules filles: celles-ci conservent leur forme allongée, normale, et, dès qu'elles se touchent, cessent de se multiplier (**2**)..

UN MUSCLE QUI PRODUIT DES HORMONES

A priori, vouloir faire produire des hormones par nos muscles peut sembler plutôt étrange. Notre corps est, en effet, une machine au sein de laquelle chaque cellule, chaque tissu, chaque organe remplit une fonction bien précise. Pourquoi, alors, vouloir faire faire par l'un le travail de l'autre? C'est comme si, pour construire une maison, on donnait au charpentier le travail du maçon et à celui-ci la tâche du plombier!

L'idée de base était de remplacer le gène dont la déficience cause la maladie, par le même gène – mais en "état de marche" – et de guérir définitivement le patient... Dans un premier temps, les scientifiques ont donc essayé d'introduire directement le gène dans les tissus où il exerce normalement sa fonction. Par exemple, on a injecté le gène de la dystrophine (responsable, sous une forme mutée, de la myopathie), dans les muscles de souris myopathes. Mais on ne manipule pas des cellules de mammifères comme des bactéries: les muscles ainsi traités ont bien produit de la dystrophine, mais en quantité tout à fait insuffisante (dans seulement 1% des fibres musculaires!) pour parvenir à guérir la souris.

Si l'on ne peut injecter directement le gène salvateur aux malades, il faut donc passer par une étape intermédiaire. Celle-ci consiste à introduire le gène dans des cellules en culture, en laboratoire, puis à greffer les cellules ainsi "génétiquement manipulées" dans l'organe auquel elles appartiennent normalement. Le problème était de trouver la cellule idéale: celle qui, après modification génétique, fonctionnerait parfaitement dans son nouvel environnement. La plupart des cellules sollicitées (moelle osseuse, foie, peau, globules blancs) s'y refusèrent. Si quelques-unes produisaient effectivement ce que l'on attendait d'elles, la majorité des cellules étaient identifiées comme intruses par l'organisme-hôte, qui les détruisait.

D'où vient donc que cela "marche" avec les cellules de muscle? D'abord cloisonnées – comme les cellules de n'importe quel tissu – lorsqu'elles sont immatures (au stade myoblaste), elles fusionnent ensuite pour ne plus former qu'une seule grande cellule allongée possédant de multiples noyaux (jusqu'à plusieurs centaines) : la fibre musculaire – c'est l'association de milliers de fibres musculaires qui constitue un muscle entier et lui confère son élasticité. Cette structure particulière permet aux cellules greffées de se fondre littéralement dans les longues fibres, au lieu d'avoir à s'insérer péniblement parmi les cellules déjà présentes. Devenant partie intégrante des fibres musculaires, elles survivent beaucoup plus facilement et ne risquent plus d'être reconnues comme intruses par les globules blancs.

La cellule idéale identifiée, restait à choisir le gène. En raison de son importance dans plusieurs maladies génétiques et dans certains cancers, c'est le gène induisant la fabrication de l'hormone de croissance, normalement sécrétée par l'hypophyse, qui a été sélectionné par les chercheurs. Deux équipes américaines (1) se sont lancées dans l'aventure. Elles ont d'abord accolé au gène de l'hormone de croissance humaine une portion d'ADN spécialisée (le promoteur) appartenant aux cellules musculaires, celle qui déclenche dans la cellule la lecture du gène et donc, ici, la production de l'hormone. Le gène ainsi modifié a ensuite été inséré dans des myoblastes de souris cultivés en laboratoire ; enfin, on a injecté ces cellules manipulées dans les muscles de souris.

Quelques jours plus tard, le taux d'hormone de croissance humaine dans le sang de ces souris était assez élevé pour envisager des applications médicales. En outre, trois mois après l'expérience, les muscles produisaient toujours de l'hormone, démontrant que cette technique était efficace à long terme, ce qui est essentiel si l'on veut guérir définitivement les patients.

Ces résultats laissent espérer, à plus ou moins long terme, la possibilité de guérir les maladies musculaires d'origine génétique, telles que la myopathie, mais aussi de faire produire par le muscle d'autres hormones que les glandes, dont c'est la fonction normale, ne sont plus en état de fabriquer. On pourrait soigner le diabète en modifiant génétiquement les muscles pour qu'ils produisent de l'insuline, quand le pancréas n'en est plus capable. On pourrait également étendre cette technique à d'autres protéines circulant dans le sang, comme les facteurs VIII et IX de la coagulation, qui sont absents dans certaines hémophilies.

Néanmoins, les chercheurs n'en sont encore qu'aux essais chez la souris. Et bien que l'homme en soit biologiquement très peu différent, il faudra attendre plusieurs années avant de pouvoir appliquer ce traitement à l'homme.

François Boissier

(1) E. Barr et J. M. Leiden, Howard Hughes Medical Institute and Department of Internal Medicine, University of Michigan Medical Center, Ann Arbor (Michigan). J. Dhawan, L. C. Pan, G. K. Pavlath, M. A. Travis, A. M. Lanctot et H. M. Blau, Stanford University School of Medicine (Californie). *Science*, vol. 254, 6 décembre 1991.

Il reste néanmoins de nombreux obstacles à surmonter. En particulier, la grande difficulté est d'introduire le gène voulu là où on en a besoin, et de s'assurer qu'il va fonctionner. Jusqu'ici, toutes les tentatives avaient échoué. Mais deux équipes américaines viennent de rapporter dans la revue *Science* des résultats inattendus. Ces chercheurs ont introduit dans des myoblastes, cellules musculaires immatures, le gène de la synthèse de l'hormone de croissance humaine. Ces cellules qui, habituellement, interviennent dans les fibres musculaires et n'ont donc rien de cellules sécrétoires, ont "accepté", une fois injectées dans les muscles d'une souris, de synthétiser le facteur de croissance et de l'émettre dans le sang (***voir encadré ci-dessus***). Des expériences prometteuses pour le traitement des maladies génétiques.

Jean Ferrara



Apprenons à être heureux par le

TAO-TÖ-KING

le livre mystérieux de la sagesse

de LAO TSEU

(600 c. – 490 av. J.-C.)

Traduction nouvelle de Conradin von Lauer d.e.l. Avec 250 illustrations de Yin-Gho, véritable dialogue graphique entre l'artiste et la nature.

Tout a commencé par une légende

Il y avait une fois dans le royaume de Tch'en en Chine, un vénérable sage qui était tellement dégoûté des hommes et de leur folie qu'il monta sur un buffle pour les fuir.

Il traversa ainsi plusieurs royaumes de Chine en se dirigeant vers le couchant du soleil, le pays des Tartares. Arrivé à la Grande Passe de l'Ouest, les gardes l'arrêtèrent et l'empêchèrent d'avancer. Mais leur chef le reconnut et lui dit : « Si tu me donnes la clé de ton bonheur, je t'ouvrirai la porte de l'Occident et je te laisserai fuir. »

Aussi, pour payer sa liberté, le sage écrivit sur des tablettes de bambou plus de 5 000 signes, ils contenaient toute sa connaissance. Par inadvertance, l'officier laissa tomber les tablettes qui parurent ainsi indéchiffrables puisqu'elles n'étaient pas numérotées. Cependant, le vieillard le rassura en disant : « Dans n'importe quel ordre tu liras ces tablettes, tu y trouveras toujours la voie de la vérité et de la vertu. »

Le vieux sage devait passer à la postérité sous le nom de Lao Tseu et son enseignement fut nommé le *Tao-tö-king* : « Le chemin de la vérité et de la vertu. »

Un centenaire : 25 siècles d'enseignement

2 500 ans se sont écoulés depuis que Lao Tseu confia par écrit le secret de sa sagesse avant de disparaître vers l'Occident et, depuis 2 500 ans, sa philosophie a conquis le monde.

Le *Tao-tö-king* porte le bonheur à des centaines de millions d'adeptes, non seulement dans les grands pays de l'Orient, mais aussi en Amérique et en Europe.

A l'occasion de ce 25e anniversaire de l'enseignement du vénérable sage Lao Tseu, Jean de Bonnot publie le livre le plus lu dans le monde avec la Bible, le *Tao-tö-king*, en édition de bibliophiles, reliée plein cuir, décor bronze et or véritable.

Le plus grand des mystiques chinois entre en bibliophilie

Il a fallu 25 siècles pour que l'œuvre de celui qui a forgé les principes de sagesse du plus grand peuple du monde entre en bibliophilie.

Jean de Bonnot présente ce beau volume in-octavo (14 × 21 cm) de 480 pages, imprimé avec une encre spéciale, mélange de noir et d'argent, pour les idéogrammes chinois, leur traduction en français et les 250 illustrations magistrales de Yin-Gho.

Le Tao-tö-king en édition d'art bilingue

Aujourd'hui, par la traduction de Conradin von Lauer et la délicate décoration de Yin-Gho, le maître des bambous fleuris, nous pouvons considérer que le Tao-tö-king, ce petit livre « éclatant comme le diamant » peut trouver une place d'honneur dans les plus belles bibliothèques de France.

Un livre « à l'ancienne »

Les livres de Jean de Bonnot sont faits pour durer. Sa recette est simple. Il n'emploie que des matériaux nobles tels que le cuir de mouton véritable, l'or 22 carats, le bon papier chiffon, des encres au parfum de bon aloi, des fils robustes pour coudre les cahiers, une colle bien souple.

La mise en page claire et équilibrée respecte les canons anciens, les détails sont soignés (dos galbé, tranchefiles et signet tressés, gardes élégantes, coins remplis main à l'os...).

Garantie à vie

A livre durable, garantie durable. Mes livres prennent avec le temps l'agréable patine des livres anciens, pleins de charme et de mystère. Ils gagnent ainsi en valeur.

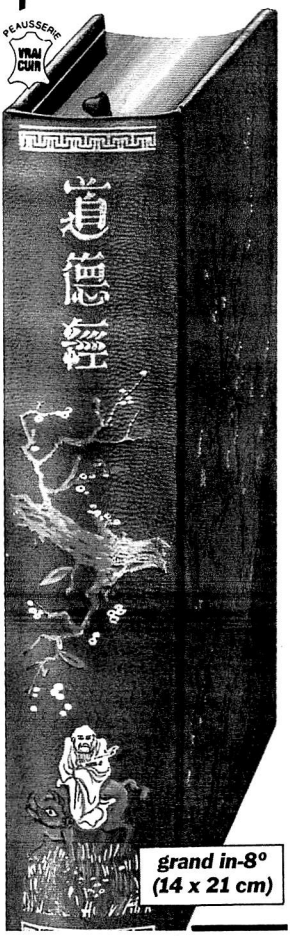
C'est pourquoi je m'engage à les reprendre au prix d'achat n'importe quand au souscripteur.

Ainsi vous ne serez jamais déçu. Mieux vaut acheter moins de livres mais acquérir des ouvrages de qualité. C'est l'avis de tous les grands collectionneurs. Une belle bibliothèque est un bonheur que l'on partage.

Jean de Bonnot

Attention : offre provisoire au prix éditeur

Pour montrer la qualité de ses livres faits comme autrefois de bon vrai cuir, d'or de bon aloi et de bon papier chiffon, Jean de Bonnot vous offre ce livre de collection au prix éditeur.



grand in-8° (14 x 21 cm)

Attention : cette offre exceptionnelle est valable jusqu'à épuisement du tirage.

BON OFFRE EXCEPTIONNELLE *(limitée à un seul livre par lecteur)*

à envoyer à JEAN DE BONNOT
7, Faubourg Saint-Honoré – 75392 Paris Cedex 08
Tél. 48.87.47.06

Je souhaite profiter de votre offre exceptionnelle me proposant le « Tao-tö-king » de Lao Tseu en un fort volume in-octavo, relié plein cuir et doré à l'or fin 22 carats, au prix éditeur.

Si je vous le retourne dans les dix jours, je ne vous devrai rien.

Si je décide de le garder, j'en réglerai le montant, soit 210,00 F (+ 15,40 F de frais de port).

28

Nom _____

Prénom _____

Adresse complète _____

_____

Code postal _____

Commune _____

Cette offre exceptionnelle pourra être suspendue à tout moment sans préavis. Le livre étant envoyé « en confiance », nous vous remercions de le régler dans les 10 jours suivant sa réception afin d'éviter le recouvrement automatique.

PAR JEAN-MICHEL BADER

DES NERFS COUPÉS ONT REPOUSSÉ !



Pas d'espoir insensé: cet homme ne remarchera pas. Il est déjà trop tard. La cicatrice de sa moelle coupée est trop vieille pour que ses nerfs repoussent. L'espoir existe pourtant: chez des rats rendus paraplégiques, les extrémités d'un nerf sectionné ont repoussé l'une vers l'autre. Pas au point de ressusciter la motricité des membres, mais assez pour se rabouter entre elles. Le cerveau produit en effet des substances antagonistes: les unes sont comparables aux engrais, les autres aux herbicides. Les "herbicides", qui empêchent les nerfs blessés de repousser, viennent d'être identifiés en laboratoire.

Il y a à peine quelques années, on était intimement persuadé que le cerveau ne pouvait se réparer tout seul, sans intervention extérieure: quand un neurone était blessé, son corps cellulaire ou son prolongement, l'axone, étaient irrémédiablement perdus et ne se régénéraient pas. Un accident de la route, la moelle épinière sectionnée, et c'est le fauteuil roulant à vie. Cela signifiait qu'on avait une fois pour toutes un capital neuronal impossible à augmenter.

Puis on a réussi à deux reprises à réparer des neurones blessés ([1]) et, récemment, à en cultiver ([2]), ce qui prouve donc qu'ils se divisent. En clair, ils repoussent bel et bien. Du coup, beaucoup d'idées ont changé. Et l'on se demande: puisque les cellules nerveuses ont montré qu'elles pouvaient se diviser



in vitro, pourquoi en pratique les malades paralysés ne peuvent-ils pas guérir?

Pour les chercheurs et les médecins, il est frustrant qu'il puisse exister dans le cerveau un mécanisme hostile qui interdise la régénération des nerfs et cloue les paraplégiques au fauteuil ou enferme les victimes d'apoplexie dans le silence de l'aphasie.

Cela fait trois quarts de siècle que les médecins pensent que cet obstacle serait la cicatrice cérébrale, qui s'organise autour des cellules mortes en un dur et dense réseau de fibres et de coagulats etempêche, de manière purement mécanique, le passage des "neurites", bourgeons d'axones neufs.

L'obstacle, dans ce cas serait, en quelque sorte, simple. Toutefois, il se pourrait que les cicatrices ne soient pas seulement des barrières physiques, mais

qu'elles soient aussi couvertes ou constituées de molécules chimiques interdisant la régénération. Dans ce cas, l'obstacle serait plus difficile à contourner.

Cette dernière hypothèse est renforcée par une découverte de l'Américain Jerry Silver [3], qui a trouvé une au moins des raisons chimiques qui empêchent la repousse des axones dans les cerveaux lésés. Donc, la cicatrice est un obstacle, mais pas seulement mécanique.

En fait, comme l'a montré Silver, cet obstacle est même surtout chimique. L'Américain a, en effet, identifié, à la surface de certaines cellules de la cicatrice, les astrocytes (qui appartiennent à la famille des cellules gliales formant le tissu de soutien et nourricier des neurones), des molécules qui inhibent bien les bourgeons d'axones neufs. La première de ces molécules est une petite protéine, la cytotactine tenascine (CT); l'autre une protéine sucrée, le protéoglycane sulfate chondroitine sulfate keratane (CS/KS-PG).

Ce n'est d'ailleurs pas une totale nouveauté: en 1988, puis en 1990, d'autres chercheurs [4] avaient déjà trouvé à la surface d'autres cellules de la glie du cerveau (les oligodendrocytes, cette fois), deux protéines de membrane qui limitent la repousse nerveuse aussi bien en culture cellulaire que chez l'animal entier.

En bref, la glie est une sorte de matrice cruelle qui n'autorise que la survie des neurones sains, et c'est elle qui bloque les efforts du cerveau pour se refaire une jeunesse.

Alors, l'organisme produit une substance somme toute hostile à sa survie? En fait, les choses sont plus complexes: le protéoglycane cité plus haut joue un rôle très utile, bien qu'assez court, pour le système nerveux central pendant la vie fœtale. Il est produit par certaines cellules gliales du cerveau embryonnaire, et a deux fonctions fondamentales: la première est de repousser les autres cellules, celles qui n'ont à rien à faire dans le cerveau, et cela afin que cet organe se constitue de façon homogène.

Le second rôle du protéoglycane est tout aussi important: comme la barrière chimique qu'il forme est infranchissable dans les deux sens, les axones en développement ne peuvent pas vagabonder pour aller se coller à n'importe quelles autres cellules. Les bourgeons des nerfs embryonnaires sont donc obligés de suivre certains axes nerveux limités par ces cellules gliales "repoussantes", un peu comme le "corral" guide le bétail en transit entre ses barrières de bois.

Et c'est ainsi que se forment les nerfs. Loin d'être une substance nuisible ou inutile, donc, le protéoglycane est au contraire tout à fait essentiel à la formation des circuits nerveux.

Mais s'il est utile pendant la vie embryonnaire, le protéoglycane ne l'est plus, on l'a vu, quand on est adulte, et, de toute façon, il devrait avoir alors disparu. Est-ce bien le cas? Silver s'est donc demandé s'il n'était pas toujours sécrété à l'âge adulte, ce qui expliquerait le blocage des précieux bourgeons et l'impossible rebranchement des connexions neuronales interrompues.

Pour le vérifier, le chercheur américain a fait l'expérience suivante: il a implanté un minuscule corps étranger (un filtre en nitrocellulose) dans le néo-cortex de rats adultes et nouveau-nés.

Résultat: en quelques heures, s'est constituée dans les cerveaux des cobayes ,autour de ce filtre, une cicatrice identique à celles qu'on observe lors de

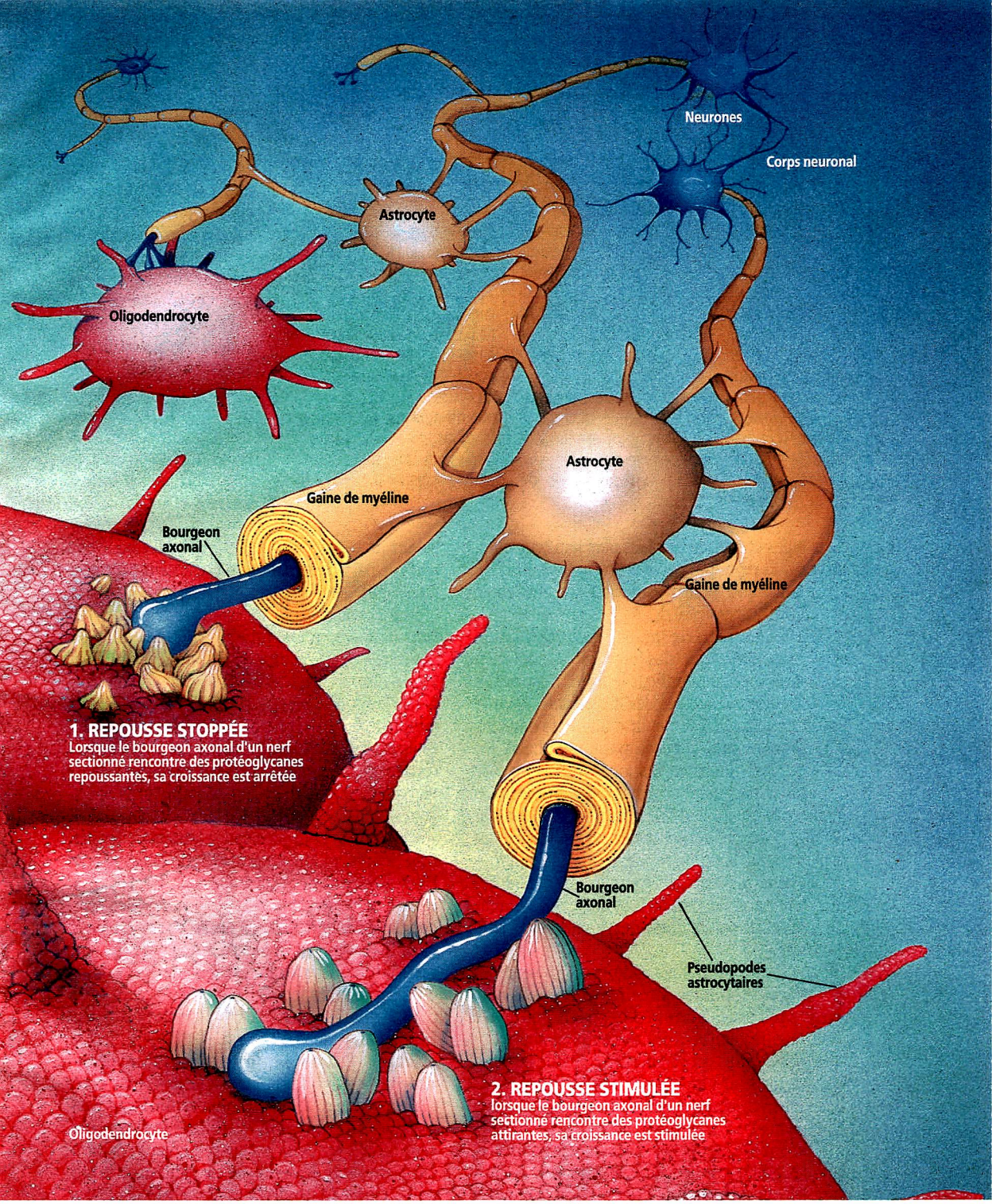
Pour repousser, un nerf sectionné doit faire la bonne rencontre

Après une lésion du tissu cérébral (due à une hémorragie, ou à un infarctus cérébral, par exemple), il se forme une cicatrice dont la surface est constituée d'un manteau fibreux où se logent de nombreuses cellules gliales (astrocytes, oligodendrocytes). Au contact de ce manteau, les bourgeons axonaux de repousse nerveuse, c'est-à-dire les deux extrémités de la coupure, peuvent rencontrer deux environnements différents, deux types de molécules:

1. Le bourgeon axonal, qui "rampe" à la surface d'un astrocyte, y rencontre des protéoglycanes "repoussantes" qui bloquent son avance. L'influx nerveux ne se rétablira pas

2. En revanche, au contact d'un astrocyte couvert de protéoglycanes "attirantes", le bourgeon axonal est guidé dans sa repousse vers sa cible, l'autre partie du nerf sectionné ou lésé. Au bout de cette progression, le contact est rétabli. L'influx doit pouvoir recirculer.





maladies ou de blessures du tissu nerveux.

Encore fallait-il élucider le phénomène. Première vérification: en étudiant les coupes de cerveau où se formaient les cicatrices, on a confirmé que ce sont bien les astrocytes, évoqués plus haut, qui sont responsables de ces dernières. Ces cellules dirigent, en effet, vers la blessure de petites tentacules, les pseudopodes, tapissées d'une protéine particulière favorable à la régénération nerveuse: la GFAP, pour *Glial Fibrillary Acidic Protein*.

Mais, paradoxe, on trouve également près des lésions, et dans les mêmes coupes de cerveau, les

1928 : UN NERF SECTIONNÉ NE REPOUSSE JAMAIS ...

L'Espagnol Ramon y Cajal, prix Nobel de médecine 1906 et père de la neuroanatomie moderne, a été le premier à montrer, dans *The Degeneration and Regeneration of the Nervous System*, en 1928, que les neurones ne peuvent pas repousser quand leur axone ou leur corps cellulaire est sectionné ou blessé.

Depuis, il a été admis comme vérité inébranlable que les connexions interrompues dans les voies neuronales, à l'intérieur du cerveau ou entre le cerveau et le système nerveux périphérique, ne repoussent jamais.

Peu après, Sir Charles Scott Sherrington (prix Nobel en 1932) découvre que l'influx nerveux circule à l'intérieur des neurones (c'est lui qui invente ce terme) sous forme d'une impulsion électrique. Il est également l'"inventeur" de la synapse, lieu de contact entre l'extrémité de l'axone d'un neurone et le corps cellulaire d'un autre neurone.

Sans ces deux géniaux précurseurs, sans la découverte des neurones et des synapses, pas de connaissance possible du fonctionnement du système nerveux et donc pas de neurosciences. Aujourd'hui, on connaît les molécules qui empêchent la repousse nerveuse.

deux types de molécules citées plus haut qui, elles, inhibent la repousse nerveuse (CT et CS/KS-PG). C'est-à-dire qu'il y a des astrocytes qui soufflent le chaud et d'autres, le froid.

Une telle bizarrerie impose une vérification supplémentaire, pour s'assurer que ce sont bien des astrocytes qui soufflent le froid, c'est-à-dire qui produisent les molécules inhibitrices. Pour le savoir, il faut analyser le filtre implanté dans les cerveaux des rats, dont on parlé plus haut. En effet, pendant les quelques jours de sa présence dans le cerveau, celui-ci s'est imprégné de cellules gliales qui ont fini par l'enrober totalement. On l'enlève donc des cerveaux des rats adultes et on le place dans des cultures de neurones embryonnaires de rétine de poulet. Ceux-là, en effet, ne demandent normalement qu'à se diviser et à établir de nouvelles connexions nerveuses, sauf avis contraire.

Or, justement, l'avis contraire s'exprime: les neurones embryonnaires survivent, mais sans plus. En revanche, quand on place dans d'autres cultures de ces neurones embryonnaires des filtres provenant cette fois de cerveau de rats nouveau-nés, ces neurones se multiplient et on leur voit pousser des axones très nombreux et très longs.

C'est donc la preuve que, chez les rats adultes, et chez les adultes seulement, les astrocytes produisent les substances inhibitrices, et cela en même temps que les substances favorisant la croissance neuronale.

Cette contradiction peut-elle s'expliquer? On peut le supposer: ce serait seulement quand il y a lésion, et quand des astrocytes en sont proches de cette lésion, que les substances inhibitrices triomphent des autres, empêchant le neurone blessé de se refaire. En effet, pour des raisons qui nous échappent encore, les mêmes astrocytes, quand ils ne sont pas en première ligne, ne .produisent pas ces molécules.

Pourquoi cette localisation? Pourquoi sont-ce seulement les astrocytes proches qui produisent des molécules inhibitrices? Sans doute pour éviter une production effrénée de ces molécules. En effet, si tous les astrocytes du cerveau produisaient de ces molécules dès qu'il y a une lésion quelque part, le cerveau serait tellement encombré qu'il serait "gelé".

Reste un acquis: il y a désormais de bonnes raisons d'espérer guérir un jour certaines maladies neurologiques. L'équipe de Silver s'est d'ailleurs lancée dans d'autres recherches, qu'on devine sans peine: trouver le moyen d'interdire aux molécules inhibitrices de s'exprimer à la surface des astrocytes du cerveau ou de la moelle épinière, ou alors réussir à en bloquer l'effet (par exemple, par un moyen biochimique ou par des anticorps spécifiques).

On n'en est peut-être pas si loin. L'an dernier, Lisa Schnell et Martin Schwab, de l'Institute for Brain Research de l'université de Zurich, sont bel et bien parvenus chez le rat [5] à provoquer la repousse d'un nerf. Quand on sectionne un nerf, dans le cerveau ou la moelle d'un vertébré supérieur adulte, les extrémités sectionnées tentent, dans un premier temps, de se rejoindre, mais au bout d'un millimètre, elles s'épuisent et stoppent leur progression.

Pourquoi? Lisa et Martin ont tout d'abord découvert que la gaine de myéline qui entoure les fibres nerveuses du système nerveux central (qui comprend le cerveau et la moelle épinière) est un puissant inhibiteur de la repousse nerveuse *in vitro*. Car, dans cette gaine et dans les cellules qui la produisent, les oligodendrocytes il y a deux protéines, une grosse et une petite – elles ont respectivement une masse moléculaire de 35 000 et de 250 000 daltons – qui, elles aussi, retardent la croissance des neurones.

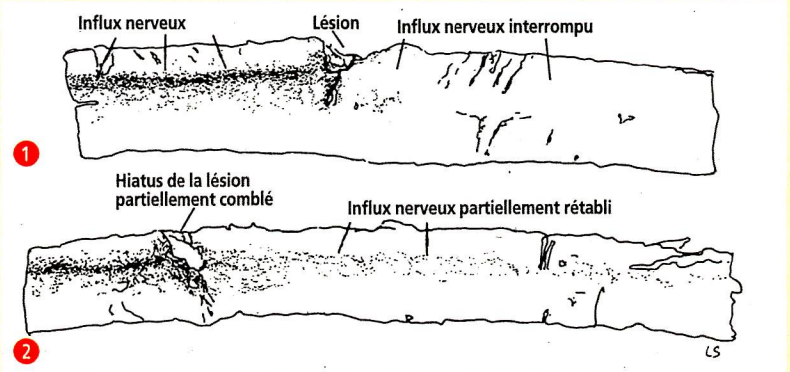
On a purifié ces protéines, puis, par ingénierie génétique, on a fait fabriquer par d'autres cellules de grandes quantités d'un anticorps monoclonal,

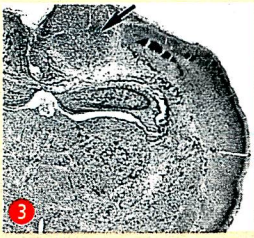
... 1991 : SI ! IL "SUFFIT" D'INHIBER L'AGENT ANTI-REPOUSSE

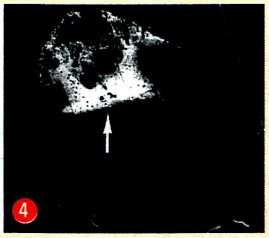
Lorsqu'on injecte à des rats de laboratoire des cellules produisant des anticorps monoclonaux IN-1, puis que l'on sectionne leurs axones cortico-spinaux (qui relient le système nerveux périphérique au cerveau en remontant le long de la moelle épinière), on observe, au bout de quelques jours, que ces axones ont repoussé et comblé le hiatus.

Témoin: ces petits points noirs (**2** – tracé effectué à partir de clichés d'autoradiographie difficiles à interpréter pour un œil non averti), molécules qui, déposées sur des coupes de la moelle épinière de l'animal sacrifié, se fixent exclusivement sur les fibres nerveuses actives.

La même opération effectuée sur des rats qui n'ont pas été traités au préalable avec ces anticorps IN-1 montre que les fibres sectionnées ne se sont pas rétablies (**1** – absence de petits points noirs au-delà de la lésion, qui n'est pas ressoudée).







Dans ce deuxième cas, les inhibiteurs de croissance neuronale, présents naturellement dans le cerveau, ont empêché la repousse. Dans le premier, l'anticorps IN-1 a détruit les substances inhibitrices et donc favorisé la croissance des deux parties sectionnées l'une vers l'autre.

Pour vérifier la présence des cellules productrices d'anticorps IN-1 dans le cortex cérébral (**3** – flèche) des rats traités, on leur injecte également une substance qui se fixe sur ces cellules et les rend faiblement fluorescentes: un éclairage en lumière appropriée permet alors de rendre visible leur présence (**4** – flèche).

donc parfaitement pur, qui est dirigé spécifiquement contre elles. Nos chercheurs ont alors injecté les cellules elles-mêmes dans les cerveaux d'un groupe de rats adultes, et une substance inerte dans un groupe de contrôle. Dans le cortex des animaux du premier groupe, ces usines cellulaires ont alors sécrété leur anticorps, qui s'est lentement diffusé dans le cerveau, puis dans la moelle épinière.

Ensuite, ces chercheurs ont sectionné la moelle des deux groupes d'animaux. Au bout de quelques jours, ils ont sacrifié leurs cobayes et examiné leur moelle au microscope. Le résultat est net: seuls les rats du premier groupe, ceux qui étaient donc protégés par l'anticorps, ont bénéficié d'une repousse nerveuse. Chez eux, les bourgeons poussent bien, et ils fabriquent des synapses, c'est-à-dire des connexions nerveuses différenciées, capables de transmettre l'influx nerveux.

Toutefois, cette régénération nerveuse bel et bien prouvée n'a pas encore permis de refaire marcher les animaux paralysés. Il reste donc du chemin à parcourir avant de pouvoir donner un espoir aux malades. **Jean-Michel Bader**

---

(1) En 1982, puis en 1985, le Pr Albert Aguayo, neurologue à l'hôpital de Montréal, avait lui aussi contribué à détruire le mythe ancien, en parvenant (voir *S & V* n°819) à faire se reconnecter les bouts volontairement sectionnés d'une fibre nerveuse du système nerveux cérébral, en "manchonnant" l'intervalle libre entre les deux bouts avec une gaine de myéline prélevée dans le système nerveux périphérique. Certaines molécules, comme le facteur d'adhésion cellulaire N-CAM(pour *Neuronal Cell Adhesion Molecule*), le HNK-1 (un anticorps dirigé contre un sucre commun à de nombreuses molécules d'adhésion), la laniline ou encore la fibronectine (des activateurs de la croissance axonale), attirent les morceaux d'axone dans leur direction. Ceux-ci peuvent alors "voyager" à des distances considérables (de l'ordre du millimètre!) à la recherche de l'extrémité qu'on leur a coupée.

(2) Solomon Snyder, professeur à la John Hopkins University, a cultivé des neurones et observé leur multiplication. (voir *S & V* n° 875): des lignées de neurones du cortex cérébral humain ont été maintenues vivantes pendant trois ans. Il est donc maintenant certain que les neurones peuvent se diviser et survivre à l'identique d'une génération à l'autre dans les plates boites de plastique du laboratoire. Comme d'autres tissus, les populations de neurones peuvent, dans certaines circonstances, croitre et se diviser. Snyder est, entre autres, célèbre pour sa découverte des endorphines cérébrales.

(3) *Journal of Neurosciences*, novembre 1991. Silver travaille à la Case Western Reserve University, à Cleveland, dans l'Ohio, aux Etrats-Unis.

(4) Mike Schwab et Paul Caroni, *Journal of Neurosciences*, 1988, pp. 2381-2393.

(5) "*Axonal Regeneration in the Rat Spinal Cord Produced by an Antibody against Myelin-associated Neurite Growth Inhibitors*", Nature ,1990.

PAR JACQUES LECOMTE

INFORMATIONS EXACTES, CONCLUSIONS ABSURDES

Prenez des chiffres irrécusables, basés sur des statistiques au-dessus de tout soupçon. Posez des prémisses parfaitement rigoureuses. Passez le tout dans cette merveilleuse machine à déduction qu'est le cerveau humain. Vous obtenez quoi ? Une parodie de la réalité. Le paralogisme [1] est le propre de l'esprit humain.

Et si l'histoire des cigognes apportant les bébés n'était pas simple fabulation ? Les chiffres sont formels : dans les communes qui abritent des cigognes, le taux de natalité est bien plus élevé que dans l'ensemble du pays. Il existe donc vraiment un lien objectif entre ces grands échassiers et la naissance des enfants.

Exact, mais un lien tout à fait indirect, pas celui de cause à effet que la logique semble nous proposer ici. Les cigognes, on les comprend, nichent de préférence dans les villages plutôt que dans les grandes agglomérations. Or, il est statistiquement avéré que la natalité est plus forte en milieu rural que dans les villes. Cette constatation concerne non seulement l'Alsace, les Ardennes et la vallée de la Saône, lieux que fréquentent encore ces oiseaux, mais s'applique également à toutes les bourgades de la campagne française, cigognes ou pas. Il n'existe aucune relation d'interdépendance entre ces dernières et le nombre de naissances humaines.

C'est une caractéristique profonde de la pensée humaine que de formuler des rapports de causalité entre deux faits observés, alors que la vraie cause est ailleurs, dans un troisième élément, ou même dans un concours de plusieurs facteurs extérieurs aux faits observés. Dans sa tentative d'expliquer le monde qui l'entoure, l'homme commet souvent ces erreurs d'aiguillage du processus logique.

La science elle-même est vulnérable sur ce

(1) Faux raisonnement tenu en toute bonne foi.



point. Rechercher la cause d'un phénomène est le premier objet de la démarche scientifique ; c'est dire combien le passage de l'observation à l'interprétation demande prudence et sagesse de la part du chercheur.

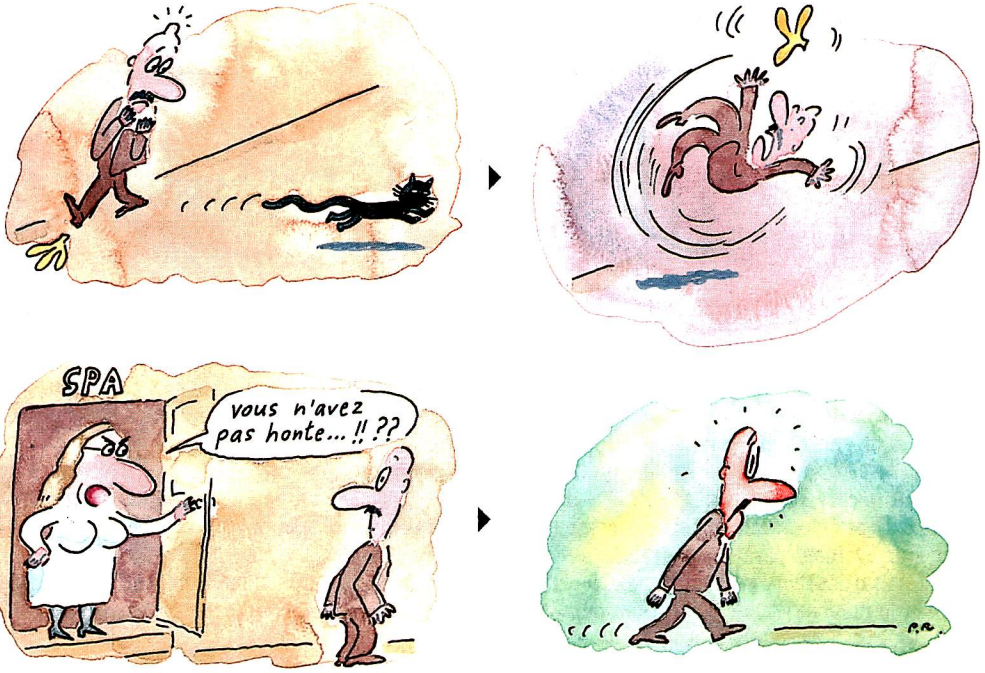
Remplacer une cause par une autre. Au début du siècle, le psychologue Alfred Binet, le fondateur des tests d'intelligence, demande à des graphologues d'évaluer l'intelligence d'élèves auxquels on a fait rédiger un texte de leur choix. Une nette corrélation apparaît entre l'opinion des graphologues et les résultats des tests mentaux pratiqués par Binet. Conclusion logique : le graphisme donne la mesure de l'intelligence du scripteur. Mais le mathématicien Emile Borel a l'idée de soumettre ces mêmes écrits aux lecteurs de la *Revue du mois*, sous forme imprimée et non plus manuscrite. Les évaluations se révèlent tout aussi justes que celles des graphologues ; c'est en réalité le contenu des textes qui décide du résultat, et non le caractère graphique de l'écriture manuscrite. Ici encore, on a pris un épiphénomène pour la cause réelle.

Une autre déduction fallacieuse : au temps où la tuberculose sévissait à grande échelle, un fait bouleversa les idées admises : à population égale, cette maladie tuait plus de gens en montagne que dans les quartiers populeux des villes, pourtant terrains présumés les plus morbides. La vérité derrière ce scoop sensationnel : la montagne faisait davantage de morts par tuberculose simplement parce qu'on envoyait en sanatorium d'altitude les citadins malades, dont beaucoup étaient en phase terminale de la maladie.

On observe aussi depuis des années une recrudescence des cas d'inceste et de viol signalés à la police. Conclusion sommaire : ces crimes abjects se multiplient dans une société moderne aux "valeurs morales" défaillantes. En réalité, c'est l'opposé qui se passe. Viol et inceste ont été un mal historiquement endémique en France, notamment à la campagne, mais les tabous empêchaient le plus souvent les victimes de dénoncer ces actes à l'autorité. La libération des mentalités a, en partie, levé cette peur, d'où l'augmentation des cas signalés ; elle contribue même à réduire le nombre de telles agressions, contrairement à ce qu'une lecture superficielle des chiffres laisserait croire.

Confondre la cause et l'effet. Autre erreur de causalité, celle qui consiste à penser qu'un facteur provoque l'autre, alors que c'est l'inverse. Des statistiques ont été publiées montrant que, plus un élève passe de temps à ses devoirs, moins ses résultats scolaires sont bons. Exprimée ainsi, la proposition nous donne un faux rapport de causalité. En bonne logique, il eût fallu la renverser : plus un élève a des difficultés dans les études, plus il a besoin de temps pour faire ses devoirs.

Notre esprit a souvent du mal à discerner si le facteur X entraîne le facteur Y, ou vice-versa. La corrélation entre exercice physique et bonne santé cardiovasculaire a été amplement démontrée par les médecins ; spontanément, nous en déduisons

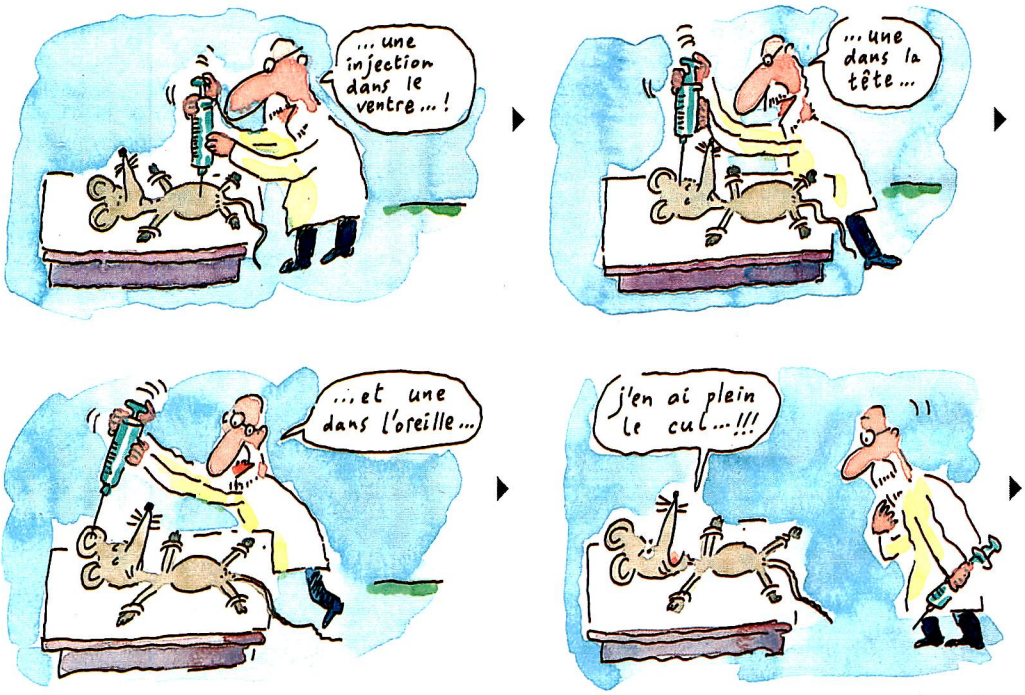


que l'exercice physique conditionne l'état de santé d'un individu. Mais pour le statisticien Joseph Klatzmann, il n'est pas impossible que les sujets dotés d'un bon système cardiovasculaire soient naturellement plus attirés par les activités sportives que les autres.

Dans certains cas, il ne s'agit pas à proprement parler d'inversion de la cause et de l'effet. Ainsi, on le sait, la criminalité est plus développée dans les zones à forte densité démographique. Première évidence qui saute à l'esprit : le surpeuplement favorise la délinquance. Mais le sociologue Paul Lazarsfeld fait remarquer qu'on peut aussi expliquer cette relation par le fait que «la modicité des loyers dans les zones surpeuplées entraîne la présence d'une forte proportion d'éléments indésirables ; dans ce cas, les caractéristiques des habitants précèdent celles de la zone. La relation primitive [entre le nombre de crimes et la densité démographique, NDLR] apparaît cette fois comme équivoque et ne saurait être tenue pour une relation causale.»

Confondre corrélation et causalité. Les statisticiens parlent de corrélation positive lorsque deux éléments évoluent parallèlement dans le temps, même s'ils n'ont rien à voir entre eux. On peut par l'absurde noter une telle corrélation depuis dix ans entre le prix des loyers à New York et les chiffres de vente des cigarettes en France ; qui prétendra voir là un lien de causalité ? Le coefficient de corrélation, nombre qui mesure le degré de dépendance de deux éléments entre eux, se situe entre 0 et 1. Une corrélation négative, notée de 0 à - 1,intervient entre deux éléments qui varient de façon plus ou moins égale mais opposée l'une à l'autre. Il y a ainsi une corrélation négative entre la hausse de la consommation d'électricité au Japon et la baisse du nombre d'agriculteurs en Lozère. Deux éléments de corrélation nulle sont dits indépendants - par exemple, les résultats scolaires des élèves et la taille des arbres dans la cour de l'école. Inversement, deux éléments de corrélation 1 sont en état de dépendance absolue l'un vis-à-vis de l'autre ; ce genre de rapport complet entre deux phénomènes se rencontre surtout dans les sciences exactes, comme par exemple entre l'intensité d'un courant électrique et la chaleur dégagée par le conducteur.

Une causalité, même forte, ne signifie pas nécessairement un lien de causalité ; c'est sur ce point que notre logique pêche le plus souvent. Dans la seconde édition de son livre *Attention, statistiques* (2), J. Klatzmann présente une analyse



(2) A paraître prochainement aux éditions la Découverte.

statistique menée il y a quelque temps en Italie et montrant une forte corrélation dans les différentes provinces du pays entre le taux des divorces et les ventes d'ordinateurs personnels. Une explication vient immédiatement à l'esprit: la passion de l'informatique déstructure la vie familiale traditionnelle. Les statisticiens ont proposé une hypothèse plus vraisemblable. L'Italie du Sud est à la fois très pauvre et très croyante. Or, on achète peu d'ordinateurs dans les régions économiquement sous-développées et l'on divorce rarement dans les milieux à forte tradition catholique. A l'inverse, le Piémont est prospère, très industrialisé et urbanisé et les jeunes générations y ont, pour le meilleur ou pour le pire, une mentalité citadine moderne. Il existe donc, non pas une causalité, mais une corrélation très explicable entre l'achat de micro-ordinateurs et l'importance des divorces. CQFD.

L'exemple des cigognes et de la natalité illustre aussi parfaitement cette distinction. Dans pareil cas, il faut rechercher un troisième élément, extérieur aux deux autres, comme cause première. Ici, l'élément campagne, c'est-à-dire le fait qu'on procrée plus en milieu rural qu'en milieu urbain et que les cigognes préfèrent nidifier dans un village plutôt qu'en ville.

De même, il existe une forte corrélation, mais aucun rapport de cause à effet, entre la fluidité de l'asphalte et l'incidence de la poliomyélite. La corrélation vient d'un troisième élément : la chaleur, qui ramollit le bitume et active la virulence de l'agent pathogène de la polio.

Nous avons là une situation qui ne prête guère à confusion ; mais il en est d'autres plus ambiguës qui peuvent conduire à de véritables contresens. Des statistiques ont montré que la longévité moyenne est supérieure dans les pays où l'on mange le plus de viande. A partir de ce constat, il est tentant d'affirmer que la viande fait vivre vieux. En fait, les habitants des pays riches, ceux qui peuvent le mieux se payer de la viande, bénéficient des conditions d'hygiène et de soins les plus propices à une espérance de vie prolongée. La viande n'est qu'un épiphénomène mais non la cause de cette heureuse conjoncture. Des enquêtes épidémiologiques sérieuses ont comparé ce qui est comparable, à savoir des populations qui jouissent d'un niveau de vie identique mais ont un comportement différent par rapport à la consommation de viande. Il en ressort clairement qu'une alimentation trop carnée, loin d'allonger la vie, la réduit.



Oublier le rôle du hasard. Se référant à Antoine Augustin Cournot (1801-1877), un économiste, mathématicien et philosophe, dont les principales

études mathématiques ont porté sur le calcul des probabilités, le sociologue Raymond Boudon qualifie d'"effet Cournot" la coïncidence fortuite d'événements totalement indépendants les uns des autres, définition par excellence du hasard. Exemple classique d'un concours de circonstances inattendu et inexplicable : la tuile qui tombe sur la tête d'un passant. La chute de la tuile et la présence du passant sont des événements qui ont chacun leur causalité propre, indépendante l'une de l'autre. Malgré cela, notre esprit a besoin de trouver une raison à cette situation parfaitement accidentelle ; on parle alors de destin, de fatalité, de déterminisme, de choses voulues d'avance par le sort. La rencontre de la tuile et du passant devient en quelque sorte explicable par cet exercice d'exorcisme mental.

Le hasard est certainement à l'origine de nombreuses superstitions. Il est parfaitement vraisemblable qu'une personne, à qui il est arrivé un grand malheur après avoir vu un chat noir traverser sa route ou avoir dîné à une table de treize convives, en tire une notion de causalité et attribue à ces prétendus signes de malchance une signification universelle : un chat noir et le nombre treize portent à coup sûr malheur. Après tout, il suffit d'une seule expérience douloureuse pour conclure qu'une chute fait mal et qu'on se brûle au contact du feu. Que l'individu ainsi éprouvé répande autour de lui son obsession superstitieuse et elle fera boule de neige, se propagera de bouche à oreille, et nous voilà tous ensorcelés par l'idée d'un maléfice jeté par un chat noir ou une tablée de treize. L'irrationnel voyage bien plus vite et loin que les arguments sensés.

Dans son remarquable ouvrage *Parapsychologie, science ou magie ?*, J. E. Alcock démythifie la croyance dans les rêves prémonitoires, pourtant si répandue. Des milliards de gens rêvent chaque nuit. Statistiquement, il est inévitable que certains rêves coïncident avec des événements qui se passeront le lendemain. Les sujets qui vivent une fois ce genre d'expérience la mettent au compte d'un phénomène occulte de prémonition, en ignorant les innombrables autres rêves qu'ils ont faits et qui ne se sont jamais réalisés.

Les chercheurs ne sont pas à l'abri d'interprétations erronées. Il y a quelques années, un sociologue américain a mis en évidence des corrélations spectaculaires entre la spécialité des professeurs d'université et leur appartenance religieuse. Les protestants étaient sur-représentés dans les disciplines scientifiques classiques comme la géologie, la biologie et la chimie, mais nettement sous-représentés dans les sciences humaines, secteur où par contre les juifs étaient, de



même qu'en médecine, très présents, alors que les catholiques se réservaient surtout les humanités. Pour l'auteur, ces choix tenaient aux systèmes de valeurs différents attachés aux trois confessions.

Un autre sociologue, tout en reconnaissant la justesse des prémisses de cette étude, en contesta les conclusions. Il apporta une autre explication, très argumentée, qui faisait intervenir le hasard – effet Cournot – des circonstances historiques. Les protestants constituent le groupe religieux le plus anciennement implanté aux Etats-Unis ; ils se sont traditionnellement orientés vers les disciplines apparues les premières dans les programmes universitaires américains. Quant aux juifs, l'époque où ils ont accédé aux études supérieures a coïncidé avec une période de développement spectaculaire des sciences humaines. Pour les catholiques cette époque a correspondu à celle d'un nouvel essor des études gréco-latines et de la littérature contemporaine.

Voir une corrélation là où il n'y en a pas. Les psychologues L. J. Chapman et J. P. Chapman ont montré comment la méconnaissance des lois statistiques peut engendrer ce qu'ils appellent une "corrélation illusoire" : la croyance en une corrélation positive entre deux événements, bien qu'elle soit inexistante ou très faible et tendant vers 0, ou encore inverse.

Les amateurs de jeux de hasard sont en général victimes de corrélations illusoires. Ils font confiance, par exemple, à des tables qui donnent les chiffres censés avoir les meilleures chances de sortir au prochain tirage du Loto. Ces prévisions se fondent "scientifiquement" sur la loi des grands nombres : puisque, sur des milliers de tirages, les chiffres doivent tous sortir dans des proportions sensiblement égales (vrai), la logique veut que les chiffres sortis le plus souvent aient moins de chances de réapparaître aux tirages suivants, et vice-versa (faux en l'occurrence). Le raisonnement serait juste si l'on disposait au départ du même nombre de boules pour chaque nombre et si les boules sorties à un tirage ne participaient plus aux tirages suivants ; dans pareil cas, chaque boule tirée diminue effectivement les chances de voir réapparaître ensuite le chiffre correspondant. Mais étant donné qu'à chaque nouveau tirage du Loto toutes les boules sont remises en jeu, chacune n'a ni plus, ni moins, de probabilité d'être choisie par le sort. Les tirages précédents n'ont aucune influence sur celui du jour. Un statisticien disait que «la roulette n'a ni conscience, ni mémoire». Mais le joueur continue de croire aux martingales.

Peu de gens possèdent un sens logique des corrélations. Un expérimentateur a présenté à un groupe d'infirmières un paquet de cent fiches portant en haut le signe +S ou –S (présence ou absence de symptôme), et en bas, la mention +M ou –M (présence ou absence de maladie). Parmi ces cent cartons, 37 portaient +S +M ; 33, –S +M ; 17, +S – M ; 13, –S –M. Les infirmières devaient déterminer s'il y avait un lien entre symptômes et maladie. La grande majorité – 85 % – a conclu faussement à une telle corrélation, en invoquant le nombre "important" ou le "plus important" (37) de cartes marquées +S +M. C'était ignorer que 50 % affichaient des corrélations négatives.

On a mené beaucoup d'études sur le mécanisme psychologique de la corrélation illusoire dans la croyance aux phénomènes paranormaux, dont une classique : une expérience de télépathie à partir de symboles inscrits sur des cartes. Après chaque essai, les participants doivent juger s'il est réussi ou non ; les résultats obtenus sont bien entendu le fait du hasard, pourtant émetteurs et récepteurs s'attribuent des succès plus nombreux quand ils peuvent choisir eux-mêmes le paquet de cartes et quand on permet à l'émetteur de les battre lui-même et de les distribuer à son partenaire. Les émetteurs et récepteurs qui ont pu se rencontrer pour une "séance de réchauffement" croient a posteriori davantage à la réussite de l'expérience que ceux qui l'abordent à froid. Plusieurs études prouvent que plus un individu croit à la parapsychologie, plus il dit avoir obtenu de résultats probants dans des expériences de ce type. Il a l'illusion d'une corrélation effective là où le hasard intervient seul.







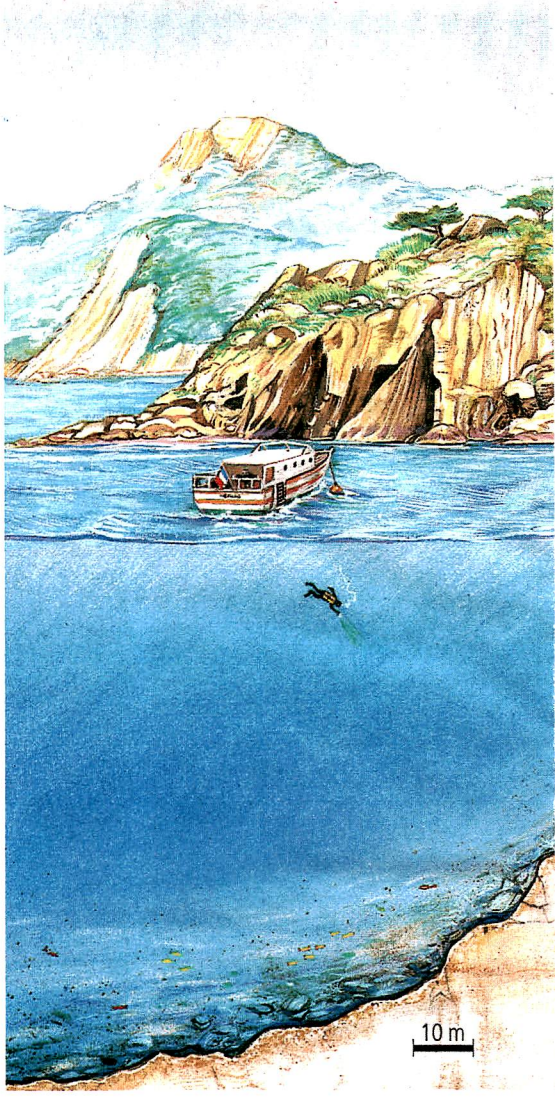
Peut-on espérer guérir jamais le paralogisme dans les mentalités ? Dans certaines expérimentations on a tenté, par différents moyens de suggestion, de réduire l'illusion de corrélation chez les sujets. En vain. L'esprit humain serait-il fondamentalement rebelle à la rigueur du raisonnement ?

Jacques Lecomte

PAR ISABELLE BOURDIAL

UNE GROTTE BIEN TÉNÉBREUSE

Découverte à l'automne dernier et qualifiée aussitôt de "Lascaux sous-marin", la grotte Cosquer ne fait pas l'unanimité auprès des spécialistes. Plusieurs d'entre eux, en effet, doutent de son authenticité.

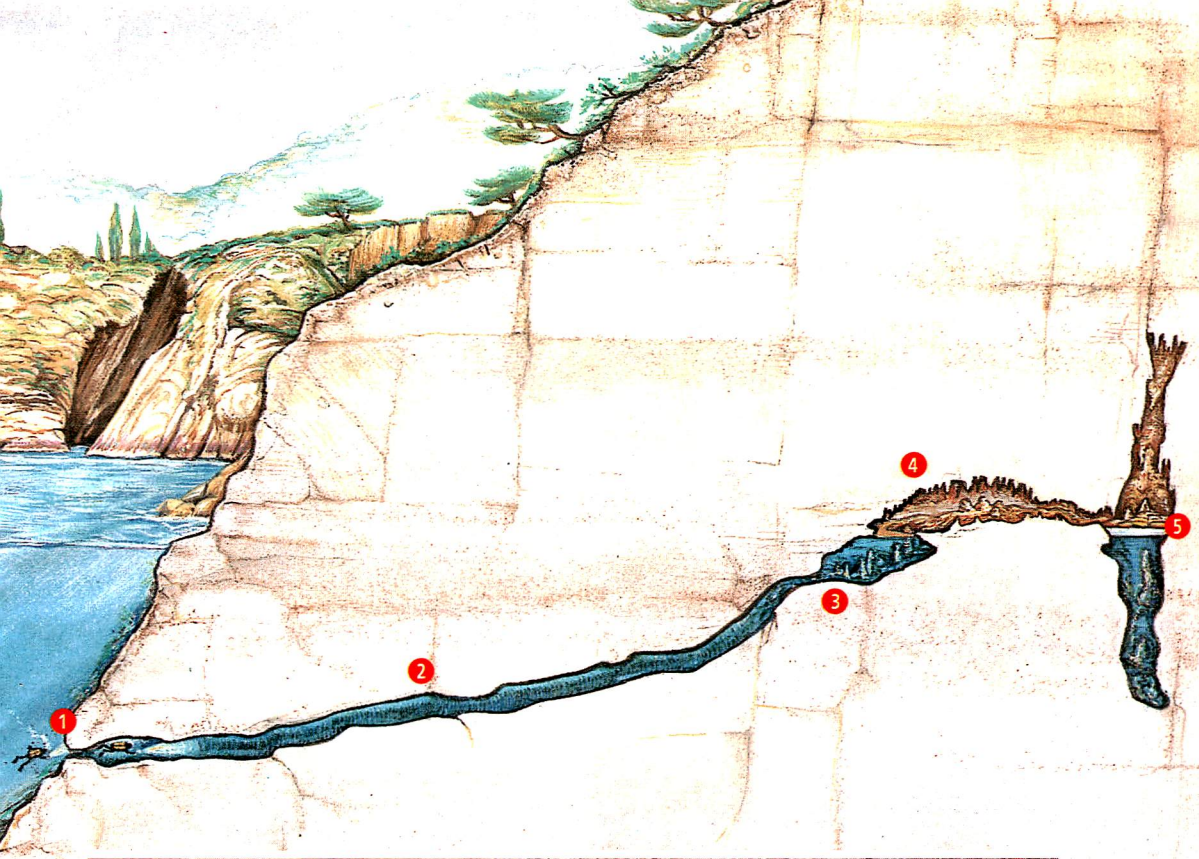


Ce serait une belle découverte archéologique: le 3 septembre 1991, Henri Cosquer, scaphandrier professionnel, déclare aux autorités avoir trouvé une grotte ornée sous-marine, entre Cassis et Marseille. Probablement la seule du genre dans le monde dont l'entrée se situe sous le niveau de la mer (à 37 m de profondeur). Elle est ornée de plusieurs dizaines de peintures rupestres représentant des animaux et de centaines de gravures diverses censées avoir été réalisées voilà plus de 18 000 ans, par des hommes de Cro-Magnon, au Pariétal supérieur.

Presqu'aussi riche que Lascaux, la grotte Cosquer – du nom de son "inventeur" (terme consacré) – soulève toutefois de telles interrogations que certains préhistoriens doutent de son authenticité. Le dossier, en effet, en est insolite, depuis les circonstances spectaculaires de la découverte et la disposition exceptionnelle du site, jusqu'à la nature et au style des figures, sans parler de l'opération médiatique menée en sa faveur par le ministère de la Culture, et qui semble un peu hâtive.

Cette grotte comprend trois salles; une seule est décorée. Son sol glissant, vitrifié par la calcite (carbonate de calcium carbonisé), est recouvert par un fin dépôt de poussières. Elle comprend deux foyers, également recouverts de calcite. Le sol est jonché de morceaux de charbon de bois ramollis par l'humidité. De nombreuses figures tracées en noir, probablement au charbon de bois ou à l'oxyde de manganèse, et une multitude de gravures en couvrent les parois, se chevauchant même par endroits. Certaines peintures sont spectaculaires: des chevaux, un bison, un cerf, un bouquetin, des silhouettes animales évoquant phoque et pingouin composent un bestiaire varié.

Les figures ne paraissent pas toutes de la même époque: d'après Jean Courtin, le seul préhistorien à s'être rendu sur les lieux (il est chercheur au CNRS et ex-codirecteur du DRASM – le département des recherches archéologiques sous-marines de Marseille), le cerf et le grand bouquetin noir semblent, en particulier, plus récents que les autres de quelques milliers d'années. De nombreuses empreintes de main en négatif, c'est-à-dire contournées au pochoir, ornent également les lieux. Elles sont dites "mutilées", car il manque des phalanges à certains doigts. Le poignet et une partie de l'avant-bras sont représentés. Une des mains est barrée par ce qui ressemble à l'empreinte d'une autre main en





La mer respecte l'art pariétal ! L'entrée de la grotte (**1**) est à 37 m sous le niveau de la mer, dans la baie de la Triperie, près de Cassis. Il y a 18 000 ans, le niveau aurait été une centaine de mètres plus bas, donc l'entrée de la grotte devait être accessible à pied sec. La galerie (**2**) de 150 m de long commence et se termine par deux goulets d'étranglement. Elle monte en pente douce jusqu'à une première salle immergée (**3**). La deuxième (**4**) se trouve, elle, juste au-dessus du niveau de la mer. La galerie débouche dans une troisième salle plus étroite (**5**): c'est un puits d'une trentaine de mètres de profondeur envahi par l'eau et surmonté d'une cheminée d'égale hauteur. Ce sont les parois et le plafond de la deuxième salle qui sont recouverts de peintures, de signes et de gravures. Par une heureuse coïncidence, que souligne Arlette Leroi-Gourhan, la mer s'est arrêtée net sous les trois petits chevaux (ici aux côtés de leur "inventeur" Henri Cosquer)... A moins qu'ils n'aient été exécutés bien après les variations du niveau de la mer.

positif, c'est-à-dire trempée dans un pigment et appliquée sur la paroi. On distingue également une centaine de gravures: bouquetin à la robe ornée de croisillons, graffitis et autres signes géométriques comme des traits en zigzag ou en flèche. Les peintures et les gravures sont partiellement recouvertes de concrétions calcaires: de larges coulées ou des inflorescences blanchâtres de calcite.

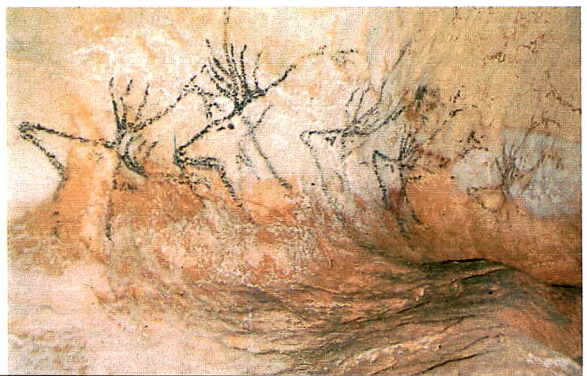
Premier point notable: aucun spécialiste de l'art paléolithique pariétal (c'est-à-dire rupestre) n'a encore pénétré dans cette grotte. L'expert, Jean Courtin, dépêché sur les lieux par le ministère de la Culture, est, lui, un spécialiste du Néolithique, période de la préhistoire qui débute 5 000 ans avant J.-C. Pour lui, toutefois, l'authenticité de la grotte ne fait aucun doute. Un avis que partage Jean Clottes, spécialiste de l'art pariétal, président du Comité international d'art rupestre et représentant du ministère de la Culture au sein de la commission scientifique constituée pour l'expertise de la grotte. Seul membre de la Commission supérieure des monuments historiques à avoir été consulté par le ministère, Clottes n'a cependant pu examiner les tracés de la grotte qu'au moyen de documents photographiques et d'un petit film vidéo tourné par Henri Cosquer lui-même (et diffusé par la chaîne de télévision TF1). Mais il est formel: la grotte Cosquer ne peut être l'œuvre d'un faussaire.



Plusieurs de ses confrères émettent pourtant de nombreuses réserves; ils dénoncent en particulier la mauvaise qualité graphique des dessins et l'incohérence de décors "assemblés", qui rappellent quelques grandes figures classiques de l'art pariétal. Sous-directeur du Muséum national d'histoire naturelle, Denis Vialou (1) reste sceptique. D'autres grands spécialistes des grottes ornées comme Gilles et Brigitte Delluc, ainsi qu'Arlette Leroi-Gourhan, partagent ses doutes. Ils évoquent le fait qu'aucun dossier scientifique ne leur a été transmis et déplorent la fermeture temporaire de la grotte, depuis qu'elle a été classée monument historique. Mais le fond du débat consiste dans les objections de ces chercheurs, même si elles ne reposent que sur les documents publiés dans la presse. Voici l'état des différentes questions évoquées.

La difficulté d'accès de la grotte ne plaiderait pas, au premier abord, en faveur d'un canular. Si l'on se réfère aux travaux d'Edouard Bard, du laboratoire de géosciences de l'environnement de l'université d'Aix-Marseille, concernant les variations du niveau de la Méditerranée, la mer a condamné l'accès de la grotte il y a 10 000 ans. Donc, aucun artiste préhistorique n'a pu y pénétrer ultérieurement. Mais un "artiste" de notre époque n'aurait-il pas pu s'y glisser et abuser les spécialistes? Michel Lorblanchet, préhistorien au CNRS et membre de la Commission supérieure des grottes ornées, est persuadé du contraire. «Je suis un des rares cher-

(1) Denis Vialou est l'auteur d'un très beau livre d'art: *la Préhistoire*, paru en 1991 chez Gallimard, collection l'Univers des formes.



Copie ou pas copie ? Une ressemblance troublante existe entre les cerfs de Cosquer et ceux de Lasquaux. En bas, la célèbre horde des cerfs de Lascaux. Au-dessus, un cerf de la grotte Cosquer. Dans les deux cas, constate Brigitte Delluc, le larmier – une glande qui affleure sous l'oeil du cerf – est représenté. Suivant une convention de perspective propre à Lascaux, mais parfaitement respectée par les artistes de la grotte Cosquer, les bois des cervidés convergent au sommet du crâne, leurs oreilles sont implantées en arrière au niveau de la nuque.





cheurs à faire de l'expérimentation: c'est-à-dire que je reproduis des œuvres rupestres en grandeur nature. Je suis donc bien placé pour me rendre compte de la faisabilité d'une telle œuvre. Il me semble impensable de faire un faux de cet acabit en passant par la voie d'accès immergée. Pareille réalisation nécessite beaucoup de temps et de matériel». C'est également l'avis des plongeurs professionnels qui ont emprunté le long passage sous-marin qui mène à la grotte (***voir dessin p.75***). Du temps, il en aurait fallu beaucoup aux faussaires pour plonger jusqu'au site, graver et peindre sur toutes les parois, sans oublier de respecter les paliers de décompression et les pauses entre plongées. Une telle opération demande, en plus du matériel de plongée, de la documentation pour y puiser l'inspiration, des escabeaux pour accéder aux plafonds, de l'outillage, un lot de charbon de bois "authentique" (à moins qu'il n'y en ait déjà eu sur place), éventuellement de quoi provoquer un dépôt artificiel de calcite sur des parois verticales et sur la voûte. Un tel équipement est volumineux. Il nécessite une longue présence sur les lieux et de nombreuses visites qui n'auraient pas manqué de laisser des traces. De l'avis de Luc Long, conservateur du DRASM s'étant rendu sur les lieux dès le 19 septembre, le site ne possède que peu d'empreintes: la boue qui recouvre en partie le sol était alors quasiment immaculée. De plus, les faussaires auraient dû effectuer des aller et retour qui auraient probablement attiré l'attention du quartier des affaires maritimes de Marseille [2]. Les visiteurs de la grotte n'ont remarqué aucun accès terrestre. Notons que quelques cadavres de chauves-souris pris dans la calcite montrent que la grotte fut bien en contact avec l'extérieur par le passé, mais les fissures ont été colmatées par l'argile et l'atmosphère de la grotte est aujourd'hui en légère surpression.

La localisation géographique: elle est exceptionnelle. La Provence était jusqu'à présent dépourvue d'art pariétal paléolithique et elle ne comporte aucun site connu contemporain de la grotte. Les plus anciennes gravures provençales connues jusqu'à ce jour sont varoises et elles datent d'un peu plus de 2000 ans avant J.-C. Cependant, la datation au C_{14} d'un charbon de bois, effectuée par le laboratoire de radiocarbone de l'université Claude Bernard de Lyon, en octobre dernier, attribue bien aux foyers de la grotte Cosquer un âge de 18 000 ans. Mais ce charbon, qui se présente sous la forme d'une couche "flottée" (imbibée d'eau) sur un agrégat de couches calcaires, a manifestement séjourné dans l'eau. «Comment ne pas supposer que les foyers, et donc certaines peintures, aient été immergés, demande Arlette Leroi-Gourhan. Et dans ce cas, il ne devrait pas rester grand chose d'eux».

Les dépôts de calcite sur les figures ne prouvent pas leur ancienneté: on trouve bien des concrétions calcaires dans les galeries du métro parisien. La calcite se dépose à des vitesses extrêmement variables,

Un bouquetin étonnamment frais,

constate Brigitte Delluc, spécialiste des grottes ornées, au sujet de la gravure de la grotte Cosquer (ci-dessus). Par ailleurs, comparant un bouquetin de la grotte d'Ebbou en Ardèche (–12 000 à–15 000 ans) (à gauche) à celui de la grotte Cosquer (–18 000 ans, d'après le laboratoire de l'université de Lyon), elle remarque également que «dans les deux cas, l'animal est gravé en perspective: petite tête, pattes croisées non achevées. La silhouette, la forme et l'implantation des cornes sont similaires. Des signes géométriques ornent leurs flancs».

2) Bureau de gestion administrative des marins et du port.

on sait même provoquer chimiquement sa précipitation. C'est faisable mais compliqué. Il faudrait badigeonner les parois d'une solution de carbonate de calcium. Ensuite, comment provoquer l'évaporation rapide de l'eau sans laisser de traces? Philippe Renault, du CNRS, spécialiste des phénomènes karstiques (liés à l'érosion chimique du calcaire), assure que le dépôt de calcite large et très blanc du type de la grotte ne se fait pas très rapidement. Or, si les décorations sont l'œuvre d'un faussaire, elles n'ont pu être effectuées avant la mise au point du scaphandrier autonome par Cousteau et Gagnan en 1933.

Les mains laissent perplexes les spécialistes déjà cités. Certes, plusieurs célèbres grottes ornées en contiennent, en particulier Gargas et Tibiran, en France. Mais la présence des poignets et des avant-bras est très rare. Plus déconcertante est l'empreinte de main positive imprimée sur une main négative (*voir photo page ci-contre*). On connaît peu d'exemples de mains positives, et l'authenticité de la plupart d'entre elles est d'ailleurs contestée. Selon Clottes, toutefois, il ne s'agit pas d'une empreinte de main, mais de cinq traits parallèles tracés en rouge.

L'hétérogénéité du style des dessins et des gravures est plus surprenante. La plupart des figures sont de type "magdalénien": en effet, à chaque époque du Paléolithique supérieur, on associe le nom du gisement où un type d'outillage original a été trouvé pour la première fois. Le Magdalénien, ainsi nommé en référence à l'abri de La Madeleine, à Tursac en Dordogne, désigne tout à la fois une industrie, une culture humaine et une époque qui va de 16 000 à 8 000 ans avant J.-C. La grotte Cosquer est, certes, de facture magdalénienne. Mais les figures correspondent à des styles radicalement différents et constituent un ensemble hétéroclite. Ainsi, la tête de cerf évoque celles de Lascaux, en Dordogne aussi, tandis que la tête d'un des chevaux ressemble à celle des chevaux de Niaux, en Ariège, et que sa croupe, elle, évoque les chevaux d'Altamira, en Espagne . Un groupe de trois chevaux rappelle ceux d'Ekain, en pays basque. Le bouquetin gravé a un air de famille avec un bouquetin d'Ebbou, dans l'Ardèche (*voir photos p.76 et 77*). Tous ces sites datent du Magdalénien (d'environ 11 000 ans av. J.C. pour Ebbou, à 15 000 ans av. J.C. pour Lascaux) mais ont chacun un style propre et caractéristique. Le "mélange des genres" de la grotte Cosquer est d'autant plus déroutant.

Le niveau des eaux est un point crucial, qui n'a pas été élucidé. En effet, trois petits chevaux sont dessinés au ras de l'eau. A marée haute - car la Méditerranée subit des marées bien réelles quoique de faible amplitude - la mer monte à moins de 15 cm de l'un d'entre eux, si l'on en juge par les photos de la frise. Or, au cours de l'Holocène, c'est-à-dire depuis la dernière glaciation, qui s'est achevée voilà 8 000 ans, le niveau des océans a grimpé en de nombreux endroits et à plusieurs reprises au-dessus du niveau actuel. Si l'exécution des petits chevaux est antérieure à ces dates, ils auraient dû être noyés. Objection: les choses ne sont pas si simples. L'augmentation du niveau de la mer lié

UNE DÉCOUVERTE MOUVEMENTÉE

Les circonstances de la découverte n'auraient été que rocambolesques s'il n'y avait pas eu mort d'hommes. En 1985, Henri Cosquer découvre la galerie au cours d'une plongée. Il n'explore le passage que 5 ans plus tard. Parvenu dans une salle, il y remarque une trace de main. Mais il décide, pour des raisons inconnues, de garder le silence. Il retourne à la grotte durant l'été 1991 et l'explore complètement. Le 1er septembre 1991, quatre plongeurs s'aventurent dans la galerie qui mène à la grotte sans se doter de câble-guide. Coïncidence? Il est plus probable qu'ils ont entendu parler de la découverte d'Henri Cosquer. Ils viennent de Grenoble, pratiquent la plongée en club, mais il n'y a pas de moniteur parmi eux. Ils s'égarent dans le boyau envahi par les sédiments et cèdent à la panique. L'un d'entre eux parvient à repérer la sortie et à prévenir les marins-pompiers de Marseille. Les trois corps seront retrouvés quelques heures plus tard grâce à l'intervention des plongeurs de la Sécurité civile, de la Fédération française d'étude des sports sous-marins et de Cosquer lui-même, qui s'est rendu sur les lieux. Le surlendemain, Cosquer – contraint par les événements – déclare sa découverte comme bien culturel marin auprès du quartier des affaires maritimes de Marseille et la signale également au département des recherches archéologiques sous-marines (DRASM).

Le 5 septembre, le DRASM prévient la sous-direction de l'archéologie, qui dépend de la direction du patrimoine, sous tutelle du ministère de la Culture. Jean Courtin, du CNRS, excodirecteur scientifique du DRASM, est contacté par le ministère de la Culture. Ce préhistorien, spécialiste du Néolithique, n'est pas spécifiquement compétent pour une grotte du Paléolithique supérieur (seule période concernée en Occident par les peintures rupestres), mais il pratique la plongée. Une expédition de diagnostic–expertise est mise sur pied. Les 19 et 20 septembre, la grotte est visitée par Cosquer, Courtin, Luc Long (conservateur du DRASM) et trois plongeurs du même organisme, encadrés par sept autres de la Marine nationale. Ils emmènent avec eux des caissons étanches contenant des lampes, des câbles, des pellicules, des flash, du matériel pour prélever des échantillons et les conserver. Les 24 et 25 septembre, nouvelles plongées jusqu'à l'entrée de la galerie pour effectuer des prélèvements de stalactites et pour en condamner l'accès. Le 21 octobre, Jack Lang annonce officiellement le classement du site monument historique.

aux changements climatiques est en partie compensée par un phénomène appelé rebond isostatique, en fait le réajustement des continents en réaction à la fonte des calottes de glace, et qui se poursuit encore de nos jours. Allégées du poids de la glace, les terres ont tendance à remonter.

Les variations locales du niveau de la mer dépendent également du tracé des côtes et d'éventuels remaniements tectoniques. Il est donc particulièrement difficile de se prononcer sur le niveau atteint par la mer dans la grotte au cours de l'Histoire. Une étude française (3) montre que la mer est montée au moins d'un mètre au-dessus de son niveau actuel il y a 4000 ans, dans l'ouest du golfe du Lion. Cependant, cinq autres études montrent qu'il n'y a pas eu d'élévation significative du niveau de la mer au-dessus du niveau actuel dans le delta du Rhône durant l'Holocène. Impossible d'extrapoler ces résultats à la région marseillaise. Selon Jacques Laborel, de l'université Aix-Marseille, il n'y a aucun indice géologique et biologique de dépassement du niveau actuel de la mer dans la région de Marseille. Les roches ne portent pas de traces d'érosion causées par la mer. Une équipe de chercheurs marseillais a entrepris des recherches sur le sujet: les premiers résultats seront connus dans quelques mois.

Ce qui invite à la réserve est que les annales de la paléontologie et de la préhistoire ne manquent pas de précédents déroutants. «J'ai visité en 1958 la grotte Liedas, dans les Asturies, en Espagne, raconte Arlette Leroi-Gourhan. Ses nombreuses peintures étaient recouvertes d'une épaisse couche de calcite. Après expertise, on s'est rendu compte qu'elles étaient l'œuvre d'un ouvrier ayant travaillé sur le site d'Altamira, et ayant exercé ses talents de faussaire au cours de la guerre d'Espagne, à peine vingt ans plus tôt.» L'abbé Breuil, grand spécialiste de l'art pariétal, s'est même laissé abuser. Il y a une quinzaine d'années, Gilles et Brigitte Delluc ont été appelés à expertiser une grotte en Dordogne, décorée par un faussaire qui avait donné une patine à ses gravures en utilisant simplement du lait de craie.

Les interrogations ne peuvent pas durer toujours: pour lever celles que posent d'abord les figures de la grotte Cosquer, il faut juger de la composition rupestre dans son ensemble. Et pour cela, il faudra un relevé complet définissant l'emplacement des figures dans la grotte, leur orientation et leurs positions les unes par rapport aux autres. Pour reconstituer l'histoire de la roche et évaluer la qualité des représentations en fonction de la morphologie de la paroi (dilution d'un pigment à un en-



Jeux de mains... Ces mains, qui comportent des phalanges manquantes, ont été tracées au pochoir. On connaît quelques cas de grottes ornées de mains négatives mutilées comme celles-ci. La représentation de l'avant-bras est très inhabituelle. Plus étranges, ces traits rouges qui barrent la main centrale: pour Gilles et Brigitte Delluc, il s'agit des doigts d'une main tracée "en positif". Or, les quelques cas répertoriés, rarissimes, sont presque tous sujets à caution.

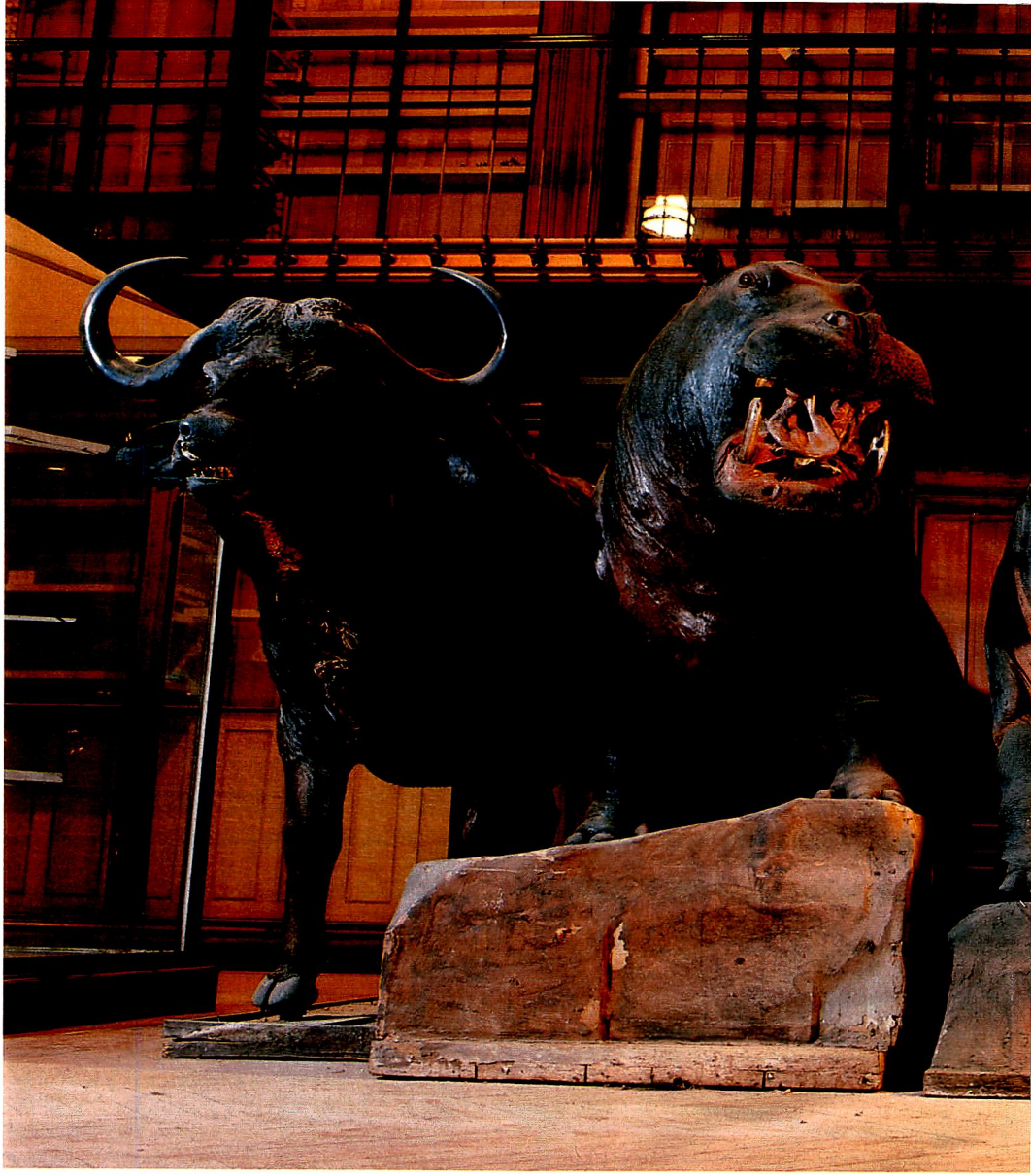
Le pingouin provençal. La présence de ce volatile dans la grotte Cosquer est surprenante: pour le Quaternaire, c'est la seule représentation de ce type connue à ce jour.



(3) *The holocene progression in the Golfe du Lion, South western France, paleogeographic and paleobotanical evolution*, 1978, Aloisi, Monaco, Planchet, Thommeret. Publications Géographie physique du Quaternaire, étude publiée au Canada.

(suite du texte p.164)

PAR MARC MENNESSIER

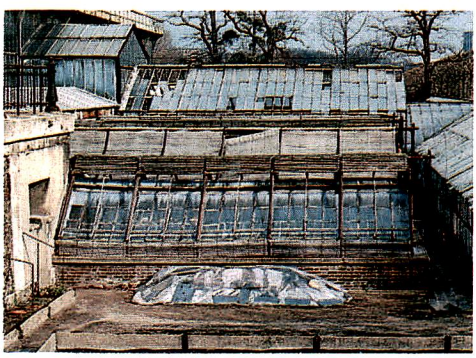


LES SCIENCES NATURELLES ABANDONNÉES

A une époque où les mots "défense de l'environnement" sont sur toutes les lèvres, les sciences naturelles, disciplines "passéistes", n'ont plus la cote. Depuis quinze ans, elles ont été progressivement dépossédées de leurs crédits, de leurs chercheurs et de leurs enseignants. Même les départs à la retraite n'ont pas été remplacés...

«Nous sommes littéralement fusillés», s'insurge Armand de Ricqlès, professeur de biologie et d'anatomie comparée à l'université Paris VII où pas un seul poste d'enseignant en zoologie et en écologie animale n'a été créé depuis 1974.

Le Muséum national d'histoire naturelle, installé au Jardin des plantes, à Paris, n'est pas épargné par cette lame de fond. Créée en 1635 par Louis XIII, cette prestigieuse institution, qui regroupe aujourd'hui 26 laboratoires de recherche, représente le seul et dernier grand ensemble cohérent qui traite de sciences naturelles en France: zoologie, botanique, paléontologie, systématique (classification des êtres vivants), géologie, minéralogie, etc. Or, en 1991, les laboratoires naturalistes – particulièrement ceux qui gèrent des collections (herbier, insectes, etc.) – ont vu



Les vivres sont coupés. L'an passé, les laboratoires qui gèrent les collections du Muséum ont vu leurs crédits de recherche amputés de 40 à 60% ! Et on ne remplace pas non plus les carreaux cassés des serres.

leurs crédits de recherche amputés de 40 à 60% par le ministère de l'Education nationale, autorité de tutelle du Muséum, au profit des laboratoires de physiologie et de biologie moléculaire. Résultat: pour la première fois, l'histoire naturelle est devenue minoritaire au sein même du Muséum. Ce qui est un comble! Et encore, nul ne connaissait début février les surprises que réserve le budget de 1992.

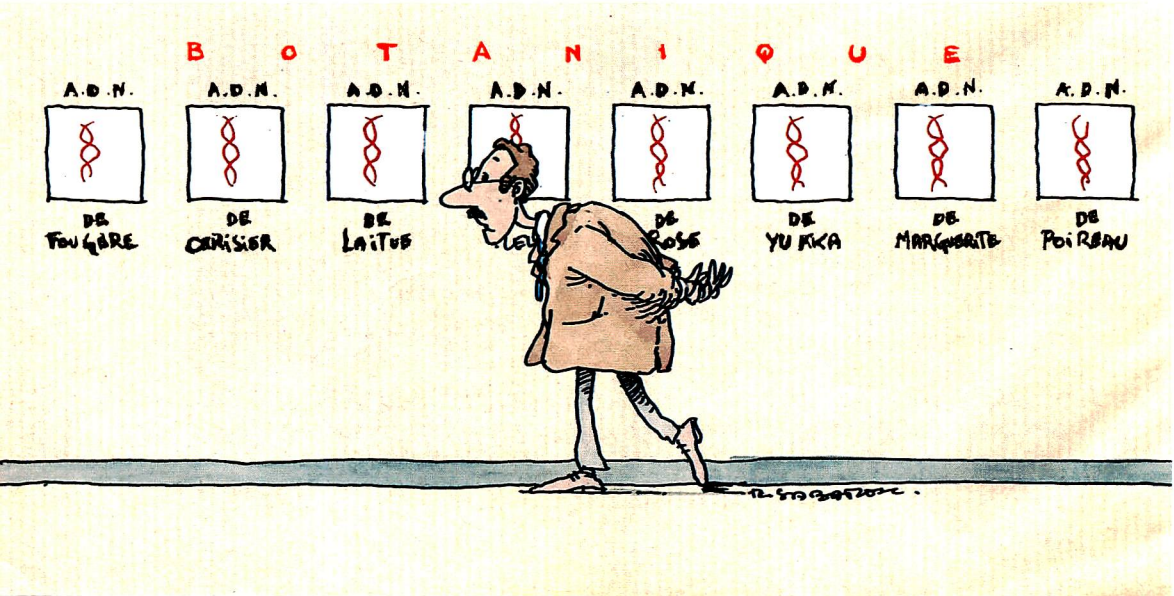
«Beaucoup de gens ne comprennent pas que les collections qui rassemblent des spécimens d'espèces animales ou végétales sont des outils de recherche. Or, certaines n'ont toujours pas été étudiées faute de crédits et de moyens en personnel», explique Odile Poncy, botaniste. Ainsi, l'herbier du Muséum – l'un des plus prestigieux au monde avec celui de Londres –, qui rassemble les collections de Lamarck, Jussieu et Tournefort, est installé dans un bâtiment sans chauffage et sans climatisation dont l'électricité fonctionne encore en 110 volts! Heureusement pour les spécimens, les locaux ne sont pas humides, mais en hiver il est impossible d'y travailler après 16 heures, à moins de se munir d'un passe-montagne et d'une bonne paire de gants!

Mais il y a plus grave. En décembre dernier, le directeur de l'établissement faisait état devant son conseil scientifique d'un projet de "délocalisation" totale ou partielle du Muséum, provoquant un tollé général. En effet, un émiettement des laboratoires, des collections et des bibliothèques aux quatre coins de la France aurait signé l'arrêt de mort de l'institution et porté un coup fatal aux sciences naturelles, lesquelles sont, pour une large part, fondées sur l'interdisciplinarité. Botanistes et zoologistes doivent en effet collaborer étroitement lorsqu'ils étudient, par exemple, la faune et la flore d'un milieu, ne serait-ce qu'en raison des interactions qui existent entre ces différentes catégories d'être vivants. Dès lors, comment procéder à de tels échanges si les spécialistes des poissons sont mutés à Lille, ceux des amphibiens à Marseille tandis que les botanistes spécialisés en flore aquatique se retrouveraient à Nantes?

Le Muséum a été finalement épargné, le 29 janvier dernier, lors de la réunion du Comité interministériel de l'aménagement du territoire (CIAT), instance gouvernementale qui décide de "délocaliser" ou non – selon le terme à la mode – les organismes publics sur le territoire national. Mais rien ne dit qu'il ne se fera pas "ciater" lors de la prochaine réunion de ce comité prévue au printemps...

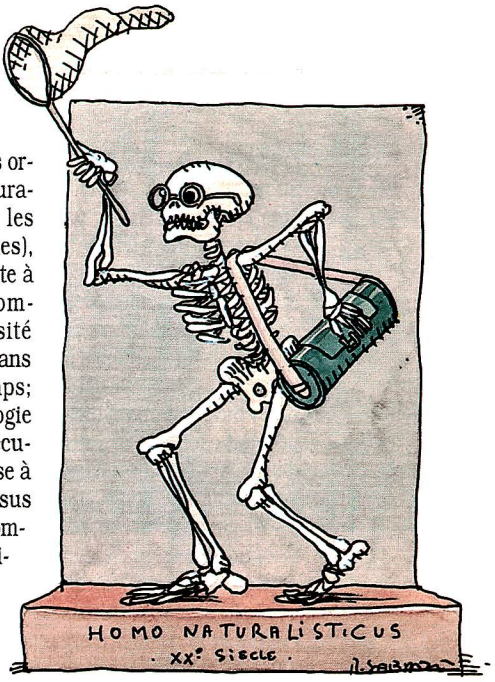
Les laboratoires les plus menacés (entomologie, géologie, anatomie comparée, etc.) sont ceux qui ont le malheur d'être installés à l'intérieur de l'îlot Poliveau. Ce terrain de 3,25 hectares, situé entre les numéros 41 et 63 de la rue Buffon, à l'extérieur de l'enceinte du Jardin des plantes, suscite depuis des années d'importantes convoitises immobilières. Dans le quartier le mètre carré habitable est estimé à 55 000 F. Et, à ce tarif, l'îlot Poliveau représente pour les promoteurs un pactole de plusieurs milliards de francs... L'Etat, propriétaires des terrains, serait-il tenté de réaliser une bonne affaire?

Mais les malheurs des sciences naturelles ne se résument pas à ces épisodes récents. Ils sont le fruit de la politique de recherche menée délibérément par l'Etat depuis quinze ans. Jusqu'au milieu des années 1970, en France, c'est la biologie moléculaire qui faisait figure de parent pauvre. La prise de conscience des perspectives offertes par cette discipline tant en médecine qu'en pharmacie (notamment dans la lutte contre le sida) ou en agriculture,



a incité les pouvoirs publics à engager des moyens considérables pour rattraper le retard. Ce qui était tout à fait légitime et souhaitable. Mais plutôt que de prévoir de nouveaux financements, l'Etat, avare de ses sous, s'est contenté de déshabiller Pierre pour habiller Paul, en transférant vers la biologie moléculaire les postes et les crédits initialement attribués aux sciences naturelles. Ainsi, les chaires de génétique, de biologie animale et de biologie végétale de l'université Paris VII disposent actuellement de 96 postes d'enseignants. Toutefois, «elles en ont perdu 13 depuis 1981, alors que le nombre de leurs étudiants a augmenté d'environ 30 %», précise Régis Calvayrac, directeur de l'Unité de formation de recherche (UFR) de biologie. De son côté, l'UFR de biochimie (qui regroupe toutes les disciplines de la biologie moléculaire) a été créée en 1968 avec 25 postes d'enseignants. Dix ans plus tard, elle en totalisait 40. Certes, depuis cette date, le rythme des embauches s'est ralenti (une seule création depuis 1978). Mais au moins a-t-on remplacé les départs en retraite, ce qui ne fut pas le cas pour les disciplines naturalistes... Celles-ci ne sont guère mieux loties à Paris VI où il ne subsiste plus qu'un seul DEA de biologie végétale, contre dix il y a une dizaine d'années. Par ailleurs, les cinq postes vacants dans cette matière à la rentrée 1991 ont été supprimés. Dans la plupart des universités de province, le même scénario se produit. En fait, la biologie dans son ensemble vit une grave pénurie. Comme le gâteau à partager est le même depuis quinze ans, il a fallu faire des choix et trancher dans le vif.

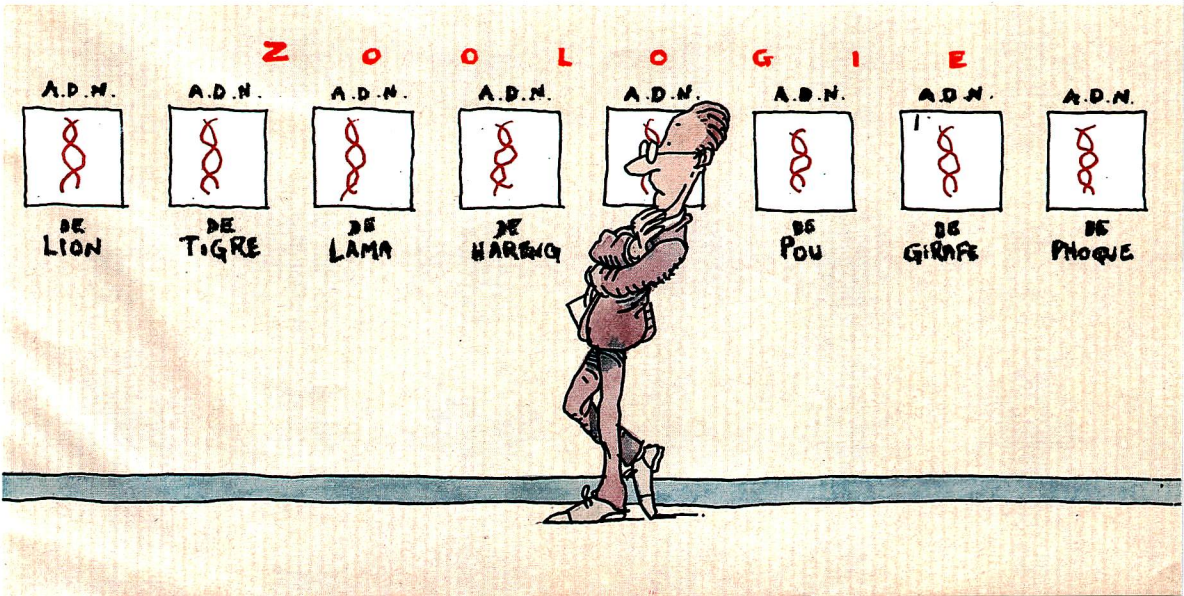
Ces arbitrages ont engendré une situation de conflit sans précédent entre ces deux branches de la biologie qui sont pourtant complémentaires: d'un côté la biologie des organismes, ou naturaliste (c'est-à-dire les sciences naturelles), dont le rôle consiste à décrire et à comprendre la diversité des êtres vivants dans l'espace et le temps; de l'autre la biologie générale, ou moléculaire, qui s'intéresse à l'étude des processus et des fonctions communes aux êtres vivants (génétique moléculaire, biosynthèse des protéines, enzymologie, etc.).



Pour justifier les choix imposés par le manque de crédits, la première fut dévalorisée et ravalée au rang de "sous-science", tandis que la seconde, qualifiée de "biologie noble", était élevée au pinacle.

Grisés par les remarquables succès obtenus dans leur discipline, certains biologistes moléculaires ont adopté une attitude "impérialiste", méprisant les disciplines qui sortent de leur champ d'investigation. Hors des molécules et de la cellule vivante point de salut!

Dans la dernière édition de l'*Etat des sciences et des techniques*, parue fin 1991 (1), Zaher Massoud, directeur scientifique de l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (IFREMER) critique vertement «l'esprit de réductionnisme dé-



passé» de certains "molécularistes" qui «pensent qu'on ne peut comprendre le tout qu'une fois décomposé en parties».

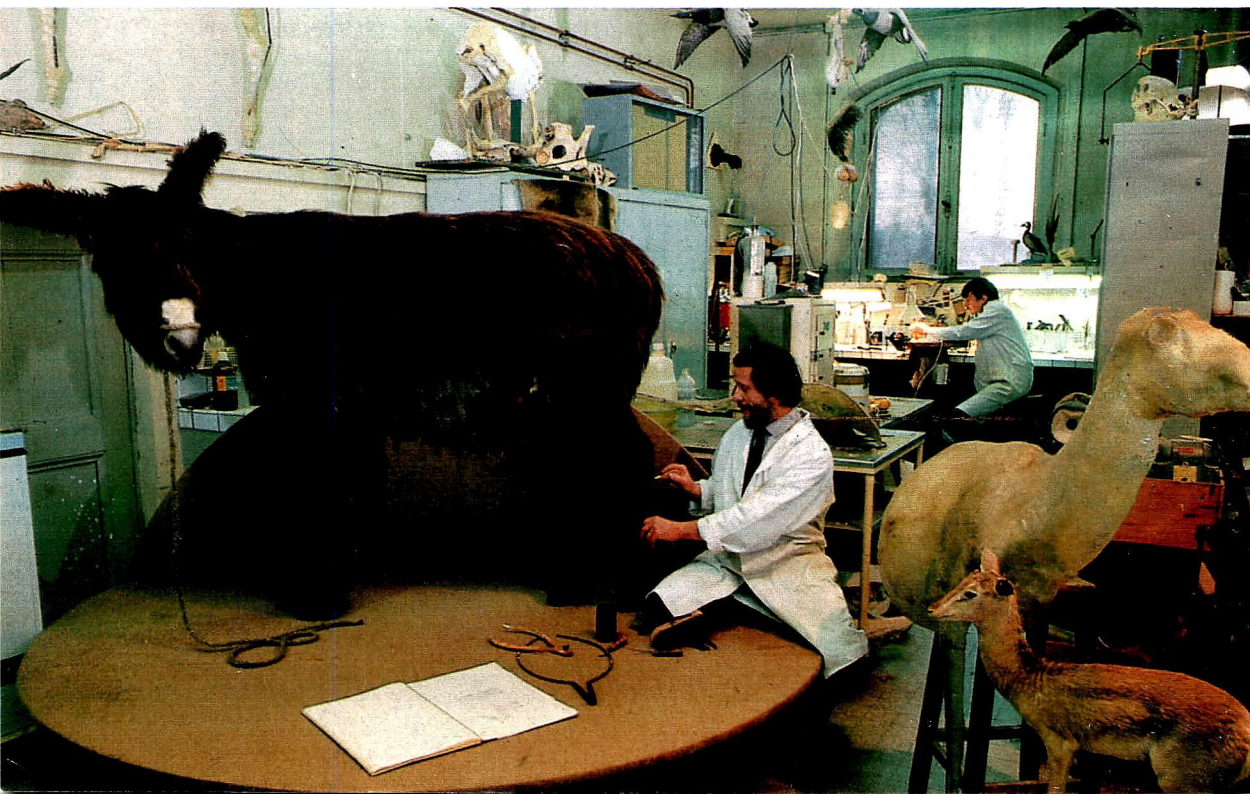
Considérant qu'il n'y a pas, d'un côté, la bonne biologie (la biologie moléculaire) et, de l'autre, la mauvaise (la biologie des organismes), l'une étant celle de l'avenir, l'autre appartenant déjà au passé, Zaher Massoud enfonce le clou. «Une molécule isolée ou une cellule n'expliquent ni le fonctionnement ni les propriétés d'un organe, lesquels d'ailleurs, ne peuvent expliquer le fonctionnement d'un individu, d'une population ou d'un écosystème», écrit-il. «Inversement pour comprendre comment fonctionnent les niveaux hiérarchiques supérieurs, on a besoin de connaître leurs éléments constitutifs en descendant jusqu'au molécules.»

L'interdépendance qui existe entre biologie moléculaire et biologie des organismes est manifeste et paraît aller de soi. Comme l'écrit dans le même ouvrage Robert Barbeault, professeur d'écologie à l'Ecole normale supérieure de Paris, «la biologie, en tant que culture doit rendre compte simultanément de l'unité et de la diversité du vivant, en respectant ses différents niveaux d'organisation». La biologie est une. «Il faut être à la fois descriptif et explicatif», poursuit Armand de Ricqlès, déjà cité. Vouloir introduire une "hiérarchie qualitative" entre les deux principales branches de la biologie ne peut, à terme, que porter gravement atteinte à cette science dans son ensemble.

Certes, par rapport aux sciences naturelles et à l'écologie (laquelle étudie les flux de matière et d'énergie à l'intérieur des populations d'un écosystème), la biologie moléculaire bénéficie, comme on l'a vu, de ses énormes retombées en médecine, pharmacie, etc. En clair, c'est une science rentable qui offre de nombreux débouchés tant dans les organismes de recherches publics que privés. Si bien qu'aujourd'hui l'immense majorité des étudiants en biologie s'orientent vers cette discipline très attractive. Non sans tomber dans le piège de l'hyperspécialisation. «De nombreux élèves, qui ont consacré l'essentiel de leur temps à l'étude d'une famille d'enzymes, de protéines ou de certains mécanismes cellulaires, quittent l'université sans posséder les connaissances de base en zoologie, en botanique ou en anatomie comparée. Certains sont incapables de reconnaître un reptile d'un amphibien!», déplore encore Armand de Ricqlès.

Contrairement aux biologistes naturalistes qui cherchent à les décrire et à les comparer, les

Fils électriques qui traînent, laboratoires exigus, tension à 110 volts dans l'immeuble qui abrite l'herbier: c'est le lot du Muséum. Ravalées au rang de "sous- sciences", les sciences naturelles ont été progressivement dépouillées, depuis quinze ans, au profit de la biologie moléculaire jugée plus "noble" et plus rentable.





Un déménagement criminel. La collection du laboratoire d'entomologie du Muséum rassemble environ 100 millions d'échantillons d'insectes dont de merveilleux spécimens de papillons extrêmement fragiles. En cas de déménagement, pour cause de "délocalisation", les dégâts seraient considérables : ce n'est pas l'emballage qui effraie les spécialistes mais le déballage...

biologistes moléculaires utilisent les êtres vivants comme modèles en vue de mettre en évidence un mécanisme biochimique ou une fonction cellulaire. On peut, à l'extrême limite, travailler aussi bien sur une bactérie, une souris ou une baleine sans perturber le résultat de l'expérience. Et par conséquent ignorer tout des différences qui caractérisent ces trois catégories d'êtres vivants! Certes, dans ce cas précis, elles sautent aux yeux, mais, à un niveau plus subtil, l'abandon de l'enseignement des sciences naturelles a déjà eu des conséquences fâcheuses.

On cite notamment le cas tout récent d'un jeune biologiste, parti en Nouvelle-Calédonie pour le compte d'un laboratoire pharmaceutique, à la recherche de nouvelles substances médicinales présentes dans certains végétaux. Notre "molécullariste" en herbe, peu familiarisé avec la botanique, parvint à identifier l'une de ces précieuses substances mais confondit la plante dont il l'avait extraite avec une espèce voisine! Que se serait-il passé si cette dernière avait sécrété, en plus, des alcaloïdes toxiques?

Dans le même esprit, certains biologistes sont trop souvent tentés d'extrapoler à l'organisme entier les résultats obtenus en laboratoire sur des cultures de tissus. Or le passage de ce qu'on observe *in vitro* à ce qui se passe réellement *in vivo* est loin d'être toujours évident. Par exemple, ce n'est pas parce que des tissus d'une variété d'arbre cultivés en tube à essai présentent une bonne résistance à la sécheresse, que la plante qui possède ces tissus aura les mêmes caractéristiques une fois restituée dans son milieu. On mesure les énormités auxquelles peut conduire une approche réductionniste de la biologie. «A force de ne s'intéresser qu'aux boulons et aux différentes pièces d'une voiture, on finit par ne plus savoir comment elle marche et quand elle tombe en panne, on n'a plus de bons garagistes capables de la réparer», poursuit Zaher Massoud.

A cet égard, on peut s'étonner qu'à l'heure où la protection de l'environnement devient une préoccupation majeure (au moins dans les discours!) les sciences les plus qualifiées pour s'attaquer efficacement à ce problème soient si délaissées. La sauvegarde de la biodiversité sera l'un des thèmes de la prochaine conférence sur l'environnement qui se tiendra l'an prochain à Rio de Janeiro, au Brésil. Or on ne sait même pas combien d'espèces vivantes peuplent la Terre aujourd'hui. Les estimations varient entre 1,5 et 30 millions! Qui, mieux que les biologistes naturalistes et les spécialistes de l'écologie, peut mener à bien cette inventaire avant que la déforestation et la dégradation des écosystèmes ne fassent disparaître une partie de ces richesses? L'équivalent d'un terrain de football de forêts tropicales primaires disparaît chaque seconde. Selon Armand de Ricqlès, «il est urgent que les biologistes naturalistes aient les moyens de réaliser un suivi permanent de l'état de la biosphère afin de mieux cibler les programmes de protection. A quoi bon préserver des écosystèmes si on ignore tout des êtres vivants qui les composent?»

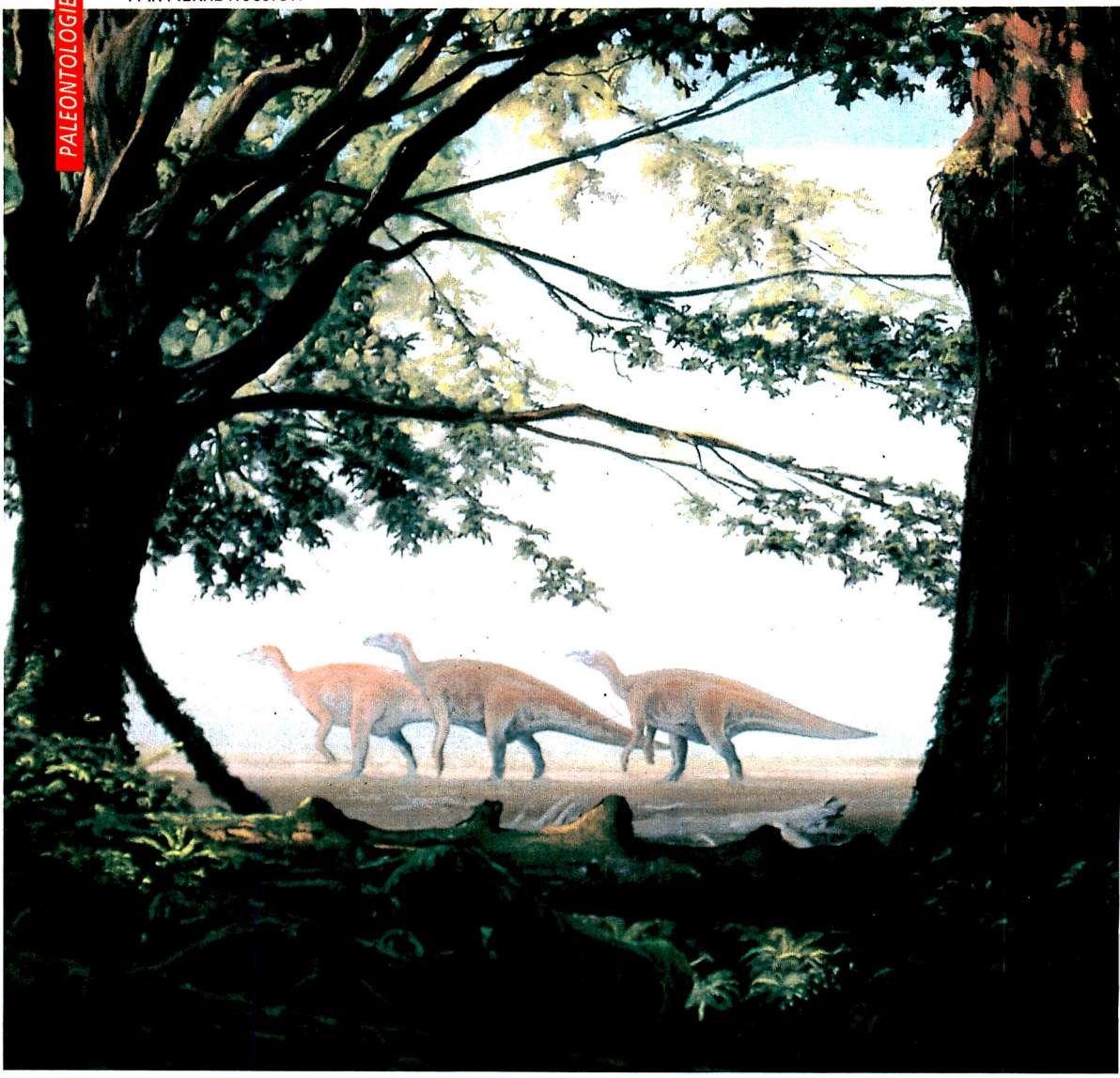
Certes les sciences naturelles ont aussi une part de responsabilité dans l'épreuve qui les accablent. Les zoologistes et les botanistes ont sans doute eu le tort de rester trop descriptifs et de ne pas coupler leur mission d'inventaire avec des recherches à caractère thématique en collaboration avec d'autres disciplines. Mais le manque de moyens et l'absence de sang neuf ne leur ont pas non plus permis de moderniser, comme ils l'auraient peut-être souhaité, leurs méthodes de travail.

Le ministère de la Recherche et le Centre national de la recherche scientifique (CNRS) ont placé l'étude et la protection de l'environnement au rang de leurs principales préoccupations pour l'année 1992. Cette volonté se traduira-t-elle dans les faits par un rééquilibrage, voire une réconciliation, entre les deux "sœurs ennemies" de la biologie? Les Etats-Unis ont déjà fait marche arrière, il y a une dizaine d'années, et lancent aujourd'hui d'importants programmes de recherche sur la faune et la flore de leur continent. La France, patrie de Cuvier, Buffon, Linné et Lamarck, est riche d'une tradition naturaliste considérable. Il serait infiniment dommageable que, faute de compétences pour le transmettre aux générations futures, notre pays perde un patrimoine intellectuel amassé depuis trois siècles.

Marc Mennessier

(1) *L'Etat des sciences et des techniques*, 1991, Editions La Découverte.

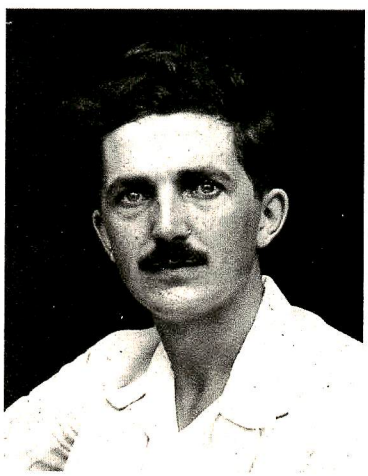
PAR PIERRE ROSSION



A LA POURSUITE DES DINOSAURES PERDUS

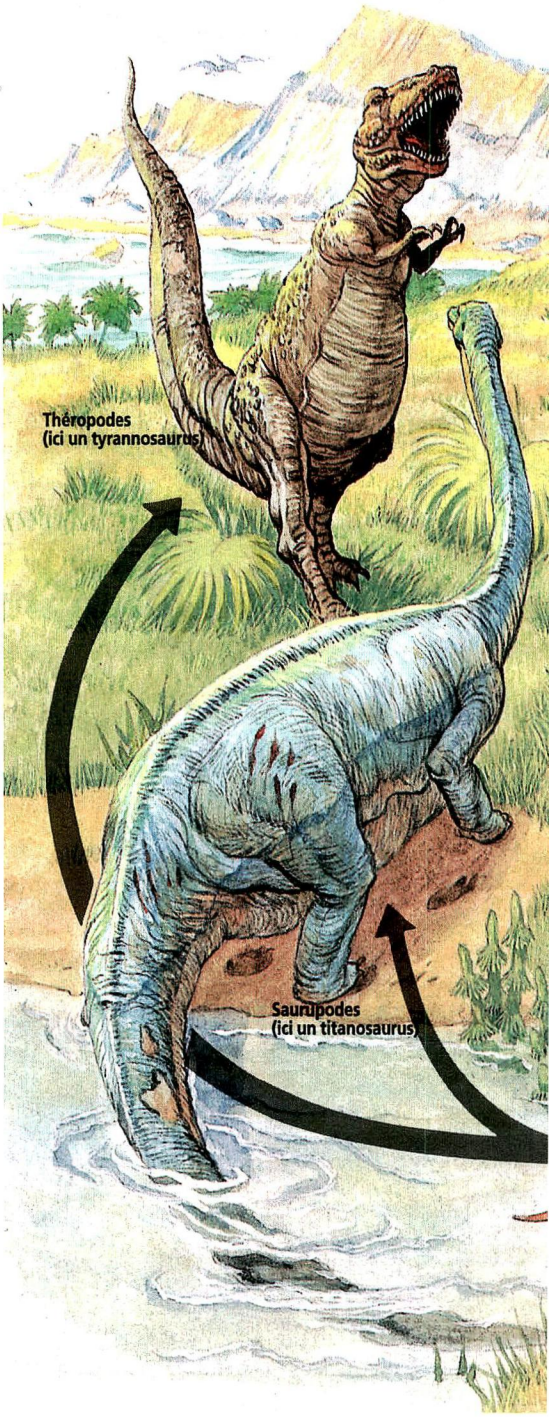
Mis au jour à la fin des années trente par un géologue français, Josué H. Hoffet, le temps avait, depuis, effacé leurs traces. Grâce aux notes du chercheur, oubliées dans les archives du Conseil des recherches scientifiques de l'Indochine, on a retrouvé le gisement au fin fond de la forêt.
Une découverte exceptionnelle qui comble une faille dans l'histoire des dinosaures.

D. Henderson – Ed. Atlas



En 1936, alors qu'il cherche des fossiles du côté de Tang Vay, petit village du Laos perdu dans la forêt, Josué Heilmann Hoffet (***voir photo ci-contre***), géologue et paléontologiste amateur, tombe sur... un os. Oh! Un petit os, certes; mais rien de moins qu'une vertèbre fossilisée de la queue d'un dinosaure. Pareils ossements semblent communs aux indigènes auxquels il en parle: ils les attribuent à des "buffles sacrés" (1) et indiquent aussitôt de nombreux autres gisements. Mais c'est en vain que le géologue erre dans la forêt claire, sous le soleil ardent des tropiques, ne trouvant «souvent qu'une pierre quelconque qui avait une vague ressemblance avec un os» (2). Deux ans plus tard, on lui indique un amas d'ossements dont la description, cette fois-ci, semble prometteuse.

De la Chine à la Mongolie, en passant par le Laos. Au cours de l'ère secondaire, les thécodontes, ancêtres de tous les dinosaures, donnèrent naissance à deux grands ordres reconnaissables à leur bassin: les saurischiens, dinosaures à bassin de lézard, et les ornithischiens, à bassin d'oiseau. Les titanosaurus retrouvés à Tang Vay sont des sauropodes, descendants des saurischiens. Quant aux iguanodons, également découverts sur le site, ils sont des ornithopodes, fils des ornithisciens. Ces deux dinosaures laotiens sont du crétacé inférieur et se situent donc entre les vieux dinosaures du jurassique, trouvés au Yunnan, en Chine du Sud, et les jeunes de Mongolie qui datent du crétacé supérieur.

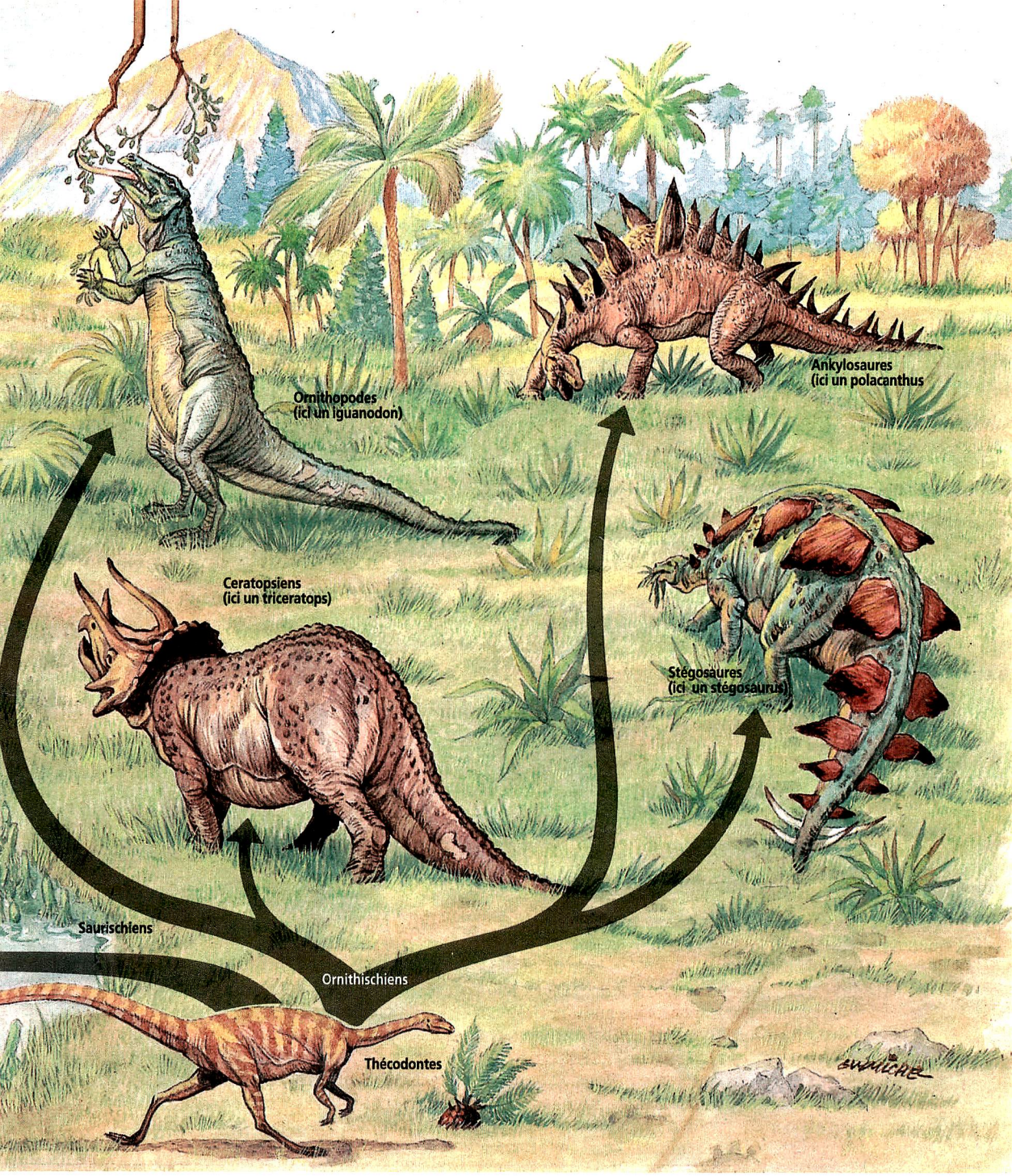


Après d'interminables palabres conduisant finalement à monnayer les fossiles en fonction de leur importance et, par-dessus tout, à offrir un buffle en sacrifice pour expier son sacrilège, Hoffet parvient enfin au lieu dit. Amère déception : les «ossements n'étaient que des calcaires bizarrement sculptés par les eaux.» Mais, sur le chemin du retour, notre homme voit enfin la fortune lui sourire: il découvre un mamelon rocheux renfermant des os en telle densité que les pièces, qui affleurent au ras du sol, ne sont pas à plus de deux mètres les unes des autres. Des restes de poissons, de tortues, et, surtout, des os de dinosaures. Il s'agit de sauropodes (***voir dessin ci-contre***), connus pour leur gigantisme (c'est à ce sous-ordre qu'appartiennent les brontosaures et autres diplodocus) et d'ornithopodes plus petits (placides herbivores pesant à peu près autant qu'un éléphant). J. H. Hoffet a juste le temps d'en publier la description à Hanoi [3] avant de s'engager dans la résistance indochinoise. A sa mort, ses travaux tombent dans l'oubli.

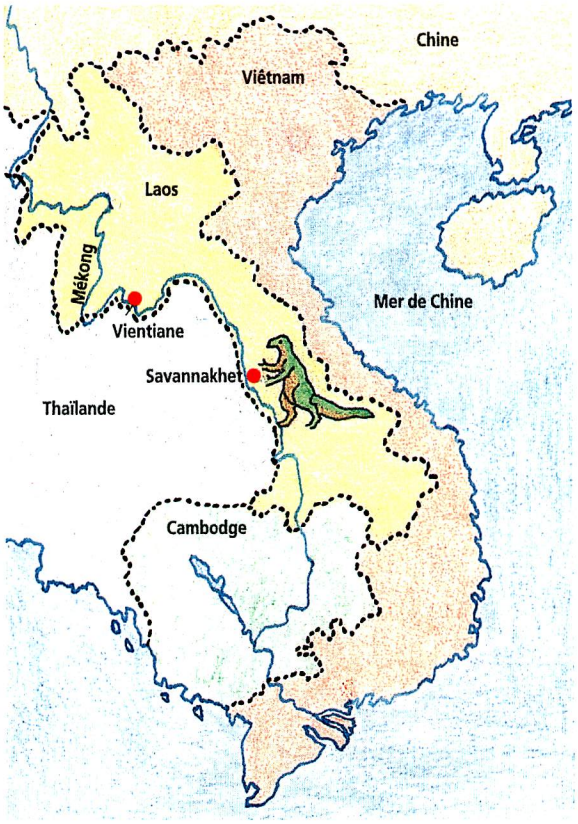
Il aura fallu attendre cinquante ans pour qu'ils refassent surface. Ce n'est, en effet, que tout dernièrement qu'un tiré à part des notes de J. H. Hoffet tomba sous les yeux de Philippe Taquet, directeur de l'Institut de paléontologie au Muséum national d'histoire naturelle de Paris. Ce dernier y accorda d'autant plus d'attention que les vestiges de dinosaures sont extrêmement rares en Asie du Sud-Est. Il se rendit donc à Tang Vay, où, grâce à un vieux laotien qui avait été jadis un des porteurs de J. H. Hoffet, il parvint jusqu'au lieu du gisement, non sans avoir dû, à son tour, apaiser les buffles sacrés avant d'entreprendre les fouilles.

Personnellement, présent à Vientiane, capitale du Laos, à l'automne 1991, il nous aurait fallu les talents – et la chance – d'Indiana Jones pour nous rendre jusqu'au chantier de fouilles, sans faire appel à un guide expérimenté. Quelle meilleure guide que la propre fille de Hoffet, Anne-Line Majo qui, justement, venait participer à la seconde mission de Philippe Taquet à Tang Vay.

Il nous fallut six heures pour parcourir les 160 km de pistes défoncées menant de Savannakhet à Tang Vay. «Mon père m'emmenait souvent ici», se souvient Anne-Line Majo, qui ajoute: «Malheureusement, comme il n'était pas spécialiste et qu'il ne disposait pas d'ouvrages de référence, il a pu se tromper dans



la détermination des vestiges qu'il trouvait.» L'erreur est cependant minime : ce qu'il avait pris pour des hadrosaurus étaient en fait des dinosaures apparentés, les iguanodons. Ce sont tous deux des membres du sous-ordre des ornithopodes, de taille voisine, qui se nourrissaient de végétation herbacée. Bipèdes aux membres antérieurs petits – mais jamais de taille ridicule comme chez les grands carnivores du type tyrannosaurus – ils se tenaient sur leurs quatre pattes lorsqu'ils se restauraient, se dressant sur leurs pattes postérieures pour se déplacer. Hoffet avait également découvert des sauropodes, ces dinosaures géants, à petite tête, corps massif, long cou et longue queue, les classant dans le genre titanosaurus. Pour l'instant, les vestiges trouvés sont encore trop peu nombreux pour dire si cette détermination est cor-





Le plus riche gisement de l'Asie du Sud-Est.
Sur le site de Tang Vay, revisité par Mme Majo – la fille de J. H. Hoffet –, on a retrouvé des ossements de titanosaurus mais aussi d'iguanodons, qui progressivement les remplacèrent au cours de l'ère secondaire.

recte ou non. Il n'est d'ailleurs pas exclu qu'on ait affaire à une espèce inconnue à ce jour. On en saura plus quand Philippe Taquet aura publié ses travaux.

Le groupe des dinosaures est, en effet, bien plus complexe qu'on ne l'imagine habituellement. Le mot "dinosaure", vient du grec et signifie reptile terrifiant, ainsi tous les reptiles de grandes tailles qui furent mis au jour aux premiers temps de la paléontologie furent baptisés dinosaures. Plus tard, avec l'aide de la systématique, on les a répartis plus rigoureusement en deux ordres et six sous-ordres. Au fur et à mesure de la découverte de nouvelles espèces fossiles (plus de cinq cents à ce jour), on s'aperçut que le gigantisme n'était pas la règle. Il y avait des dinosaures de toutes les tailles, de celle du diplodocus jusqu'à celle du poulet. Autant de différence qu'entre le bonsaï et le cèdre du Liban!

On sait que c'est pendant l'ère secondaire que les dinosaures régnèrent en maîtres absolus sur l'ensemble du monde animal, entre 220 millions et 65 millions d'années avant l'époque actuelle. L'ère secondaire se subdivise en trois grandes périodes : le trias, de –245 millions d'années à –205 millions, le jurassique de –205 millions à –135 millions et le crétacé de –135 millions à –65 millions. C'est donc à la fin

Pour en savoir plus:

Les Dinosaures, deSylvia J. et Stephen A. Czerkas, Editions Atlas, 277 p., 350 F.
Ce livre superbe, tant par le réalisme des illustrations que par la qualité d'impression, est aussi un ouvrage scientifique sérieux, comportant 27 cartes, 80 squelettes, 3 arbres généalogiques pour les férus de paléontologie animale, une bibliographie, un glossaire et un index



du trias (trias supérieur) que les dinosaures sont apparus et c'est à la fin du crétacé (crétacé supérieur) qu'ils se sont éteints. Les sauropodes, quant à eux, s'épanouirent du jurassique supérieur au crétacé inférieur, alors que les iguanodons eurent leur apogée au crétacé inférieur. La régression des sauropodes s'expliquerait par l'apparition des iguanodons, plus petits et plus légers, qui dévoraient à belles dents les mêmes plantes qu'eux ; ou bien par des modifications défavorables de l'environnement.

Le gisement laotien de Tang Vay, vieux d'une centaine de millions d'années – donc du crétacé inférieur - se situe à une époque où coexistaient sauropodes et iguanodons. Mais ce site est surtout intéressant parce que les gisements de dinosaures de cette époque sont rares et pauvres en Asie, alors que ceux du jurassique sont abondants en Chine et ceux du crétacé supérieur bien représentés en Mongolie. Il y avait donc, entre les vieux dinosaures chinois et les jeunes de Mongolie, une faille que ce gisement vient de combler.

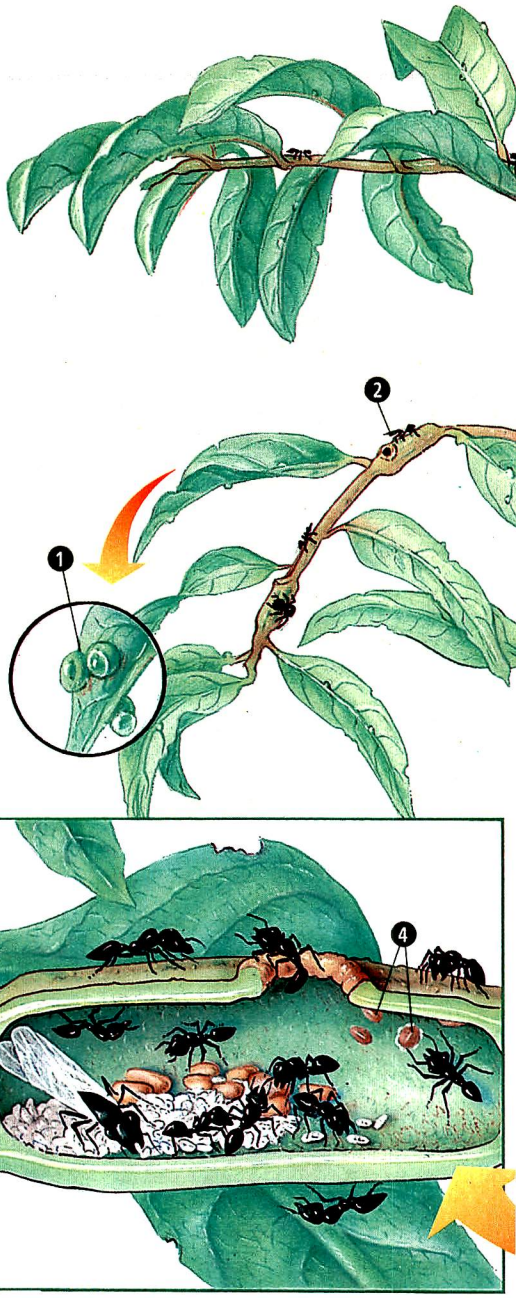
A Tang Vay, à part quelques paillotes sur pilotis habitées par des Kha, d'origine indonésienne, vivant en autarcie, comme à l'aube de l'humanité, il n'y a rien. Sauf, bien sûr, le plus riche gisement de dinosaures du crétacé inférieur d'Asie, qui risque de faire du Laos un haut lieu de paléontologie. **Pierre Rossion**

(1) Animaux qui, selon les légendes laotiennes, sont chargés de tirer chaque jour le char du soleil, de son lever à son coucher.
(2) et (3) "Descriptions de quelques ossements de Titanosauriens du Sénonien du Bas-Laos" (1942) et "Descriptions des ossements les plus caractéristiques appartenant à des Avipelviens du Sénonien du Bas-Laos" (1943) par J. H. Hoffet, publiés dans les comptes-rendus des séances du Conseil des recherches scientifiques de l'Indochine.
(4) La France, par l'intermédiaire duComité de coopération avec le Laos, pour la science et l'éducation (5 rue Thouin, 75005 Paris) – une organisation non gouvernementale – pourrait réaliser, à Vientiane ou à Savannakhet, un vaste diorama de ce site à l'époque secondaire.

PAR DIDIER DUBRANA

LA FORET DE LA CAVE AU GRENIER

Le radeau des cimes [1] explore la forêt camerounaise qui compte les plus grands arbres du monde (50 m) dont les pieds sont perpétuellement dans l'ombre, l'humidité, une fraîcheur invariable et dont la tête passe de la chaleur torride du jour au froid de la nuit. Deux mondes végétaux et animaux radicalement différents coexistent ainsi à quelques mètres l'un de l'autre.

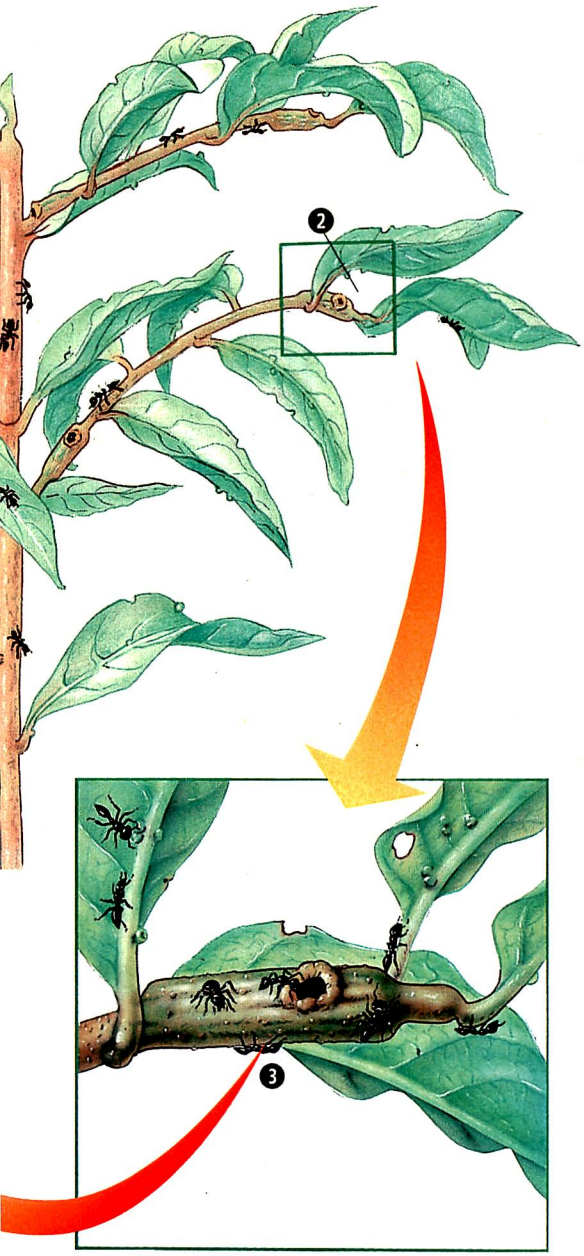


Après deux campagnes en Amérique du Sud, l'équipe du "radeau des cimes" (voir photo page 94) – une cinquantaine de chercheurs (botanistes, entomologistes, zoologistes...) – conduite par le Pr Francis Hallé, de l'université de Montpellier II, a cette fois-ci élu domicile dans la réserve de Campo, à l'extrême sud du Cameroun, pour étudier pendant deux mois la faune et la flore composant le toit de la forêt tropicale humide.

Au rythme actuel de la déforestation, les scientifiques s'empressent d'engranger le maximum d'informations avant que bon nombre d'espèces (végétales et animales) ne disparaissent à tout jamais. Les forêts tropicales humides contiennent plus de 50% du "matériel génétique" de la planète. Cette banque de gènes unique au monde recèle de surcroît les substances chimiques qui pourraient composer les médicaments de demain et pourtant seul 1% des végétaux de ces forêts ont fait l'objet de recherche sur leurs propriétés médicinales. Les prévisions les plus pessimistes soutiennent qu'il disparaît en moyenne 50 espèces, animales ou végétales, par jour. L'étude d'un tel biotope est donc urgente d'autant qu'on ne connaît pas encore le fonctionnement de cet écosystème.

Une chose est sûre! Deux mondes différents vivent à 50 mètres de distance. En bas, le sous-bois reçoit seulement 0,2% de l'éclairement solaire. L'humidité relative y est toujours supérieure à 80% et la température oscille à peine de 5°C entre le jour et la nuit (de 25° C à 20° C). En haut, le tapis végétal ondu-

(1) Semblable à un gros canot pneumatique (35 x 20 m) dont le fond aurait été remplacé par un filet, il est déposé par un dirigeable sur les cimes des arbres. Voir *Science & Vie* n° 829, p. 88.



LA COEVOLUTION FOURMI-PLANTE

Des associations à bénéfices réciproques se concluent à chaque coin de forêt entre les plantes à nectaires et les fourmis gourmandes – comme ci-contre entre *Barteria fistulosa* et *Pachysima aethiops*.

Dans bon nombre de cas, en échange de son repas sucré sécrété par les nectaires (**1**), l'insecte protège la plante contre l'attaque des phytophages en tout genre (antilope, oiseau...). Il suffit de poser la main sur une myrmécophyte (plante à fourmis) pour comprendre l'ampleur du lien qui unit les deux individus: en quelques secondes des centaines de fourmis vous mordent jusqu'au sang...

Mais cette association peut être plus étroite. La plante peut offrir non seulement le couvert mais aussi le gîte. Les partisans de la théorie de la "coévolution" – l'évolution parallèle de deux organismes - soutiennent même que de nombreux végétaux ont modifié au cours des siècles l'anatomie de certains de leurs organes (tiges, épines...) pour faciliter l'hébergement de l'insecte. Ce changement est apparu, par exemple, au niveau des tiges: la couche de cellules s'est affinée à certains endroits (**2**) afin de faciliter la pénétration de l'insecte qui s'installe alors dans la cavité de la moelle (**3**).

Ici les fourmis *Pachysima* s'affranchissent au bout de quelques mois du suc produit par les nectaires pour se nourrir du miellat produit par la colonie de cochenilles (**4**) qu'elles élèvent dans la cavité médullaire de la plante.

Sur certaines espèces de plantes (*Leonardoxa africana*), enfin, le diamètre de l'orifice correspond exactement à celui de l'abdomen de l'espèce-hôte (*Petalomyrmex philax*). Ce dispositif perfectionné évite donc l'entrée d'intruses d'une autre espèce qui auraient été attirées par le sirop produit par la plante.

leux dessiné par les cimes, la canopée, est en revanche exposé aux conditions climatiques les plus fluctuantes. Il reçoit 100% de l'éclairement solaire, ce qui entraîne une variation du simple au double de la température : de 20° C, la nuit, à 40° C, le jour. Résultat: pendant la journée, l'humidité descend à 40% alors que la nuit elle est de 100%. A la douce pénombre du sous-bois s'oppose donc l'agressivité de la clarté des cimes qui portent pourtant les fleurs, les fruits, les animaux (singes, oiseaux...) et bon nombre d'insectes pollinisateurs. Un arbre tropical peut, à lui seul, rassembler les différents stades de croissance sur un même houppier: une ramification bourgeonne tandis qu'une autre fleurit à côté d'une branche chargée de fruits ou bien dénudée de feuilles.

Constatation inattendue: le moteur de la photosynthèse se met en veilleuse aux heures les plus chaudes de la journée (de 11 h à 15 h) pour limiter les pertes en eau. Cette stratégie repose sur le mouvement des stomates des feuilles qui se referment pour éviter l'évaporation par ces milliers d'opercules de 8 micromètres de diamètre.

Les lianes de la famille des Tetracera du sous-bois camerounais possèdent aussi un comportement assez surprenant. La dentelure de leurs feuilles porte de petites vésicules sphériques, les hydathodes, d'où s'échappe par guttation le trop plein d'eau de la plante. Mais lorsque la liane atteint la canopée, les feuilles s'équipent de nouveaux types d'appendice, les nectaires, exsudant un liquide sucré et huileux (le surplus énergétique de la plante). «Ces lianes auraient-elles dans leurs génomes la



La récolte du suc. Sécrété par les nectaires des feuilles, le mystérieux liquide dont se nourrissent les fourmis est recueilli au moyen d'une pipette. De retour en France, la botaniste déterminera sa composition en acides aminés, ce qui aidera à comprendre les liens qui unissent la plante à la fourmi.



La chasse aux insectes pollinisateurs. C'est la richesse en fleurs de la cime des arbres qui rend fructeuse cette chasse effectuée depuis le radeau des cimes..

possibilité de modifier les attributs physiologiques de leurs feuilles (hydathodes ou nectaires) en fonction des caractéristiques climatiques de l'environnement?» s'interroge un chercheur de l'expédition. C'est l'une des innombrables questions que se posent les botanistes à la recherche de la compréhension de l'écosystème tropical forestier. On sait toutefois que les sucs sécrétés par les nectaires servent de pitance à de nombreuses colonies de fourmis. Sur la canopée, les Tetracera nourrissent une population de crématogaster, l'une des deux espèces de fourmis les plus répandues au monde (*voir encadré page 93*).

Monique Bellin, botaniste, maître de conférence à Jussieu, étudie à chaque mission du radeau les paramètres permettant d'évaluer la réalité de l'idylle entre l'insecte et la plante. La composition du suc des nectaires peut commander l'identité de la fourmi s'associant à la plante. En Guyane, la collaboration entre l'inga (de la famille des légumineuses) et une espèce de fourmis serait assujettie à la présence de leucine (acide aminé) dans le suc de ses nectaires. «Une telle spécialisation demande à être confirmée», souligne Monique Bellin.

Dans deux ans, la fondation Elf financera une quatrième mission du radeau, vers l'Asie. Les forêts tropicales de l'émirat de Brunei pourraient accueillir les chercheurs qui auraient alors l'occasion d'étudier la canopée sur un troisième continent. A la réserve de Campo, les pygmées qui vivent non loin du campement des scientifiques ne verront plus l'étrange oiseau orange se poser sur les arbres, mais ils n'en continueront pas moins à braconner le gibier (céphalophe, python, porc épic...) pour alimenter les étals des marchés de Douala, en échange de paquets de cigarettes... La réserve se vide peu à peu de sa faune comme l'Afrique a perdu plus de 80% de ses forêts originelles. **Didier Dubrana**

ECHOS DE LA RECHERCHE

PHYSIQUE

La masse atomique ? Mais qu'est-ce que c'est ?

Après avoir postulé et admis pendant des décennies que le neutrino n'a pas de masse, les physiciens en sont venus à se demander si, après tout, il n'en aurait pas une (1).

Et pourtant, la possibilité que le neutrino ait bien une masse remet en cause la vitesse de désintégration de certains noyaux atomiques. Après avoir réétudié la désintégration de l'uranium, phénomène qu'on croyait pourtant très bien connu, Anthony Turkevich et Thanasis Economou, de l'université de Chicago, et George Cowan, du Los Alamos National Laboratory, ont constaté que les faits ne ressemblent pas du tout à la théorie, laquelle ne date pourtant pas d'hier: cette désintégration se fait cent fois plus vite que le disait le modèle.

Nos trois chercheurs ont publié leurs travaux dans la *Physical Review Letter* du 2 décembre 1991. Commentaire de Turkevich: «Ou bien le modèle standard est faux et les neutrinos ont une masse, ou bien nous ne savons pas calculer les taux de désintégration de pareils noyaux lourds.» Or, dire aux physiciens qu'ils ne savent pas calculer le taux de désintégration des éléments revient à peu près à dire aux plombiers qu'ils ne savent pas faire une soudure. Pourtant, il se pourrait bien qu'en effet un élément fondamental de la désintégration atomique ait échappé aux physiciens; et c'est la possibilité que le neutrino ait une masse, car si celle-ci était prouvée, cela expliquerait que la désintégration du noyau d'uranium, pour ne parler que de lui, soit cent fois plus rapide qu'on l'avait dit.

Quelle pourrait être la masse du neutrino ? Certains avancent, sur la foi d'expériences, des valeurs aussi élevées que 17 000 eV, d'autres, pas plus que 1,6 eV, soit 10 000 fois moins. Mais il est vrai qu'il ne s'agit pas des mêmes types de neutrino. En ce qui concerne le plus léger d'entre eux, l'expérience des trois auteurs cités plus haut indiquerait une masse de 14 eV. Jusqu'à plus ample informé.

C'est donc avec un humour bien britannique que Graham Ross, physicien et théoricien, de l'université d'Oxford, déclare: «On peut espérer que la découverte des masses (notez le pluriel) du neutrino appellera une extension de la théorie, qui permettra de jeter quelque lumière sur cette question fondamentale». **G.M.**

(1) Voir à ce sujet Science & Vie n° 874, p. 14; n° 885, p. 102 et n° 888 p. 40.

ARCHEOLOGIE

Le peuplement de l'Amérique a bien commencé plus tôt qu'on le disait

Une récente découverte faite au Nouveau-Mexique confirme l'hypothèse française selon laquelle des humains modernes avaient devancé Colomb d'au moins 30 000 ans en Amérique. En effet, on avait jusqu'alors professé que le peuplement des Amériques n'avait commencé qu'il y a une douzaine de milliers d'années, au cours de la dernière glaciation (de – 75 000 à – 10 000 ans), les "immigrants" venus d'Asie ayant pu traverser à pied sec, si l'on peut dire, le détroit de Béring, alors gelé. Une équipe française, après analyse du site de Piedra Furada, au Brésil (voir *Science &Vie* n°846, p.43), démontra que c'était faux. Quelle avait été, alors, la chronologie de l'occupation des Amériques ? Si l'on trouvait des traces d'occupation aussi loin au sud que le Brésil, et aussi vieilles que 30 000 ou 35 000 mille ans, cela impliquait que les premières vagues de Mongoloïdes étaient arrivées en Alaska au moins mille ou deux mille ans auparavant (il semblait douteux qu'ils eussent parcouru les deux Amériques en quelques années)

La reconstitution des migrations humaines par étude de l'ADN mitochondrial ayant indiqué que, parti d'Afrique il y a 150 000 ans, l'homme moderne atteint l'Europe il y a 35 000 ans, il fallait en conclure que le peuplement des Amériques s'était fait à peu près en même temps que celui de l'Europe.

Plusieurs archéologues américains se montrèrent sceptiques. Pourtant, un Américain, Richard McNeish, de l'Andover Foundation for Archaeological Research, près de Boston, vient de trouver, dans une cave du Nouveau-Mexique, des outils et des traces d'occupation humaine que la datation au carbone 14 donne comme vieux de 27 960 ans, plus ou moins 970 ans.

Ce qui reste frappant, dans l'hypothèse d'une occupation ancienne des Amériques, c'est la rareté des sites de l'époque, en comparaison avec l'Europe, où les sites du paléolithique supérieur riches en art pariétal, et en art mobilier sont très nombreux (La Pileta, Parpallo, Escoural, Castanet, Rouffignac, etc.) Mais peut-être n'a-t-on pas suffisamment fouillé le territoire américain. **G. M.**

ENVIRONNEMENT

L'enzyme qui lave plus blanc que le chlore

Les papetiers polluent les cours d'eau en y déversant des effluents chargés de chlore, issus du blanchiment de la pâte à papier. Un nouveau produit pourrait les aider à réduire cette pollution. Notre confrère américain *Time* s'enorgueillit d'ailleurs de l'utiliser déjà.

Jusqu'ici, on utilisait presqu'exclusivement le chlore pour blanchir la pâte à papier brunâtre, issue de la cuisson (en milieu aqueux) des copeaux de bois. En effet, la surface des fibres de cellulose est chargée de résidus de lignine (associée à de l'hémicellulose) qui colorent la pâte; le chlore les élimine en solubilisant la lignine.

Aux Etats-Unis, l'EPA (l'agence de protection de l'environnement) a interdit à partir de 1993 le déversement des effluents chlorés ; les autres pays industrialisés devront suivre. Cela signifie-t-il qu'on n'aura plus de papier blanc ? Non, car un substitut au chlore a été découvert par deux chercheurs de la Station de technologie alimentaire de l'INRA, à Lille. J.-P. Touzel et son collaborateur Ph. Debeire ont isolé une souche de bactérie et un mutant de celle-ci permettant d'obtenir en quelques heures "un jus de culture" contenant une enzyme hyperactive, la xylanase. Et celle-ci blanchit la pâte à papier. La qualité de ce blanchiment enzymatique est à l'étude au laboratoire du Centre technique du papier, à Grenoble.

En fait la xylanase est connue depuis des années, et l'idée de l'employer pour le blanchiment de la pâte a germé dans un autre laboratoire, celui du CERMAV (Centre de recherche sur les macro-molécules végétal) (1), à Grenoble, au début des années 1980. A l'époque, l'équipe du Pr Joslo cultivait des champignons de la famille des basidiomycètes, sécrétant un mélange de deux enzymes : la xylanase et la cellulase. C'est alors qu'on découvrit les vertus de la xylanase. Malheureusement, on ne pouvait alors pas en produire assez, ni d'assez active pour l'industrie papetière. Le mérite des chercheurs de l'INRA est donc d'avoir isolé cette souche de bactéries "stakhanovistes".

La découverte devrait être financièrement fructueuse si le brevet déposé par les chercheurs est bien utilisé. En effet, la valeur ajoutée mondiale du blanchiment de la pâte à papier est estimée à 2,5 milliards de dollars (13,5 milliards de francs). L'utilisation de la xylanase représentera alors la plus importante application industrielle d'une enzyme.

On continuera sans doute d'accuser les papetiers de détruire en coupant les forêts. Mais cette accusation devrait avoir vécu puisque, en France par exemple, le couvert forestier à plus que doublé en moins d'un siècle, alors que l'industrie papetière n'a jamais été aussi prospère. **Didier Dubrana**

(1) M. Contat, Domaine universitaire, BP 53 X, 38041 Grenoble Cedex. Tél. : (16) 76 54 11 45.

MEDECINE

Aspirine et cancer du côlon

L'aspirine peut-elle protéger contre le cancer du côlon ? C'est ce que semble indiquer une étude récente, fortement étayée.

L'étude (1) a porté sur un groupe de 598 personnes atteintes du cancer du côlon et sur un autre de 3 058 qui n'en souffraient pas et qui prenaient de l'aspirine depuis un an. Ces deux groupes avaient été choisis dans un ensemble de 662 424 personnes de plus de 30 ans, d'une moyenne d'âge de 57 ans. Par éliminations successives, dues soit aux décès de certains, soit, surtout, à l'insuffisance de données, on en est donc arrivé aux deux groupes indiqués plus haut, suivis depuis 1982.

Or, cette étude indique que, pour zéro cachet d'aspirine par mois pendant les douze mois écoulés, les taux de mortalité étaient de 58,3 pour 100 000 hommes et de 40,8 pour 100 000 femmes. A l'opposé du spectre, pour plus de 16 cachets par mois, ils tombaient à 34,8 pour les hommes et à 23,5 pour les femmes. Et cela, indépendamment des facteurs annexes, consommation de graisses, régime alimentaire général, prédispositions héréditaires et autres. On observe, incidemment, que les femmes sont donc moins exposées à ce type de cancer.

Ces travaux sont intéressants, parce qu'ils recoupent des études australiennes dont les résultats étaient comparables. Quant à l'effet spécifique de l'aspirine sur le cancer, il n'est pas éclairci. On savait déjà que d'autres anti-inflammatoires non stéroïdiens, ou AINS, tels que l'indométhacine et le piroxicam, ont bien chez l'animal un effet préventif contre le cancer intestinal et que la réalité de cet effet est vérifiable, puisqu'il est réversible: c'est-à-dire que, lorsqu'on cesse d'administrer des AINS à l'animal, les risques remontent.

Mais cela ne définit évidemment pas le mode éventuel d'action de l'aspirine, ni des autres AINS. Etant donné que ces produits bloquent la production de prostaglandines, substances régulatrices sécrétées par toutes les cellules de l'organisme, et dont les effets sont très multiples, on peut seulement, comme le fait l'éditorialiste du *New England Journal of Medicine*, se demander si celles-ci ne joueraient pas un rôle dans le déclenchement des cancers et, notamment, de ceux du tube digestif. **G. M.**

(1) *"Aspirin use and reduced risk of fatal colon cancer"* par Thun, Mohan, Namboodiri et Heath, et *"Could aspirin really prevent colon cancer"* par Baron et Greenberg, *The New England Journal of Medicine*, 5 décembre 1991.

● ***Il y a des dépressions qui ne sont pas d'ordre psychiatrique,*** *celles qui sont liées à une faible pression artérielle, comme l'indique une étude du British Medical Journal. Mais elles se traduisent, comme les autres, par des troubles du fonctionnement intellectuel et de l'humeur.*

CHIMIE

Un échantillon de ce que seront les cristaux liquides de l'avenir

Tout le monde connaît les cristaux liquides, ne serait-ce que par leur utilisation dans les cadrans de montre à affichage digital, mais bien peu de gens savent ce qu'ils sont et quelles en sont les possibilités.

On les croit d'invention récente; en fait ils sont le fruit d'une découverte vieille d'un siècle, puisque c'est en 1888 que le botaniste autrichien Friedrich Reinitzer découvrit les réactions étranges du benzoate de cholestéryl, un sel qui a deux points de fusion: à 149°C, ce liquide devient un solide opaque et à 179°C, il devient clair! Ce fut, l'année suivante, l'Allemand Otto Lehmann qui forgea l'expression "cristaux liquides" pour définir ces substances bizarres qui, en phase opaque, ont une structure cristalline mais coulent comme des liquides.

On a découvert depuis que les cristaux liquides sont constitués de molécules en bâtonnets, qui peuvent s'assembler selon plusieurs configurations. Dans un premier groupe, les smectiques: les molécules sont disposées en couches parallèles glissant les unes sur les autres, l'axe des molécules étant perpendiculaires au plan des couches. Dans le second groupe, les nématiques: les molécules sont encore alignées dans la même direction mais ne constituent plus de couches. Elles s'assemblent pour former des sortes de cordes, de direction parallèle à leur axe. Un cas particulier de l'état nématique est l'état cholestérique (ainsi nommé parce qu'on l'a identifié pour la première fois sur la molécule mentionnée plus haut, dérivée du cholestérol): les molécules sont disposées en hélice, comme si on imposait une tension à la corde. Ces états peuvent changer, selon la concentration, la température, ou si on les soumet à des champs électriques ou magnétiques. Ainsi, dans les cristaux liquides cholestériques, la température fait s'allonger ou se rétracter les hélices. Les cholestériques présentent aussi une particularité optique, qui est le dichroïsme circulaire: du fait de leur structure hélicoïdale, lorsqu'un faisceau les frappe, une longueur d'onde est polarisée de façon circulaire et les autres sont réfléchies, ce qui entraîne des irisations caractéristiques de l'angle d'incidence de la lumière et de la température des cristaux.

On est encore loin d'avoir exploité toutes les possibilités de ces cristaux, qui fascinèrent des théoriciens aussi célèbres que Broglie, Bragg et Born. Et la photo que nous publions ci-dessus ne constitue qu'un échantillon amusant de ce à quoi ils peuvent servir. En effet, la robe teinte aux cristaux liquides qu'on voit ici est le produit de recherches menées depuis une dizaines d'années par la célèbre firme pharmaceutique Merck, l'université de Hull (Grande-Bretagne) et le Royal Signals and Radar Establishment à Malvern, division électronique de l'agence britannique de recherches pour la défense, qui ne travaillent pas dans la mode !



La robe a été teinte avec une encre dite thermochromique, à base de cristaux liquides. Il ne s'agit pas d'une teinture classique, mais plus exactement de l'impression, sur fond noir, d'une encre spéciale constituée de microbulles contenant des cristaux liquides et dont le liant est une sorte de résine. L'épaisseur de la couche thermochromique est de 35 à 40 micromètres. On voit que la robe change de couleur là où elle est contact avec le corps. A 28°C, le tissu est rouge, à 33°C, bleu-vert. Au-dessous de 28°C, le tissu apparaît noir.

Le premier des intérêts de cette encre (commercialisée sous le nom de Licritherm, chez Merck) est médical: des bandes adhésives thermochromiques indiqueraient des anomalies dans la température cutanée, permettant de détecter sans doute des tumeurs situées sous la peau, puisque celles-ci sont plus chaudes que la normale.

Mais on peut envisager bien d'autres applications: par exemple des gaines qui indiqueraient que certaines pièces mécaniques ont atteint une température critique. **G. M.**

GÉNÉTIQUE

Percée française dans le déchiffrage du génome humain

La course au génome humain a commencé l'année dernière. Grace à une approche astucieuse, une équipe française a pris quelques longueurs d'avance.

Une équipe française vient de prendre une bonne longueur d'avance dans la course mondiale au déchiffrage du génome humain. Le Centre d'études du polymorphisme humain, dirigé par le Dr Daniel Cohen, a mis au point une méthode qui a permis, en quelques mois, d'établir une carte physique du quart environ des gènes qui sont codés par l'ADN, support biochimique de l'information contenue dans nos chromosomes.

Il faut savoir que la "cartographie" du génome humain s'effectue en plusieurs étapes, et comprend trois sortes de "cartes" – en réalité des banques de données. La première est la carte génétique, qui est établie en jalonnant l'immense terrain inconnu formé de quelque 3 millions de gènes, chaque gène étant une séquence précise de bases de l'ADN, l'adénine, la thymine, la guanine et la cytosine (A,T,G,C). Les jalons établis sont des gènes ou autres portions d'ADN connues, qui serviront ultérieurement à localiser la position d'un gène par rapport aux "balises" qui l'encadrent.

La deuxième est la "carte physique", qui s'attache à déterminer la distance entre jalons en terme de longueur d'ADN, c'est-à-dire de bases ou de paires de bases. L'étude physique consiste à fragmenter l'ADN, à isoler chaque segment, et identifier sur celui-ci la présence d'un marqueur connu.

La troisième est la "carte biochimique", obtenue par séquençage de la molécule d'ADN pour connaître l'enchaînement exact des bases qui la constituent. Ce séquençage peut aujourd'hui se faire automatiquement, grâce à des séquenceurs qui peuvent déterminer l'enchaînement de plusieurs milliers de bases par jour.

L'équipe française a fait une percée inespérée dans la détermination de la "carte physique", tâche fort complexe, car les techniques classiques d'ingénierie génétique ne permettent de travailler que sur des tout petits fragments d'ADN, de l'ordre d'une cinquantaine de kilobases (kb), alors que la plupart des chromosomes humains contiennent chacun plusieurs centaines de millions de bases.

Or, l'équipe française a réussi à découper l'ADN en fragments d'environ 1200 kilobases. Ces fragments sont démultipliés dans des levures, chez lesquelles on obtient, par greffe génétique, des chimères appelées YAC (pour Yeast Artificial Chromosome), qui reproduisent les fragments en question.

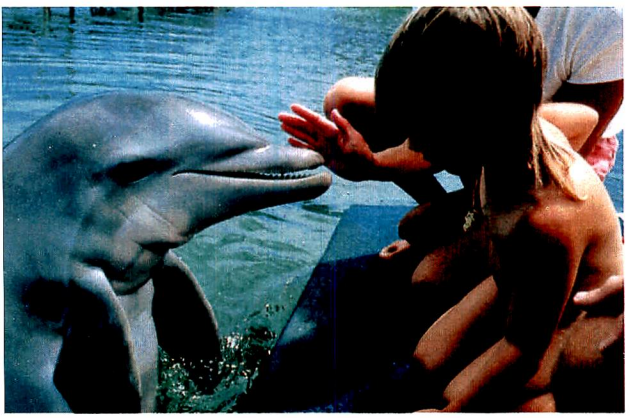
En appliquant à la cartographie une méthode que Cohen qualifie d'industrielle – multiplication de séquenceurs automatique et équipe de nombreux chercheurs – le CEPH à Paris et Genethon à Evry (ce dernier est financé par l'Association française contre la myopathie, et les fonds obtenus par le Téléthon) ont d'ores et déjà établi la carte physique du quart environ du génome humain, et pensent terminer cette cartographie d'ici la fin de l'année.

Initialement, on pensait que cette tâche ne serait pas terminée avant la fin du siècle. Deja, l'équipe a complété la carte physique d'un chromosome entier, le chromosome 21, qui est composé d'une centaine de mégabases (1 Mb = 1000 kb).

Le "livre du génome humain," que l'on obtiendra sans doute dans une dizaine d'années, ne décrira pas la séquence génétique d'un individu en particulier, mais une séquence assemblée à partir d'échantillons de milliers d'individus, et représentera le génome de référence de l'espèce *Homo sapiens sapiens*. Il deviendra un outil indispensable à la médecine, car pratiquement toutes les maladies, à l'exception des maladies infectieuses ou celles provoquées par les accidents de la route, sont associées à des gènes.

La connaissance des gènes impliqués mènera à celle des protéines défecteuses codées par ces gènes, et permettra, dans une première étape, la mise au point de médicaments précisément ciblés. Par la suite, on pourra corriger les défauts génétiques par thérapie génique, c'est-à-dire par l'introduction, dans l'organisme atteint, du ou des gènes normaux correspondants.

A.D.



● ***Les dauphins pédiatres :*** *des enfants qui accusaient des retards considérables et apparemment irrémédiables dans l'acquisition du langage ont quand même commencé à parler après des séances passées en piscine avec des dauphins, en Grande-Bretagne. Les dauphins, en effet, aiment beaucoup la compagnie des enfants, se font chevaucher par eux et créent, par leur comportement, des liens affectifs qui semblent favorables à l'acquisition du langage.*

● ***Le vaccin contre la grippe fausse les tests de dépistage du sida*** *et provoque des réactions "positives", évidemment erronées.*

ETHOLOGIE

Les animaux pharmaciens

Tous les propriétaires d'animaux domestiques à la campagne assurent que ceux-ci connaissent les plantes qui leur font du bien, mais aucune étude scientifique ne permettait de le vérifier. Or, cela change, car la première de ces études vient d'être réalisée.



Le singe hurleur

Notre confrère américain *Newsweek* vient, en effet, de signaler que l'American Association for the Advancement of Sciences ou AAAS, qui publie la revue *Science*, consacrait une séance de sa réunion de février à la "zoopharmacognosie", c'est-à-dire, en gros, à la pharmacie animale. Et c'est la première fois qu'on consacre donc une étude à la connaissance animale des propriétés thérapeutiques de certaines plantes.

Exemple : une guenon de Tanzanie, qui se traînait, sous les yeux des zoologistes. Pas d'appétit, et un épuisement qui semblait la pousser aux portes de la mort. Au bout de quelques jours, elle rassembla le peu de forces qui lui restaient pour aller arracher des rameaux d'une plante que son espèce ne consomme pas, *Vernonia amygdalina*. Elle les mâcha consciencieusement, crachant les fibres pour avaler le jus. Le lendemain après-midi, elle se portait déjà mieux et, par la suite, elle se rétablit. Surprise des éthologistes: la *Vernonia* est une plante utilisée en Tanzanie par les humains pour le traitement des parasitoses intestinales et des troubles gastro-intestinaux. De plus, les chimpanzés consomment plus souvent de la *Vernonia* et une autre plante riche en thiarubrine A, antiseptique intestinal, l'*Aspilia*, pendant la saison humide, où ils sont plus exposés aux désordres gastro-intestinaux. Comment les chimpanzés connaissent-ils les vertus de ces végétaux ?

Toujours est-il que ce n'est pas par gourmandise que les singes consomment ces plantes, car on les voit faire des grimaces caractéristiques du dégoût quand ils les mâchent !

Serait-ce là une bizarrerie exceptionnelle ? Non, et c'est l'objet de la séance de l'AAAS. En effet, l'ours de Kodiak, en Alaska, utilise, lui, une autre plante, de l'espèce *Ligusticum*, pour traiter les infections bactériennes, les parasitoses et les maux d'estomac. Les Indiens navajo assurent que ce sont les ours qui leur ont d'ailleurs appris à se servir aussi de ces plantes.



Le chimpanzé

Plus déroutant: les femelles d'autres primates, les singes hurleurs du Costa-Rica, utiliseraient, elles, les propriétés alcalinisantes ou acidifiantes de certaines plantes pour contrôler le sexe de leur progéniture. On sait, en effet, qu'un milieu alcalin favorise les spermatozoïdes porteurs du chromosome Y, et un milieu acide, ceux qui sont porteurs du chromosome X. C'est ce que pensent en tout cas certains éthologistes, qui se demandent comment il se fait que certaines femelles n'ont que des rejetons mâles. C'est que les singes adapteraient alors le sexe de leurs enfants à l'état de leurs sociétés, le fait d'avoir des mâles assurant la possibilité d'en avoir un qui devienne le chef de la bande, tandis que, lorsqu'il y a trop de mâles, une femelle présenterait plus d'intérêt pour sa mère, qui se trouverait de la sorte assurée d'être douairière de la bande....

Toujours est-il que ce n'est pas la seule éthologie qui trouve son bénéfice dans l'intérêt des scientifiques, mais aussi la pharmacologie à usage humain : car les animaux connaissent peut-être des plantes qui nous seraient utiles..

G. M. ●

... et l'ours de Kodiak



CHIRURGIE

Interventions simplifiées sur le thorax

Une information récente, dans la presse américaine, donnait à penser que les chirurgiens américains étaient à la pointe du progrès dans un domaine particulier, celui de la chirurgie thoracique. Elle appelle des précisions qui intéressent le public, et pas seulement les spécialistes.

Cette information faisait, en effet, état d'une nouvelle procédure thoracique simplifiée, appliquée au New York Hospital: au lieu de l'incision d'une trentaine de centimètres qui était jusqu'ici nécessaire (pour enlever une tumeur ou un kyste, ou pour intervenir sur un pneumothorax), les chirurgiens recourent à des endoscopies par incisions de diamètre beaucoup plus réduit, une pour introduire la sonde équipée d'une cellule à convertisseur vidéo, qui transmet les images du milieu interne sur un écran, et deux ou trois autres pour introduire les instruments. Le séjour à l'hôpital est ainsi réduit à environ 48 h, au lieu d'une semaine, et la cicatrisation s'effectue en quelques jours au lieu de 6 à 8 semaines. Les douleurs consécutives sont également bien moindres.

En fait, cette procédure est utilisée depuis le début des années quatre-vingt, et elle est parfaitement connue et appliquée en France, comme en a témoigné le Pr Pierre Duroux, président du Ier Congrès international d'endoscopie thoracique ou thoracoscopie, qui s'est tenu à Paris les 24 et 25 janvier dernier (avec 400 participants de 16 pays). On peut aujourd'hui voir, enlever, ponctionner, dilater et installer des prothèses sans recourir à de grandes incisions ou thoracotomies extensives. Plusieurs techniques sont associées pour cela, la cryothérapie, la curiethérapie interne ou endoluminale, le laser.

Les indications vont de la biopsie au traitement des péricardites, et de la section du sympathique pour le traitement de l'artérite des membres inférieurs à l'ablation d'un kyste. **G. M.**

● ***La fatigue des "yuppies", c'est la roséole :*** *identifiée en 1984, la mystérieuse maladie qui fut un temps appelée "syndrome des yuppies" et "maladie du Lac Tahoe" est causée par une infection active par le virus herpès 6, responsable de la roséole. En témoignent des lésions cérébrales inflammatoires, siégeant souvent dans la région du centre de la vision, d'où des troubles de la vue, mais également des paralysies partielles et des crises épileptiques. Reste à savoir pourquoi le virus, qui serait en sommeil dans l'organisme, se réveillerait soudain, maintes années après l'enfance.*

●***Françoise Barré-Sinoussi récompensée par le prix Madame Europe*** *pour son rôle dans l'identification du virus du sida. C'est bien, mais on espère mieux pour elle.*

ENTOMOLOGIE

Le cas unique de la larve sauteuse

On ne connaissait pas d'animal sans squelette externe ou interne qui fût capable de sauter. Le premier, une larve, vient d'être trouvé.

C'est la larve de la mouche à fruit méditerranéenne, *Ceratitis capitata*, longueur 8,5 mm et poids 17 mg. Celle-ci est capable, en effet, de sauts qui lui permettent d'avancer 200 fois plus vite qu'elle ne le ferait en rampant humblement comme les autres larves (1).

Cette prouesse, apparemment unique dans son genre, est réalisée de la façon suivante. La larve possède une peau relativement épaisse, constituée de 8 segments annelés, renforcés par des fibres croisées non musculaires.



La propulsion est assurée en contractant l'ensemble des segments, ce qui donne à l'animal une configuration à peu près circulaire, comparable à celle d'un pneu, à ce détail près que le cinquième segment est plus fortement comprimé. L'animal ancre ses crochets dans sa queue, comme pour verrouiller le "pneu". La contraction due à la tension élastique gagne le sixième segment, puis les autres, qui, en raison de la posture, sont tous soumis à une pression élevée. A ce moment-là, l'animal dégage ses crochets de la queue et, par le double jeu de la pression interne et des contractions des fibres, se détend, effectuant alors un bond remarquable, puisqu'il atteint en moyenne 7 cm de hauteur, 8,2 cm au maximum. Le saut se fait d'avant en arrière. On peut se demander à quoi sert cette curieuse prouesse: à éviter prédateurs et parasites. **G. M.**

(1) "*Locomotion by jumping in the mediterranean fruit-fly larva Ceratitis capitata*" par David P. Maitland, *Nature*, 9 janvier 1992.

● ***Les échos de cette rubrique*** *ont été rédigés par Alexandre Dorozynski, Didier Dubrana et Gerald Messadié.*

La folle affaire américaine des implants en silicones

On serait sans doute surpris, en Europe, de l'extension qu'a prise aux Etats-Unis l'affaire des implants de silicones, prothèses destinées à donner aux seins des volumes plus abondants (1). Les télévisions y ont consacré des heures d'émission, la presse, des surfaces également considérables.

C'est qu'aux Etats-Unis, où l'on attache une importance particulière au volume des poitrines féminines, les implants de poches de silicones ont été pratiqués de manière extensive. On ne sait pas exactement combien de femmes les ont demandés, mais une estimation raisonnable en situe le nombre à quelque 5 millions. Ne parlons pas des hommes qui se sont fait gonfler les pectoraux par des implants du même type. Nous rapportons cette affaire parce qu'en France aussi nombre de femmes ont reçu de pareils implants.

La majeure partie de ces implants a été effectuée avec des poches de silicone polymérisé remplies d'un gel de silicone à la fois ferme et souple, comparable à la pression à la chair humaine. C'était là une application inattendue d'une substance qui, des années trente aux années cinquante, était surtout utilisée comme mortier industriel, par exemple entre des blocs de verre.

Les premières applications esthétiques avaient été catastrophiques, les praticiens japonais qui les avaient tentées, sans grands scrupules, ayant injecté directement – sans protection externe par des poches imperméables – des silicones dans les seins des prostituées japonaises, aux temps de l'occupation du Japon, pour les raisons psychologiques évoquées plus haut. Hélas, les infortunées pionnières furent victimes d'un phénomène atroce: les silicones ayant la propriété de migrer dans les tissus, ilsquittèrent les seins pour aller se loger dans les bras, sortir de la peau –par exemple, à l'abdomen –, voire envahir les poumons et causer la mort par suffocation.

L'étape suivante, qui commença dans les années soixante, consista à enfermer les silicones dans des poches présumées imperméables. Malheureusement, ces poches n'étaient pas vraiment imperméables, comme cela fut découvert en 1967: 16% d'un groupe de femmes qui avaient reçu de tels implants avaient souffert de ruptures des sacs. Mais la mode était si impérieuse qu'on n'en tint pas compte, ni les médecins ni les femmes aspirant à des poitrines volumineuses. Il restait quand même 84% de cas dans lesquels il n'y avait pas eu ruptures des sacs. Illusion trompeuse, comme l'indiquèrent des travaux isolés, qu'on ne prit pas à temps en considération: même s'il n'y a pas rupture franche, les silicones peuvent migrer au travers des enveloppes présumées étanches. Mais qu'importait ! On supposait, en effet, que les silicones étaient des substances inertes, qui ne déclenchaient pas de réactions organiques.

Las ! Les silicones peuvent provoquer des réactions dangereuses du système immunitaire, et c'est là que l'affaire se corse. Ces deux ou trois dernières années, la Food and Drug Administration ou FDA, qui régit l'ensemble du domaine médical et pharmaceutique aux Etats-Unis, commença à s'intéresser de près aux implants en silicone. Et elle réexamina les dossiers de commercialisation que lui avaient soumis des fabricants tels que Dow Corning pour obtenir l'autorisation de mise sur le marché. Portant sur des expériences animales, ces dossiers n'auraient pas, selon la FDA, été objectifs et n'auraient pas clairement indiqué que les trente-huit chiens qui avaient reçu des implants de ce type avaient presque tous accusé des réactions inflammatoires, voire des tumeurs bénignes. Ne prenons pas parti dans cette affaire : les observations faites sur les humains suffisent à prouver aujourd'hui que les implants de silicones sont bien toxiques.

On a trouvé chez les femmes qui en avaient des lymphocytes porteurs d'antigènes anti-silicones, ce qui prouve déjà que les silicones passent à travers la poche et agressent les défenses naturelles. Pis, le Dr Steven Weiner, chef du service de rhumatologie à l'université de Californie, à Los Angeles, a trouvé que soixante femmes qu'il soignait pour sclérodermie et autres maladies autoimmunes avaient des implants mammaires et que leur état s'était amélioré après qu'il eut retiré ceux-ci. Ce n'est pas fortuit : on savait déjà que les silicates et les silicones déclenchent bien des réactions immunitaires et, justement, la sclérodermie.



Trop beaux pour être vrais?

Evidemment, Dow Corning s'insurge contre les accusations de la FDA, l'accusant de créer artificiellement une panique. On comprend la contre-offensive : en 1991, une Californienne qui avait pâti de ses implants a gagné un procès contre la Dow Corning et a obtenu 7,3 millions de dollars de dommages, quelque 40 millions de nos francs. Si tout le monde intentait de tels procès, la Dow Corning disparaîtrait. En vertu des faits, la FDA a demandé la suspension des implants mammaires.

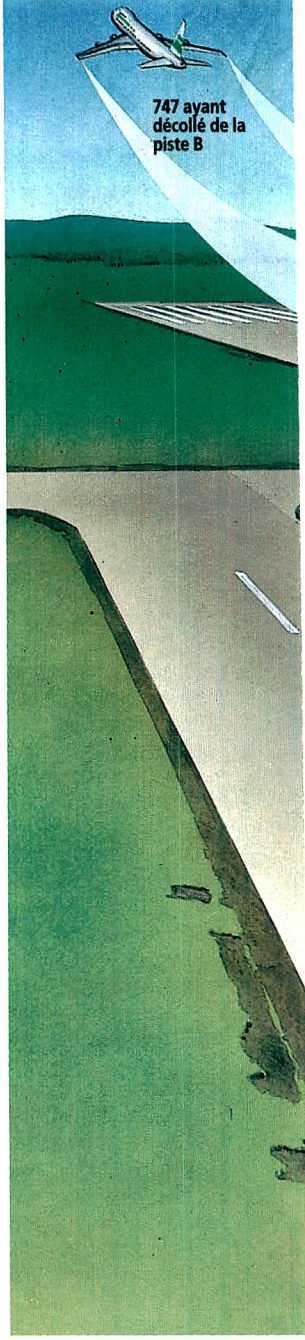
Les chirurgiens qui ont pratiqué ces implants ont-ils été légers ? L'avenir le dira. Pour le moment, leur société se plaint de n'être pas informée de tous les faits détenus par la FDA. On peut s'interroger toutefois sur ce que tant d'implants aient été réalisés alors qu'ils présentent un inconvénient aussi considérable qu'indiscutable : ils sont opaques aux rayons X et interdisent donc toute mammographie. Il existe un type d'implants qui, pour le moment, semble inoffensif : au lieu d'être remplies de silicones, les poches le sont de solution saline ou... d'huile d'arachide ! Elles sont alors transparentes et inoffensives. **G. M.**

(1) Nous avons exposé le premier état de cette affaire dans notre numéro de juillet 1991, p. 85.

PAR SERGE BROSSELIN

LES GROS AVIONS DANGEREUX POUR LES PETITS

Au décollage ou à l'atterrissage, un avion peut être dangereusement déstabilisé par les tourbillons qui se créent dans le sillage de l'appareil qui le précède. Surtout lorsque la différence de taille entre les deux est importante. Jusqu'ici, on se contentait d'espacer de trois minutes deux décollages (ou deux atterrissages) successifs. Aujourd'hui, on étudie d'autant plus près ce phénomène que nos avions de lignes actuels seront tous des joujoux comparés aux super-jumbos de 700-1000 places que nous promettent les constructeurs.

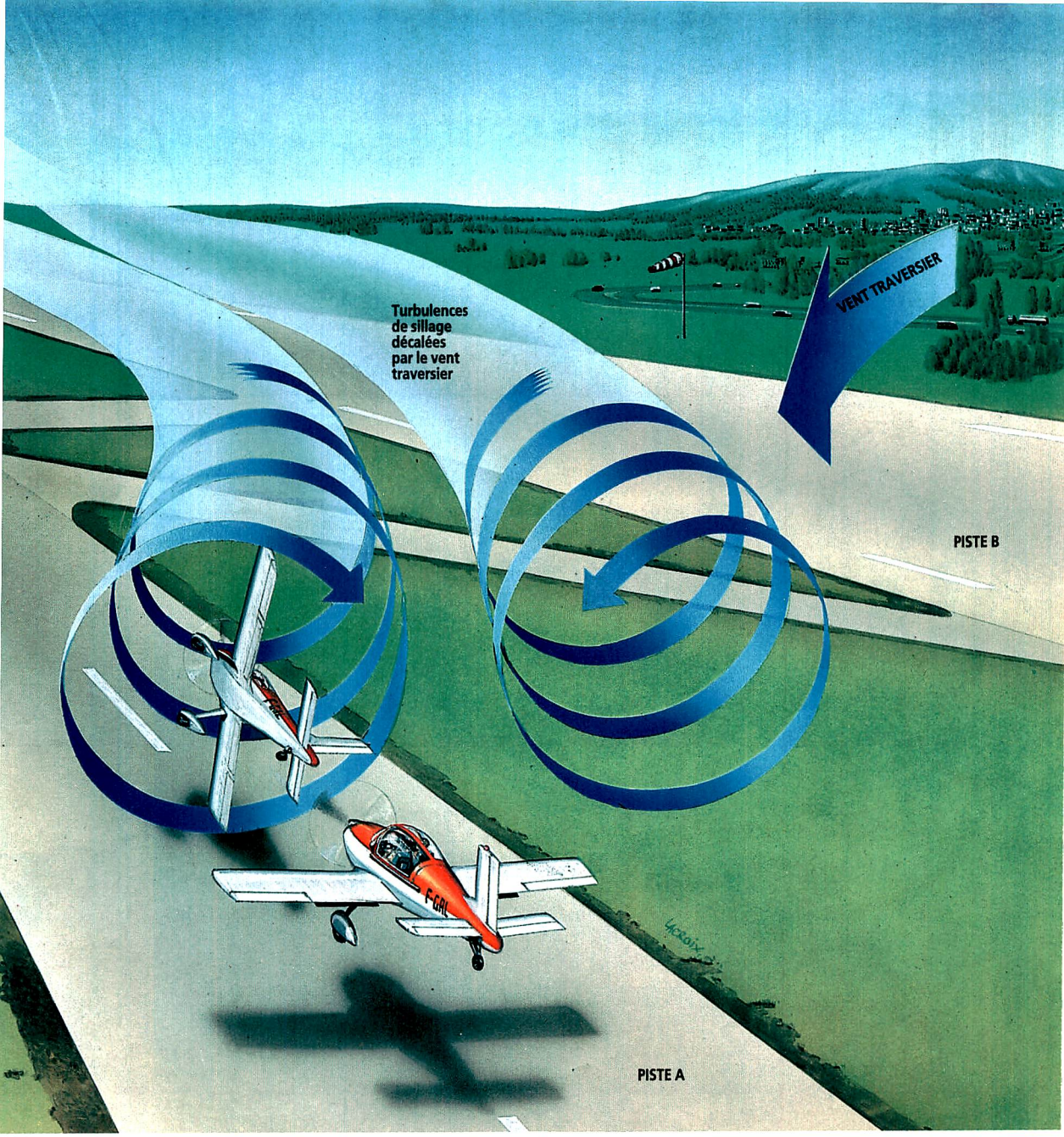

747 ayant décollé de la piste B

En décembre dernier, un petit avion bimoteur Bandeirante s'est retrouvé à voler... sur le dos, tout en chutant de 3 000 pieds environ (1 000 m), avant que le pilote ne réussisse à reprendre le contrôle de l'appareil. Dieu merci, le Bandeirante avait suffisamment d'altitude, et l'incident n'eut pas de conséquences dramatiques : il évoluait alors à 8 000 pieds, en approche sur l'aérodrome d'Orly, où il s'est posé sans problème. Mais ce fut vraiment un coup de chance.

Que s'est-il passé? Non, le pilote ne s'était pas livré à une quelconque galipette. Simplement, il volait derrière plus gros que lui, derrière un Airbus. Et bien qu'il se soit tenu à la distance réglementaire de six milles nautiques (un peu plus de 10 km), il a été pris dans les tourbillons marginaux de l'Airbus...

Les tourbillons marginaux prennent naissance à l'extrémité des ailes de tout avion en vol. Une aile est en effet soumise à la pression de l'air sur sa partie inférieure (intrados), et à une dépression sur sa partie supérieure (extrados). C'est même la combinaison des deux, pression et dépression, qui assure la portance, et donc la sustentation de l'avion. Mais, aux extrémités de l'aile, la pression de l'intrados a tendance à être "attirée" vers la dépression, créant un mouvement tourbillonnaire de l'air, un vortex, dont le diamètre s'amplifie au fur et à mesure que l'on s'éloigne en arrière.

Si un petit avion se trouve pris dans pareil tourbillon, il va littéralement basculer. L'action du pilote sur les commandes ne sera pas suffisante pour s'opposer à ce puissant mouvement de rotation de l'air. C'est exactement ce qui s'est passé avec le Bandeirante. Il faut savoir, en effet, que la puissance des tourbillons marginaux est proportionnelle à l'envergure de l'aile qui les crée, donc à la taille de l'avion. Malheur aux petits, dans ce cas ! Mais les gros d'aujourd'hui, c'est-à-dire nos avions de ligne actuels, seront les petits de demain, puisque, on le sait (voir *Science & Vie* n° 891, p. 98), les constructeurs envisagent de fabriquer des appareils encore plus gros que les Boeing 747 et autres Airbus A 340.

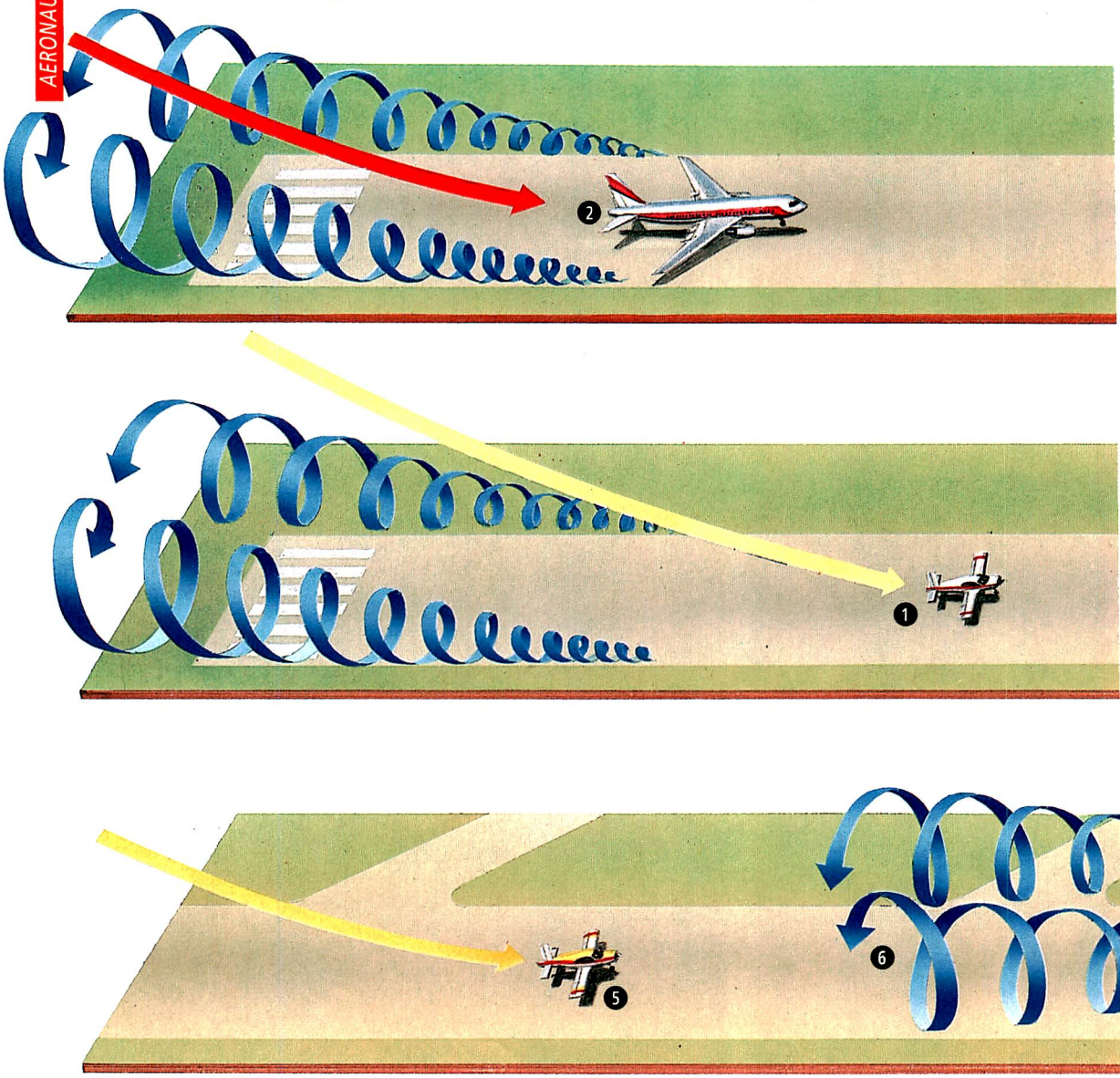


Ces futurs "super-jumbos", comme on les appelle parfois, constitueront donc un véritable danger pour le transport aérien. Notamment au décollage et à l'atterrissage, lorsque les avions volent à vitesse réduite et sont donc plus vulnérables aux tourbillons marginaux des appareils qui les précèdent. C'est d'ailleurs pour se prémunir contre ce type de danger que les contrôleurs au sol et les pilotes respectent certains intervalles de temps entre les décollages et les atterrissages, ou adoptent pour les avions "suiveurs" des pentes d'approche ou de montée différentes de celles des avions "suivis".

Attention à la piste d'à côté !

Un petit coucou décollant tranquillement d'une piste **A** où aucun gros porteur ne l'a précédé n'est pas à l'abri pour autant. Gare au 747, déjà disparu dans les airs, qui aura décollé d'une piste parallèle **B**, laissant ses turbulences de sillage aux "bons" soins d'un vent traversier malveillant ... Danger de crash !

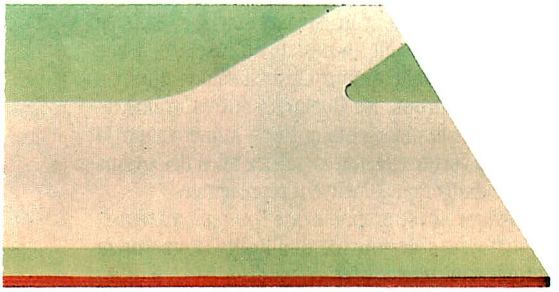
Pourtant, l'une des solutions envisagées pour lutter contre l'encombrement des aéroports consiste, précisément, à réduire les intervalles de temps ou de distance entre les avions, que ce soit au décollage ou à l'atterrissage. La connaissance aussi précise que possible de la manière dont se forment

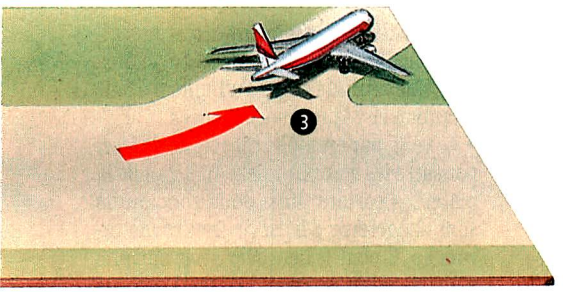


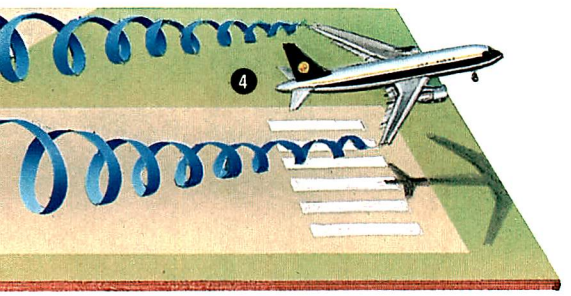
et se propagent les tourbillons marginaux, la connaissance des facteurs qui peuvent influencer leur renforcement ou leur dissipation, revêtent donc un intérêt primordial. Pas question d'autoriser des avions à se suivre à 3 ou 4 km de distance si on n'est pas sûr que cela peut se faire sans risque. Tel était précisément l'objet d'une conférence qui s'est tenue les 30 et 31 octobre dernier à Washington, aux Etats-Unis, et qui réunissait des spécialistes américains, britanniques, russes, allemands et français.

Que sait-on aujourd'hui exactement de la turbulence de sillage, comme on appelle ces tourbillons qui prennent naissance en arrière des avions ? Un certain nombre de choses, heureusement.

• Tout d'abord, si la turbulence de sillage est provoquée par l'ensemble de l'avion, ce sont surtout les vortex des extrémités de la voilure, autrement dit les tourbillons marginaux, qui sont prépondérants. Donc les plus dangereux. C'est d'ailleurs pour cette raison que le ravitaillement en vol des avions de combat est une opération moins délicate à mener lorsque ceux-ci se placent en arrière du fuselage du gros appareil ravitailleur (solution adoptée par l'armée de l'air française), que lorsque l'on adopte le ravitaillement dit en double perche, une à l'extrémi-







L'art d'atterrir derrière les gros. Derrière un gros avion qui vient d'atterrir, un petit se posera (**1**) bien en avant du point où l'autre a touché la piste (**2**). En ce point, le gros porteur, qui sera déjà loin devant (**3**), aura suffisamment ralenti pour que les turbulences de sillage qu'il en gendre soient quasi nulles. A la suite d'un gros porteur qui vient de décoller (**4**), un petit avion se posera (**5**)bien en arrière du point où l'autre a quitté le sol(**6**): lorsqu'il pénètrera dans les turbulences de sillage du gros, le petit avion sera au sol et à vitesse réduite, donc à l'abri de tout risque.

té de chaque aile de l'avion-citerne : dans ce dernier cas, certes, on ravitaille deux avions à la fois au lieu d'un seul, mais les appareils en cours de ravitaillement risquent de se faire "secouer" dangereusement s'ils ne restent pas nettement en dessous des tourbillons marginaux .

• On sait ensuite que la turbulence provoquée par les ailes est proportionnelle à l'envergure de celles-ci, ainsi qu'il a déjà été dit plus haut. Gros avions égalent donc très forte turbulence.

• On sait encore que la turbulence de sillage a tendance à descendre légèrement. Un pilote-instructeur qui demande à son élève d'effectuer un virage circulaire de 360° à altitude constante, sait pertinemment que si l'avion repasse dans sa propre turbulence, c'est que l'élève aura "perdu" un peu d'altitude au cours de la manœuvre !

• On sait enfin que le problème de la turbulence de sillage se pose surtout pour les avions de petite taille, ceux qui risquent de se trouver entièrement pris dans les tourbillons. L'une des ailes est alors soumise à un mouvement ascendant de l'air, l'autre à un mouvement descendant : l'appareil se trouve complètement déstabilisé.

Pour se prémunir contre ce type de danger, on s'en est tenu jusqu'à ce jour au maintien de certains intervalles minimaux entre avions. Intervalles de distance : six milles nautiques (mais on a vu avec le cas du Bandeirante que cela pouvait se révéler insuffisant). Ou intervalle de temps : trois minutes, par exemple, entre deux décollages ou atterrissages successifs. Mais, reconnaissait l'un des experts de la DGAC (Direction générale de l'aviation civile) présent à Washington au mois d'octobre, «cette séparation de trois minutes arrêtée depuis de longues années a été décidée arbitrairement, et non sur la base d'une analyse scientifique sérieuse...». D'ailleurs les contrôleurs savent qu'ils peuvent parfois réduire cet intervalle, entre autres si un vent traversier souffle sur la piste, écartant la turbulence et avec elle le danger.

Certes, l'existence de la menace que constituent ces tourbillons est parfaitement reconnue. Un expert britannique a ainsi déclaré à Washington qu'un millier de cas de turbulences de sillage ont été recensés par les pilotes de lignes, au cours des vingt dernières années, lors d'approches effectuées sur l'aérodrome de Heathrow, à Londres. Mais cette connaissance est aujourd'hui encore trop empirique.

Pour pouvoir décider d'autoriser tel ou tel avion à décoller ou à se poser derrière tel ou tel autre dans un intervalle de temps réduit, il est nécessaire – on en a convenu à la conférence de Washington – de savoir exactement comment est "sculptée" la turbulence de sillage, quels facteurs (aérologiques ou autres) sont susceptibles de l'influencer et de quelle manière elle disparaît ou se renforce. Cela afin de

fournir aux contrôleurs au sol un "outil" – qui devrait être disponible en 1994-1995, a-t-on promis à Washington – leur permettant de prendre leurs décisions en toute connaissance de cause.

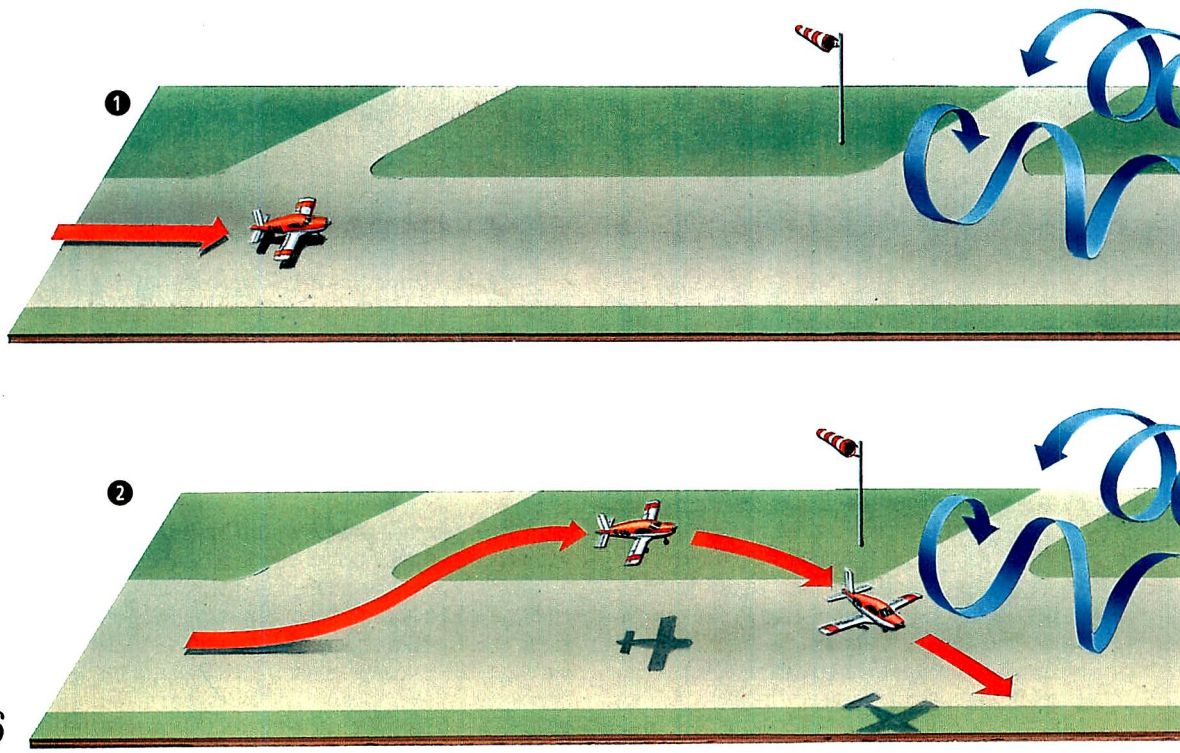
Les avions classés selon les turbulences qu'ils engendrent. Les avions ne seront plus "gros", "moyens" ou "petits" comme les identifie la classification actuelle. Celle-ci sera abandonnée, ont décidé les participants à la conférence, et remplacée par une autre, que l'on pourrait appeler "d'effet induit". Au seul critère de masse de l'avion, on substituera une valeur "paramétrée" et codée qui tiendra compte de la taille de l'appareil, de sa configuration aérodynamique (train d'atterrissage et volets sortis ou rentrés), de l'envergure de la voilure, de la manière dont celle-ci est montée sur l'appareil : aile haubannée ou en porte-à-faux (le terme consacré est l'anglais *cantilever*). L'aile haubannée est renforcée par des barres qui la raccordent au fuselage (dans ce cas, l'aile est souvent au-dessus du fuselage). L'aile *cantilever* est l'aile aujourd'hui classique que l'on voit sur les Airbus, les Boeing et autres avions de lignes. Tous ces éléments ont une influence sur la forme des vortex engendrés par les ailes des avions et sur le danger qu'ils peuvent représenter.

A l'avenir, il est probable que l'on réclamara aux constructeurs de fournir des indications sur la configuration des vortex engendrés par les différents types de voilure montés sur leurs avions. Les études en soufflerie menées lors du développement d'un nouvel avion y pourvoieront. Ou encore, les essais en vol, grâce à des capteurs dont il sera question plus loin.

Une chasse scientifique aux tourbillons marginaux. Une fois identifiés les tourbillons engendrés par les avions, une seconde étude s'attaquera à leur évolution et à leurs conséquences.

• Le vent, par exemple, s'il souffle de face, poussera les vortex au-delà du début de la piste, les sortant ainsi de la zone où ils sont dangereux. S'il est de travers, en revanche, il peut les envoyer sévir sur une piste parallèle. Le vent, comme les zones

Décoller après un gros. Là, le petit avion doit quitter le sol bien avant le point où le gros a décollé. Cette distance peut être réduite lorsqu'un vent traversier vient balayer ces turbulences de la piste (**1**). Quoi qu'il en soit, dès qu'il aura pris l'air, le petit avion aura soin de s'écarter (**2**) de l'axe de vol du gros (qui a une pente de montée plus forte) pour éviter de traverser les dangereux tourbillons.



d'ascendance de l'air (par exemple sous des nuages de type cumulus), déplace donc le danger, mais finit aussi par l'annuler par dispersion des vortex.

• La présence de brouillard, en revanche, comme elle est synonyme d'absence de vent, tend à prolonger la vie des tourbillons.

• Le nombre et la disposition des pistes des différents aéroports sont des aspects essentiels de l'influence des vortex sur le trafic aérien (voir plus haut l'exemple d'un vent latéral).

Coalition internationale contre les vortex. Pour cette seconde étude, la charge de travail a été répartie entre les équipes présentes à la conférence de Washington. La FAA (Federal Aviation Adminsitration) américaine s'est vu confier l'étude de la chaîne de contrôle et d'alerte, ainsi que les modes de visualisation des vortex sur écran vidéo. Elle aura à intégrer tous les éléments de la chaîne, des capteurs (différents types de radars) jusqu'aux écrans de visualisation, en passant par la transmission des informations, la mise au point des logiciels de traitement de celles-ci, le choix de la symbologie, etc.

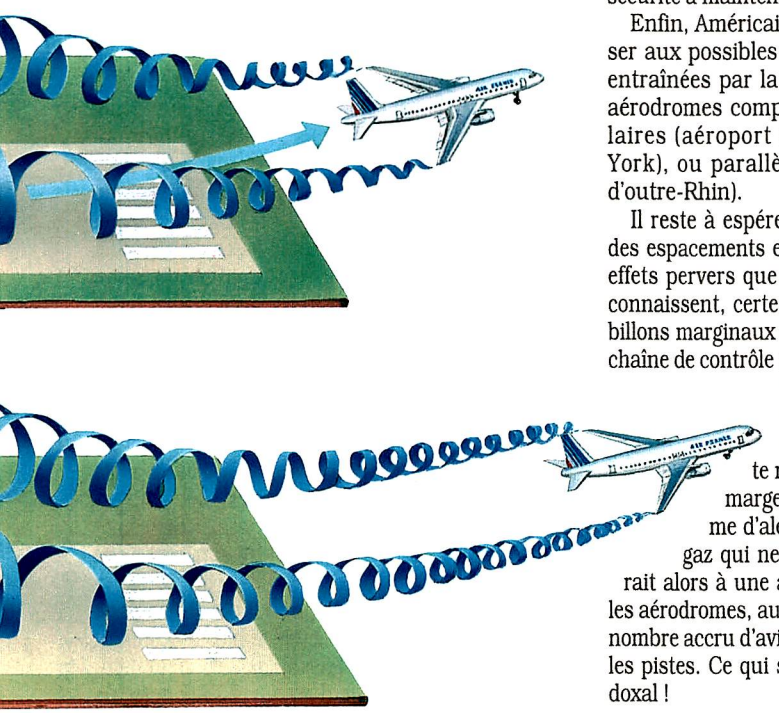
Les équipes françaises, par DGAC interposée, ont reçu une double tâche. D'abord, compléter les données générales recueillies depuis plusieurs années dèjà par les Américains lors d'observations effectuées par des radars météorologiques de dernière génération (radars lasers) et des systèmes acoustiques (les tourbillons en question constituent des ondes de pression assimilables à des sons). Ensuite, développer la simulation de réponse des capteurs : en termes clairs, il devront vérifier que les caractéristiques et les modes de fonctionement des capteurs sont totalement adaptés à une observation précise du cycle de vie des vortex et de leur dynamique, que ce soit en atmosphère calme ou en atmosphère turbulente.

Les Britanniques, en coopération avec une équipe russe de l'institut de mécanique des fluides de Moscou, ont la responsabilité de la modélisation des vortex : à partir des caractéristiques de départ des turbulences marginales produites par chaque type d'avion dans chaque configuration, et à partir de mesures instantanées de la force du vent, de sa direction, de la tempéature, de la pression, de l'hygrométrie, etc., ils devront définir le comportement de la turbulence de sillage. Cela permettra, ensuite, de mettre au point les logiels destinés aux contrôleurs aériens : en entrant au clavier les paramètres aérologiques et météorologiques, ils pourront suivre sur leurs écrans l'évolution des turbulences dues à tel avion au décollage ou à tel autre à l'atterrissage. Ils pourront régler en conséquence les intervalles de sécurité à maintenir entre deux avions successifs.

Enfin, Américains et Allemands vont s'intéresser aux possibles perturbations du trafic aérien entraînées par la turbulence de sillage sur des aérodromes comportant des pistes perpendiculaires (aéroport de La Guardia, près de New York), ou parallèlles (pour certains aéroports d'outre-Rhin).

Il reste à espérer que la nouvelle classification des espacements entre avions n'entraînera pas les effets pervers que craignent certains! Ceux-là reconnaissent, certes, que la visualisation des tourbillons marginaux et les décisions suggérées par la chaîne de contrôle et d'alerte constitueront une aide indéniable pour les contrôleurs au sol, mais ils craignent que ces derniers, en période de pointe notamment, ajoutant leur propre marge de sécurité à celle de leur système d'alerte, n'ordonnent des remises de gaz qui ne s'imposent pas. Car on aboutirait alors à une aggravation de la saturation sur les aérodromes, au lieu d'une amélioration, avec un nombre accru d'avions en attente dans le ciel ou sur les pistes. Ce qui serait tout de même assez paradoxal !

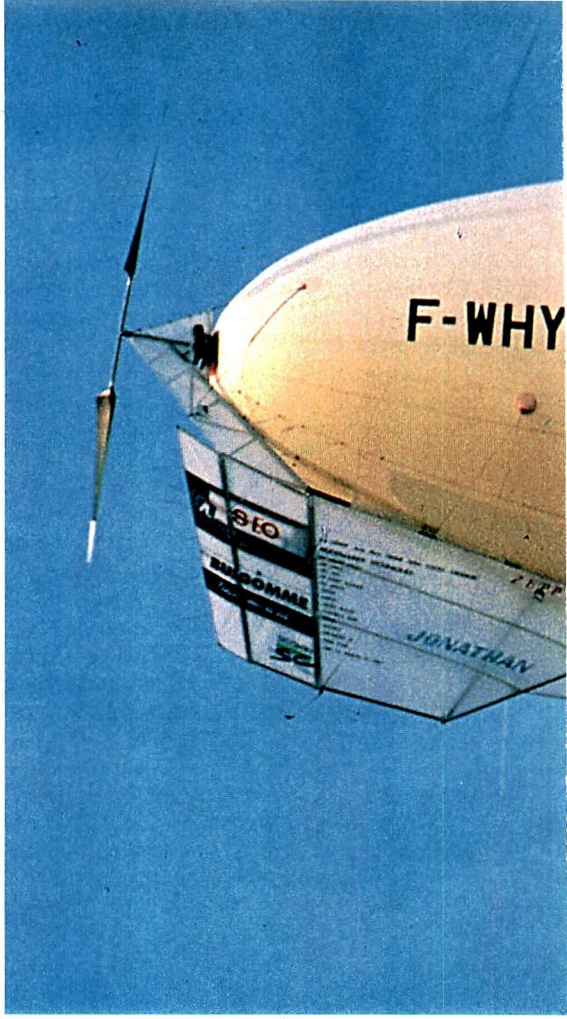
Serge Brosselin



PAR GERMAIN CHAMBOST

LA BICYCLETTE VOLANTE

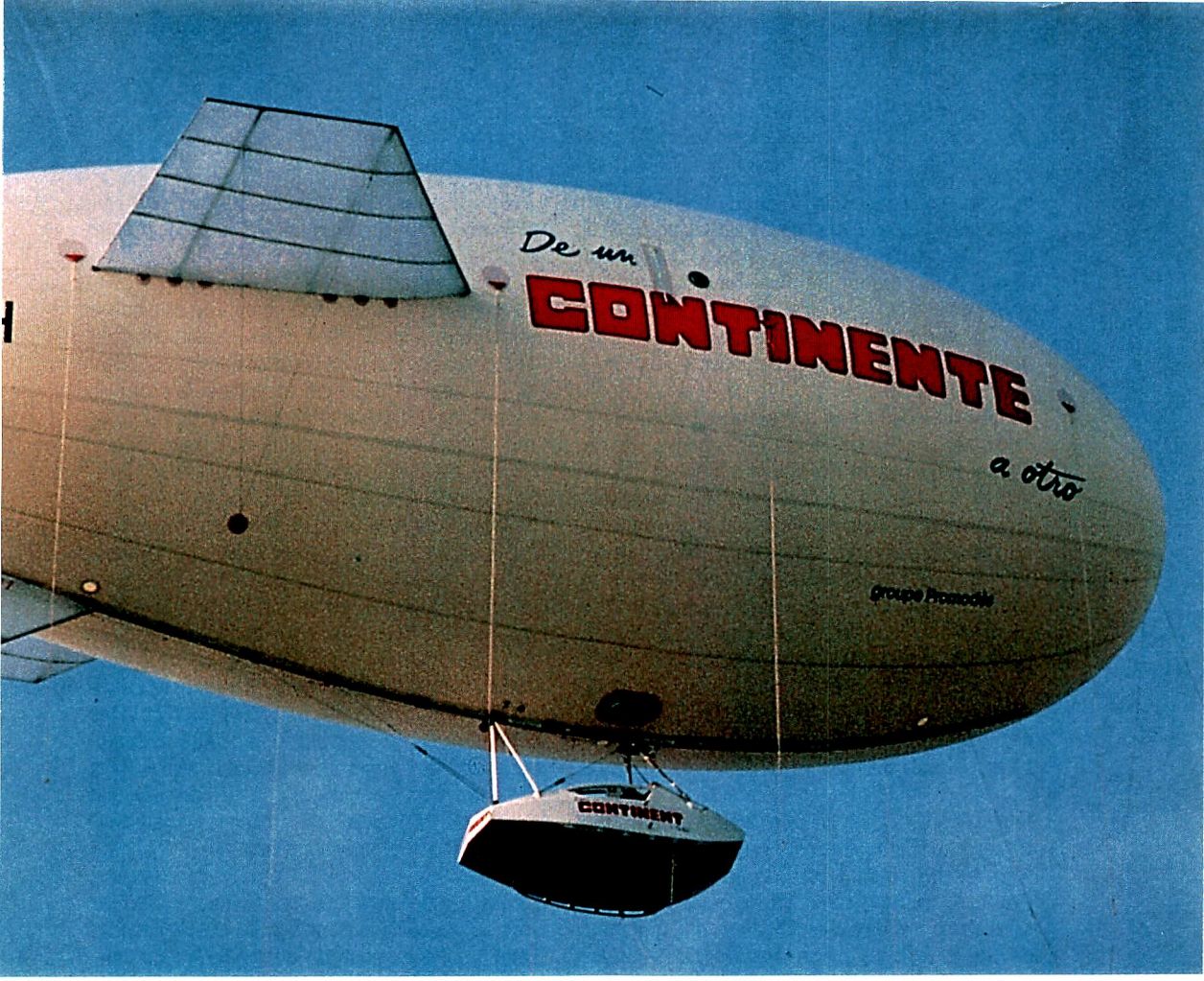
Ce mois de mars 1992, le dirigeable *Continent* traversera l'Atlantique à la force des jarrets des deux pilotes qu'il emportera. Un défi aéronautique inattendu: alors que les courses cyclistes ou automobiles, les avions de combat ou les navettes spatiales n'ont plus de secret pour les aérodynamiciens, ces derniers sont totalement démunis face à un plus-léger-que-l'air volant à si faible vitesse.



Cette année 1992, Gérard Feldzer, commandant de bord et président de l'association Jonathan, accompagné du journaliste Nicolas Hulot, célébrera à sa manière le 500e anniversaire de la traversée de l'Atlantique par Christophe Colomb. Ils referont la traversée sur les traces exactes du découvreur de l'Amérique. Mais par la voie des airs. Colomb avait profité des alizés, ces vents qui soufflent d'est en ouest à des vitesses comprises entre 15 et 25 nœuds (environ 30 et 50 km/h) dans les basses couches sur l'océan. Feldzer et Hulot feront de même. La date de départ de Huelva, près de Séville, en Espagne, vers la mi-mars, a été choisie précisément pour tirer parti de ces conditions favorables. Leur ballon, baptisé *Continent* (en fait, *d'un Continent à l'autre*) volera entre 50 et 100 m au-dessus de l'eau, pour se laisser porter par les vents. A quoi s'ajoutera la vitesse d'avancement propre à leur dirigeable, obtenue par un système de propulsion... à pédales. Les deux pilotes se relaieront pour entraîner la grande hélice bipale en carbone de 6,60 m de diamètre située à l'arrière de leur engin.

Le *Continent* est un ballon de 22 m de long, 7,33 m de diamètre, avec un volume de 620 m³. L'enveloppe, en polyamide enduit de polyuréthane, est d'une légèreté remarquable: ses 420 m² développés ne pèsent que 86 kg, soit trois fois moins que les tissus habituellement utilisés pour les dirigeables. Son étanchéité renforcée doit permettre au ballon de tenir l'air plus de dix jours. Il faut savoir en effet qu'un mètre cube d'hélium, le gaz qui sera employé pour gonfler l'enveloppe, soulève une masse de un kilogramme. Les pertes, inévitables (l'hélium diffuse même à travers une paroi d'acier), ne doivent pas dépasser la diminution de la charge à emporter, diminution qui résultera de la consommation d'eau et de nourriture de l'équipage.

Autre particularité de l'enveloppe, sa forme reste identique quelles que soient les variations de pression interne consécutives aux variations de température extérieure. Cela permet de conserver une forme optimale du corps fuselé, afin de réduire la traînée. Pour cela, l'enveloppe est divisée en deux parties. La plus grande occupe le haut et contient les 530 m³ d'hélium qui assurent la sustentation. Au-dessous, une poche d'air de 173 m³, sorte de



"vessie natatoire" destinée à maintenir constante la pression de l'hélium à 2 millibars. Cette poche est gonflable grâce à une soufflante électrique (*voir photo p.111*). Une soupape permet, au contraire de la dégonfler. Mais, pour affronter de fortes turbulences, par exemple, il est possible de faire monter la pression à 5 millibars, afin de renforcer la rigidité du corps fuselé. On reste cependant très en deçà de la pression de rupture de l'enveloppe, qui est de 20 millibars.

Des ailes d'une superficie de 27 m² ont été adjointes à l'enveloppe, ainsi qu'une dérive (plan horizontal) de 14 m², avec une gouverne de direction (plan vertical) en deux parties. Les ailes, outre qu'elles concourent à la sustentation, porteront les panneaux solaires qui assureront l'alimentation électrique. Quant à la dérive, elle est là pour la stabilité de route (maintien sur une trajectoire), alors que la gouverne de direction permet de faire virer le ballon à droite ou à gauche, par l'intermédiaire d'un câble manœuvré à partir de la nacelle-cokpit.

Si le pilotage en lacet (gauche-droite) est relativement simple grâce à la gouverne, il n'en va pas de même pour le pilotage en tangage (nez piqué ou cabré pour descendre ou monter). A l'origine, il avait été envisagé d'installer des gouvernes de profondeur, comme sur un avion. Mais les essais sur maquette, compte tenu des très faibles vitesses de déplacement, ont montré que de telles gouvernes étaient totalement inefficaces. Il a donc fallu trouver autre chose.

Pour baisser ou relever le nez de leur ballon, les pilotes devront faire appel à l'un ou l'autre des deux systèmes suivants.

● Ils pourront faire avancer ou reculer de 80 cm leur nacelle par rappport au ballon. En variation ainsi la position du centre de gravité, ils agissent sur l'assiette du ballon. Et une fois l'assiette à piquer ou à cabrer acquise, la propulsion permet de monter ou de descendre.

A noter, d'ailleurs, que la poche d'air joue également un rôle dans ce mouvement, en amplifiant le mouvement vers le haut ou vers le bas, l'air ayant tendance à glisser vers l'arrière ou vers l'avant au moment de la prise d'assiette.

● Second système: le *Continent* est doté de deux

ballasts remplis d'eau, un à l'avant et un à l'arrière, reliés entre eux, et d'une pompe électrique permettant de transférer l'eau de l'un à l'autre. Là aussi, en déplaçant le centre de gravité de l'ensemble, on fait piquer ou cabrer l'enveloppe.

Le déplacement du cockpit sert aux petites variations d'assiette ; le système des ballasts, aux variations importantes.

Un pilotage automatique artisanal mais astucieux est mis en route durant les périodes de repos, lorsque l'équipage ne contrôle pas le ballon en permanence. Car, pour bénéficier au mieux des alizés, le ballon devra rester constamment à une hauteur comprise entre 50 et 100 m au-dessus de l'eau. Pour cela, il suffit à l'équipage de laisser une cordre de chanvre traîner dans l'océan. Si le dirigeable monte, il va soulever davantage de corde, une corde gorgée d'eau. Le supplément de poids le fera redescendre. Dans le cas contraire, la corde s'enfonce dans l'océan, où elle flotte, allégeant le ballon qui remontera.

Le système de propulsion, on l'a vu, est constitué de pédaliers installés dans l'habitacle (un habitacle profilé aérodynamiquement et insubmersible), qui transmettent le mouvement ainsi obtenu vers la grande hélice placée à l'arrière, par l'intermédiaire d'une courroie en Kevlar d'une longueur de quelque 40 mètres. S'y ajoute éventuellement un moteur électrique, dans les cas où l'énergie fournie par les panneaux solaires n'est pas entièrement consommée par le moteur de la soufflante qui gonfle la poche d'air, le moteur de transvasement de l'eau entre les ballasts ou les communications radio.

Précisons, pour être complet, que l'habitacle, en forme de barque, offre 4 m² de surface habitable, qu'il est en matériaux composites, fibres de verre et carbone époxy en sandwich, et comporte des volumes de flottabilité. Il doit permettre aux deux pilotes de pédaler à tour de rôle ou ensemble, de s'allonger pour dormir, d'accomplir toutes les tâches de la vie à bord. Y compris, bien sûr, de se nourrir. Chaque homme consommera 1 kg d'aliments lyophilisés et 5 l d'eau durant la dizaine de jours que prendra la traversée. Un petit réchaud permettra même de préparer des boissons chaudes.

L'équipement de sécurité comprend une balise Argos pour la localisation et les communications d'urgence, une balise de détresse Sarsat, une radio HF BLU pour les communications avec le centre de contrôle de la traversée installé à Paris, un poste VHF aéronautique et un VHF marine pour les communications avec les navires ou les avions que le dirigeable croisera sur sa route.

Pour le pilotage et la navigation, les deux pilotes feront appel à un indicateur de vitesse, un altimètre, un variomètre, un compas et un GPS, Global Positioning System, qui fournit des positions géographiques précises par référence à un réseau de satellites.

Une traversée en deux temps. Mi-mars, le Continent s'envolera de Hualva vers les Canaries (1300 km) pour s'y ravitailler et attendre les conditions météorologiques favorables afin d'effectuer la deuxième partie du voyage, Canaries-Antilles, soit 6 500 km. La première étape devrait prendre trois jours, la seconde, entre six et huit jours.

Le pari n'est cependant pas gagné d'avance. L'équipe qui entoure Gérard Feldzer et Nicolas Hulot a, en effet, rencontré pas mal de difficultés dans la mise au point du dirigeable. «Nous redécouvrons des lois oubliées depuis l'époque des Zeppelin, souligne Gérard Feldzer, les lois du vol à très basse vitesse. La propulsion musculaire permet de se déplacer à 15 ou 20 km/h. Aucune soufflerie aérodynamique ne reproduit de telles conditions. Les aérodynamiciens se sont penchés sur le cas des cyclistes, ou celui des skieurs. Mais ils vont beaucoup plus vite que cela ! Tous nos calculs théoriques doivent être vérifiés en vol. Et nous avons parfois des surprises ».

L'hélice de grand diamètre (4,60 m) n'a pu ainsi être testée en soufflerie, faute de disposer d'une installation de dimensions suffisantes. Aspirant en quelque sorte l'air qui s'écoule autour du ballon, elle est censée réduire ce que l'on appelle la traînée de culot, cette traînée qui se forme en aval



Un cockpit pour deux pédaleurs.

Pendant la dizaine de jours que durera la traversée de l'Atlantique à 50-100 m au-dessus des flots, les deux pilotes du dirigeable *Continent* mangeront et dormiront dans leur nacelle insubmersible en matériaux composites. Et, surtout, ils pédaleront, pour faire tourner – par l'intermédiaire d'une courroie en Kevlar de 40 m – la grande hélice placée à l'arrière. Vitesse de cette bicyclette des airs: 15-20 km/h.



Une "vessie natatoire" pour compenser les fuites d'hélium. L'enveloppe du *Continent* est gonflée à l'hélium, gaz ultra-léger qui assure la sustentation du ballon (1 m³ soulève 1 kg). Elle comporte une poche séparée du reste, comparable à la vessie natatoire des poissons: pour compenser les pertes de pression de l'hélium (par diffusion à travers l'enveloppe), on pompe de l'air dans cette poche grâce à une soufflante électrique (**flèche**), commandée à partir du cockpit. La poche se gonfle contre le reste de l'enveloppe, augmentant de la sorte la pression de l'hélium.

d'un corps profilé et s'oppose à l'avancement.

C'est cette traînée que doit vaincre le système propulsif, afin d'assurer une certaine vitesse de déplacement. Or, lors des premiers vols, on s'est aperçu que la traînée était plus forte que prévu, l'effet favorable de l'hélice à l'arrière se révélant inférieur à ce que laissait supposer le calcul théorique. De plus, il semblerait que la rugosité même du tissu de l'enveloppe engendre une traînée induite, ce qui n'avait pas été envisagé.

Comment connaître la vitesse du *Continent*? Il n'existe pas d'anémomètre Badin pour des vitesses aussi faibles que celles du dirigeable. L'anémomètre Badin, du nom de son inventeur, est un instrument qui fournit la vitesse d'un mobile en captant la pression totale (somme de la pression dynamique et de la pression statique) et en en retranchant la pression statique. La pression dynamique étant proportionnelle à la vitesse, on en déduit cette dernière.

Mais le dirigeable à propulsion humaine ne va pas assez vite pour faire réagir un anémomètre Badin. Il a fallu recourir à l'ancêtre de ce dernier, l'Etévé, du nom, là encore, de son inventeur. Il s'agit d'une plaque placée perpendiculairement au sens d'avancement du mobile et maintenue par un ressort. La vitesse agissant sur la plaque, comprime le ressort et ce, d'autant plus que cette vitesse est forte. Si la plaque se déplace sur un tableau gradué en km/h, on peut y lire la vitesse.

Tout, ou presque, est donc à réinventer. Mais en même temps, le *Continent* fait appel aux techniques les plus sophistiquées. Outre l'enveloppe ultra-légère (voir plus haut), Gérard Feldzer cite les panneaux solaires, d'une légèreté remarquable: 900 g/m², six fois moins que les panneaux utilisés sur les satellites ou les stations orbitales. «Il nous fallait faire la chasse au poids dans tous les domaines, sachant que notre puissance de propulsion était de toute manière très faible, 150 à 200 W par pédaleur», indique le pilote. Ce qui explique les vitesses d'avancement modestes (15 -20 km/h).

Le dirigeable pèse 260 kg sans équipage et plus de 500 kg à charge maximale, le jour du départ. A l'arrivée, il sera allégé de l'eau et des vivres consommés, mais aussi du poids qu'auront perdu les deux pilotes à pédaler pédaler durant des dizaines d'heures !

Germain Chambost

PAR ISABELLE BOURDIAL

LES BATIMENTS QUI RENDENT MALADE

Un immeuble moderne sur trois nuit à la santé. Dans la moitié des cas, c'est parce qu'il est mal ventilé et qu'il accumule ainsi les pollutions externes comme internes.

La pollution de l'air sévit dans les immeubles contemporains, en particulier dans ceux dotés de systèmes clos de circulation de l'air (chauffage et climatisation). Ses conséquences sur l'organisme portent le nom générique de "syndrome du bâtiment malsain". Celui-ci est largement constitué de symptômes oto-rhino-laryngologiques: gorge irritée, picotement des yeux, maux de tête, associés souvent à de la fatigue. Et l'on aurait tort de ne pas les prendre au sérieux.

Plusieurs rapports de synthèse de l'Organisation mondiale de la santé et de nombreuses études réalisées aux Etats-Unis et au Danemark conduisent à estimer à 30 % le taux de bâtiments modernes affectés par la pollution de l'air (1). Plus d'un occupant de ces locaux sur cinq présente un



(1) OMS, bureau régional de Copenhague: "Air quality guide line for Europe", WHO regional publication, european series n°23, 1987; "Indoor air pollutant exposure and health effect", european reports and studies n° 7, 1983 ; "Indoor air quality research",idem n° 103, 1986. *La Qualité de l'air intérieur et son impact sur l'être humain*, rapport de synthèse de la Direction générale pour la science et la recherche de la CEE, août 1989.


ATO
LOWER
54000

ou plusieurs des symptômes décrits plus haut - des symptômes qui apparaissent le lundi matin et disparaissent lorsqu'il quitte les lieux (2), on parle d'ailleurs de "maladie du lundi matin".

Comme les modes de construction sont à peu près standardisés, on peut en déduire que le mal est international. D'ailleurs, alerté par des employés travaillant en milieu clos et climatisé, le Laboratoire d'hygiène de la Ville de Paris a fait les mêmes constatations dans la capitale. Là, un tiers des plaintes porte sur des troubles ORL, un quart sur des troubles oculaires, et le reste sur des troubles respiratoires, bronchites et pneumopathies. On relève aussi une altération de l'état général, assortie de maux de tête, fatigue ou allergies.

Le problème n'est certes pas neuf. Les premiers cas recensés de maladie causée par un bâtiment remontent à 1968, à Pontiac, Michigan. Un système de conditionnement d'air défectueux causa une épidémie d'un mal non identifié, d'apparence grippale: 144 personnes souffrirent d'accès de fièvre, de maux de tête et de douleurs musculaires. En 1976, à Philadelphie, ce même germe fit 34 victimes dans un congrès de la légion américaine. Ce qui valut à cette maladie le patronyme de maladie des légionnaires et à son vecteur bactérien enfin identifié, le nom de *Legionella pheumophila*. L'enquête révéla que les bactéries s'étaient développées dans la tour de refroidissement de la climatisation et avaient été convoyées par les conduits d'air. La série ne s'est pas arrêtée là: à Madrid, en 1989, un champignon du genre *Aspergillus*, disséminé encore par la climatisation, causa dans un hôpital la mort de plusieurs enfants. Et un centre hospitalier français fait actuellement l'objet de poursuites, intentées par les parents d'un malade qui, lui aussi, contracta une aspergillose dans l'établissement.

C'est dans les années soixante-dix qu'on a augmenté l'isolation des locaux, tout en diminuant le taux de ventilation, pour économiser l'énergie. Or, en réduisant le renouvellement de l'air, on en a dégradé la qualité - une des raisons possibles de l'augmentation de l'asthme relevée en France comme dans les autres pays industriels: à Paris, à l'hôpital Trousseau, par exemple, les consultations aux urgences pour cette affection sont passées de 14, en 1973 à 1 093 en 1988.

Mais il y a peu de temps qu'on prend ce problème au sérieux et qu'on a commencé à l'analyser. La littérature sur la question distingue trois types de polluants: les biologiques, les physiques et les chimiques.

Les polluants d'origine biologique sont, en gros, les bactéries, les virus, les champignons, les acariens et leurs déjections allergéniques, les poils d'animaux et les insectes. La climatisation peut les faire proliférer. En effet, il advient que l'ensemble du système, qui représente des kilomètres de conduits, des réservoirs d'air, une multitude de pièces mécaniques, s'encrasse. Or, ces milieux humides sont extrêmement propices au développement des bactéries et des moisissures. Les germes sont alors entraînés par le flux d'air et distribués dans tout le bâtiment. Sans parler des cas où, pour économiser de l'énergie, on obstrue les bouches d'entrée d'air frais (infraction caractérisée aux codes de la ventilation) et où l'air ne se renouvelle plus.

Par ailleurs, en climatisation, il faut un humidificateur pour injecter une certaine quantité d'eau dans l'air à distribuer. Mal entretenu, cet élément mécanique est un milieu de choix pour les bactéries: aéré, humide à souhait, la température y est clémente. Les germes y prolifèrent, puis se propagent par le truchement des émissions d'aérosols produites par tous les humidificateurs, à l'exception des modèles à vapeur. La maladie des humidificateurs, encore appelée "fièvre du lundi", est ainsi due à des champignons microscopiques, de l'ordre des actinomycètes, qui se développent dans l'eau stagnante des bacs de récupération de la condensation.

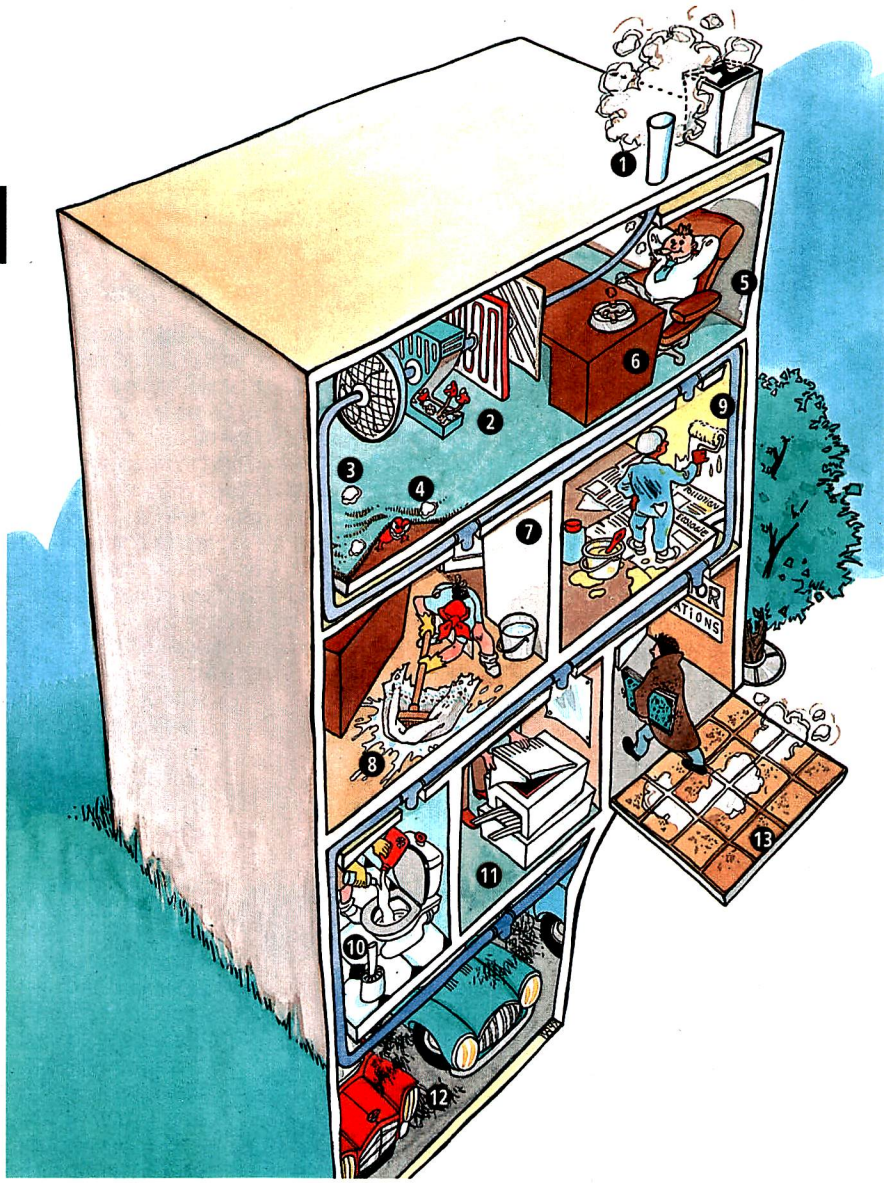
Les tours de refroidissement des systèmes d'air conditionné sont un autre milieu à risque; en effet, si les bouches de sortie - destinées à évacuer la chaleur accumulée par l'air usé et à rejeter une partie de celui-ci à l'extérieur - sont trop proches des prises d'air neuf, elles peuvent réabsorber de l'air usé et pollué.

Les polluants physiques sont le bruit, l'éclairage inadapté, la température trop haute ou trop basse, un degré d'hygrométrie mal réglé - ces deux derniers, quoique n'affectant pas réellement la santé, nuisent au confort des occupants des locaux. On y inclut le radon, gaz radioactif présent en particulier dans les dalles granitiques qui décorent les halls et les accès aux immeubles.

Les polluants chimiques sont les plus nombreux. Le gaz carbonique, dégagé essentiellement par la respiration humaine, l'oxyde de carbone, les oxydes de soufre et d'azote, l'ozone, le gaz ammoniac et les composés organiques volatils (COV), fi-

(2) 4e Conférence internationale "Indoor air quality and climate", Berlin 1987 (étude sur 600 employés de bureau souffrant du syndrome du bâtiment malsain). "Annals of studies occupational hygien", *Building news studies*, Londres, 1988 (étude sur 4 373 employés de bureau travaillant dans 42 immeubles).

La pollution en col blanc



Dans cet immeuble sont représentées les principales sources de pollution du secteur tertiaire.

1. La prise d'air neuf avoisine les rejets d'air consommé et d'aérosols évacués par la tour de refroidissement.

2. Bactéries, champignons et moisissures prolifèrent dans l'humidificateur.

3. La poussière s'accumule dans les kilomètres de conduits.

4. Les acariens colonisent la moquette.

5. L'homme, lui-même, constitue une source de pollution en fumant du tabac et en expirant du gaz carbonique.

6. Le bois aggloméré des meubles, les revêtements muraux, les vernis et les laques dégagent du formaldéhyde, du toluène et d'autres composés organiques volatils.

7. Les mousses et les matériaux d'isolation dégagent également du formaldéhyde, mais larguent aussi des fibres minérales et synthétiques dont l'amiante.

8. Les agents de nettoyage représentent une source non négligeable de composés organiques volatils.

9. Les peintures contiennent des hydrocarbures, des isocyanates – ce sont les principaux composants des peintures –, du formaldéhyde et même, pour certaines, des métaux lourds comme le plomb, le cadmium et le chrome.

10. Le mélange de détartrant et d'eau de Javel produit des émanations de chlore.

11. La photocopieuse engendre de l'ozone.

12. Du parking montent des effluves d'oxyde de soufre et de protoxyde d'azote.

13. Les dalles de granite émettent un gaz radioactif, le radon.

gurent parmi les polluants les plus répandus. Du garage en sous-sol peuvent s'infilter des émanations de dioxyde de soufre et de protoxyde d'azote.

Les matériaux de construction sont eux-mêmes source de pollution. La colle des bois agglomérés, les mousses d'isolation urée-formol et la plupart des matériaux synthétiques contiennent des COV: formaldéhydes, isocyanates et hydrocarbures aromatiques. Si les effets du formaldéhyde et du toluène – un solvant présent en particulier dans les peintures, sont bien étudiés, ceux de la plupart des autres composés organiques volatils restent peu connus. Le formaldéhyde provoque des allergies, on le soupçonne aussi d'être cancérigène; il peut être émis lors de la pose des mousses, ou relargué dans l'air ambiant quand celles-ci vieillissent. Il irrite les muqueuses des voies aériennes supérieures et des yeux. Le toluène a, lui aussi, des effets irritants

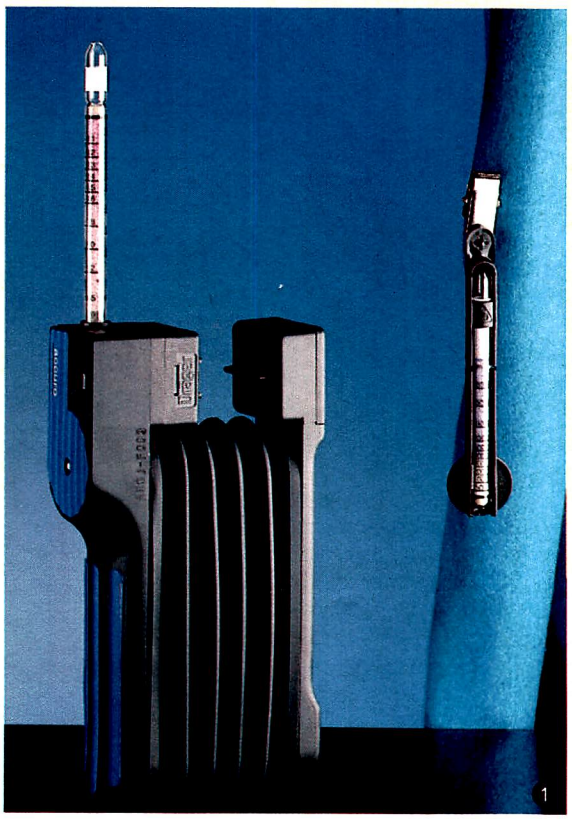
Certaines fibres minérales et synthétiques, qui entrent dans la composition des matériaux de construction et d'isolation, mais aussi des maté-

MESUREZ VOUS-MÊME LA QUALITÉ DE L'AIR DE VOTRE BUREAU

La pollution débusquée

Même si le nez – le seul capteur dont nous disposons – peut déceler une odeur suspecte, elle a toutes les chances de s'évanouir avant qu'un laboratoire spécialisé ne l'identifie. Variées, diffuses, instables, souvent aussi inodores, les pollutions aériennes sont donc particulièrement difficiles à mettre en évidence. Il existe toutefois des analyseurs d'air de taille modeste, comme ceux commercialisés par la société Draeger, qui permettent de mesurer instantanément ou en continu la concentration d'un gaz dans l'air. La pompe manuelle (**1**, à gauche) aspire une certaine quantité d'air qui circule dans un tube rempli d'un réactif choisi en fonction du gaz recherché: gaz carbonique (sur la photo), mais aussi ozone, monoxyde de carbone... La lecture de la concentration est instantanée. Le tube à diffusion (**1**, à droite), qui peut se fixer au revers d'une veste, enregistre le taux du gaz recherché en continu.

Ils vous disent ce que vous respirez.
Pompe ACCURO, 1 977 F;boîte de 10 tubes CO_2, 268 F.
Système porte-tube, 125 F;
boîte de 10 tubes à diffusion, 325 F.
S'adresser à Draeger Industrie, 3 C rue de la Fédération, 67000 Strasbourg. Tél.: (16) 88 40 76 76.



1

Le confort en équations

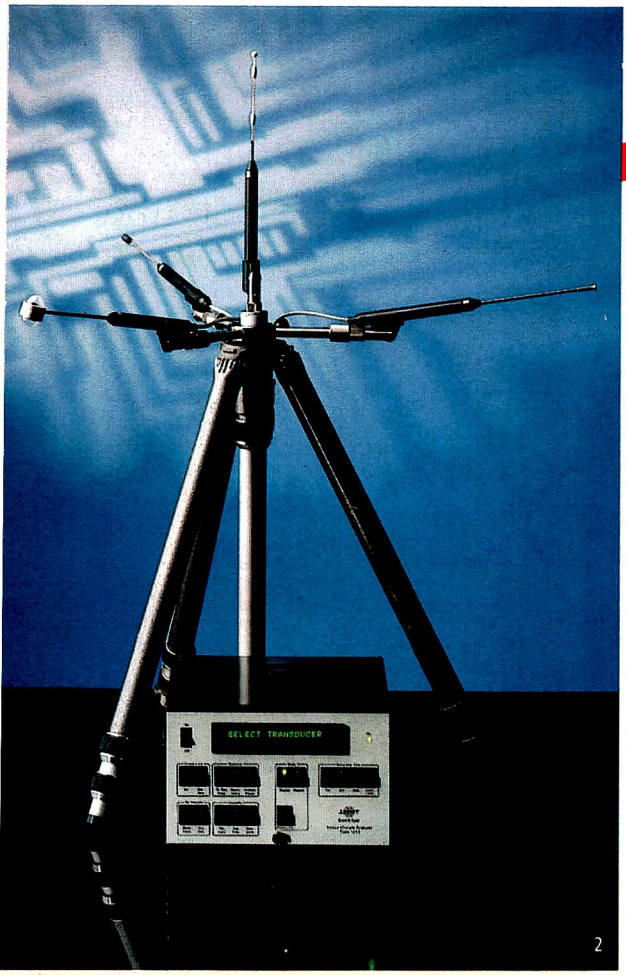
L'appréciation de la qualité d'une ambiance thermique n'est plus seulement subjective. On sait maintenant la mesurer de façon rigoureuse. Le confort thermique dépend de plusieurs paramètres: la température de l'air, la vitesse de l'air, le taux d'humidité, la température moyenne de rayonnement (dans une pièce, la température moyenne de rayonnement diffère pour tous les points de l'espace; elle résulte de l'échange de chaleur entre la pièce et ses occupants), l'activité physique du sujet et le pouvoir isolant de ses vêtements.

Quand la combinaison de ces facteurs satisfait à l'équation de confort établie par le Pr Fanger, de l'université technique du Danemark, une majorité d'individus se déclarent satisfaits de l'ambiance thermique. Ils n'ont ni trop chaud, ni trop froid et ne ressentent pas de courant d'air. Cette équation permet de déterminer deux indices: le vote moyen prévisible (VMP), c'est-à-dire comment les occupants vont juger dans leur majorité l'ambiance thermique, et le pourcentage prévisible d'insatisfaits (PPI) – qui ne descend jamais en dessous de 5 %, car on trouve toujours une frange d'irréductibles qui ne se sentent à l'aise nulle part. Le VMP quantifie le degré d'inconfort selon l'échelle suivante: -3 qualifie une ambiance froide, 0 neutre, +3 chaude, avec toutes les valeurs intermédiaires possibles. L'Association française de normalisation (AFNOR) recommande un VMP compris entre -0,5 et +0,5 et un PPI inférieur à 10 %.

Pionnière en la matière, la société Brüel et Kjaer a mis au point des analyseurs d'ambiances climatiques intérieures qui mesurent les paramètres puis calcule le VMP d'une pièce et son PPI. Ainsi, pour un bureau de 10 m², si les sondes de l'analyseur enregistrent une température de l'air de 24,6 °C, une vitesse de l'air nulle, une humidité relative de 36 %; après avoir mesuré les températures de rayonnement dans toutes les directions (24,1 °C, 23,7 °C, 24,6 °C...) – et en avoir déduit la température moyenne de rayonnement –, la note qui devrait être attribuée à l'ambiance thermique de ce bureau, autrement dit son VMP est 0,28, si la personne qui l'occupe est assise et vêtue d'une chemise à manches longues et d'un pantalon. La majorité des gens trouveraient convenable (très légèrement chaude) cette ambiance. Seuls, 6,7% seraient insatisfaits.

Inversement, ce type d'analyseur peut calculer dans quel-

riaux pare-feu, des meubles et des revêtements comme les moquettes murales, sont également incriminées. On a beaucoup parlé de l'amiante (des fibres de silicates), qui a été abandonné, mais qui reste présent dans beaucoup d'immeubles construits il y a vingt ou trente ans; une exposition longue à de fortes concentrations entraîne l'appa-



2

Il mesure le confort thermique.
Pour louer cet Analyseur d'ambiance climatique intérieure, s'adresser à Brüel et Kjaer, 33 rue Champoreux, BP 33, 91541 Mennecy Cedex. Tél.: (1) 64 57 20 10.

le mesure on doit faire varier la température, l'hygrométrie ou la vitesse de l'air pour augmenter le confort thermique des lieux. Toutefois cet appareil ne prend pas en compte la turbulence de l'air. Or le Pr Fanger a constaté, à la suite d'expériences menées de 1986 à 1988, qu'un flux d'air très turbulent provoque plus de plaintes qu'un flux d'air peu turbulent, à température et vitesse moyenne de l'air égales. Pourtant, les normes actuelles ne définissent la vitesse moyenne limite de l'air qu'en fonction de sa température.

rition de fibroses et de tumeurs du poumon. On en a même tant parlé qu'on a commencé à l'enlever des lieux où on l'avait appliqué, mais le remède est pire que le mal, car des fibres sont alors mises en suspension dans l'air!

Enfin, le matériel de bureau, comme les photocopieuses, émet de l'ozone, un gaz pouvant causer des problèmes respiratoires. D'où la nécessité de l'installer dans un endroit correctement ventilé et non, comme c'est trop souvent le cas, dans des cagibis.

Quant aux occupants des lieux, ils modifient eux-mêmes la qualité de l'air en expirant du gaz carbonique et en fumant. Un non-fumeur évoluant dans une atmosphère fortement enfumée respirerait l'équivalent d'une cigarette toutes les une ou deux heures ; c'est du moins ce que révèle le dosage de la cotinine, une substance issue de la dégradation de la nicotine, présente dans ses urines. La fumée a toutefois un avantage: lorsqu'elle persiste, elle révèle un défaut du système de traitement de l'air!

En résumé, le problème est donc celui-ci: les systèmes de climatisation aspirent à l'extérieur un air déjà pollué qu'ils insufflent à l'intérieur; mais ils accroissent encore la pollution interne en piégeant tous les polluants biologiques ou chimiques.

Pourquoi ? Aux Etats-Unis, le NIOSH (l'institut national de la santé et de la sécurité) estime que plus de la moitié des constructions fautives de ce pays le sont parce que la quantité d'air frais insufflé dans le circuit intérieur ne suffit pas à renouveler l'atmosphère et que les filtres, mal adaptés, mal installés ou mal entretenus, ne purifient pas l'air.

Que faire ? Prendre en compte, dès la conception des bâtiments, les systèmes de ventilation. Ceux-ci ne doivent plus être considérés comme un simple élément de confort qu'on ajoute après coup. De plus, il faut admettre que ces systèmes, pour être correctement entretenus, doivent bénéficier d'une véritable maintenance.

Il existe d'ailleurs des organisations qui travaillent sur les problèmes de la pollution interne, comme Indoor Air International – qui se définit elle-même comme une société savante internationale s'intéressant particulièrement aux problèmes de la contamination de l'air à l'intérieur des locaux – et l'Arche (Association pour les règles de construction sur l'hygiène, la santé et l'environnement en Europe), en cours de création, tiendra à la disposition des professionnels une banque de données.

Isabelle Bourdial

LE PANORAMA DE LA PRESSE SCIENTIFIQUE

ABONNEZ-VOUS DÈS AUJOURD'HUI A L'UNE DE CES DEUX FORMULES

• Tous les mois SCIENCE & VIE, vous informe parfaitement sur les derniers développements de la recherche, dans tous les domaines scientifiques. SCIENCE & VIE, c'est le magazine d'information scientifique de référence.

• Tous les deux mois, LES CAHIERS DE SCIENCE & VIE, vous font vivre l'Histoire des sciences comme on ne vous l'a jamais racontée. Qui sont les hommes à qui l'on doit l'univers technologique qui nous entoure ? Comment naît une découverte majeure ? Vous le découvrirez en lisant LES CAHIERS DE SCIENCE & VIE.

• Tous les trois mois, un numéro HORS SÉRIE DE SCIENCE & VIE traite de façon exhaustive un grand sujet de notre temps. Chaque numéro HORS SÉRIE permet de faire le tour complet d'une question d'actualité scientifique.

FORMULE N° 1

LE PANORAMA DE LA SCIENCE

- 12 N°S DE SCIENCE & VIE
- 6 N°S DES CAHIERS DE SCIENCE & VIE*

soit 18 numéros par an pour seulement

333 F au lieu de 444 F**

* Les CAHIERS DE SCIENCE & VIE sont des numéros spéciaux de SCIENCE & VIE.
** Prix de vente chez votre marchand de journaux.

FORMULE N° 2

LE MAXI PANORAMA DE LA SCIENCE

- 12 N°S DE SCIENCE & VIE
- 6 N°S DES CAHIERS DE SCIENCE & VIE*
- 4 N°S HORS SÉRIE DE SCIENCE & VIE

soit 22 numéros par an pour seulement

398 F au lieu de 544 F**

* Les CAHIERS DE SCIENCE & VIE sont des numéros spéciaux de SCIENCE & VIE.
** Prix de vente chez votre marchand de journaux.



TITRE D'ABONNEMENT PRIVILÉGIÉ

à retourner, paiement joint, sous enveloppe affranchie à SCIENCE & VIE - 1, rue du Colonel Pierre Avia - 75503 Paris Cedex 15

OUI je choisis en la cochant l'une de ces deux formules d'abonnement à tarif préférentiel

CCEY	FORMULE N° 1 LE PANORAMA DE LA SCIENCE	333 F SEULEMENT	soit une économie de 111 F*
CCES (cochez S.V.P.)	FORMULE N° 2 LE MAXI PANORAMA DE LA SCIENCE	398 F SEULEMENT	soit une économie de 149 F*

* Par rapport au prix de vente chez votre marchand de journaux

• Je joins mon chèque à l'ordre de SCIENCE & VIE-BRED.

NOM _____

PRÉNOM _____

ADRESSE _____

_____

CODE POSTAL _____

VILLE _____

SIGNATURE

SV 894

RC PARIS B 572 134 773

Vous disposez d'un droit d'accès et de rectification pour toute information vous concernant sur tout fichier à usage commercial de notre société conformément à la législation en vigueur

OFFRE VALABLE JUSQU'À FIN 1992 ET RÉSERVÉE À LA FRANCE MÉTROPOLITAINE, ÉTRANGER : NOUS CONSULTER.

ECHOS DE L'INDUSTRIE

ÉCOLOGIE

L'écobilan, expertise comptable de l'environnement

La firme Sollac, filiale du Groupe Usinor-Sacilor, premier producteur d'acier pour emballages en Europe, est aussi la première entreprise française à disposer d'un "écobilan"– bilan écologique prenant en compte les impacts sur l'environnement d'un produit tout au long de son cycle de vie. L'intérêt d'un tel inventaire est, évidemment, de permettre l'amélioration de "l'écologie" du produit.

L'écobilan réalisé pour les emballages de Sollac a demandé la collecte de quelque... 3 000 paramètres ! Pour être représentatif, il a porté sur 1 000 boîtes des deux emballages les plus utilisés : la boîte de boisson 33 cl, corps acier et couvercle aluminium, et la boîte alimentaire "4/4", entièrement en acier.

A chaque étape de la "vie" de la boîte, depuis l' élaboration de l'acier jusqu'au recyclage, en passant par le remplissage, le transport et l'utilisation par le consommateur, on a mesuré les consommations énergétiques et en matières premières, ainsi que les émissions atmosphériques, les effluents, les déchets solides.

Il apparaît ainsi, par exemple, qu'en remplaçant le couvercle aluminium d'une boîte de boisson par un couvercle en acier, on diminuerait les émissions de dioxyde de carbone de 53% ; que les transports sont responsables de 62% des oxydes d'azote produits par l'industrie; et que, avec une consommation en acier d'emballage de 1 million de tonnes par an à l'échelle nationale, si le taux de recyclage passait de 30 à 50%, cela représenterait une économie de 480 millions de mégajoules (de quoi chauffer 4 000 maisons individuelles pendant un an).

Sollac se frotte les mains : cet écobilan lui permet de faire valoir les avantages de l'acier par rapport aux matériaux concurrents. La firme assure qu'elle va maintenant tenir compte des résultats obtenus pour orienter l'évolution de ses technologies non plus seulement en fonction de l'économie, mais en intégrant aussi les données écologiques.

ENVIRONNEMENT

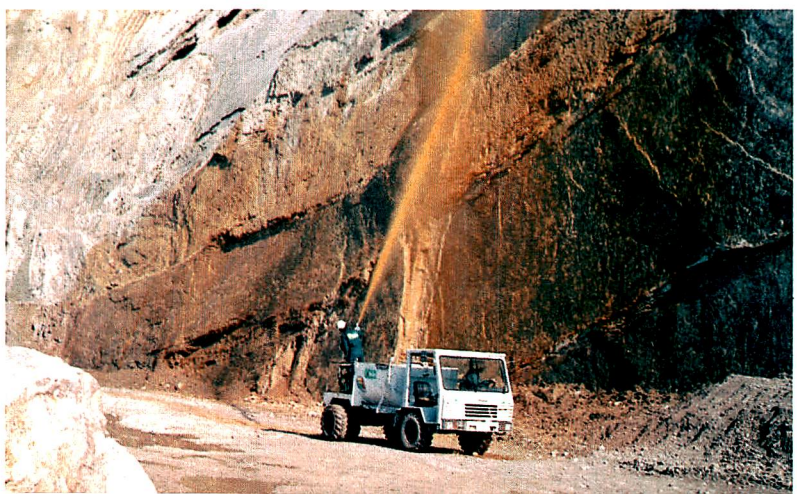
Les roches instantanément vieillies de 30 ans

La Siras, filiale de la Compagnie nationale du Rhône, spécialisée dans l'environnement "clefs en main", et l'entreprise privée Millet viennent de mettre au point un procédé, "Naturoc": il permet d'obtenir, en quelques heures à peine, une patine donnant aux surfaces rocheuses un aspect vieilli, que l'on ne pourrait naturellement obtenir qu'en 20 à 30 ans.

L'intérêt ? Réintégrer dans le paysage les sites défigurés par de grands travaux, dont les contrastes de couleurs apparaissaient jusqu'ici comme de véritables "plaies": carrières, autoroutes, mines, constructions effectuées pour les "JO", etc.

Le procédé Naturoc procède en deux étapes. La première consiste à teinter les parois ; puis, un an plus tard, on ensemence les aspérités et les fissures où des végétaux vont pouvoir se développer. Cet ensemencement s'effectue au moyen d'un mélange de graines d'espèces sauvages (mis au point par le laboratoire de botanique de l'université de Grenoble) adapté à chaque site et d'un engrais spécial. Lors de cette deuxième phase on peut, si nécessaire, retoucher la coloration afin de mieux la fondre dans le paysage.

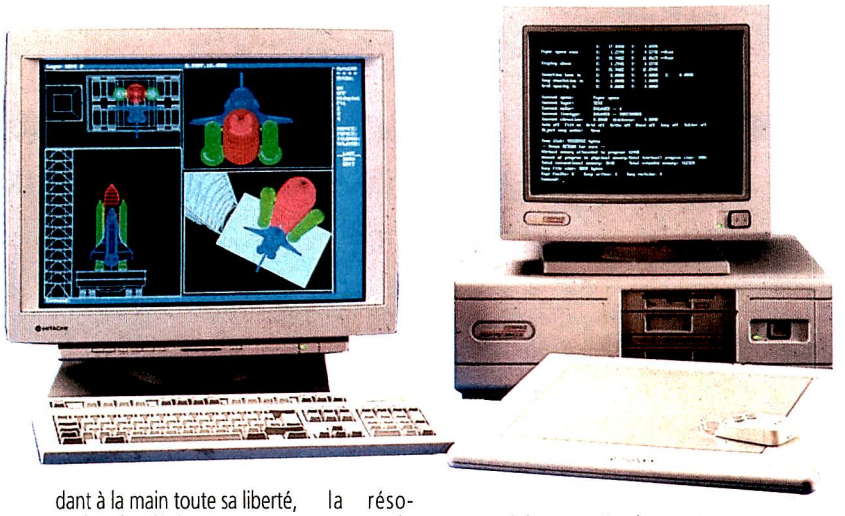
Bien entendu, les produits utilisés pour la coloration ne sont pas toxiques; s'ils l'étaient, ils empêcheraient le développement de la flore. Les entreprises respectueuses de l'environnement ou les autoroutes régionales peuvent s'adresser à Siras, 2 rue André-Bonin, 69004 Lyon, tél.: (16) 72 00 68 14.



INFORMATIQUE

Le pinceau électronique à l'attaque de la souris





Lancée en 1983 par Apple, la souris a totalement conquis les micro-ordinateurs. Mais elle reste incapable de dessiner un trait précis. Pour cela, les auteurs de logiciels graphiques ont créé des instruments de dessin dits "intelligents", convenant bien au dessin industriel. Mais, jusqu'à présent, seuls les instruments classiques tels que la plume, le crayon ou le pinceau permettaient de rendre la liberté du trait de l'artiste.

La firme Wacom propose aujourd'hui un stylet libre de toute attache matérielle, rendant à la main toute sa liberté, et dont les déplacements sont détectés par une tablette graphique utilisant le principe de la résonance électro-magnétique, celui qui est à la base des étiquettes anti-vol des magasins. Seulement composé d'un condensateur et d'une bobine, le stylet est aussi léger qu'un stylo bille (11 g). L'un des modèles est même doué d'une sensibilité à la pression, se traduisant par un trait plus ou moins épais. Il devient alors un véritable pinceau électronique.

La tablette proprement dite détecte, toutes les 20 microsecondes, le signal émis par le stylet. Le moindre déplacement de ce dernier est ainsi pris en compte. Le boîtier interface reliant la tablette à l'ordinateur traduit ce signal en coordonnées, sous une forme assimilable par le logiciel de gestion du micro-ordinateur. L'utilisateur ne perçoit donc aucune discontinuité dans le mouvement.

Le stylet est accepté par tous les logiciels et il peut remplacer la souris dans toutes ses fonctions habituelles. Autre avantage, la liaison étant électromagnétique, le contact de la pointe du stylet avec la tablette n'est pas indispensable, ce qui facilite encore les déplacements rapides.

LOISIRS

La télécommunication à la maison

On se sert du téléphone pour prendre des nouvelles, on utilise son minitel pour travailler et... on joue avec son micro-ordinateur. C'est ce qui ressort d'une enquête sur les équipements et les pratiques de télécommunications que vient de publier l'INSEE, l'Institut national de la statistique et des études économiques.

90 % des ménages ont une ligne téléphonique et dans deux foyers sur trois les téléphones à touches ont remplacé les postes à cadran. On passe en moyenne trente communications par mois, dont 50 % sont destinées à un membre de la famille et 30 % aux amis.



18 % des foyers disposent d'un minitel: 46 % des cadres supérieurs et professions intellectuelles; 35 % des artisans et commerçants et 30 % des agriculteurs. Au total, 65,5 % des actifs l'utilisent depuis leur domicile.

Enfin, plus on est diplômé, plus on utilise le Minitel: 33 % des non-diplômés s'en servent, contre 70 % des diplômés de l'enseignement supérieur.

Les services les plus consultés sont l'annuaire électronique (85 % des utilisateurs ont fait le 11 au moins une fois dans le mois précédant l'enquête), puis les services bancaires, ceux de vente par correspondance, et enfin ceux qui touchent au transport et au tourisme (plus de 15 % d'utilisateurs pour chacun de ces trois services).

Quant au micro-ordinateur, 8,2 % des foyers en possèdent un. Leurs détenteurs appartiennent à des catégories sociales supérieures et ont des enfants. La moitié des machines sont dotées d'au moins cinq logiciels. Mais 48 % seulement de leur détenteurs les utilisent (majoritairement des jeunes).

A quelles fins? 75 % jouent, 60 % programment et environ 50 % apprennent l'informatique. 30 % seulement l'emploient pour travailler à domicile et 25 % l'utilisent en traitement de texte. Comme le souligne l'INSEE, «c'est le pôle ludique qui émerge clairement dans la micro-informatique domestique.»

BATIMENT INTELLIGENT

Mine de rien...

De la domotique, il est question depuis des lustres, sans que l'on voie les choses beaucoup avancer ni naître les réalisations. Mais, mine de rien, on va se trouver à vivre, d'ici à quelques années, dans des appartements, des maisons, des immeubles intelligents.

En janvier nous faisions état de la création du Site d'essais pour la domotique (SED). Aujourd'hui voici la naissance d'Optibat, une association de onze gros industriels de tous les secteurs réalisée pour concevoir, développer, réaliser et promouvoir des bâtiments domotiques (on parle aussi maintenant d'"immotique") construits — en s'appuyant sur l'énergie électrique — autour des notions de confort, de productivité, d'automatismes, de sécurité et de facilité de la vie.

D'Airelec à Bouygues, de Philips éclairage à Matra communication, de Merlin-Gérin à EDF, toutes ces entreprises sont complémentaires et offrent aux prescripteurs et maîtres d'ouvrage un panorama complet dans la construction et son ingénierie.

Tous les "produits" ou "systèmes" domotiques développés par ces entreprises seront compatibles. Ce qui est la moindre des choses si l'on veut inscrire la domotique dans la réalité, mais n'était pourtant pas encore évident pour tous jusqu'à ces derniers mois. Chacun accepte aujourd'hui, enfin, de sortir de sa chapelle.

Un autre intérêt de la synergie créée par Optibat est que, travaillant ensemble, ces grandes entreprises débouche-ront certainement sur des innovations que chacune, isolée, n'aurait pas eu l'idée, les compétences ou les moyens de mettre au point.

PROTECTION DE LA NATURE

Des radiotéléphones pour sauver les ours...

Comment faire quand on veut protéger les ours, tout en maintenant une activité pastorale, sachant que les ours risquent fort de s'attaquer au bétail, voire aux bergers, et que ces derniers n'ont qu'une idée : abattre les ours pour se protéger de la menace potentielle permanente qu'ils constituent ?

Le Fonds d'intervention écopastoral (FIEP) Groupe Ours Pyrénées, association de protection de la nature qui a pour objectif, d'une part, la protection des milieux et espèces montagnards – en particulier l'ours –, d'autre part, le maintien de l'activité pastorale dans les vallées béarnaises, a apporté à ce problème une solution originale. Au début de l'été 1991, il a en effet mis à la disposition des bergers des radiotéléphones : les dix premiers équipés sont des bergers des vallées d'Aspe et d'Ossau, dans la zone à ours du Haut-Béarn, et, parmi eux, ceux dont les troupeaux ont fait l'objet de dégâts importants l'été précédent.

Ces radiotéléphones permettent, en cas de problèmes causés par les ours, d'accident ou de maladie, d'appeler directement l'hélicoptère de la protection civile, qui peut apporter du secours en vingt minutes – au lieu de plusieurs heures ou même d'une journée nécessaires pour demander de l'aide lorsqu'on se déplace à pied. Cette rapidité nouvelle peut sauver des vies.

L'expérience a montré que le radiotéléphone présentait d'autres avantages. Le berger peut recevoir à tout moment des appels de sa famille restée en plaine. Il peut discuter le soir avec d'autres bergers qui souhaitent, comme lui, meubler leur solitude. Il peut aussi consulter par téléphone médecin et vétérinaire.

L'opération radiotéléphone a été possible grâce au mécénat des Eaux minérales de Saint-Antonin : 5 centimes par bouteille d'eau vendue ont été reversés au FIEP, ce qui a permis de dégager 180 000 F. Et la firme Alcatel radiotéléphone a apporté son appui technique pour la mise en place du système.

A la descente des troupeaux, cet automne, une réunion avec les premiers utilisateurs a permis de conclure que l'expérience était grandement positive. La satisfaction était générale et des idées ont jailli, l'alimentation des postes par l'énergie solaire, par exemple. Ainsi, par un curieux paradoxe, la solitude des hommes est-elle aujourd'hui rompue grâce à la présence de l'ours, ennemi d'autrefois...



■ ***40 % du coût final d'un produit:*** *c'est ce que peuvent représenter les opérations d'assemblage-montage. L'automatisation est une des solutions possibles pour rationaliser ces opérations. Encore faut-il que les produits soient conçus dans cette optique. Le CETIM (Centre technique des industries mécaniques) aide les industriels en publiant un rapport: Conception des produits pour l'assemblage automatisé, véritable recueil de règles pratiques illustrées d'exemples (Contact CETIM : Elisabeth Garnier, tél.: (1) 44 58 33 06).*

ENVIRONNEMENT

La pollution urbaine dans tous ses états

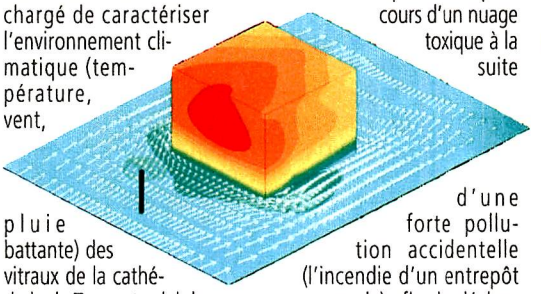
En milieu urbain, la pollution atmosphérique provient essentiellement de la circulation automobile et des installations de chauffage individuel. Mais quand on a dit cela, on n'a fait qu'effleurer la réalité des choses. Car il ne suffit pas de diminuer autant que faire se peut les émissions nocives pour résoudre le problème. Encore faut-il savoir ce qu'elles deviennent dans l'atmosphère.

A ces fins, le CSTB (Centre scientifique et technique du bâtiment), fort d'une expérience de 20 ans, a élaboré toute une panoplie de modèles – susceptibles d'intéresser aussi bien les collectivités locales que les entreprises privées – faisant intervenir, entre autres, le vent, l'ensoleillement, la couverture nuageuse comme la morphologie des quartiers. Ces modèles permettent de déterminer les taux des divers polluants en fonction des facteurs agissant sur leur dispersion.

Il vient ainsi d'évaluer l'impact sur les bâtiments du futur siège de la RATP à Paris, sous différentes conditions météorologiques, des différentes sources de pollution: trafic automobile du quai de la Rapée, sorties de ventilation des parkings, cuisines, cheminées de chaufferie,etc.

A l'aide d'un modèle de pollution climatologique à moyen terme, et à partir de plusieurs années de données météorologiques, le CSTB vient également d'étudier l'augmentation de la pollution que susciterait l'implantation d'une nouvelle usine d'incinération d'ordures ménagères dans l'agglomération nantaise. Pour Périgueux, il a "modélisé" l'impact de la modification du plan de circulation et la concentration, dans les quartiers concernés, des polluants d'origine automobile.

Le CSTB vient encore d'être chargé de caractériser l'environnement climatique (température, vent, pluie battante) des vitraux de la cathédrale de Tours et celui des édifices en pierre de la collégiale de Thann,en Alsace. Ce dernier programme, qui durera deux ans, associe, entre autres, le Laboratoire de recherche des monuments historiques et le Laboratoire de chimie minérale analytique de Strasbourg.



Dernier exemple, en collaboration avec l'Ecole centrale de Nantes, le CSTB développe un logiciel qui permettra de suivre en temps réel le parcours d'un nuage toxique à la suite d'une forte pollution accidentelle (l'incendie d'un entrepôt par exemple) afin de déclencher toutes les mesures de première urgence nécessaires.

M. Christian Sacré, du CSTB de Nantes (tél.: (16) 40 37 20 20) se tient à la disposition des personnes intéressées pour leur dire tout ce qu'elles ont toujours voulu savoir sur les pollutions atmosphériques sans jamais oser le demander.

■ ***La micro-informatique face à un net ralentissement de la demande.*** *La guerre des prix fait rage sur le marché des micro-ordinateurs. Les prix ont chuté de plus de 40 % depuis le début de 1988.*

■ ***Recettes cancérigènes.*** *L'institut de cancérologie de Madras, en Inde, estime que nombre d'ingrédients et de plats préparés selon les recettes de cuisine du sud du pays seraient hautement cancérigènes. D'après de récentes analyses, ce phénomène serait dû à la présence d'hydrocarbures polycycliques aromatiques (HPA) dans la plupart des plats typiques de cette partie du pays. Ces HPA proviendraient du mode de préparation des plats: séchage des épices, friture du poisson et des légumes, etc.; bien que l'huile d'arachide, la plus utilisée pour la cuisson, ne contienne, elle, pas de HPA.*

TRAVAUX PUBLICS

La plus grande enceinte étanche d'Europe

Elle est en construction à Lille dans le chantier urbain le plus important d'Europe, le Centre international d'affaires "Eurolille". D'ici à vingt ans, celui-ci regroupera sur 70 ha, au centre du quadrilatère Paris-Londres-Cologne-Amsterdam, commerces, bureaux, hôtels, infrastructures de loisirs, etc. Une nouvelle gare TGV y est aussi en construction, qui desservira dès 1993 la métropole lilloise.

Mais voilà: cette gare, comme l'ensemble Eurolille, se trouve implantée au-dessus de la nappe phréatique de plusieurs centaines de kilomètres carrés, située dans de la craie, qui participe à l'alimentation de l'agglomération lilloise en eau potable et industrielle. Pour la maintenir hors d'eau, la gare est construite sur pilotis, comme la plupart des édifices de la région. Mais ce n'est pas suffisant car, selon les périodes, la nappe monte ou descend de plusieurs mètres. Pour éviter que la gare et le nouveau quartier ne soient périodiquement submergés, il a fallu mettre en place une structure limitant ces fluctuations de niveau.

La nappe phréatique est emprisonnée dans un ensemble géologique comportant deux couches de craie : la couche supérieure, de craie blanche, est très perméable à l'eau ; la couche inférieure, de craie grise, l'est dix fois moins. Un banc très dur, le "banc de tun" sépare la craie blanche de la craie grise. La solution retenue par le Bureau de recherches géologiques et minières de Lille consiste à maintenir l'eau au plus bas niveau possible en recouvrant complètement la craie blanche d'une paroi moulée étanche en ciment de 20 m de haut, allant jusqu'au banc de tun. Cette paroi ne mesure pas moins de 1 300 m de long, ce qui constitue un record pour la mise hors d'eau d'un chantier urbain. Sous la gare elle-même, une seconde enceinte complètera, par sécurité, cette première protection. Moyennant quoi les passagers du TGV seront assurés de prendre le train à pied sec...

DÉCHETS RADIOACTIFS

46 millions de milliards de becquerels

C'est, selon l'Agence internationale pour l'énergie atomique (AIEA), la radioactivité globale des déchets déposés en mer, sur une cinquantaine de sites, principalement dans l'Atlantique Nord et le Pacifique Nord. Ces déchets, provenant des activités militaires et civiles, sont stockés dans des fûts métalliques recouverts de goudron ou de béton.

La première utilisation de la mer comme poubelle pour les déchets radioactifs remonte à 1946, à 80 km des côtes californiennes. La dernière connue intervint en 1982, à 550 km du vieux continent.

Encore ne s'agit-il là que des renseignements fournis par les 26 pays qui ont accepté de répondre à l'enquête de l'AIEA. A supposer qu'ils aient répondu sincèrement. Mais a-t-on raison de leur faire confiance ? Ces 26 pays n'ont confirmé que quinze des trente et un "incidents" répertoriés par l'AIEA... Des "incidents" comme la disparition en mer d'armes ou de matériels nucléaires entre 1950 et 1991. Ainsi du destroyer britannique HMS Sheffield qui a coulé au large des Malouines et qui transportait des armes nucléaires.



TESTS

A en voir de toutes les couleurs

Les pilotes d'avion ne doivent pas seulement ne pas être daltoniens. Ils doivent être à même de déceler parfaitement les multiples nuances des couleurs dont chacune, sur le tableau de bord, a une signification qui doit être instantanément comprise. A titre d'exemple, un écran d'Airbus A320 permettant de visualiser le relief comporte une centaine de teintes.

Compte tenu de ces nouvelles exigences, apparues au cours des dernières années, le CERMA, Centre d'études et de recherches de médecine aérospatiale, vient de définir une nouvelle méthode d'évaluation de l'aptitude des navigants à reconnaître les couleurs, utilisant les ressources des couleurs d'écran informatique fournissant une image en trois dimensions.

Le Dr Jean-Pierre Menu, chef de la division ergonomie aérospatiale du CERMA, responsable du projet, déclare: «Nous avons voulu que cette nouvelle méthode de test soit adaptée réellement aux environnements et conditions de vol que rencontrent les pilotes, et qu'elle permette une évaluation à la fois fiable et ergonomique de leurs aptitudes à traiter les couleurs». Cela signifie-t-il que la méhode précédente n'était ni adaptée, ni fiable ? Inquiétant...

La nouvelle méthode est également intéressante dans tous les cas où le personnel travaille devant des écrans où les différentes couleurs affichées correspondent à des fonctions et à des alarmes. C'est le cas pour le contrôle de nombreux processus industriels, comme dans tout site de production à haut risque (nucléaire, chimie, etc.), où la sécurité (surveillance du fonctionnement sur écran 24 h sur 24, 7 jours sur 7) est de la plus haute importance.

Dans un tout autre domaine, le "test du sens coloré" pourrait être appliqué à l'évaluation du degré de perception et à l'apprentissage progressif des couleurs par les mal-voyants.



■ ***Deux vibromètres à fibres optiques*** *au CETIM, le Centre technique des industries mécaniques. Ils sont capables de mesurer les vibrations dans les cas où les accéléromètres sont inutilisables : structures trop petites, accès difficiles, mesures en haute fréquence. Contact: Xavier Carniel, CETIM Senlis, tél.: (1) 44 58 33 46.*

■ ***5 millions de m³ de terre*** *ont été remués en quatre ans, c'est l'un des premiers bilans des jeux Olympiques d'Albertville.*

DES MARCHÉS A SAISIR

Les innovations et les techniques et procédés 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, 1 rue du Colonel Pierre-Avia, 75015 Paris, qui transmettra aux firmes, organismes ou inventeurs concernés. Aucun appel téléphonique ne pourra être pris en considération.

LA GLACE QUI EMPECHE LE GEL DES CANALISATIONS

Quoi

L'invention consiste à retourner la force du gel contre lui-même pour éliminer ses effets indésirables dans les canalisations grâce à un "vérin à glace".

Comment

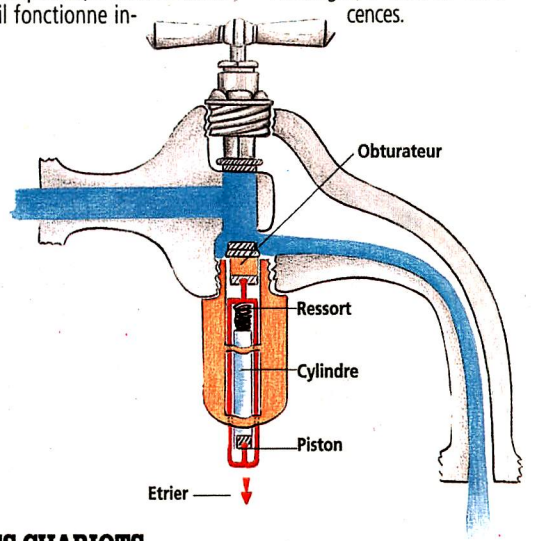
Les protections actuelles des canalisations sont plutôt "frileuses": on les emmaillotte, on les enfouit, on réchauffe les robinets. Le principe de cette invention consiste, lui, à automatiser cette précaution classique qui consiste à laisser couler un filet d'eau en cas de risque imminent de gel. Le vérin à glace assure cette automatisation. Il est constitué d'un petit cylindre contenant de l'eau déminéralisée et d'un piston relié à un étrier.

Dans le cas d'un robinet de jardin, par exemple (**voir dessin**), l'eau contenue dans le cylindre du vérin, de section plus faible que le robinet et la canalisation, gèle avant que l'eau dans le robinet ne se fige. La glace du cylindre pousse le piston vers le bas, ainsi que l'étrier. Le mouvement de ce dernier est transmis à l'obturateur qui laisse s'écouler un mince filet d'eau, permettant la purge du robinet et de la canalisation. Sitôt le risque de gel éliminé, la glace du cylindre fond et le ressort placé au-dessus de l'étrier referme le robinet. Ce vérin à glace, gros comme une cigarette, serait capable de soulever d'environ 1 cm un homme de 80 kilos. La taille des vérins est adaptable aux différents robinets et canalisations à protéger.

Marché

L'Arist (Agence régionale d'information scientifique et technique) Aquitaine souligne que cette invention utilise une énergie naturelle, gratuite et qui se manifeste automatiquement en fonction de la variation de la température. Ce vérin anti-gel convient, en renouvellement, construction ou adaptation, à tous les circuits ; il fonctionne indépendamment de la pression et de la nature des fluides contenus dans les circuits à protéger.

L'inventeur cherche un fabricant et des distributeurs, en France et à l'étranger. A l'étranger, il cèderait des licences.



SUPERMARCHÉ : UN ÉCRITOIRE SUR LES CHARIOTS

Quoi?

Cette tablette se fixe sur la poignée des chariots de supermarchés, pour supporter, au moyen d'une pince, la liste des produits à acheter.

Comment?

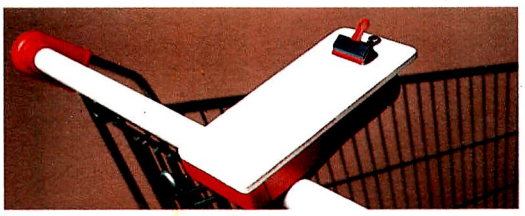
Fort peu coûteuse (fabriquée en matière plastique), elle est constituée d'une plaque sous laquelle est fixé un crochet adaptable à une serrure de consigne automatique.

Le dessus de la tablette est muni d'une pince dans laquelle on glisse la liste des achats à effectuer; elle peut aussi supporter un calculateur de poche pour en comptabiliser le montant.

Le client se trouve ainsi équipé d'un petit pupitre mobile qui lui apporte la garantie de ne rien oublier et qu'il a la faculté d'annoter en permanence.

Pour qui?

L'inventeur cherche soit un fabricant distributeur, soit à céder des licences.



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.

FOUDRE

Simulations à volonté

Quelles seraient les conséquences électromagnétiques exactes de la foudre sur un central téléphonique ? C'est la question qu'a posée France-Télécom au Centre d'études nucléaires de Grenoble.

Pour répondre à ce problème, il suffit de lancer la foudre là où l'on veut, à l'aide d'une petite fusée et d'un fil conducteur. Se prenant pour Benjamin Franklin avec son cerf-volant, les ingénieurs sont montés sur le toit du central du Centre national d'études des télécommunications de Saint-Prévert d'Allier (Haute Loire), dans l'attente d'un nuage orageux suffisamment chargé électriquement.

La foudre, déclenchée par la fusée, descend le long du fil métallique qui lui a été fixé et dont l'autre bout est attaché au point d'impact choisi par les experts. Après ces "simulations réelles", il ne reste plus qu'à mesurer les dégâts, en espérant qu'on ne s'est pas trompé de point d'impact...

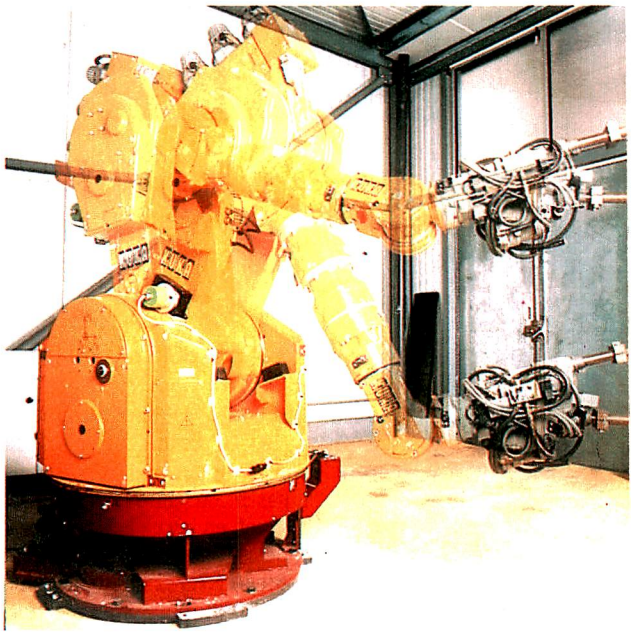
VIBRATIONS

Les robots n'ont plus la tremblote

Les structures mécaniques motorisées des robots, quel que soit le soin apporté à leur conception, sont affligées pendant leurs mouvements de vibrations parasites. Ce véritable handicap, qui limite leurs performances en cadence, précision et sécurité, est dû aux parties flexibles que comporte tout robot, même très rigide : les articulations.

La société de recherche et de développement Bertin vient, avec sa commande numérique anti-vibrations, de mettre fin à cette "maladie" des robots. Cette commande conserve la structure mécanique initiale du robot, ses actionneurs et ses capteurs. Seul le logiciel d'asservissement des axes motorisés est modifié. Grâce à cette commande, un robot se déplace et se positionne sans vibrer, quels que soient le niveau d'accélération ou de décélération, la charge manipulée et la nature des mouvements. Il se positionne même deux fois plus vite si le mouvement est de faible amplitude.

Bertin n'en dit pas plus. Mais elle montre ses résultats. On sait seulement que la commande anti-vibrations ne requiert que quelques kilo-octets de mémoire et une puissance de calcul à peine supérieure à celle de l'asservissement d'origine. Cette commande ne change rien pour l'opérateur. Mieux, la structure ne vibrant plus, la mise au point d'un cycle s'obtient plus rapidement. Enfin, la suppression des vibrations présente d'autres avantages, tels que la diminution de la maintenance du robot et la plus grande durée de vie de sa mécanique.



On peut penser à d'autres applications: rien n'empêche de "greffer" la nouvelle commande à des structures mécaniques motorisées existantes comme les engins de manutention portuaires, les grues, les systèmes de manutention et de stockage, etc. Pour toute information: Bertin, BP n° 3, 78373 Plaisir Cedex, tél.: (1) 34 81 89 93. ●

ERRATUM

Canons à neige

Dans notre dernier numéro, nous présentions ici-même le "Snomax", cette protéine qui, ajoutée en quantité infime à l'eau alimentant les canons à neige, assure à ces derniers une production accrue de 20 à 100 %. Nous voulions publier la photo de deux canons en action. "Celui de gauche, faisions-nous constater, produit une neige "maigrelette" (...). Celui de droite, au contraire (...), produit une belle neige qui recouvre le sol d'un épais tapis de poudreuse".

Nos lecteurs ont dû rester perplexes car, si le canon de droite était parfaitement apparent, celui de gauche, le "maigrelet", était totalement invisible! Voici l'explication de cette disparition: notre photo initiale a été mal recadrée lors du montage de la page. Nous sollicitons la bienveillance de nos lecteurs pour cette malencontreuse... glissade.





PAR HENRI-PIERRE PENEL

BI-BOP: LE MONDE DANS LA POCHE



A peine gros comme un paquet de cigarettes, ce combiné permet d'accéder au réseau téléphonique national ou international tout en flânant dans la rue ou dans un centre commercial, ou encore attablé au restaurant, pour un coût comparable à celui d'un appel passé depuis une cabine publique.

La réputation de "gadget cher" des radiotéléphones risque d'en prendre un coup. Si le Bi-Bop fait encore un peu gadget - sans doute parce qu'il n'est pas encore entré dans notre vie de tous les jours -, il est, en revanche, très bon marché: 30 F d'abonnement par mois et des communications facturées 0,80 F HT la minute en plus du tarif d'un appel courant. Plus proche, dans son principe, d'un téléphone sans fil que d'un véritable radiotéléphone, il est peut être la meilleure solution technique en ce qui concerne la couverture radiotéléphonique des agglomérations.

Jusque-là, il s'appelait Pointel, et les appels qu'il lançait n'étaient jamais sortis des murs du laboratoire lyonnais de son créateur: Electronique Mécélec. Aujourd'hui, il est commercialisé sous le nom de Bi-Bop, pèse moins de 200 grammes et se replie pour tenir aisément dans une poche.

Ce sont les habitants de Strasbourg qui eurent la primeur de cette naissance, le 1er octobre dernier. En effet, cette ville avait été choisie par les concepteurs du Bi-Bop (Sagem, Matra et Dassaut AT: consortium regroupant Cap Sésa, Electronique Mécélec et Montel SA) pour effectuer un essai en grandeur réelle.

Car, pour pouvoir être opérationnel, Bi-Bop requiert une infrastructure particulière. Tout comme un téléphone sans fil domestique, il utilise, en effet, une liaison radio pour acheminer la communication. Contrairement aux radiotéléphones montés à bord de véhicules ou portables, capables d'émettre à plusieurs dizaines de kilomètres, la portée de Bi-Bop est réduite: de l'ordre de 200 mètres dans le meilleur des cas, de 50 à 100 mètres dans une rue étroite. Pour que le procédé soit viable au niveau d'une ville, même de dimensions moyennes comme Strasbourg, il faut donc disposer d'un grand nombre de "stations relais" capables de répercuter l'appel sur le réseau téléphonique conventionnel.

A Strasbourg,le centre-ville est entièrement couvert grâce à 750 bornes, qui devront être rapidement portées à 1500. Voici donc l'infrastructure en question. La multitude de bornes relais à mettre en place, qui pourrait sembler un handicap (prix de pose, travaux publics, etc.), se transforme en avantage. En effet, étant donné leur grand nombre, elles n'ont pas besoin d'être techniquement en mesure d'acheminer simultanément une multitude de communications. En fait la capacité maximale de traitement de chaque borne est de 6 appels simultanés. Leur électronique interne peut donc rester relativement simple et ce point se répercutera à la baisse sur le coût de chaque borne. De même, au niveau de l'infrastructure du réseau téléphonique, nul besoin de raccorder à chaque borne un véritable central capable de gérer simultanément des milliers de communications. Ici quelques lignes couplées suffisent amplement, il est même parfois possibles de récupérer des lignes déjà existantes mais sous-exploitées par des cabines publiques. Economie encore,donc,au niveau de la mise en place du réseau lui-même.

Seul point faible, lié à la simplicité du procédé, s'il est possible d'envoyer des appels, il est, en revanche, actuellement impossible d'en recevoir. Pour le futur, une option est prévue: pour recevoir des appels dans un secteur où il pense rester quelque temps, l'utilisateur signalera sa présence à proximité d'une borne en composant un numéro confidentiel d'identification.

Si le surcoût de 0,80 F HT est pénalisant pour une communication locale (par exemple, une communi-

cation de six minutes au sein de la ville elle-même sera payée 5,415 F HT au lieu de 0,615 F HT), en revanche, l'écart de prix devient quasi négligeable dès qu'il s'agit de liaisons interrégionales, voire internationales. Quoi qu'il en soit, la minute Bi-Bop a un prix très inférieur à celle d'un radiotéléphone. L'appareil devrait également être proposé à la vente pour un prix d'environ 1 800 F (mais on ne paie plus, alors, l'abonnement de 30 F/mois), prix qui peut sembler un peu élevé par rapport à celui du tarif de location pratiqué.

L'appareil en main, ou plutôt en poche, passons à son utilisation. Premier point: localiser une borne. Ces dernières sont facilement repérables, bien qu'invisibles, grâce à des bandes bleues et vertes apposées sur les panneaux de signalisation dans les lieux publics tels que centres commerciaux, voies piétonnes, rues, etc. Dans le cas du centre-ville de Strasbourg, cette recherche est inutile puisque les zones de couverture de chaque borne se recoupent. Signalons au passage qu'un plan mentionnant l'emplacement de chaque borne est gracieusement offert à chaque nouvel abonné.

Pour téléphoner avec le Bi-Bop, il suffit, donc, de se trouver dans une zone couverte par une borne. Ici, on ne décroche pas, on déplie. Ce simple geste met l'appareil en route, découvre son clavier et lui donne véritablement l'allure d'un combiné téléphonique portatif. Après avoir déployé son antenne (extrêmement courte), il suffira d'attendre la tonalité (signe que la borne la plus proche est libre) et de composer le numéro de son correspondant, exactement comme dans le cas d'un appel normal. Une fois la communication terminée, on referme l'appareil pour libérer la ligne. En cas de borne saturée, donc déjà en train de transmettre 6 appels, le Bi-Bop refuse de prendre la ligne. Il suffira, soit d'attendre, soit de se déplacer de quelques mètres pour entrer dans la zone de couverture d'une autre borne et répéter l'opération.

La facturation des appels est bimestrielle, comme dans le cas d'un abonnement téléphonique conventionnel, et il est également possible d'obtenir une facturation détaillée.

L'avenir du Bi-Bop? Dès septembre 1992, Paris devrait commencer à s'équiper, avec la mise en place de 1500 bornes pour une couverture intra-muros. De plus, une version du Bi-Bop "domestique" (par opposition au Bi-Bop "rue") est à l'étude, qui permettra aussi bien d'envoyer des appels que d'en recevoir. Un boîtier est placé dans l'habitation de l'abonné et le combiné devient bi-standard: utilisé comme un téléphone sans fil (chez vous, dans le jardin ou à proximité), il est facturé comme un appareil normal; employé en extérieur (dans la rue, au bureau, etc.), il redevient un Bi-Bop rue et sera facturé comme tel. Le central téléphonique, connaissant la provenance de l'appel, appliquera ou non la surtaxe.



Après Paris, les autres villes devraient suivre le mouvement. Après la réussite du projet en France, la Grande-Bretagne compte se doter du procédé, et il devrait être possible, d'ici quelques mois, d'utiliser un Bi-Bop français sur le réseau allemand en cours d'installation. Onze autres pays européens attendent les résultats de ces expériences pour s'équiper du système. Après la montre, l'agenda électronique et la carte à puce, le téléphone de poche fera partie de la panoplie de l'Européen de demain.

Henri-Pierre Penel

PAR HERVÉ LHUISSIER

CONSTRUCTION MÉCANIQUE : A QUI LE TOUR ?

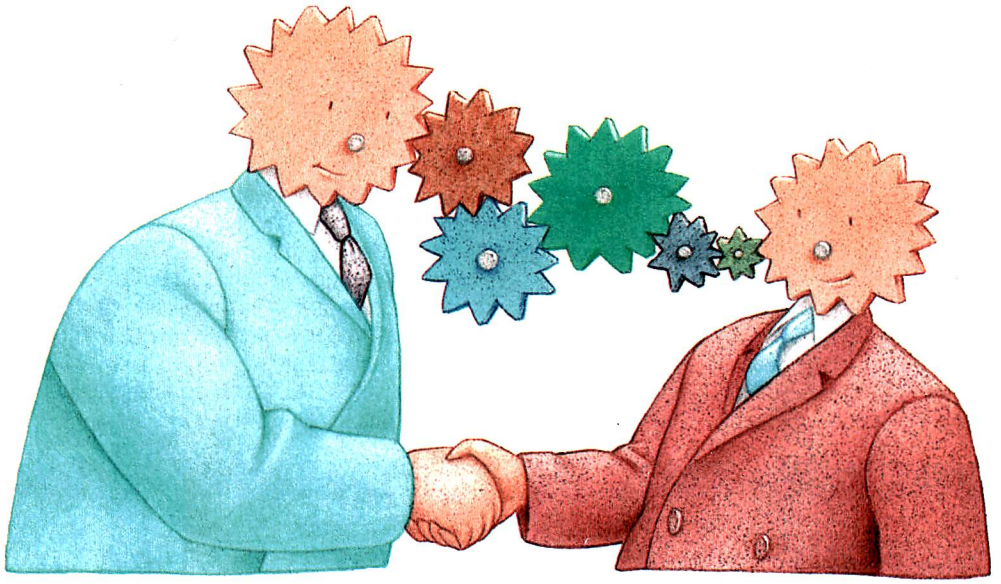
Sixième producteur mondial et cinquième exportateur, l'industrie mécanique française embauche plus de 4 000 cadres chaque année. Ils se répartissent à peu près uniformément dans trois domaines: études-recherche, production et commercial.

Près d'un tiers des entreprises industrielles françaises exercent leur activité dans le domaine de la construction mécanique. «Mais quoi de plus normal pour un secteur dont l'activité se déploie à tous les niveaux du monde industriel?», observe Patrice Vareine, directeur des questions de formation à la Fédération des industries mécaniques (FIM). En effet, lorsqu'une multinationale comme BSN (agro-alimentaire) demande à une entreprise de lui fournir tel ou tel équipement de production, cela ne l'empêche pas d'employer ses propres spécialistes de la construction mécanique. C'est par exemple à eux qu'il revient d'adapter l'équipement en question. Cette interpénétration d'activités rend difficile la délimitation précise du secteur. En tout cas, si l'on incluait tous les mécaniciens employés par l'industrie - et en particulier par les constructions aéronautique, navale et automobile - dans les effectifs de la profession, ceux-ci ne s'élèveraient plus à 545 000 personnes mais dépasseraient les deux millions !

Pour s'y retrouver, on a l'habitude de circonscrire les activités des industries mécaniques à quatre secteurs principaux: la transformation des métaux (42 % du chiffre d'affaires total en 1990); la construction de machines-outils (***voir encadré ci-contre***) et d'équipements industriels (manutention, travaux publics et exploitation minière) (43 %); la production d'instruments et de matériel de précision (pesage, optique médicale etc.) (10 %); et enfin, la fabrication de matériel agricole ou horticole (5 %). Sans sortir de ce cadre strict, on s'aperçoit que le catalogue des produits est l'un des plus complets qui soient, de la grue de déchargement à flèche de 50 m (permettant, par exemple, d'atteindre les bateaux amarrés "en double file") jusqu'aux vis et rivets pour l'industrie aérospatiale, en passant par "Magali" (un robot cueilleur de fruits), les "tanks" (citernes) à lait ou les systèmes de réfrigération industrielle des halles de Rungis !

Aussi avantageuse et incontournable qu'elle soit, une telle diversité d'activités a également son revers: elle rend les entreprises dépendantes de nombreux partenaires et donc très sensibles à la conjoncture économique générale. Ainsi la reprise des années 1987-1989 a-t-elle été d'autant plus forte qu'elle suivait une décennie de graves difficultés (1975-1985), marquée par l'impact des mutations technologiques et des restructurations successives ([1]). Bon nombre de PME, souvent à savoir-faire spécialisé, se sont (ou ont été) regroupées pour former des entités plus importantes (Financière du Valois, Legris Industries etc.). La concentration des efforts qui en résulte,dans les domaine de la recherche et du développement, leur permet en principe de mieux résister à la concurrence japonaise, américaine et, évidemment, allemande. D'autant que la récession frappe à nouveau. Précipitée par l'"effet Golfe", elle n'épargne aucun des partenaires du secteur (automobile, textile, bâtiment et travaux publics, aéronautique, armement etc.), qui, du coup, rognent sur leurs dépenses d'équipement, en attendant des jours meilleurs.

Pour rester compétitives, les entreprises cherchent à produire mieux, non à produire plus. Aux côtés des métaux et alliages habituellement employés sont apparues les céramiques et certaines matières plastiques. Devenus très performants, les outils sont tous ou presque à commande numérique ([2]). Certains utilisent des techniques de pointe comme l'usinage à très grande vitesse ([3]) ou la correction automatique de la dérive ([4]) provoquée par l'usure. Les ateliers deviennent flexibles et se peuplent de robots en tout genre, tandis que la CFAO ([5]) et la GPAO ([6]) gagnent chaque jour du terrain. En fait, l'intégration des différentes étapes du processus de production (recherche, logistique, fabrication, contrôle, gestion...) est de plus en plus poussée avec, en point de mire, l'objectif "triple



zéro": zéro stock (7), zéro retard, zéro défaut. On est assurément bien loin de l'univers sale, bruyant, archaïque – bref ! tout droit sorti du XIXe siècle – qu'imaginent encore de nombreux jeunes diplômés, en cours de formation ou sur le point de s'orienter... Résultat: un déficit de candidatures au profit de domaines jugés plus valorisants (aéronautique, électronique, informatique). Or, malgré une conjoncture morose marquée par la stabilisation des effectifs, les professionnels font état de besoins constants et importants en personnel qualifié. Cela, à tous les niveaux: ingénieurs, techniciens, mais aussi apprentis (qui devraient, dans l'idéal, être au nombre de 15 000 chaque année).

PME pour la majorité d'entre elles, les entreprises de la construction mécanique cherchent des candidats immédiatement opérationnels. C'est pourquoi l'expérience concrète et, au-delà, le savoir-faire ou même le «savoir-être» sont souvent préférés aux diplômes. «Malgré leurs stages en entreprise, les candidats sortant de l'enseignement traditionnel avec un BEP, un bac, un DUT, un diplôme universitaire ou d'ingénieur classique (*voir encadré p. 130*), ont besoin d'un complément de formation important», estime Patrice Vareine. La solution consiste à développer la formation continue dans les entreprises d'une certaine taille et, surtout, les filières d'apprentissage, mieux adaptées aux exigences des PME. Apprentissage est à prendre ici au sens large car il englobe la notion de formation, et s'applique d'un bout à l'autre de la hiérarchie. Aux CAP, bacs professionnels et BTS se sont récemment ajoutées des promotions d'ingénieurs «nouvelles filières», de type ISTN (*voir encadré p. 130*). Sur le papier, elles devraient permettre à 4000 titulaires de BTS-DUT disposant de 3 à 5 ans d'expérience d'acquérir les notions de management qui leur font défaut et les empêchent de progresser dans ce secteur de l'industrie.

Selon les constatations de l'Association pour l'emploi des cadres (APEC) (*voir encadré p. 131*), l'activité "équipement industriel" a représenté à elle-seule 60 % des postes proposés par les entreprises du secteur en 1990; postes situés le plus souvent en dehors de l'Ile-de-France. 27 % des postes à pourvoir à l'échelon cadre correspondent au domaine de l'étude et de la recherche et plus spécialement à ceux d'ingénieurs calcul, ingénieurs essais et informaticiens automaticiens. Leurs tâches sont bien sûr relatives à la mise au point de nouveaux produits mais, dans certains cas, elles peuvent aussi se rapporter à la conception d'un système de production et éventuellement exiger de travailler en relation étroite avec la clientèle. Ce qui correspond aussi aux attributions de l'ingénieur d'affaires. Sa fonction suppose un goût certain pour les contacts qui s'ajoute aux qualités habituellement requises dans les professions techniques: adaptabilité, créativité, mobilité, sens du concret. Certains recruteurs parlent même d'"esprit PME" ou de "sens de l'entreprise" (capacité à assimiler totalement les buts et les valeurs de l'entreprise).

Les fonctions de la production arrivent en secon-

L'OUTILLAGE A MAIN

L'industrie de la machine-outil a progressé de 7 % en 1989, devançant la mécanique (+ 6,1 %) et la transformation des métaux (+ 6,2 %). Pour la première fois depuis longtemps, elle a même regagné des parts du marché national qui, ajouté à celui de la CEE, représente 80 % de ses débouchés. Jusqu'à ces dernières années, l'industrie française avait une clientèle essentiellement professionnelle ou très expérimentée. Mais depuis la baisse enregistrée par le marché industriel, elle s'intéresse de très près au marché des particuliers (bricolage) dominé par les importations. Elle espère ainsi compenser le déclin des investissements par le développement du marché grand public.

de position (22 %). Des connaissances en logistique et en gestion de la qualité sont des atouts de poids pour prétendre aux postes les plus couramment proposés: ingénieur de fabrication, chargé de logistique et ingénieur méthodes. Le rôle de ce dernier est de chercher des solutions aux problèmes techniques posés par les produits et, ensuite, d'élaborer les procédures de contrôle qui permettent de vérifier leur conformité avec le cahier des charges. Dans les petites unités, il remplace donc l'ingénieur contrôle-qualité, chargé du respect des tolérances et des normes. Plus généralement, l'ingénieur méthodes définit les techniques et les outillages nécessaires à la fabrication ainsi que son organisation par étapes (planning). Il intervient donc en amont et en aval de l'ingénieur de fabrication, qui, lui, suit de près le déroulement d'un processus, du prototype à la peti-

PISTES A SUIVRE

Les DUT et BTS

Selon les professionnels, l'absence de baccalauréats professionnels entraîne une embauche au niveau bac + 2. Mais parmi les très nombreux BTS et DUT préparant aux métiers de la construction mécanique, certains sont plus particulièrement recherchés. Il s'agit par exemple du DUT "génie mécanique et productique" (GMP). Pluridisciplinaire, le programme aborde toutes les technologies liées à l'automatisation de la production via la CFAO et la GPAO (notes 5 et 6 en fin d'article). Parmi les 2 600 titulaires du diplôme cuvée 1989, beaucoup ont poursuivi leurs études dans l'un des 23 instituts universitaires de technologies (IUT). Les autres ont été embauchés comme techniciens de bureau d'études et de production, techniciens commerciaux ou de maintenance.

Moins généraliste, le BTS "mécanique" recouvre plusieurs spécialités, dont les plus connues sont : "construction de produits industriels", "productique" et "mécanique et automatismes industriels". Comme le DUT, le BTS a aussi sa section "maintenance". D'autres spécialités, moins courues, n'en sont pas pour autant indignes d'intérêt, bien au contraire ! Elles sont en effet susceptibles d'apporter au candidat le petit "plus" décisif. Ainsi, par exemple, le BTS préparant aux professions technico-commerciales, option "génie électrique - mécanique" : ses titulaires sont capables de faire des études de marché, de participer à la promotion des produits, d'animer des réseaux de vente et d'assister la clientèle.

Les formations d'ingénieurs

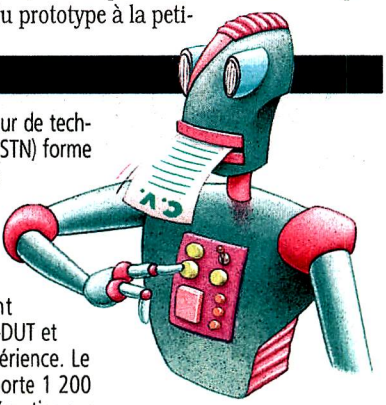
Il existe une multitude d'établissements permettant d'obtenir un diplôme d'ingénieur en formation initiale ou après admission parallèle avec une maîtrise, une MST, un DUT ou un BTS et une expérience professionnelle. Nous n'en citerons donc que quelques uns à titre d'exemple ; une liste exhaustive pouvant être consultée par académie ou spécialité dans la dernière édition du hors-série "Spécial études supérieures" ou bien dans l'"Annuaire des études supérieures", tous deux élaborés par *l'Etudiant* (27 rue du Chemin-Vert, 75011 Paris. Tél.: (1) 48 07 41 41).

• Ecole centrale de Lyon (ECL), 36 av. Guy-de-Collongue, BP 63, 69131 Ecully Cedex. Tél.: (16) 78 33 81 27.

• Ecole nationale d'ingénieurs de Saint-Etienne (ENISE), 58 rue Jean-Parot, 42023 Saint-Etienne Cedex 2. Tél.: (16) 77 25 71 40.

• Ecole nationale supérieure des arts et métiers (ENSAM), 151 bd de l'Hôpital, 75013 Paris. Tél.: (1) 44 24 62 99.

• Institut national des sciences appliquées de Lyon (INSA), 20 av. Albert-Einstein, 69621 Villeurbanne Cedex. Tél.: (16) 72 43 83 83.



L'Institut supérieur de technologie du Nord (ISTN) forme des ingénieurs des techniques en "génie mécanique et automatique". Les candidats doivent disposer d'un BTS-DUT et de cinq ans d'expérience. Le programme comporte 1 200 heures de cours réparties sur une année. Dans un proche avenir, l'institut devrait aussi former des ingénieurs par la voie de l'apprentissage. L'enseignement durera trois ans et s'effectuera en alternance dans des entreprises. Par la suite, il deviendra également possible d'intégrer l'institut par l'intermédiaire d'un cycle préparatoire de deux ans qui s'adressera à des bacheliers et les préparera au BTS mécanique "automatismes industriels électroniques".

• ISTN, 6 rue Auber, 59046 Lille Cedex. Tél.: (16) 20 93 58 55

Les formations universitaires

Il ne faudrait pas croire que seuls les titulaires de BTS, de DUT ou d'un diplôme d'ingénieur intéressent les entreprises de la construction mécanique. Pour les universitaires, tout commence par un DEUG SSM (science des structures de la matière) parfois spécialisé: "mathématiques-physique-mécanique" (Nice), "technique de construction et de fabrication mécanique" (Toulouse 3), "construction civile et mécanique" (Lille 1)... Ensuite, plusieurs possibilités s'offrent à eux : licence et maîtrise en "mécanique", "systèmes mécaniques automatisés", "maintenance industrielle" ou "productique appliquée aux industries mécaniques", ou bien une MST "productique appliquée aux industries mécaniques" (Lyon 1) ou "techniques avancées de la maintenance, option génie mécanique" (Le Havre).

• Université du Havre, 25 rue Philippe-Lebon, BP 1123, 76063 Le Havre Cedex. Tél.: (16) 35 22 92 50.

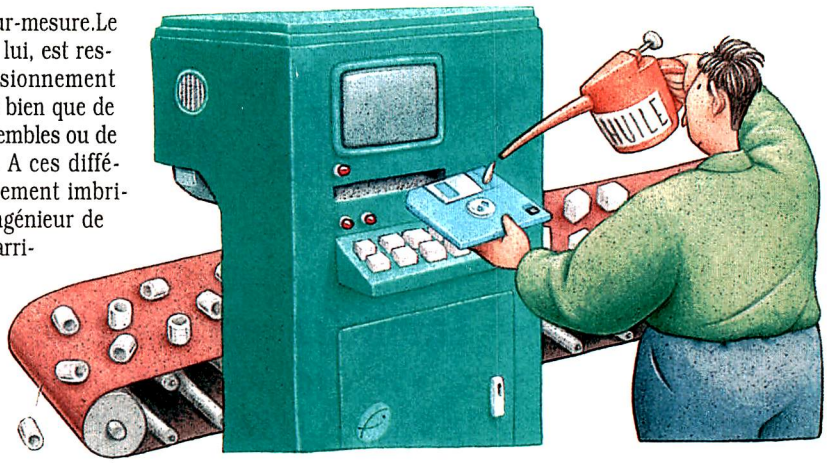
• Université des sciences et techniques de Lille, Flandres, Artois, Lille 1, Cité scientifique, 59655 Villeneuve-d'Ascq Cedex. Tél.: (16) 20 43 43 43.

• Université Claude Bernard - Lyon 1, 43 bd du 11 Novembre 1918, 69622 Villeurbanne Cedex. Tél.: (16) 72 44 80 00.

• Université de Nice - Sophia Antipolis, Parc Valrose, 06034 Nice Cedex.Tél.: (16) 93 52 98 98.

• Université Paul Sabatier - Toulouse 3, 118 rte de Narbonne, 31062 Toulouse Cedex. Tél.: (16) 61 55 66 11.

te ou grande série, voire au sur-mesure.Le chargé de logistique, quant à lui, est responsable des flux d'approvisionnement (externes puis internes) aussi bien que de l'acheminement des sous-ensembles ou de l'expédition du produit fini. A ces différentes responsabilités étroitement imbriquées s'ajoutent celles de l'ingénieur de maintenance interne, à qui il arrive parfois de participer à la conception de nouvelles installations. Tous ces postes s'adressent évidemment à des candidats ingénieurs-mécaniciens.



Son champ d'intervention étant aussi large que celui des industries mécaniques elles-mêmes, l'ingénieur mécanicien doit être aussi ouvert que possible. Au cours de sa carrière, il pourra en effet être amené à dialoguer aussi bien avec des spécialistes de l'informatique que de la chimie, de l'agro-alimentaire ou de la biologie. Raison pour laquelle la double formation (mécanique et électronique ou informatique) des «intégrateurs» est si appréciée. Les candidats pointus (spécialisés dans l'aérodynamique, l'acoustique, les freinages ou les suspensions, par exemple) font eux-aussi l'objet d'une forte demande mais ils doivent obligatoirement être de haut niveau. Comme les grandes entreprises sont rares, les informaticiens sont en revanche relativement peu demandés. Ce qui ne veut pas dire que l'informatique est absente: beaucoup de professionnels y ont recours dans le cadre de leurs fonctions sans qu'elle fasse partie pour autant de leur formation de base.

Les candidats aux fonctions du «marketing-commercial-vente» (21 % des offres) ont toujours au départ une formation technique qu'ils ont en général complétée d'une expérience commerciale et de la pratique d'une ou plusieurs langues. Contrairement aux postes de la recherche et développement ou de la production – auxquels débutent la majorité des jeunes cadres – les fonctions du marketing-commercial-vente s'adressent plutôt à des professionnels confirmés (un ancien chef de bureau d'études par exemple). Leurs salaires d'embauche se situent entre 190 000 et 230 000 F environ. Les diplômés de grandes écoles (par exemple, les ingénieurs de l'Ecole nationale des arts et métiers) et les autres jeunes diplômés sans expérience sont pour leur part recrutés respectivement à 200 000 et 150 000 F.

Valeur sûre, la diversité d'expériences constitue un atout pour la progression de carrière. Celle-ci se poursuit aussi bien dans le sens vertical (d'ingénieur de fabrication à chef de fabrication) qu'horizontal, lorsqu'un ingénieur de production devient par exemple ingénieur d'affaires. Selon la taille de l'entreprise, on estime qu'un premier changement de poste a des chances d'intervenir dans les dix-huit mois à deux ans puis tous les deux à cinq ans. Mais attention! N'allez surtout pas croire que l'avancement obéit à l'ancienneté ! La diversité des entreprises et des cas de figure est telle que les plans de carrière cèdent presque toujours la place au pilotage "à vue". **Hervé Lhuissier**

---

(1) Le secteur employait 790 000 personnes en 1975.
(2) Voir *Science & Vie* n°882, p. 98.
(3) Certains sites de production sont équipés de fraiseuses et rectifieuses qui atteignent des vitesses de coupe de l'ordre de plusieurs centaines de mètres par seconde. Un seul problème, l'évacuation des copeaux!
(4) Perte de précision.
(5) Conception et fabrication assistées par ordinateur
(6) Gestion de production assistée par ordinateur
(7) Un objet n'est pratiquement mis en production qu'à partir du moment où il est vendu! Ses matières premières ou sous-ensembles arrivent au tout dernier moment avant l'assemblage; ils sont livrés en flux tendus.
(8) APEC 1990.

ADRESSES UTILES

A l'APEC, consultez les fiches Secteurs n° 6 (Fonderie, travail des métaux) et 7 (Mécanique) ainsi que les fiches Fonctions n° 2.2 et 2.3. Au Centre d'information et de documentation de la jeunesse (CIDJ), demandez les fiches "Mécanique générale" n° 2-8631 (professionnels qualifiés), 2-8632 (techniciens et techniciens supérieurs) et 2-8633 (ingénieurs).

- APEC, 51 bd Brune, 75014 Paris. Tél.: (1) 40 52 20 00
- CIDJ, 101 quai Branly, 75015 Paris. Tél.: (1) 45 67 35 85
- Fédération des industries mécaniques (FIM), 39-41 rue Louis-Blanc, 92400 Courbevoie. Tél.: (1) 47 17 60 00.

SCIENCE & JEUX

PHYSIQUE AMUSANTE

Le miroir à profil variable

Le miroir convexe, dit aussi miroir de sorcière bien qu'il serve surtout de rétroviseur, est commode pour voir large; pour voir grand, il faut qu'il soit concave. Une glace plane permet de se voir au naturel, mais inversé. Et le miroir que nous proposons ici peut prendre ces trois formes tour à tour.

Contrairement à la légende, Narcisse n'avait nul besoin de se mirer dans une fontaine pour tomber amoureux de son image puisqu'il lui suffisait de prendre un des miroirs qui existaient déjà dans l'Antiquité grecque. Les Etrusques en possédaient aussi, et il est probable qu'ils apparurent dès l'âge du bronze. De fait, tous les miroirs anciens sont basés sur cet alliage de cuivre, zinc et étain dont on faisait les armes et les outils.

Plusieurs siècles avant Jésus-Christ, un artisan plus habile que les autres avait sans doute eu la surprise de se voir dans la soucoupe de bronze ou d'étain qu'il venait de polir un peu mieux que d'habitude, et il n'eut plus qu'à appeler sa femme pour que l'invention se répande dans tout le pays. A cette époque le miroir était le plus souvent rond et, chose curieuse mais logique si une soucoupe avait servi de prototype, légèrement convexe.

On se voyait donc un peu plus petit que nature dans ces miroirs bombés analogues aux rétroviseurs extérieurs des voitures. Selon toute vraisemblance, on découvrit rapidement le miroir concave avec une coupe bien polie au fond de laquelle le buveur vit apparaître son image nettement grossie - ce type de miroir sert toujours à se raser et à faire des télescopes.

En revanche le miroir plan mit beaucoup plus de temps à se répandre pour une raison essentiellement technique: il est assez simple d'obtenir à la main une surface creuse ou bombée à peu près régulière dont les défauts de courbure passeront inaperçus, mais il est bien plus difficile de faire une surface plane où la moindre ondulation se repère tout de suite – les dalles grecques ou romaines semblent plates, mais il suffirait d'y poser une règle d'ajusteur pour déceler des écarts de planéité dépassant le millimètre.

Le bronze avait le gros avantage de donner un teint cuivré plus seyant que le pâle reflet fourni par l'étain; l'argent, qui vint plus tard, offrait une image parfaitement fidèle puisque c'est le métal qui a le meilleur pouvoir réflecteur dans le visible – il est même largement supérieur à l'aluminium dans ce domaine, mais ce dernier reprend l'avantage dans l'ultraviolet. Vu son prix, le miroir en argent était réservé aux gens fortunés; ceux qui avaient des moyens plus modestes devaient se contenter de miroirs en fer qui avaient l'inconvénient de s'oxyder fort vite.

Au Moyen Age, on découvrit la possibilité de plaquer au dos d'une lame de verre une mince feuille de métal pour avoir un miroir insensible à l'oxydation (l'argent lui-même finit par se ternir à la longue). On trouve la trace d'une corporation spécialisée dans ce type de miroir dès 1373 à Nuremberg; ceux-ci étaient d'ailleurs toujours légèrement convexes, le verre plat étant trop difficile à réaliser – pendant plusieurs siècles encore le verre sera fabriqué par soufflage d'une boule fondue, ce qui donnait obligatoirement une autre boule creuse, plus ou moins allongéee, avec des parois courbes.

Mais c'est à Venise, vers 1560, que l'on parvint à fabriquer les glaces telles que nous les connaissons aujourd'hui; on partait alors d'un morceau de verre courbe tiré d'une bouteille soufflée que l'on aplatissait à chaud sur une pierre avant de le polir. La vitre ainsi faite était ensuite posée sur un film de mercure étalé sur une feuille d'étain; l'amalgame étain/mercure collait au verre et on obtenait une glace ayant un très bon pouvoir réflecteur.

En 1835, Justus von Liebig inventait l'argenture chimique qui permettait de déposer un mince film d'argent à la surface du verre. Les glaces ainsi faites surclassaient très nettement les miroirs vénitiens et la méthode devint générale quelques années plus tard. En 1856 un autre allemand, August von Steinheil, grand spécialiste de l'optique instrumentale, perfectionna le procédé et réussit à obtenir une argenture parfaite sur la face avant du verre, et non seulement au dos comme dans le cas d'une glace ordinaire.

Cette invention fit faire un bond spectaculaire aux instruments d'observation astronomique dont il existait deux versions concurrentes: le télescope, équipé d'un lourd objectif fait d'un miroir en métal massif, et la lunette munie d'un aussi lourd objectif fait de deux lentilles. Du moment où l'on sut argenter un disque de verre, bien plus léger qu'un disque de bronze, on put augmenter le diamètre des instruments et, depuis 1900, on ne fait plus que des télescopes.

En 1930, John Strong inventait le dépôt d'aluminium sous vide, lequel allait rapidement

supplanter l'argent. Plus près de nous l'arrivée des plastiques permit de faire des miroirs souples dont le modèle type reste le Mylar, un film mince métallisé avec lequel les américains firent le satellite Echo; il s'agissait d'un ballon mis en orbite dont le très haut pouvoir réflecteur en faisait l'étoile la plus brillante du ciel.

C'est d'ailleurs de ce plastique dont nous allons nous servir pour faire un miroir à concavité (ou convexité) variable. En astronomie, les miroirs primaires sont concaves à profil parabolique ou hyperbolique; les miroirs secondaires peuvent être plans, elliptiques ou hyperboliques. Le nôtre ne sera ni sphérique (cas des rétroviseurs ou des miroirs pour se raser), ni à profil d'ellipse, de parabole, d'hyperbole ou de chaînette. Pour être juste, la surface est celle que prend une membrane, qu'on supposera parfaitement élastique, quand il existe une différence de pression entre les deux faces.

Nous ne doutons pas que des lecteurs compétents nous en donneront l'équation, que nous nous empresserons de publier. Mais en attendant, on peut toujours observer l'effet produit, et avoir une juste idée de ce que devaient être les miroirs au temps des Romains. En effet, la métallisation du Mylar n'est pas comparable à celle qu'on peut obtenir sur un disque de verre surfacé.

Mais si l'image n'est pas parfaite, elle a l'avantage d'être à taille variable comme celle que donne un zoom: le montage est en effet basé sur l'utilisation d'une feuille de Mylar métallisé tendue sur un cadre circulaire solidaire d'un boîtier hermétique dans lequel on peut créer une pression ou une dépression. Selon le cas, la feuille réfléchissante, qui au repos est un miroir plan, devient un miroir convexe (pression) ou concave (dépression). On peut donc passer en continu d'une image petite avec un grand champ à une image agrandie dans un champ étroit.

Sur le plan pratique, nos essais ont démontré que la meilleure solution était d'employer une boîte en plastique de type hermétique destinée à recevoir des aliments. Nous avons retenu pour le prototype une boîte Rubbermaid de 2,5 litres (référence 4064, diamètre 25 cm) en vente au rayon vaisselle des grandes surfaces.

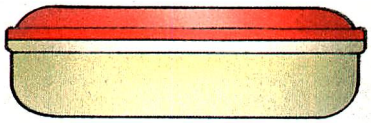
Cette boîte (**figure 1**) comporte un couvercle dans lequel nous avons ménagé une ouverture circulaire de 200 mm en procédant de la manière suivante: après avoir repéré le centre et tracé un cercle de ce diamètre, on le découpe avec des ciseaux le plus régulièrement possible. Etant donné la résistance du plastique, cet exercice demande une certaine force dans les doigts.

Cette boîte sera ensuite munie d'une valve de chambre à air de bicyclette – **figure 2**. Il est assez facile de se procurer une chambre hors d'usage chez un revendeur de cycles. Sinon, il faudra en acheter une neuve (les moins chères coûtent de 25 à 30 F). On retirera la valve et on percera un trou correspondant à son diamètre dans le fond de la boîte en plastique. Avant de fixer la valve par ses écrous, on intercalera deux morceaux de caoutchouc découpés dans la chambre qui serviront de rondelles d'étanchéité.Le Mylar métallisé en feuille est très difficile à trouver en petites quantités. La solution que nous avons trouvée consiste à utiliser un ballon et à le découper afin d'en extraire la feuille qui nous est nécessaire. La société Arabella, 48 rue Blaise Pascal, Vitry-sur-Seine, a accepté d'en fournir un exemplaire franco de port à tout lecteur qui en fera la demande et joindra un chèque de 35F.

Ainsi, on disposera de deux feuilles de Mylar prêtes à l'emploi. La **figure 3** montre comment procéder. On commencera par enduire de colle néoprène gel, sans excès mais très régulièrement, le pourtour extérieur de la boîte, celui qui reçoit le couvercle; puis on y posera la feuille de Mylar, la face réfléchissante étant tournée vers l'extérieur. Ensuite, on enfoncera le couvercle, qui entre légèrement en force – **figure 4**. Normalement, cela suffit à tendre le plastique. S'il reste une zone légèrement plissée, on rectifiera en la tendant, ce qui est possible



Un seul miroir pour se voir rapetissé (avec un grand champ) ou agrandi (avec un champ étroit).



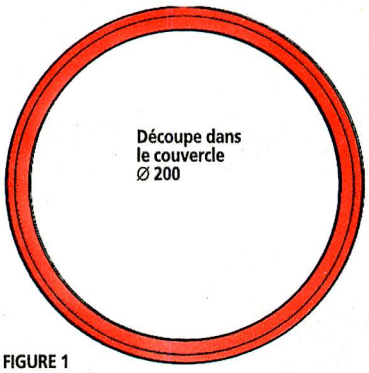


FIGURE 1

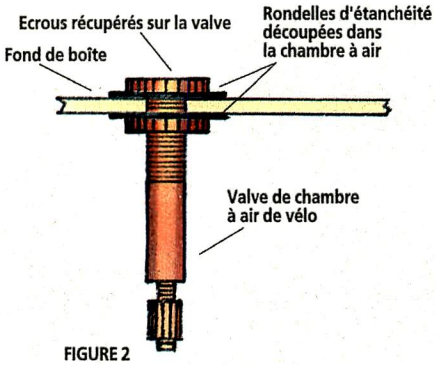
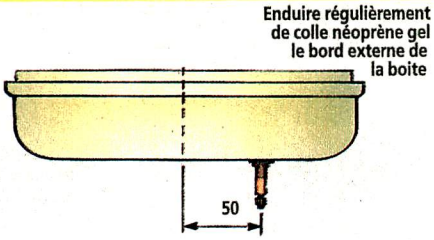


FIGURE 2



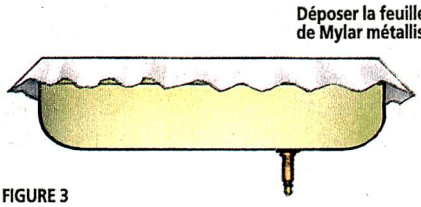


FIGURE 3

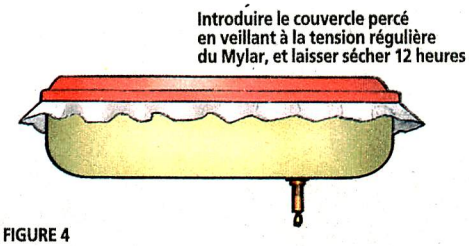


FIGURE 4

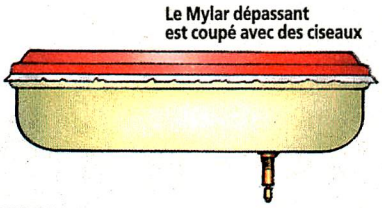


FIGURE 5

avant que la colle n'ait séché.

On n'essaiera surtout pas de modifier la pression intérieure avant séchage complet (environ 12 heures). En effet, si on incurvait la surface à ce stade, le Mylar se détendrait et resterait détendu, la colle le retenant dans sa nouvelle position. Après séchage, on découpera ce qui dépasse de Mylar avec des ciseaux, **figure 5**, et on pourra alors disposer un tuyau souple de 6 mm terminé par un morceau de gaine thermorétractable de 6 mm comme embout – voir **figure 6**.

Le morceau de gaine thermorétractable est destiné à immobiliser la tête de la valve qui, sinon, empêcherait le passage de l'air dans le sens intérieur/extérieur. On le disposera donc autour de la valve et on le chauffera légèrement. En réduisant son diamètre, il immobilisera la tête de valve et pourra aussi s'introduire dans le tuyau souple que l'on immobilisera avec un peu de colle cyanocrylate. En effet, étant donné que cette valve est destinée à laisser passer l'air dans les deux directions, il est nécessaire de bloquer sa fonction antiretour. Sa seule utilité est de fournir un moyen pratique de communication étanche.

Il en résulte que pour empêcher l'air de fuir ou de pénétrer, il faudra couper le circuit en serrant le tube souple avec une pince à linge après gonflage ou aspiration. La mise en œuvre est alors très simple : en soufflant dans le tube, **figure 7**, le miroir devient convexe et celui qui s'y regarde voit son image diminuer tandis que le champ observé s'élargit. La focale peut varier dans des proportions importantes. Il ne faudra cependant pas exagérer cette courbure car, le Mylar n'étant pas très élastique, il se formerait des plis sur le pourtour et le risque de rupture n'est pas inexistant.

En aspirant, **figure 6**, le miroir devient concave et l'image reflétée grossit tandis que le champ couvert rétrécit. Dans notre montage, l'existence de plis limite la zone utile du miroir à une quinzaine de centimètres; mais s'il était réalisé à plus grande échelle, il est probable que cette zone serait proportionnellement plus grande.

La **figure 8** donne les plans

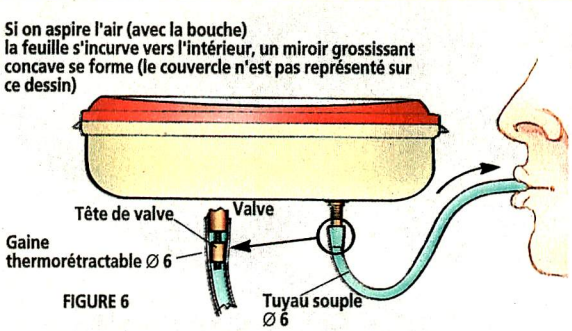


FIGURE 6

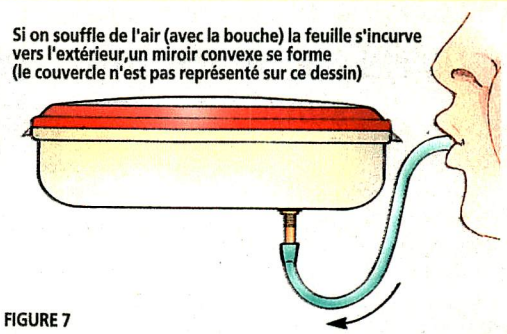


FIGURE 7

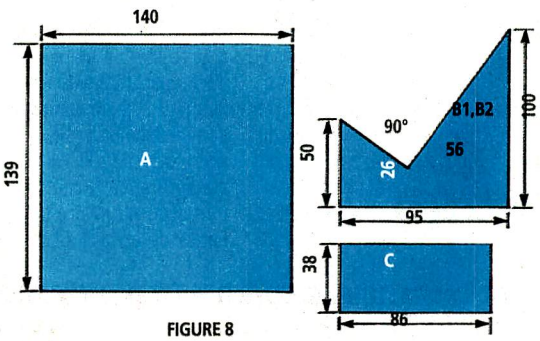


FIGURE 8

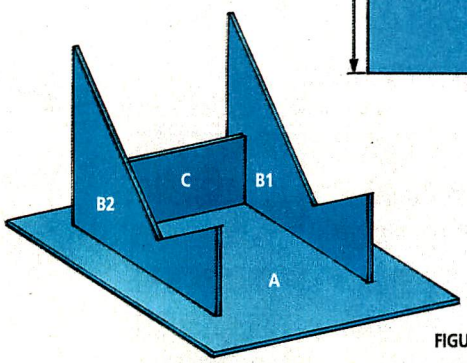
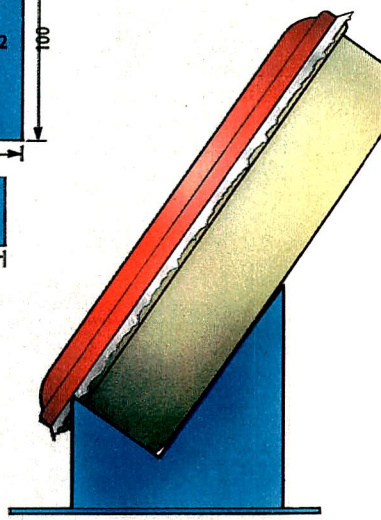


FIGURE 9



des quatre pièces servant à fabriquer le support dont une vue en perspective est donnée **figure 9**. Bien que ce support ne soit pas indispensable, il facilitera l'examen de la variation de focale.

Pour être juste, le miroir souple ainsi construit ne constitue pas un réflecteur optique sans défauts. Il faudrait d'abord savoir si la forme obtenue permet d'avoir une image meilleure que celle donnée par les profils classiques utilisés en astronomie: parabole, hyperbole et autres. On sait déjà que la parabole est en théorie parfaite pour un objet situé à l'infini dans l'axe; c'est le cas d'une étoile, par exemple, mais le champ observé se réduit alors à un point.

Pour des objets placés hors de l'axe, la parabole n'est pas meilleure que le cerle; c'est d'ailleurs pour cette raison que les grands miroirs astronomiques actuels sont à profil d'hyperbole; celle-ci constitue le meilleur compromis si l'on veut des images nettes dans un champ étendu. Une membrane – qui pourrait être un grand disque de verre mince – rendue concave par différence de pression offre peut-être un compromis encore meilleur, et elle aurait l'avantage d'être à focale variable tout en conservant le même profil géométrique.

A titre d'expérience, on peut déjà concentrer la lumière du Soleil avec notre miroir et élever la température d'un petit tube à essai recouvert de noir de fumée. L'hiver et le ciel couvert nous ont empêché de faire des essais valables, mais chacun pourra les reprendre dès la venue du printemps. Le seul obstacle vient de ce que les fuites d'air, inévitables avec cette technologie simplifiée, font varier la focale, et donc la position du foyer. Il faudrait maintenir constante la dépression pour faire des expériences un peu prolongées.

Notons pour finir que la feuille de Mylar est relativement fragile. Une des meilleures façons de détruire le miroir consiste à essayer de le gonfler avec une pompe de vélo, une autre à poser quoi que ce soit sur sa surface. Mais si on en prend soin, il peut durer fort longtemps.

Renaud de La Taille
Modèle Pierre Courbier

ELECTRONIQUE AMUSANTE

Un mélangeur stéréo simple



En vidéo amateur, il peut être intéressant d'ajouter des commentaires lors de la copie d'une cassette. Cependant, sur la plupart des camescopes récents, le son est stéréophonique. En revanche, si l'on ne dispose que d'un seul micro, il s'agit alors d'une source monophonique. Notre mélangeur conservera donc le son stéréo d'origine et lui adjoindra, sur les deux piste mais en monophonie cette fois-ci, le son issu du micro. Notons que, afin d'avoir immédiatement un aperçu du son définitif, nous l'avons équipé d'un petit amplificateur pour casque. Enfin, étant donné la faible consommation de ce montage, une simple pile 9 volts assurera son alimentation. Ces quelques précisions apportées, passons maintenant à l'étude de notre mélangeur.

En fait, le seul problème que présente une telle réalisation se situe au niveau de la disparité entre les tensions issues du micro, d'une part, et du caméscope, d'autre part. En effet si, pour ce dernier, elles sont de l'ordre du volt, celles issues du micro n'excèdent pas quelques millivolts. La première opération que devra donc effectuer notre mélangeur sera de donner aux signaux issus de chaque source une tension du même ordre de grandeur. Pour ce faire, l'entrée micro sera reliée à l'entrée d'un amplificateur opérationnel du type UA 741. Son bouclage en contre-réaction lui donne un gain en tension proche de 200. Par voie de conséquence la sensibilité micro du montage sera de l'ordre de 2,5 millivolts; sensibilité tout à fait habituelle pour ce type de réalisation.

A la sortie de cet étage d'amplification, les signaux seront donc d'amplitudes proches. Reste à les mélanger. Cette opération sera réalisée par un simple jeu de résistances. C'est également au niveau de ce mélangeur que deux potentiomètre permettront d'effectuer le dosage entre les signaux issus de chaque source; puis ils seront appliqués aux sorties du mélangeur. C'est également en ce point que sera prélevé le signal sonore destiné au casque. Trop faible pour être directement appliqué aux écouteurs, il devra être de nouveau amplifié, et adapté à la faible impédance du casque.

Signalons que, afin de simplifier notre montage, et puisque le casque ne sert qu'à

IMPLANTATION DES COMPOSANTS DU MÉLANGEUR

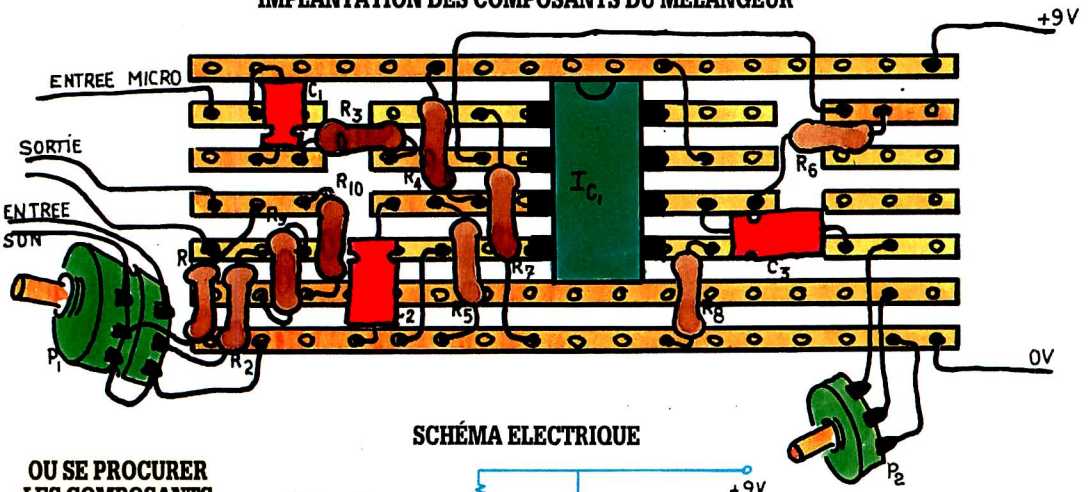
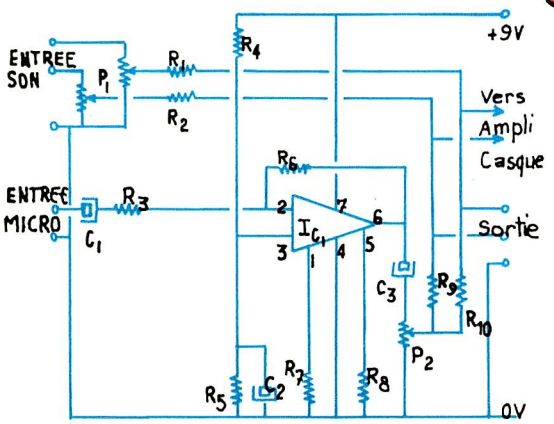


SCHÉMA ELECTRIQUE



OU SE PROCURER LES COMPOSANTS

- MAGNETIC FRANCE, 11 place de la Nation, 75011 Paris, tel.: (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.

estimer la qualité du mixage, nous travaillerons ici en monophonie. Un deuxième amplificateur opérationnel sera utilisé pour assurer l'amplification en tension. Un potentiomètre permettra d'ajuster le volume du casque sans pour autant intervenir sur les niveaux du mixage. Précisons que nous avons choisi ici un potentiomètre équipé d'un interrupteur. Celui-ci assurera la mise en route du montage. Deux transistors complémentaires, montés en push-pull, assureront le gain en courant, et donc l'adaptation en impédance. Au total cet amplificateur pour casque est proche, dans sa conception, de biens d'autres déjà présentés dans ces pages.

En ce qui concerne les fiches de raccordement, nous avons opté pour un modèle type RCA. En effet, de plus en plus d'appareils sont équipés de fiches de ce type et, qui plus est, il est beaucoup plus facile d'effectuer les soudures sur ces dernières que sur les fiches type DIN, dont les contacts sont extrêmement rapprochés. Il est recommandé d'utiliser du fil blindé, dont la tresse périphérique sera reliée au 0 volt, pour réaliser l'interconnexion entre fiches et plaquettes électroniques, cela afin d'éviter les bourdonnements parasites.

En dehors de ce point particulier, le câblage de ce mélangeur ne doit pas poser de problème particulier. Il faudra cependant prendre soin de bien respecter le brochage des circuits intégrés et des transistors ainsi que la polarité des condensateurs chimiques. De même il ne faudra pas omettre de bien couper les bandes conductrices des plaquettes de câblage sous les circuits intégrés ainsi qu'aux emplacements mentionnés sur le schéma de câblage. L'alimentation depuis la pile 9 volts sera assurée par l'intermédiaire d'un "clip" approprié. Rappelons que, sur ce type de contacteur, le fil rouge repère le (+) et le noir le (–). Ici encore on prendra soin de respecter le sens de l'alimentation.

Henri-Pierre Penel

NOMENCLATURE

R1= 22 kilohms (rouge, rouge, orange, or)
R2= 22 kilohms (rouge, rouge, orange, or)
R3= 2,2 kilohms (rouge, rouge, rouge, or)
R4= 15 kilohms (brun, vert, orange, or)
R5=15 kilohms (brun, vert, orange, or)
R6= 470 kilohms (jaune, violet, jaune, or)
R7= 4,7 kilohms (jaune, violet, rouge, or)
R8= 4,7 kilohms (jaune, violet, rouge, or)
R9= 22 kilohms (rouge, rouge, orange, or)
R10= 22 kilohms (rouge, rouge, orange, or)
R11= 100 kilohms (brun, noir, jaune, or)
R12= 100 kilohms (brun, noir, jaune, or)
R13= 15 kilohms (brun, vert, orange, or)
R14= 15 kilohms (brun, vert, orange, or)
R15= 47 kilohms (jaune, violet, orange, or)
R16= 470 kilohms (jaune, violet, jaune, or)
R17= 470 kilohms (jaune, violet, jaune, or)
R18= 4,7 kilohms (jaune, violet, rouge, or)
R19= 4,7 kilohms (jaune, violet, rouge, or)
R20= 2,2 kilohms (rouge, rouge, rouge, or)
R21= 220 ohms (rouge, rouge, brun, or)
R22= 220 ohms (rouge, rouge, brun, or)
R23= 2,2 kilohms (rouge, rouge, rouge, or)

R24= 10 ohms (brun, noir, noir, or)
R25= 10 ohms (brun, noir, noir, or)

P1= Potentiomètre double 2 x 10 kilohms
P2= Potentiomètre 10 kilohms
P3= Potentiomètre 470 kilohms avec interrupteur

C1= 10 microfarads 12 volts
C2= 10 microfarads 12 volts
C3= 10 microfarads 12 volts
C4= 10 microfarads 12 volts
C5= 10 microfarads 12 volts
C6= 10 microfarads 12 volts

T1= 2N 1711
T2= 2N 2905

Ic1= UA 741
Ic2= UA 741

IMPLANTATION DES COMPOSANTS DE L'AMPLI CASQUE

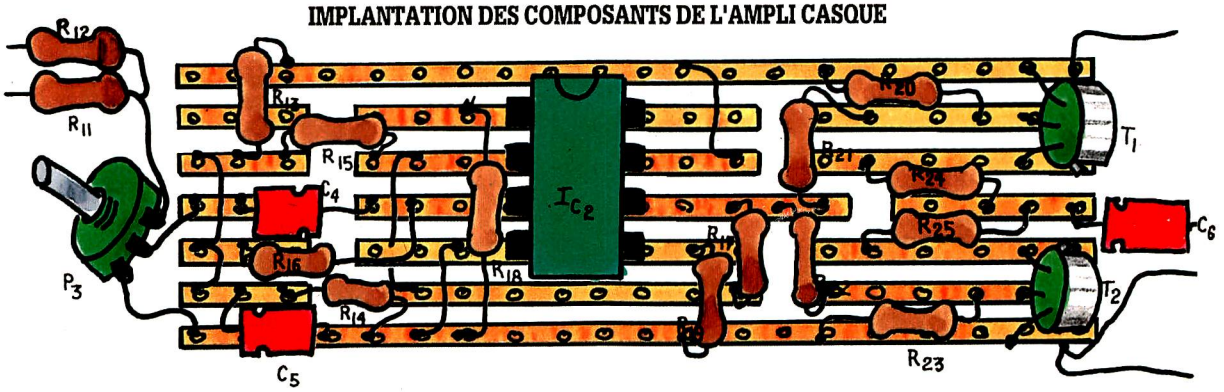
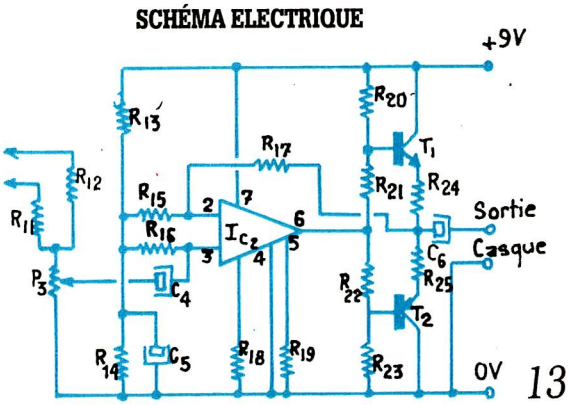


SCHÉMA ELECTRIQUE



INFORMATIQUE AMUSANTE:

Jouons à "Présidentiable" (suite)

Le mois dernier nous vous avons proposé le logiciel d'un jeu d'arcades. Mais pour qu'il soit en mesure de fonctionner correctement, il faut lui fournir les données nécessaires à la représentation des divers éléments du jeu – les éléments graphiques. Nous vous les proposons donc ce mois-ci.

Etudié a l'aide de notre logiciel Supergraph, chaque symbole comporte 25 pixels par 20. Nous vous fournirons donc les données sous forme de tableaux de 20 lignes comportant chacune 20 nombres de deux chiffres. De plus, afin de faciliter leur frappe, nous vous proposerons également un court programme destiné à les transférer sur la disquette. Passons donc à l'étude de ce dernier.

En premier lieu nous créerons un tableau de mémorisation comportant également 20 lignes et 25 colonnes. C'est dans ce dernier que seront mémorisés les nombres frappés au clavier.

Etant donné que, dans nos tableaux, il arrive souvent que le même nombre se répète de nombreuses fois, nous avons doté ce programme d'une fonction répétition. Il faudra donc "pointer" la case à remplir à l'aide des flèches de déplacement curseur du clavier numérique (touches 4, 6, 8 et 2) puis, s'il s'agit d'un nouveau nombre, le taper au clavier et le valider par "entrée".

Il s'affichera aussitôt sur l'emplacement pointé. Si ce même nombre doit être répété à d'autres emplacements du tableau, il suffira de les pointer, toujours grâce aux flèches de déplacement curseur, et de frapper R (répétition). Le nombre s'affichera de nouveau à l'emplacement sélectionné. Précisons qu'il ne faut en aucun cas taper les espaces ou la ponctuation; ces caractères ne sont présent que pour simplifier la saisie du tableau et sont ignorés par le programme. Ce dernier se charge d'ailleurs lui-même de les afficher à l'écran de manière à le rendre conforme aux tableaux présentés dans les pages suivantes.

Une fois le tableau entièrement rempli, le programme effectuera son transfert sur la disquette A. Cependant, afin que le logiciel du jeu retrouve correctement chaque fichier, il faudra indiquer le nom du tableau à sauvegarder sans aucune modification par rapport à celui mentionné. Dès validation de celui-ci, toujours grâce à la touche "entrée", la sauvegarde sera effectuée.

Nous vous conseillons d'ailleurs de loger ces tableaux sur la même disquette que celle où le programme du jeu lui-même est installé. De cette manière, il pourra fonctionner sans avoir à

```
10 COLOR 3,1,2:CLS
20 DIM D(25,20)
30 COLOR 3:CLS
40 FOR Y=1 TO 20
50 FOR X=1 TO 25
60 LOCATE (Y+3),(X*3):PRINT "00"
70 NEXT X
80 NEXT Y
90 LET XC=1:LET YC=1
100 COLOR 14: LOCATE 2,5:INPUT"Tapez la donnée puis validez
la par Entrée";DON
110 COLOR 14: LOCATE 2,3:PRINT "Pour répéter";DON;"taper R,
pour le modifier N, pour corriger C."
120 PRINT CHR$(7)
130 COLOR 15
140 IF DON>9 THEN LOCATE (YC+3),(XC*3)-1:PRINT DON
150 IF DON<10 THEN LOCATE (YC+3),(XC*3):PRINT DON:LOCATE
(YC+3),(XC*3):PRINT "0"
160 LET D(XC,YC)=DON
170 LET XC=XC+1
180 IF XC=26 THEN LET XC=1:LET YC=YC+1
190 IF YC=21 THEN GOTO 260
200 COLOR 2: LOCATE (YC+3),(XC*3):PRINT "00"
210 LET K$=INKEY$
220 IF K$="r" OR K$="R" THEN GOTO 130
230 IF K$="n" OR K$="N" THEN LOCATE 2,1:PRINT
STRING$(78,32);CHR$(7):GOTO 100
240 IF K$="c" OR K$="C" THEN GOSUB 420
250 GOTO 210
260 COLOR 14:LOCATE 2,1: PRINT STRING$(78,32);CHR$(7)
270 LOCATE 2,3:INPUT "Quel est le nom de ce tableau SVP"; N$
280 LET BK$="A:"+N$
290 OPEN "O",#1,BK$,500
300 FOR XB=1 TO 25
310 FOR YB=1 TO 20
320 WRITE#1,D(XB,YB)
330 NEXT YB
340 NEXT XB
350 CLOSE
360 LOCATE 2,1: PRINT STRING$(78,32);CHR$(7)
370 LOCATE 2,3:PRINT "Désirez-vous saisir un autre tableau ?
(O/N)"
380 LET K$=INKEY$
390 IF K$="o" OR K$="O" THEN GOTO 30
400 IF K$="n" OR K$="N" THEN SYSTEM
410 GOTO 380
420 COLOR 14:LOCATE 2,1: PRINT STRING$(78,32);CHR$(7)
430 LOCATE 2,1:PRINT "Utilisez les flèches (4,6,8 et 2)pour
pointer la modification et validez (V)."
440 LET XCP=1:LET YCP=1
450 COLOR 15:LET DVM=D(XCP,YCP)
460 IF DVM>9 THEN LOCATE (YCP+3),(XCP*3)-1:PRINT DVM
470 IF DVM<10 THEN LOCATE (YCP+3),(XCP*3):PRINT DVM:LOCATE
(YCP+3),(XCP*3):PRINT "0"
480 IF DVM=0 THEN COLOR 3:LOCATE (YCP+3),(XCP*3):PRINT "00"
490 IF K$="6" THEN LET XCP=XCP+1: IF XCP=26 THEN LET XCP=1
500 IF K$="4" THEN LET XCP=XCP-1: IF XCP=0 THEN LET XCP=25
510 IF K$="8" THEN LET YCP=YCP-1: IF YCP=0 THEN LET YCP=20
520 IF K$="2" THEN LET YCP=YCP+1: IF YCP=20 THEN LET YCP=1
530 IF K$="v" OR K$="V" THEN GOTO 590
540 COLOR 12:LET DVM=D(XCP,YCP)
550 IF DVM>9 THEN LOCATE (YCP+3),(XCP*3)-1:PRINT DVM
560 IF DVM<10 THEN LOCATE (YCP+3),(XCP*3):PRINT DVM:LOCATE
(YCP+3),(XCP*3):PRINT "0"
570 LET K$=INKEY$:IF K$="" THEN GOTO 570
580 GOTO 450
590 COLOR 14:LOCATE 2,1: PRINT STRING$(78,32);CHR$(7)
600 LOCATE 2,10:INPUT "Nouvelle valeur ";NV
610 COLOR 15:LET D(XCP,YCP)=NV
620 IF NV>9 THEN LOCATE (YCP+3),(XCP*3)-1:PRINT NV
630 IF NV<10 THEN LOCATE (YCP+3),(XCP*3):PRINT NV:LOCATE
(YCP+3),(XCP*3):PRINT "0"
640 COLOR 14: LOCATE 2,3:PRINT "Pour répéter";DON;"taper R,
pour le modifier N, pour corriger C."
650 RETURN
```

changer de disquette en cours de chargement.

Cette opération entièrement terminée il sera possible d'utiliser le jeu. Pour cela, depuis le GW Basic, il suffira de demander: RUN "A: PRESIDE" pour que logiciel et graphismes soient chargés dans l'ordinateur. Les symboles apparaissent alors les un après les autres sur le bord gauche de l'écran.

Chacun d'entre eux est suivi d'un court commentaire précisant son utilité dans le jeu. Une première série d'objets s'affiche ainsi puis le programme s'interrompt de manière à vous laisser le temps de lire les commentaires. La frappe d'une touche provoquera l'apparition du groupe de symboles suivant. Ici encore, chacun d'entre eux sera suivi d'un commentaire.

Une fois ce second groupe affiché, la machine sera prête pour l'exécution du jeu. La frappe d'une touche quelconque provoquera sa mise en route.

Les commentaires seront effacés de l'écran et remplacés par les tas de fausses factures. De même, en haut d'écran sont précisés le montant de votre fortune (avec un crédit de départ de 20 MF), votre cote de popularité et votre poids politique. Dès lors, à vous de jouer pour éviter de rester sur un tas qui s'épuise, récolter des fonds, ou acheter un maire ou une équipe de football.

Rappelons que vous devez toujours disposer d'une certaine réserve d'argent. En effet les emplacements où apparaissent les éléments à acheter étant tirés de manière aléatoire par l'ordinateur, il peuvent parfaitement apparaître sur le tas où vous êtes perchés. Dans ce cas l'achat est automatique et immédiat. Si dans ce cas votre réserve financière est insuffisante, l'achat provoquera votre perte.Le changement de tableau est automatique et s'effectue dès que votre cote politique atteint 100 points.

L'utilisation du second tableau est proche de celle du premier. La différence essentielle réside dans le lancement des décrets. Pour cette opération la touche 5 sera utilisée. Cependant l'opération ne sera effective que si vous êtes sur la rangée supérieure de sacs d'argent.

Les réserves sur lesquelles vous avez assis votre pouvoir s'érodent. Il faut, bien enten-

NOM DE CES DONNEES : ARGENT

20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 04 04 04 04 04 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 04 04 04 04 04 04 04 04 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 04 04 06 06 06 04 04 04 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 04 04 06 06 06 06 06 04 04 20 20 20 20 20 20 20 06 20 20 20 20 20 20 04 06 06 06 06 06 06 06 06 04 20 20 20 20 06 06 20 20 20 06 06 06 06 06 06 06 06 06 06 04 04 20 20 20 06 06 06 06 06 06 06 06 06 06 06 06 06 06 06 06 06 06 06 06 06 04 04 20 20 06 06 14 06 20 20 06 06 06 06 06 06 06 06 06 06 06 06 14 04 04 20 06 14 15 06 20 06 06 06 14 14 14 14 14 14 14 14 06 04 04 06 14 14 06 06 06 06 06 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 06 06 04 06 15 14 06 06 06 06 14 06 06 14 06 06 06 06 06 14 06 06 04 06 14 15 06 06 06 06 06 14 06 14 14 14 06 06 06 06 06 06 04 06 14 14 06 06 06 06 06 14 06 06 06 06 06 06 06 06 06 06 06 06 04 06 15 14 06 06 06 06 06 14 14 06 06 14 14 14 14 14 06 06 04 06 14 14 06 06 06 06 06 06 06 06 06 06 06 06 06 06 06 06 06 06 06

NOM DE CES DONNEES : DECRET

20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 15 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20
20 20 20 20 20 20 20 20 15 03 15 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20
20 20 15 15 15 03 15 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 15 15 15 15 15
15 03 15 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 15 15 15 15 15 15 15 03 15 20
20 20 20 20 20 20 20 20 20 09 15 15 15 15 15 07 15 20 20 20 20 20 20 20
20 20 20 15 09 09 15 15 15 15 07 15 20 20 20 20 20 20 20 20 20 12 15 15
09 09 15 15 07 15 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 15 12 12 15 15 09 09 07 15
20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 15 15 15 12 12 15 15 09 09 20 20 20 20 20 20
20 20 20 20 15 15 15 15 15 12 12 15 15 09 09 20 20 20 20 20 20 20 20 15 15
15 15 15 15 15 12 12 15 15 09 09 20 20 20 20 20 20 15 15 15 15 15 15 15 07
15 12 12 15 15 09 20 20 20 20 20 15 15 15 15 15 15 07 15 20 20 12 12 15
09 09 20 20 20 15 15 15 15 15 15 15 07 15 20 20 20 20 20 12 15 15 09 20 20 20
20 15 15 15 15 15 07 15 20 20 20 20 20 12 12 15 09 20 20 20 20 20 15 15 15
07 15 20 20 20 20 20 20 20 20 12 15 09 09 20 20 20 20 20 15 07 15 20 20 20 20
20 20 20 20 12 15 15 09 20 20 20 20 20 20 15 20 20 20 20 20 20 20 20 20 12
12 15 09 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 12 15 09 20 20
20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 12 15 09 09 20 20 20 20 20 20
20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 12 15 15 09 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20
20 20 20 20 20 20 12 12 15 09 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20
20 12 15 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 12 20 20 20

NOM DE CES DONNEES : FACTURE

20 20 20 20 20 20 15 20 20 20 20 20 20 20 20 15 20 20 20 20 20 20 20 20 20
15 15 07 20 20 20 20 20 20 20 15 20 20 20 20 20 20 20 20 15 15 15 07 07 20
20 20 20 20 15 15 07 20 20 20 20 20 20 15 15 15 15 07 07 07 20 20 20 20 15
15 07 20 20 20 20 20 15 15 15 15 15 07 07 07 07 20 20 15 15 15 07 07 20 20
20 15 15 15 15 15 15 07 01 07 07 07 20 15 03 15 07 07 20 20 15 15 03 15 15
15 15 07 01 07 07 07 07 15 03 15 07 07 07 20 15 15 03 15 15 15 15 07 01 07
01 07 07 15 03 15 07 07 07 20 15 15 03 15 15 15 15 15 07 01 07 01 07 07 15 03
15 07 07 07 20 15 15 03 15 15 15 03 07 01 07 01 07 07 15 03 15 07 07 07 20
15 15 03 15 15 15 03 07 01 07 01 07 07 15 03 15 07 07 07 20 15 15 03 15 03
15 03 07 01 07 01 07 07 15 03 15 07 07 07 20 15 15 03 15 03 15 03 07 01 07
01 07 01 15 15 15 07 07 07 20 15 15 03 15 03 15 03 07 07 07 01 07 01 15 15
15 07 07 07 20 15 15 03 15 03 15 03 07 07 07 01 07 01 15 12 15 07 04 07 20
15 15 03 15 03 15 03 07 07 07 01 07 01 15 12 15 07 04 07 20 15 15 15 15 03
15 03 07 07 07 01 07 01 15 12 15 07 04 07 20 15 15 15 15 03 15 15 07 07 07
01 07 01 15 12 15 07 04 07 20 15 15 15 15 15 15 15 07 07 07 07 07 01 15 15
15 07 04 07 20 15 15 15 15 15 15 20 07 07 07 07 07 01 15 15 20 07 07 07 20
15 15 15 15 15 20 20 20 07 07 07 07 01 15 15 20 07 07 07 20 15 15 15 15 20
20 20 20 20 07 07 07 07 15 20 20 20 07 07 20 15 15 15 20 20 20 20 20 20 20
07 07 07 15 20 20 20 07 07 20 15 15 20 20 20 20 20 20 20 20 20 07 07 20 20
20 20 07 20 15 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 07 20 20 20 20 20 07 20

NOM DE CES DONNEES : FOOT

20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20
20 15 15 15 15 15 15 15 15 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 15 15 15 15 15
15 15 15 15 15 15 20 20 20 20 20 20 20 20 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
15 20 20 20 20 20 20 20 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 20 20 20
20 20 15 15 15 15 15 04 15 15 15 15 15 15 15 04 15 15 20 20 20 20 15 15 15
15 04 04 04 15 15 15 15 15 04 04 04 15 20 20 20 15 15 15 15 15 04 04 04 15
15 15 15 15 04 04 04 15 15 20 20 15 15 15 15 15 15 04 15 15 15 15 15 15 15
04 15 15 15 20 20 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 20
15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
15 15 15 15 01 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 01
01 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 04 15 15 15 01 01 01 01 15 15 15
15 15 15 15 15 15 15 15 04 04 04 15 15 01 01 01 01 01 15 15 15 15 15 15 15
15 15 15 04 04 04 15 15 01 01 01 01 01 15 15 15 15 15 15 20 15 15 15 04
15 15 15 01 01 01 01 15 15 15 15 15 15 15 20 20 15 15 15 15 15 15 15 01
01 15 15 15 15 15 04 15 15 20 20 15 15 15 15 15 15 15 15 01 15 15 15 15 15
04 04 04 15 20 20 20 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 04 04 04 15 20 20
20 20 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 04 15 20 20 20 20 20 15 15
15 15 15 15 15 04 15 15 15 15 15 15 20 20 20 20 20 20 15 15 15 15 15 15 04
04 04 15 15 15 15 20 20 20 20 20 20 20 20 20 15 15 15 15 15 04 04 04 15 15 15
20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 15 15 15 15 04 15 15 20 20 20 20 20 20 20

NOM DE CES DONNEES : JOUEUR

20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20
20 15 15 15 15 15 15 15 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 15 15 15 15 15
15 15 15 15 15 15 20 20 20 20 20 20 20 20 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
15 20 20 20 20 20 20 20 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 20 20 20
20 20 15 15 15 15 15 04 15 15 15 15 15 15 15 04 15 15 20 20 20 20 15 15 15
15 04 04 04 15 15 15 15 15 04 04 04 15 20 20 20 15 15 15 15 15 04 04 04 15
15 15 15 15 04 04 04 15 15 20 20 15 15 15 15 15 15 04 15 15 15 15 15 15 15
04 15 15 15 20 20 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 20
15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
15 15 15 15 01 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 01
01 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 04 15 15 15 01 01 01 01 15 15 15
15 15 15 15 15 15 15 15 04 04 04 15 15 01 01 01 01 01 15 15 15 15 15 15 15
15 15 15 04 04 04 15 15 01 01 01 01 01 15 15 15 15 15 15 20 15 15 15 04
15 15 15 01 01 01 01 15 15 15 15 15 15 15 20 20 15 15 15 15 15 15 15 01
01 15 15 15 15 15 04 15 15 20 20 15 15 15 15 15 15 15 15 01 15 15 15 15 15
04 04 04 15 20 20 20 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 04 04 04 15 20 20
20 20 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 04 15 20 20 20 20 20 15 15
15 15 15 15 15 04 15 15 15 15 15 15 20 20 20 20 20 20 15 15 15 15 15 15 04
04 04 15 15 15 15 20 20 20 20 20 20 20 20 20 15 15 15 15 15 04 04 04 15 15 15
20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 15 15 15 15 04 15 15 20 20 20 20 20 20 20

NOM DE CES DONNEES : MAIRE

20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20
20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20
20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20
20 20 20 20 20 20 20 20 20 01 01 01 01 01 15 12 20 20 20 20 20 20 20 20 20
20 20 20 20 01 01 01 01 01 01 15 12 12 20 20 20 20 20 04 20 20 20 20 01
01 01 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 04 20 07 07 20 01 01 01 01 01 11
11 15 15 12 01 01 01 01 01 04 12 12 12 20 01 01 01 01 11 11 15 15 12 12 01
01 01 01 01 04 12 04 12 12 01 01 01 11 11 15 15 12 12 01 01 01 01 01 01 04
12 12 12 12 01 01 11 11 15 15 12 12 01 01 20 20 20 20 20 20 12 04 12 12 01
11 11 15 15 12 12 01 01 01 01 01 01 01 04 12 12 12 20 11 11 15 15 12 12
01 01 01 01 01 01 01 01 01 04 20 07 07 20 11 15 15 12 12 01 01 01 01 01 01
01 01 01 01 04 20 20 20 20 15 15 12 12 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 04
20 20 20 20 12 12 12 01 01 01 15 12 12 20 20 20 20 20 20 04 20 20 20 20 20
01 01 01 01 01 15 12 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20
20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20
20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20
20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20
20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20
20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20

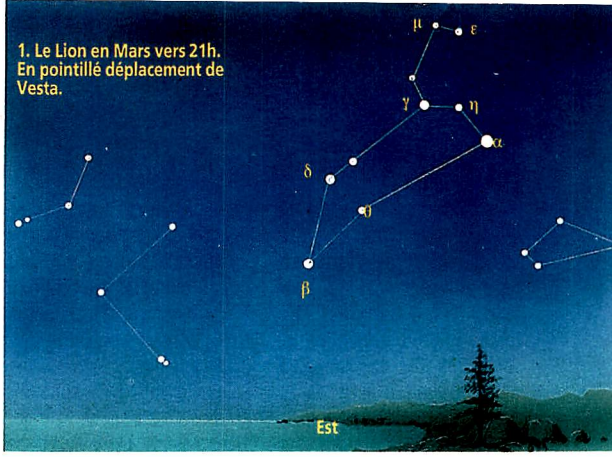
du, éviter à tout prix de se retrouver sur un tas vide. Il ne faudra pas non plus négliger les achats sous peine de voir l'action s'éterniser sur ce tableau de jeu. Comme précédemment le passage au troisième tableau est automatique et son utilisation identique à celle du premier.

Ici, étant président, vous n'avez plus d'ennemi déclaré, si ce n'est le temps. En fait, la cote de popularité que vous avez réussi à obtenir lors des tableaux précédents diminue progressivement. Il est donc impératif de profiter au maximum de la situation avant que votre impopularité notoire ne vous force à démissionner de vos fonctions.

En fin de partie, que celle-ci survienne à l'issue du troisième tableau ou que vous ayez été débouté prématurément de vos fonctions sur l'un des tableaux précédents, l'ordinateur indiquera votre fortune finale, voire l'ampleur de vos dettes – au cas où vous avez fait faillite –, puis demandera si vous souhaitez entreprendre une nouvelle partie. Si tel est le cas, il vous suffira de frapper P pour que le jeu reboucle.

Henri-Pierre Penel

A la recherche de Vesta



Le système solaire ne se limite pas aux neuf planètes principales. Entre Mars et Jupiter, gravitent des corps de dimensions variées, qui orbitent chacun autour du Soleil. En ce sens, ce sont de véritables planètes mais, comme le plus important d'entre eux n'a qu'un diamètre de 1000 kilomètres, on les dénomme planétoïdes ou astéroïdes. Quelques-uns sont accessibles aux amateurs. Voyons tout d'abord l'histoire de leur découverte.

La loi de Titius-Bode. En 1772, un astronome allemand, surnommé Titius, formula une loi mathématique de la répartition des distances des planètes au Soleil, s'appuyant pour cela sur une constatation faite trente ans plus tôt par Wolf. Le travail de Titius passa inaperçu et trois ans plus tard le directeur de l'observatoire de Berlin, appelé Bode, fit connaître cette loi. C'est pourquoi elle est appelée loi de Titius-Bode.

Voici de quoi il s'agit: on forme la suite de nombres 0 3 6 12 24 48 96 192 384 768. Ces nombres sont, à partir du deuxième, une progression géométrique de raison 2. On ajoute alors 4 à chacun, puis on divise par 10. Le résultat est le suivant: 0,4 0,7 1 1,6 2,8 5,2 10 19,6 38,8 77,2

Le tableau A (**ci-contre**) établit la comparaison entre ces nombres et les distances réelles des planètes au Soleil, en prenant la distance de la Terre pour unité (unité astronomique). La loi est valable avec une bonne approximation jusqu'à Uranus. Pour Neptune, en revanche, l'écart est très important; quant à Pluton, le problème est différent, vue la grande excentricité de l'orbite de la planète. Mais ce qui frappa Wolf, Titius et Bode, c'est l'absence de planète à la distance 2,8 et ce d'autant plus que, à cette époque, Uranus, Neptune et Pluton n'étaient pas encore découverts.

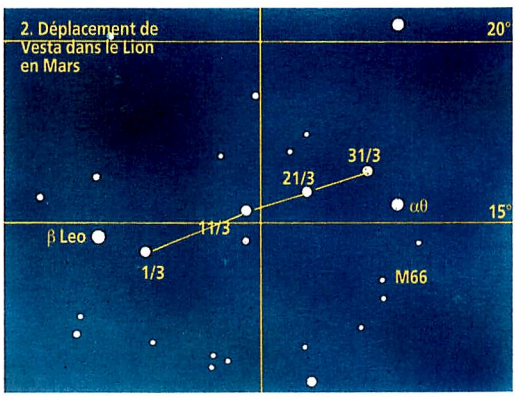


TABLEAU A		
PLANETE	DISTANCE	BODE
Mercure	0,39	0,4
Vénus	0,72	0,7
Terre	1	1
Mars	1,52	1,6
		2,8
Jupiter	5,2	5,2
Saturne	9,6	10
Uranus	19,2	19,6
Neptune	30,1	38,8
Pluton	39,4	77,2

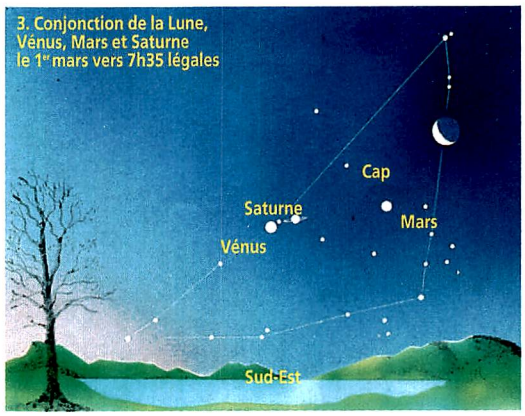
Ajoutons au passage que rien n'explique à l'heure actuelle, malgré les nombreuses études qui lui ont été consacrées, la loi de Titius-Bode et qu'elle est surtout considérée comme un moyen mnémotechnique pour se souvenir de la distance des planètes.

Quinze mois plus tard, le 28 mars 1802 exactement, le bel équilibre planétaire allait basculer car, cette nuit-là, l'astronome Olbers, de Brême, remarquait un nouvel astéroïde situé à 2,77 unités astronomiques du Soleil, auquel fut attribué le nom de Pallas. Les astronomes se retrouvaient avec deux planètes au lieu d'une à la distance prévue par la loi de Titius-Bode. Ils entreprirent alors vertes. Précisément, l'interrogation fut encore plus grande lorsque, en 1781, William Herschell découvrit Uranus à la "bonne distance". Cette confirmation brillante de la loi de Titius-Bode incita plusieurs astronomes, dont le Français Lalande, à partir à la recherche de la planète 2,8!

Dès le 1er janvier 1801, un astronome sicilien, Giuseppe Piazzi, détecta dans la constellation du Taureau une petite planète gravitant à la distance de 2,8 du Soleil. Le trou était bouché et la communauté astronomique satisfaite! Piazzi nomma "sa" planète Céres, du nom de la divinité protectrice de la Sicile. En raison de son faible diamètre, 1000 kilomètres, Céres fut le premier astéroïde découvert.

une révision de leur carte et une surveillance systématique du ciel. C'est ainsi que, en 1804, Junon fut détectée par Harding puis, en 1807, Vesta par Olbers à nouveau.

Les découvertes se succédèrent à un rythme croissant, d'autant que le perfectionnement des instruments autorisait l'observation de corps de moins en moins lumineux. Ainsi, en 1868, on comptait 100 astéroïdes, pour atteindre 450 en 1900 et, à l'heure actuelle, la liste est forte de près de 5000 noms. L'une des diffi-



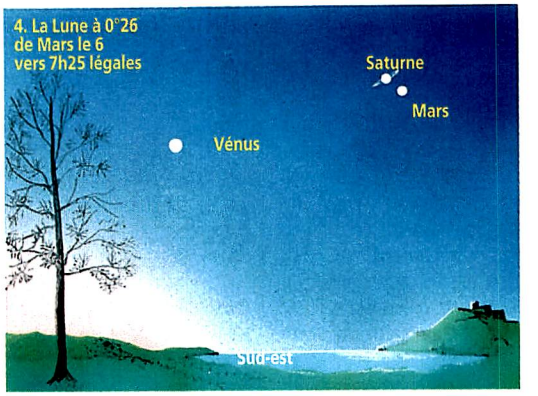
cultés majeures vint justement de la dénomination de cette pléthore de corps célestes. La règle est maintenant la suivante: lors de sa découverte, l'astéroïde reçoit un numéro provisoire, composé de l'année en cours, suivi de deux lettres. La première lettre indique le mois et la quinzaine du mois, par exemple A si on se trouve entre le 1er et le 15 janvier, B entre le 16 et le 31 janvier, C entre le 1er et le 15 février, ainsi de suite (la lettre J étant exclue de la suite). La deuxième lettre est le rang de la découverte dans la quinzaine. Plus tard, lorsque c'est officialisé, l'astéroïde reçoit un numéro définitif et son découvreur propose un nom de baptême. Dans les premiers temps, on s'attacha à donner des noms tirés de la mythologie. Mais, devant le nombre croissant des découvertes, on fait appel maintenant à des noms de pays, de personnages célèbres ou à des diminutifs.

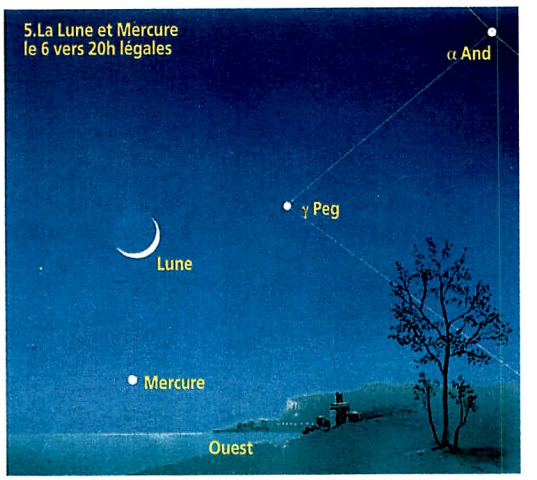
Les asteroïdes et l'amateur. Peu d'amateurs observent régulièrement les astéroïdes. Il faut dire que, quelque soit l'instrument utilisé, ces astres ne se présentent que sous l'aspect d'un petit point lumineux comparable à une étoile sans aucun diamètre apparent visible. Pourtant, l'observation des astéroïdes présente plusieurs intérêts.

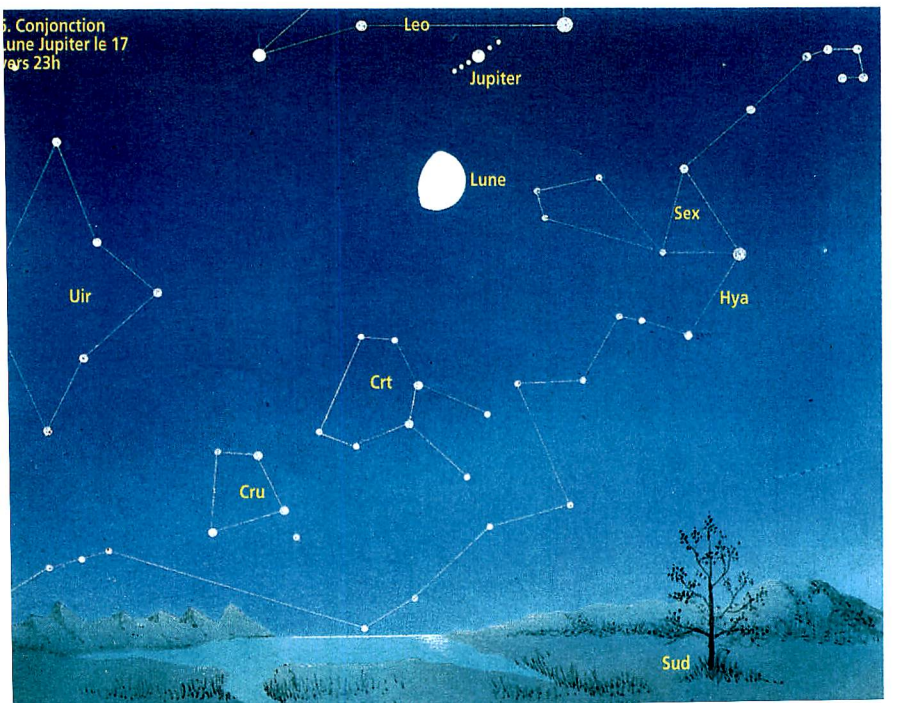
Tout d'abord, ce sont des membres à part entière du système solaire, et l'amateur se doit d'avoir observé les principaux d'entre eux à ce titre. Ensuite, lorsqu'on a acquis un peu d'expérience en la matière, l'observation régulière de ces astres est un travail de routine apprécié des professionnels qui ne peuvent se consacrer à des tâches de surveillance. De plus, il est possible de découvrir de nouveaux astéroïdes, tant leur nombre est grand. Enfin, les progrès en matière de mécanique céleste permettent de prévoir des phénomènes toujours intéressants à suivre, comme des conjonctions avec des étoiles ou même des occultations d'étoiles par ces petites planètes.

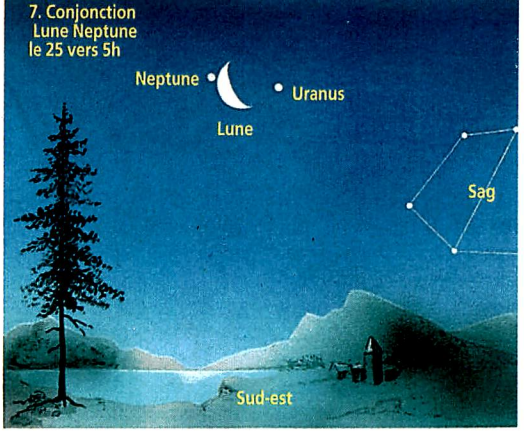
La première difficulté rencontrée est de repérer l'astéroïde. Le débutant commencera son entraînement en observant ceux qui sont les plus lumineux. 19 sont indiqués (**tableau ci-contre**), dont la magnitude est égale ou inférieure à 9, donc observables avec les instruments les plus modestes.

La première méthode de repérage consiste à consulter les éphémérides astronomiques qui indiquent, pour l'année en cours, la position des astéroïdes observables. Les coordonnées notées sont l'ascension droite et la déclinaison, et ce tous les dix jours. On aura soin de procéder à une interpolation pour déterminer la position exacte de l'astre si on l'observe à une date intermédiaire. Ensuite, on se reportera à un atlas céleste cartographique pour localiser l'astéroïde par rapport aux étoiles envi-









ronnantes. Il faut utiliser un atlas dont la magnitude des étoiles les plus faibles soit en rapport avec celle de l'astéroïde, sous peine de confondre celui-ci avec une étoile ne figurant pas sur la carte. Pour les plus lumineux, le *Sky Atlas 2000* de Will Tition peut convenir, sa magnitude limite étant de 8,5. Lorsqu'on s'attaquera à des petites planètes plus faibles, il faudra recourir à un atlas photographique, comme le *Falkauer Atlas*, de Hans Verhenberg, où chaque cliché représente un carré de ciel de 10° de côté avec une magnitude limite de 13 environ; cet atlas est livré avec un jeu de grilles de coordonées sur rhodoïd qu'il suffit de superposer aux clichés pour positionner l'astre recherché. La manipulation de ces atlas n'est pas facile lors de l'observation au télescope. Le mieux est de réaliser une photocopie de la zone concernée en notant la position de l'astéroïde et, la nuit venue, on comparera le champ observé au télescope avec la carte. On fera attention à l'inversion de l'image par rapport à la carte pour identifier les étoiles principales puis, d'étoile en étoile, on finira par détecter la planète. Pour s'assurer de la justesse de l'identification, on renouvellera l'observation à quelques jours de là. On constatera alors que l'astéroïde s'est légèrement déplacé par rapport aux étoiles proches.

Une autre méthode de repérage consiste à profiter d'une conjonction entre l'astéroïde et une étoile. Les éphémérides publiées par la Société Astronomique de France indiquent ce type de phénomène lorsque l'étoile en question a une magnitude d'au moins 6. Il suffira donc de repérer l'étoile concernée, ce qui ne pose aucun problème vu son éclat, et de trouver l'astéroïde situé alors à proximité immédiate. Les soirs suivants, on remarquera le déplacement de ce dernier.

19 ASTEROIDES

Nom	Magnitude maximale
Vesta	5,5
Pallas	6,7
Iris	6,9
Ceres	6,9
Juno	7,5
Melpomene	7,6
Hebe	7,7
Eunomia	8,0
Bamberga	8,2
Metis	8,5
Nausikaa	8,5
Euterpe	8,6
Victoria	8,7
Herculina	8,8
Thalia	8,9
Amphitrite	8,9
Julia	8,9
Irène	8,9
Nysa	9,0

A titre d'excercice, nous vous proposons ce mois-ci de suivre Vesta (**tableaux ci-dessous**), qui sera en opposition au Soleil le 9, donc très favorablement observable. La carte que nous publions indique son déplacement dans la constellation du Lion au cours du mois. Le Lion est bien visible plein sud, vers minuit (**figures 1 et 2**).

Les rendez-vous du mois. Le mois de mars commence par un beau rapprochement de la Lune, présentant alors un mince croissant avec lumière cendrée à quelques jours de la nouvelle lune, avec Mars, Vénus et Saturne. A observer sur l'horizon sud-est, quelques minutes avant le lever du soleil, les 1er, 2 et 3 (**figure 3**).

On notera à cette occasion la position de Mars et Saturne car, au fil des jours, les deux planètes vont progressivement se rapprocher jusqu'à être en conjonction le 6 avec un écartement de seulement 0°26'! Elles seront observables ensemble dans le champ du télescope (**figure 4**).

Le même jour mais en soirée, le nouveau croissant de lune sera à proximité de Mercure. A rechercher aux jumelles dès le coucher du soleil, vers l'ouest (**figure 5**).

Le 17, vers 23 heures, presque plein sud, une lune quasiment pleine se rapprochera de Jupiter (**figure 6**). Cette planète est bien observable toute la nuit et doit donc retenir l'attention des amateurs.

C'est le 27 que la Lune sera en conjonction rapprochée avec Neptune. L'écart entre les deux astres ne sera que de 29'! C'est vers le sud-est, à 5 heures du matin, qu'on pourra suivre le phénomène (**figures 7 et 8**).

Le mois se terminera par un beau rassemblement de Mercure, Vénus, Mars, Saturne et la Lune, qu'on suivra du 29 mars au 2 avril dans le ciel est du petit jour (**figure 9**).

Yves Delaye ▲

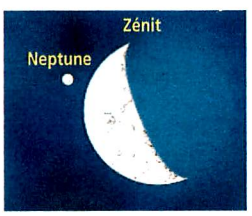
Falkauer Atlas, de Hans Verhrenberg, en vente à la maison de l'Astronomie, 33 rue de Rivoli 75004 Paris. Renseignement et prix spécial sur simple demande pour les lecteurs de *Science & Vie*.

DEPLACEMENT DE VESTA

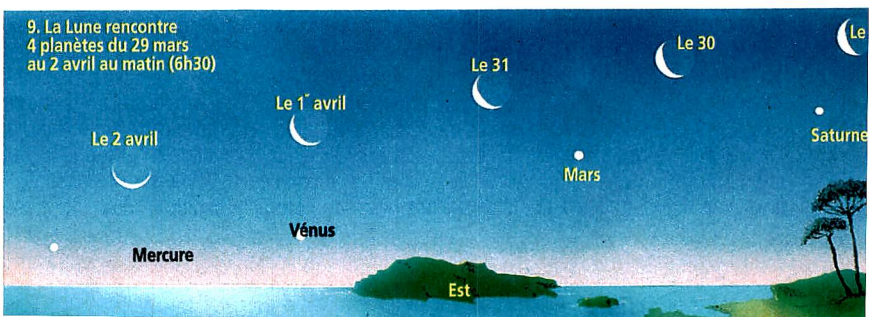
Ascension droite	Déclinaison	Date
11 h 42 m 08 s	13°50'	1/3
11 h 33 m 15 s	15°12'	11/3
11 h 23 m 59 s	16°20'	21/3
11 h 15 m 36 s	17°06'	31/3

CONJONCTION VESTA ET LION

Date	Etoile	Magnitude	Ecartement
8/3	Béta Lion	2,2	2°35'
17/3	85 Lion	6,0	0°19'
22/3	81 Lion	5,6	0°17'
5/4	Théta Lion	3,4	1°39'



8. La Lune et Neptune en conjonction vus au télescope



LIVRES

Robert Le Duff
et André Maïsseu
Management technologique
Ed. Sirey, 246 p. 180 F

«La métatechnologie se définit comme l'agrégation synergique de plusieurs technologies mises en œuvre pour l'élaboration et la production d'une famille de produits, biens ou services...[p. 9]». «Il n'y a pas de couple unique produit/besoin. Il n'y a pas de correspondance biunivoque entre le produit et un besoin satisfait, mais un enchevêtrement de relations... [p. 70]». «Le système technique, un paradigme socio-technico-économique [titre du chapitre 12]». «Un produit peut être représenté d'une façon univoque par son vecteur "objet technique élémentaire": P = (W P) [p. 61]».

Arrêtons là: le lecteur aura compris. Dommage, car l'objet de cet ouvrage est intéressant et valable: réconcilier deux antagonismes, la tyrannie du marketing (on fabrique ce que le consommateur veut et la demande l'emporte sur l'offre) et l'hégémonie technologique (on fabrique ce que l'on sait fabriquer, ce qui est facile à fabriquer avec les techniques que l'on maîtrise; l'offre l'emporte sur la demande). Deux points de vue dont l'opposition conduit au blocage du progrès technique.

Le vocabulaire impénétrable "complexifie", hélas, à l'extrême des notions simples. Ce livre, nous dit-on, s'adresse à ceux dont l'activité est directement concernée par l'"optimisation" des ressources technologiques de l'entreprise, ainsi qu'aux étudiants du 3e cycle. On aurait pu les aider mieux.

Gérard Morice

Encyclopédie Théma: V, Sciences de la vie
Larousse, 557 p., 519 F.

Cet ouvrage est le cinquième de l'encyclopédie thématique Larousse, les quatre premiers étant *les Hommes et leur histoire*, *le Monde aujourd'hui*, *Sciences et techniques* et *Arts et culture*. Il est consacré à la biologie, à la médecine, à l'agriculture et à l'agroalimentaire. La liste des collaborateurs ne peut qu'inspirer le respect, et la façon magistrale dont les grands principes de compréhension du monde vivant sont exposés est tout à fait convaincante.

En dépit de ses mérites certains, cette encyclopédie n'échappe pas aux travers de ce genre d'ouvrage collectif, dont la cohérence est difficile à maîtriser. Ainsi, on déplorera plusieurs bavures. Par exemple, dans la légende tortueuse qui accompagne une photo de Picasso, illustrant le chapitre sur la... psychosomatique ! «...une organisation névrotique stable où la mentalisation débordante a offert aux énergies pulsionnelles des voies de décharge intellectuelles et relationnelles». C'est le genre de sabir que l'on commence à lire, hélas, trop souvent, et qui se démode aussi vite qu'il s'est développé. Plus grave est l'affirmation catégorique selon laquelle l'efficacité de l'homéopathie serait «indiscutable en clinique humaine», qui vient immédiatement après cette phrase: «Les preuves scientifiquement établies de son efficacité en clinique humaine manquent encore.» Qu'est-ce que cela veut dire? Comment affirmer qu'une chose est indiscutable alors qu'elle n'est pas démontrée?

Gerald Messadié

Uta Frith
L'énigme de l'autisme
Odile Jacob, 318 p., 160 F.

Ni accusations, ni conseils "pratiques" ou moraux: une vraie enquête scientifique. D'abord, un essai de définition clinique de l'autisme, d'autant plus difficile que l'autisme se différencie de l'isolement qu'entraînent la débilité ou la schizophrénie. C'est pourquoi l'auteur décrit un cas-type, puis reprend ceux, célèbres, de Victor, l'enfant sauvage de l'Aveyron, qui fit l'objet d'un film de Truffaut, et celui de Kaspar Kraus qui, lui, fit l'objet d'un autre film, de Werner Herzog. Et c'est d'autant plus utile que le premier était spécifiquement autistique, alors que l'autre ne l'était pas.

Ici s'insère un panorama anthropologique, les enfants autistiques ayant fasciné les imaginations depuis longtemps, de *la Belle au bois dormant* aux "fols en Christ" du folklore russe. Ce qui porte Uta Frith à se demander s'il existe une différence nette entre l'individu ordinaire et l'autiste, et surtout, ce qu'est la communication.

Exemple des difficultés d'analyse: "Elisa", programme informatique d'analyse du langage, permet de dialoguer avec un ordinateur qui "comprend", ce qui a mené certains théoriciens à envisager des... psychanalyses par ordinateur. Qu'est-ce alors que la communication, et surtout, son absence?

L'étude psychotechnique, assortie de tests psychologiques, en apprend moins sur les enfants autistiques que les performances dont ils sont capables. Car ils possèdent de surprenants "îlots d'aptitude": réussites supérieures à la moyenne dans des épreuves de mémoire (formes ou musique), de maths, de sens spatial. Et c'est sur cette base que Frith mène son enquête.

Elle explique pourquoi le diagnostic de l'autisme est si difficile, aux alentours de la deuxième année, parce que c'est l'âge où mûrissent normalement certaines aptitudes qui feront défaut à l'autiste. Dès la fin de la première enfance, le cerveau commence à établir une cohérence dans les informations qui lui parviennent, à les intégrer dans le vécu et à enrichir ses schémas logiques au fur et à mesure de l'apprentissage. Et cela, l'autiste ne le peut pas; son monde est constitué de fragments dissociés, sans structure logique, d'où son intérêt, maintes fois noté, pour certains détails, qui dérive justement d'une incapacité de synthèse. Or, sans celle-ci, nos systèmes de pensée et nos échanges avec le monde extérieur, donc notre discours, sont déréglés.

Les spécialistes s'accordent donc sur le fait que l'autisme est l'effet d'un trouble des fonctions intellectuelles d'intégration de haut niveau. Origine ? Peut-être une anomalie génétique, peut-être une souffrance cérébrale, comme un manque d'oxygène au mo-

COLLECTIONNEZ LE SAVOIR

Les anciens numéros SCIENCE & VIE foisonnent d'informations qui peuvent vous être utiles si vous désirez approfondir un sujet particulier. Pratiquement tous les anciens numéros sont disponibles par correspondance. Voici la liste des 12 numéros de 1991 avec les sujets principaux. Si vous désirez obtenir des renseignements concernant des numéros plus anciens, écrivez-nous.

N° 880/JANVIER 91 : Plan détaillé pour faire un homme. La première vraie carte du monde
N°881/FEVRIER 91 : Un nouveau radar contre l'avion invisible. Peut-on vivre jusqu'à 100 ans ?
N° 882/MARS 91 : Les secret du "Patriot". La vie après la vie.
N° 883/AVRIL 91 : "MHD" : La vitesse sans moteur et sans hélice.
N° 884/MAI 91 : AWACS : Le maître du ciel. Du beurre sans cholestérol.
N° 885/JUIN 91 : Un étrange puits sur Vénus. La santé par le sexe.
N° 886/JUILLET 91 : On a retrouvé les meutriers des dinosaures. L'éclispe méxicaine.
N° 887/AOUT 91 : Quand les astrologues redessinent le ciel. Le brevet de pilote à 15 ans.
N° 888/SEPTEMBRE 91 : Les martiens de l'Arizona. Animaux de laboratoire : ce qu'on ne dit jamais.
N° 889/OCTOBRE 91 : On a retrouvé l'ancêtre de l'homme singe. Le stress tue les neurones.
N° 890/NOVEMBRE 91 : Le sonar qui tue. Transfusion le pétrole rouge.
N° 891/DECEMBRE 91 : Aile volante : 1000 passagers à 1000 KM/H.La fusion entre le chaud et le froid.
N°892/JANVIER 92 : Christophe Colomb : La plus grande catastrophe écologique de l'histoire. Le satellite qui voit les mouches.
N° 893/FEVRIER 92 : Les premiers accidents de la circulation spatiale. J.O. : Peut-on gagner sans drogue.



Pratiques et élégantes, voici les reliures SCIENCE & VIE. Elles vous permettront de conserver intacte votre collection et de la consulter facilement. Chaque reliure est conçue pour classer six numéros

BON DE COMMANDE

A RETOURNER SOUS PLI AVEC VOTRE REGLEMENT A SCIENCE & VIE - 1, RUE DU COLONEL PIERRE AVIA 75503 PARIS CEDEX 15

. Je souhaite recevoir les numéros suivants:

_____

_____

Soit_____numéros à 22F franco l'un (étranger : 30F)

. Je souhaite recevoir_____lots de 2 reliures au prix de 80F franco le lot (étranger : 100F)

. Ci-joint mon règlement total de_____F à l'ordre de SCIENCE & VIE-BRED

Etranger: mandat international ou chèqucompensable à Paris

S&V 894

Nom_____

Prénom_____

Adresse_____

_____

Code postal_____**Ville**_____

Etes-vous déjà abonné (e) à SCIENCE & VIE
Oui ❑ Non ❑

Conformément à la législation en vigueur, vous disposez d'un droit d'accès et de rectification pour toute information vous concernant sur tout fichier à usage commercial de notre société.

OFFRE VALABLE JUSQU'A FIN 1992 DANS LA LIMITE DES STOCKS DISPONIBLES.ET RESERVEE A LA FRANCE METROPOLITAINE. ETRANGER: NOUS CONSULTER

RC PARIS B 572 134 773

ment de l'accouchement, une infection virale, une anomalie immunitaire... Que deviennent les enfants autistiques? Ceux qui ne sont pas trop atteints peuvent s'intégrer, de façon parfois originale, dans la société, les autres deviennent, hélas, des adultes autistiques. Jusqu'au jour où l'on aura enfin défini la cause de la maladie et où, traité à temps, l'autisme sera corrigé.

Un livre sérieux, riche et clair.

Dr Jacqueline Renaud

Alexandre Pasche
Un Suisse chez les Européens
Editions Mentha, 256 p., 118 F

En 1993, année du Grand marché européen, douze pays ne formeront plus qu'une vaste entité socio-économique. Cela peut susciter de l'enthousiasme, mais aussi une certaine méfiance. Car avec les produits, et à cause d'eux, on peut craindre que ne s'uniformisent les modes de vie, mentalités, caractères, spécificités et charmes de chacun.

Avant que cela n'arrive, et pour les préserver de l'oubli, Alexandre Pasche a réuni les manies, croyances et travers des personnages types, en voie de disparition, qui caractérisent encore chacun des douze pays d'Europe.

Il sous-titre son livre "Récit vécu, comique et illustré". Ces adjectifs ne peuvent mieux convenir. Le récit est celui d'un Candide helvète qui parcourt l'Europe en douze étapes et douze pays dont il regarde vivre les habitants pour en dresser un portrait mi-sérieux, mi-farfelu.

Cela rappelle un peu un ouvrage qui fut célèbre en son temps, *l'Analyse spectrale de l'Europe*, de Hermann von Keyserling. Mais, cette fois-ci, avec une pointe de nostalgie.

G.Mo.

Jean Héritier
Le Martyre des affreux
Denoël, 278 p., 125 F.

Naomi Wolf
Quand la beauté fait mal
Document First, 308 p., 160 F.

Ce n'est pas d'hier que la laideur est considérée, non comme une forme naturelle, mais comme l'expression d'une malédiction ou de mauvais présages. «Dans l'Antiquité, écrit Héritier, tous les êtres anormaux étaient au plus tôt écartés de façon radicale de la vie de la cité. Ils étaient le plus souvent noyés ou brûlés, comme si, en les détruisant, on écartait les désastres annoncés.» La charité et la compréhension des phénomènes ne vinrent guère avec le temps: au XVII[e] siècle, un "libéral" écrivait qu'on peut se dispenser de tuer les anormaux, y compris géants et nains, parce qu'il «suffit de les cloîtrer à l'abri de tous les regards».

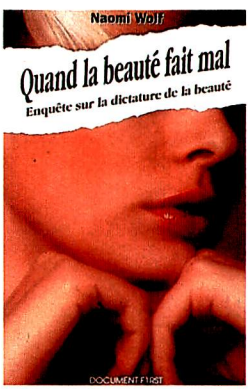


Cette perversion intellectuelle n'a pas disparu encore et, comme le relève Héritier, la leçon de certains régimes eugénistes n'a pas été entendue, si l'on en juge par les «livres de morpho-psychologie qui cherchent à définir la bonne "gueule de l'emploi", pierres angulaires des méthodes de recrutement de certains employeurs...»

Excellente étude historique, fourmillant d'informations originales, savante, mais accessible à tout type de lecteur. On peut le compléter par l'étude, non moins louable et tout aussi instructive, mais d'un autre type, de l'Américaine Naomi Wolf sur la tyrannie de la beauté aux Etats-Unis. On y apprend qu'en 1985, obsédées par les diktats de certains esthètes et de la mode vestimentaire, 90% des Américaines se jugeaient trop grosses. D'où d'infinies erreurs d'hygiène alimentaire pour perdre "de 5 à 7 kg". L'affaire est même devenue politique, certaines féministes interprétant l'embonpoint comme une affaire fondamentale pour leur mouvement. C'est à la fois effrayant et hilarant.

On ne peut regretter qu'une chose, c'est que l'auteur n'ait pas prêté plus d'attention aux hommes qui subissent aussi cette tyrannie et n'ait pas établi le bilan de l'industrie de la beauté, onguents et pommades, interventions chirurgicales – des faux seins à la liposuccion –, traitements pileux divers, etc. Les économistes y auraient trouvé sujet de méditation.

G.M.



Jacques Suchet
Les problèmes du vol humain
Chez l'auteur, 38 route de Cheptainville 91630, Marolles en-Hurepoix, 113 p., contre un chèque de 70 F port compris; ou bien au Musée de l'air et à la librairie Joseph Gibert.

Il serait intéressant qu'un jour on inventorie les richesses de l'édition à compte d'auteur, dont ce fascicule est un excellent exemple. On ne peut, en effet, s'empêcher d'être surpris par le savoir et le talent d'auteurs extérieurs aux circuits ordinaires de la distribution du livre.

Celui-ci est un historique de la conquête de l'air, depuis les illusions du vol musculaire jusqu'aux premiers aérostats, et il trouverait fort bien sa place dans une encyclopédie.

Les pages sur les premiers essais de vol musculaire sont particulièrement intéressantes, car on y apprend que, dès le début du XIX[e] siècle, l'Anglais George Cayley avait jugé ridicule de l'entreprendre avec des ailes artificielles attachées aux bras d'un homme, car "les muscles pectoraux de l'homme, qui sont appelés à mouvoir ces sortes d'ailes, ne représentent que le dixième environ de toute sa masse musculaire, tandis que, chez les oiseaux, ces mêmes



PHOTO, VIDEO, TV, SON,

Ce n'est pas de la Science Fiction... C'est dans SCIENCE & VIE HIGH TECH

Image, son, vidéo,
Quelles sont aujourd'hui les grandes mutations technologiques?
Comment vont-elles évoluer?
Et dans quels domaines ?
SCIENCE & VIE HIGH TECH vous présente les toutes dernières innovations et vous dit ce que seront les images et le son de demain.
La révolution technologique galope les produits se multiplient et se périment vite.
Disque, téléphone, fax, photo, radio, télévision haute définition...
SCIENCE & VIE HIGH TECH vous éclairera utilement au moment du choix de votre nouvel équipement.

EN VENTE PARTOUT

muscles forment presque les deux tiers".

Ce fut le même Cayley qui construisit le premier sinon l'un des premiers planeurs et qui comprit que le vol serait mécanique ou ne serait pas.

Le récit des développements de l'aviation moderne sont également intéressants, quoique plus généraux, et l'on regrettera, en particulier, que Suchet ait oublié le nom d'un pionnier, Leduc, qui travailla beaucoup sur le statoréacteur.

La lecture en est très agréable, illustrations...à la fortune de la photocopieuse sinon du pot, index et bibliographie. **G.M.**

Micheline Rousselet et François Chatagnet
300 questions tests sur la CEE et les organismes internationaux
Marabout, 371 p., 39 F.

Excellent petit guide, enrichi d'organigrammes, sur l'historique, les institutions, l'union douanière, les politiques, les banques, les marchés... de la CEE, avec un index essentiel. Pour étudiants en droit, fonctionnaires, avocats... **G.M.**

Collection Flash-Marabout
95 p., 34 F.

Une centaine de pages par manuel, un format-poche commode, un bon papier, des caractères lisibles, un très grand choix de sujets (52 titres), la bourse, le management, l'initiation à la philosophie, les musiciens du XIX[e] siècle, l'allemand pratique, les hommes politiques du XX[e] siècle...

Tous ces sujets sont traités avec une grande compétence et de façon à mémoriser aisément les données essentielles, et tout cela pour un prix étonnamment modique. Une réussite qui doit être signalée. **G.M**

Ermine Herscher
Qualité de vie, objets des valeurs quotidiennes
Editions du May, 96 p. 95 photos, 190 F.

Une manière de raconter l'histoire des Français au cours des dernières décennies. Peut-être la plus vraie, à coup sûr la plus concrète. C'est de leurs modes de vie qu'il s'agit ici, de leurs mentalités, de leurs comportements dans leur vie de tous les jours.

Et ce qui a bouleversé tout cela, infiniment plus que la politique, les courants de pensée ou les théories philosophiques, ce sont les objets.

Les objets quotidiens, la cocotte minute et le four à micro-ondes, le minitel et le bikini, le jean et la carte à puce, le camping gaz et le fax ou encore les "post-it", ces papiers que l'on colle pour apposer des marques ou laisser des messages. Ce sont toutes ces innovations qui créent nos nouvelles "valeurs", qui façonnent nos comportements.

Thème par thème (cuisine, élégance, confort, santé, tâches domestiques, loisirs...), cet ouvrage présente sous trois éclairages l'évolution de ces comportements: par un court texte synthétique, une photo choc et un mémento de l'histoire des inventions- innovations marquantes du thème traité. Et l'on comprend que la vie est faite de "petites" choses, pas de grands discours. **G.Mo.**

Rémy Chauvin
Les conquérants aveugles
Robert Laffont, 222 p., 100 F.

Sous-titré «La science nous menace-t-elle?», le récent ouvrage du célèbre "sorbonnard délictueux" est constitué de réflexions sur les aberrations et les excès de certains scientifiques et milieux scientifiques, car il en est, bien sûr. L'idée de Chauvin est fondée: c'est que beaucoup de systèmes de recherches, sur la génétique, le nucléaire ou l'intelligence artificielle,fonctionnent de manière irrésistible, indépendamment d'une finalité humaniste, sinon humaine. Et que certains credos exercent parfois une contrainte tyrannique sur des chercheurs rebelles, comme Chauvin lui-même, d'ailleurs.

Plusieurs de ces observations, comme celle sur la complexité de l'inné, qui est beaucoup plus grande que l'on veut bien le supposer souvent, ou encore le fait que le rat dans une boîte de laboratoire n'"apprend" pas à appuyer sur la manette qui déclenche la libération d'une boulette de viande, mais commence à appuyer dessus par hasard et, quand il a saisi le mécanisme, ne le fait pas nécessairement parce qu'il a faim, plusieurs de ces observations, donc, sont justes.

Chauvin postule qu'il existerait une science immanente qui nous menacerait, tel le dieu mauvais Moloch ; or, il n'en est rien, "science" est le terme savant pour "savoir", et le savoir, à un degré ou un autre, est géré par des hommes et, comme tel, sujet à des aberrations. Même l'illustre Newton, élaborant sa théorie de l'attraction universelle, fit preuve de mauvaise foi quand il passa outre aux observations, pourtant justifiées, de son collègue Hooke et, pis encore, quand il rectifia sa première théorie dans le sens indiqué par Hooke, mais sans lui rendre hommage.

Par ailleurs, on ne peut s'empêcher d'être étonné que Chauvin trouve menaçante une recherche qui ne sert pas des fins "humaines" prévisibles. Or, c'est le fait de toute la recherche fondamentale. Quand Newton, encore, travaillait à sa théorie sur l'attraction universelle, ou quand Esclangon postula que certains cristaux étaient quasi-périodiques, ce n'était sans doute pas le bien de l'humanité qui les inspirait.

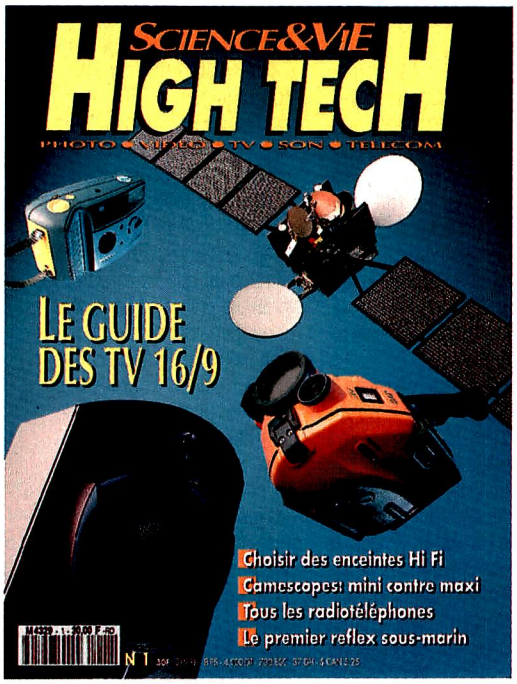
Il paraît donc excessif de déclarer que la science serait «inhumaine» et «dangereuse». Il est quand même bien agréable, en 1992, de penser qu'on commence à traiter des maladies héréditaires par ingéniérie génétique. **G.M.**

Henri Grivois
Naître à la folie, Les Empêcheurs de danser en rond
202 p. 130 F.

«De nos jours, l'afflux de psychoses naissantes et leur présence à l'Hôtel-Dieu n'ont pas fini d'étonner ou même d'irriter médecins, psychiatres, historiens et administratifs, 200 ans après la naissance de la psychiatrie... Le psychotique naissant est le dernier à apprendre qu'il a besoin d'un psychiatre.» L'auteur estime qu'il y a en commun entre les patients une série de faits vécus, auxquels le patient lui-même fera référen-

PHOTO, VIDEO,TV, SON, CE N'EST PAS DE LA SCIENCE FICTION.
C'EST DANS SCIENCE & VIE HIGH-TECH.

ABONNEZ-VOUS ET PROFITEZ DE CETTE OFFRE SPECIALE DE LANCEMENT



Image, son, vidéo,
Quelles sont aujourd'hui les grandes mutations technologiques?
Comment vont-elles évoluer?
Et dans quels domaines ?
SCIENCE & VIE HIGH TECH vous présente les toutes dernières innovations et vous dit ce que seront les images et le son de demain.
La révolution technologique galope les produits se multiplient et se périment vite. Disque, téléphone, fax, photo, radio, télévision haute définition...
SCIENCE & VIE HIGH TECH vous éclairera utilement au moment du choix de votre nouvel équipement.

1 AN

ECONOMISEZ 22F
4 NUMEROS TRIMESTRIELS
98F
SEULEMENT
au lieu de 120F*

2 ANS

ECONOMISEZ 54F
8 NUMEROS TRIMESTRIELS
186F
SEULEMENT
au lieu de 240F*

*** prix de vente chez votre marchands de journaux**

BULLETIN D'ABONNEMENT

à retourner sous enveloppe affranchie avec votre règlement à SCIENCE & VIE HIGH TECH 1, rue du Colonel Pierre Avia 75 503 PARIS CEDEX 15

OUI ☐ CCDB **je m'abonne pour 1 AN / 4 numéros à SCIENCE & VIE HIGH TECH au prix de 98F** au lieu de 120F*

OUI ☐ CCDC **Je m'abonne pour 2 ANS / 8 numéros à SCIENCE & VIE HIGH TECH au prix de 186F** au lieu de 240F*

COCHEZ LA CASE DE VOTRE CHOIX

. **Ci-joint mon règlement par chèque à l'ordre de SCIENCE & VIE HIGH TECH-BRED**

SV894

NOM_____

PRENOM_____

ADRESSE_____

_____

CODE POSTAL _____ VILLE_____

OFFRE VALABLE JUSQU'A FIN 1992 ET RESERVEE A LA FRANCE METROPOLITAINE
RC PARIS B 572 134 773
Etranger: nous consulter
Vous disposez d'un droit d'accès et de rectification pour toute information vous concernant sur tout fichier à usage commercial de notre société conformément à la législation en vigueur

ce, mais il déconseille de les partager; pour lui, la psychose naissante est le produit d'une évolution profonde et de causes accidentelles, qui se traduit par une crise de déroulement classique: installation rapide en quelques heures ou en deux à trois jours, irréversibilité initiale et durée limitée à quelques semaines.

Cet ouvrage n'offre d'autre remède qu'une meilleure connaissance de la "folie".

G.M.

Philippe Gorny
L'Aventure de la médecine

J.C.Lattès, 380 p., 298 F.

Chirurgien cardio-vasculaire, l'auteur disposait à coup sûr des compétences utiles pour réaliser une histoire de la médecine de plus. Car il en existe déjà beaucoup, beaucoup trop même, et c'est pourquoi un tel livre eût dû se distinguer. Mais un médecin ne fait pas un écrivain, encore moins un écrivain encyclopédique, et le survol auquel l'auteur s'est trouvé contraint, du fait de l'ampleur du sujet, prête paradoxalement à son entreprise l'aspect d'un discours d'amateur, entaché de nombreux à-peu-près.

On y lit ainsi que «les mythologies sont un indice fiable des ressources psychologiques d'une société en voie de développement». Bizarre ! Une mythologie ne s'est constituée que lorsque la société s'est développée. L'auteur ne voulait-il pas dire: «D'un pays en voie de développement» ? Et l'on se demande ce que viennent faire là d'interminables considérations historiques sur les conséquences du démantèlement de l'empire carolingien.

Qui plus est, des erreurs déconcertantes entachent l'ouvrage. Ainsi, l'auteur écrit: «Lorsqu'en 1912 le Titanic sombra corps et biens au milieu de l'Atlantique, le physicien anglais Richardson suggéra, pour la détection des icebergs, d'émettre à partir des navires des ultrasons et de rechercher l'écho réfléchi sur l'obstacle.» Or, l'idée du radar a été émise en 1900 par Nikola Tesla et les premiers brevets, justement pour la détection des icebergs, furent délivrés à l'Allemand Hulsemeyer en 1904. Ainsi encore, à propos de la psychanalyse, l'auteur écrit: «Les antipsychiatres accusent les psychanalystes de détournement et d'une soif immodérée de pouvoir...» Or, les adversaires de la psychanalyse ne sont pas du tout adversaires de la psychiatrie ! La confusion prête encore plus à... confusion.

G.M.

Pascal Tassy
L'arbre à remonter le temps

Christian Bourgois, 351 p, 150 F.

Le livre de Pascal Tassy apporte un cinglant démenti à ceux qui avancent, assez légèrement, que la systématique (étude de la diversité des êtres vivants et de leur évolution dans l'espace et le temps) est une discipline "dépassée" parce qu'elle n'a pas su, en deux siècles d'existence, se moderniser. L'initiative est d'autant plus heureuse que les sciences naturelles, victimes depuis quinze ans de ces faux arguments, ont été progressivement dépossédées de leur moyens.

Malgré un abord un peu difficile pour le non-spécialiste, ce livre a le mérite d'être le premier ouvrage français à faire un point complet et rigoureux des évolutions de cette science... de l'évolution.

Du fixisme de Cuvier, qui se bornait dès la fin du XVIII[e] siècle à nommer et classifier les espèces afin de restituer "le plan de la Création", au transformisme de Lamarck, qui fut le premier à échafauder une théorie de l'évolution des espèces vivantes, sans oublier bien sûr Darwin et la sélection naturelle, ni Haeckel, qui constatait en 1860 que l'«ontogénie (le développement de l'individu) retrace la phylogénie (la généalogie des espèces)», l'histoire de la systématique est en effet riche en rebondissements.

Mais, dans cette quête de la généalogie des êtres vivants, chacun y est allé de son "arbre à remonter le temps"; moyen pictural commode, mais galvaudé, de représenter les grandes lignes de l'évolution et de la diversification des espèces. Face à cette inflation d'arbres phylogénétiques, souvent plus représentatifs des méthodes suivies par leurs auteurs que des liens de parenté réels entre les groupes d'êtres vivants, Pascal Tassy, paléontologue à l'université Paris VI, rappelle que «l'histoire est unique, depuis l'origine de la vie il y a plus de trois milliards d'années jusqu'à l'ensemble des espèces vivantes d'aujourd'hui. A histoire unique, réponse unique. La problématique phylogénétique n'admet qu'une solution: l'issue du jeu ne doit pas être différente selon les règles choisies».

Ainsi est née en 1966, sous l'impulsion de l'entomologiste allemand Willi Hennig, la méthode cladistique, du latin *cladus* qui signifie rameau. A l'époque, cette théorie révolutionnaire fut un camouflet infligé aux tenants de la systématique évolutive traditionnelle.

Hennig fait voler en éclat la notion d'homologie. Cette dernière permettait jusqu'alors de définir les grands groupes taxonomiques en fonction de la présence simultanée de caractères homologues hérités d'un ancêtre commun (par exemple, la patte du cheval, le bras de l'homme, l'aile de l'oiseau ou la nageoire du dauphin). Mais pour Hennig cette conception trop vague de l'ancêtre commun est source de confusion car celui-ci est souvent trop éloigné et surtout non exclusif des différents groupes. Il propose alors de classer les êtres vivants en groupes frères, ou clades, en ne retenant que les caractères communs présents à l'état dérivé ou spécialisé, issus cette fois d'un même ancêtre proche et exclusif. Ainsi, pour les cladistes, oiseaux et mammifères sont des groupes phylétiques au sens strict. Mais les classes des poissons, des amphibiens et des reptiles sont carrément remises à plat. Pour eux, crocodiles et oiseaux appartiennent à un groupe distinct, celui des *archosauria,* dans lequel ne figurent ni les lézards, ni les serpents, ni les tortues!

Cette nouvelle méthode plus rigoureuse permet aussi de classer les êtres vivants en fonction de la structure de leurs protéines ou de leurs molécules d'ADN. La cladistique réussira-t-elle à réconcilier biologie moléculaire et biologie des organismes, les deux grandes sœurs ennemies de la biologie moderne ?

Marc MENNESSIER

Jean-Dominique Giulani
Marchands d'influence

Seuil, 262 p. 120 F

Un lobby n'est rien d'autre qu'un groupe organisé dont les membres sont solidaires et ont conscience de leur intérêt commun. Le terme est certes mal perçu en France. On voit des lobbies partout, on les condamne, on les combat. Or, de quoi s'agit-il ? Simplement

de l'avènement de l'économique dans le politique; de citoyens – et pas seulement de puissances financières – qui estiment que leurs intérêts risquent d'être lésés par les décisions des pouvoirs publics et qui décident de se battre pour l'éviter. Et ce en faisant pression sur le politique qui n'a pas encore compris que, désormais, dans nos sociétés l'économique passait avant lui, avait plus de pouvoir que lui: la démocratie représentative est désormais mi-parlementaire, mi-corporative.

Bien sûr, il y a pression et pression. Pression acceptable et pression peu recommandable. Mais n'est-ce pas – et depuis toujours – le cas en politique ?

Jean-Dominique Giulani nous propose en quelque sorte une formation au lobbying, accepté et ouvertement pratiqué dans de nombreux pays étrangers. Parce qu'en la matière «la France fait pâle figure. Parce qu'elle est toujours en retard d'une guerre économique.»

Ouvrage instructif, riche d'histoires réelles, parfois si rocambolesques qu'on a du mal à y croire. Et pourtant... **G.Mo.**

Fabien Amahieu
Ecologie des structures de vente
Ed. ESF, 152 p., 135 F.

Un ouvrage écrit par un psycho-sociologue et nous allons en faire la louange. Qui l'eût cru? Surtout que le prière d'insérer nous dit qu'il se trouve «au confluent de l'analyse transactionnelle, de la programmation neuro-linguistique, de la maïeutique, des récentes découvertes de la psychologie, de la neurologie, et sans oublier une forte imprégnation de marketing et de management». Quel laïus, que de mots pour ne rien dire, quel repoussoir pour le lecteur animé de la meilleure volonté !

Pourtant, tous les commerciaux doivent lire ce livre qui nous dit tout simplement, avec un gros mais solide bon sens, qu'un homme épanoui est un homme efficace, que ce qui est bon pour l'individu est bon pour l'entreprise – et pour le client.

Il le montre concrètement, avec humour, sur un ton volontiers incisif et provocateur en trois chapitres: «La vente: où en sommes-nous, où devons nous aller ?»; «Les stratégies de vente de demain privilégieront la relation écologique»; «Préparer le vendeur écologique».

L'idée centrale de l'auteur est en effet que, si le monde commence à comprendre et à admettre l'urgence de sauvegarder l'environnement, en adoptant une vision écologique, il faut appliquer cette vision au monde des affaires et, plus particulièrement, aux stratégies de vente. Fabien Amahieu dénonce donc les principales pollutions dans les relations humaines: manque d'écoute, d'estime, de considération, injustices diverses et finalement incompréhension entre clients et fournisseurs. Il montre, par exemple, combien il est préférable pour tout le monde qu'un commercial convainque plutôt que de contraindre ("baratiner", manipuler, tromper, influencer, omettre ou exagérer, fabuler, etc.).

Nous ne pouvons qu'applaudir. Des deux mains.

G.Mo.

E = M6 **c'est un nouveau regard sur la science**

AVEC SCIENCE & VIE



E = M6, dimanche 1 Mars, 15 Mars & 29 Mars à 11 heures
mercredi 4 Mars & 18 Mars

ECHOS DE LA VIE PRATIQUE

SON

Une chaîne hi-fi à 3 enceintes



Constituée d'un lecteur de disques compacts, d'une double platine à cassettes, d'un tuner et d'un amplificateur, la chaîne Philips FW 2017 a été conçue pour restituer une large plage sonore. A cet effet, elle est dotée de deux enceintes latérales classiques pour les aigus et le médium et d'un caisson de graves. L'amplificateur délivre une puissance maximale de 30 W pour les enceintes latérales et de 50 W pour l'enceinte centrale. Il comporte une programmation adaptant la restitution à 5 ambiances musicales particulières: jazz, classique, etc. Le tuner reçoit les gammes PO, GO et la FM en stéréo. Prix : 7000 F.

PHOTO

Le spécialiste du portrait instantané

Polaroid, spécialiste des produits pour la photographie instantanée, vient de lancer l'Impulse Portrait, un appareil plus particulièrement adapté aux portraits réalisés à une distance comprise entre 60 cm et 1,20 m. Pour cela, il suffit d'actionner une commande mettant en place une lentille gros plan additionnelle, intégrée au boîtier. Cet appareil dispose d'un objectif 14/10 mm, d'un obturateur électronique de 13 s à 1/200 s et d'un flash intégré. L'appareil reçoit le film instantané couleur 600 Plus. Dimensions : 9,5 x 11 x 18 cm. Poids : 590 g. prix : appareil 395 F, film 600 Plus 98 F.



AUDIO

L'ordinateur vocal interroge et répond

Les machines dotées d'un ordinateur vocal savent aujourd'hui reconnaître la voix humaine, parler en synthétisant la parole et même poser des questions. Une firme française, DECICOM (2, rue des Bourets, 92150 Suresnes), propose Vox' Scrib Base, une machine portable capable d'écouter un interlocuteur humain, de lui poser des questions et d'y répondre avec sa propre voix synthétique.

Pour commencer, cette machine doit comprendre la voix de son maître. Cet apprentissage dure 20 minutes. Elle peut d'ailleurs reconnaître la voix de plusieurs personnes. Cela fait, on peut alors lui dicter des lettres, en rectifier les termes; l'ordinateur convertit la parole en texte, le corrige éventuellement, l'affiche sur écran (et peut, bien entendu, en donner copie sur imprimante).

Vox' Scrib Base possède un vocabulaire standard qu'on peut enrichir dans des modules informatiques pouvant contenir 1 500 mots chacun. L'appareil est livré dans une mallette comportant la carte de reconnaissance vocale temps réel RS-1000, un microphone et une mini-enceinte acoustique. Son prix : en version MS.DOS, environ 45 000 F. Avant l'été des versions Windows et OS-2 seront disponibles.

Avec l'Hexar, présenté pour la première fois aux Etats-Unis le mois dernier, *Konika lance un 24 x 36 compact doté d'un objectif très lumineux (2/35 mm, 7 lentilles). Selon le fabricant, ce modèle, doté de réglages automatiques ou manuels, est très proche d'un appareil professionnel.*

SON

Des haut-parleurs élargissant l'effet stéréophonique

Après la photo et la vidéo, Canon se lance dans l'audio et ce, avec un produit particulièrement original, les haut-parleurs S50 Wide Imaging Stereo.

En utilisant des haut-parleurs traditionnels, l'effet stéréophonique d'une chaîne hi-fi n'est réellement perceptible que dans une zone restreinte, dépendant de la disposition des haut-parleurs dans la pièce, de la position de l'auditeur, etc. Avec les haut-parleurs S50, le son est envoyé vers un réflecteur, ce qui donne des images stéréophoniques diffusées sur une zone plus étendue.

Le concept n'est pas nouveau (dans les années 1950, il existait déjà des haut-parleurs à dispersion omnidirectionnelle), mais Canon l'a affiné et les résultats obtenus sont remarquables. A l'écoute, le relief sonore nous a paru excellent.

Conçus et fabriqués au Royaume-Uni, les S50 peuvent, bien entendu, être branchés sur un amplificateur haute fidélité, mais ils sont équipés de préamplificateurs, ce qui autorise leur liaison directe à un téléviseur ou un appareil vidéo. Prix : 5 000 F la paire.

PHOTO

Un grand compact à petit prix

Avec le Prima Hi, la firme japonaise Canon propose un 24 x 36 d'esthétique sobre et d'utilisation simple. Il est doté de l' automatisme total (exposition, flash, entraînement, rebobinage et affichage de la sensibilité du film), d'un retardateur, d'un objectif 4,5/35 mm et procure des images nettes depuis 1 m. Dimensions: 126 x 66 x 38 mm; poids: 220 g; prix: 490 F.

PHOTO

L'instantané japonais

Si la firme américaine Polaroid détient le monopole absolu de la photo à développement instantané sur les continents américain, européen et africain, au Japon, Fuji continue de lui disputer ce marché. Ainsi, la firme de Tokyo vient-elle de lancer Mr Handy AF, appareil compact délivrant des épreuves 68 x 91 mm sur Fuji Instant Color Film FI-800. L'appareil, équipé d'un objectif 14/110 mm est totalement automatique (mise au point, exposition, flash, entraînement et développement des épreuves). L'obturateur électronique est programmé de 1/64 à 1/200 s, mais des corrections d'exposition sont possibles.



VIDÉO

Un téléviseur à écran plat de 15 cm

Le japonais Sharp a conçu un récepteur TV couleur (modèle 6E-C1) doté d'un écran à cristaux liquides de 14 cm de diagonale (8,5 x 11,4 cm). Le contraste d'image (60 pour 1) et la définition de cet écran (234 x 720 cellules, soit 168 480 points/image) assurent une présentation de bonne qualité. La technologie de ce téléviseur fait appel aux cristaux liquides nématiques torsadés (voir *Science & Vie* n°780, décembre 1982) et à une matrice active TFT (Thin-film transistor). Le poste mesure environ 19 x 14 x 6 cm et pèse 780 g.





PHOTO

Un compact bi-format

Produit par la firme australienne Hanimex, le Génie (c'est son nom) est un appareil utilisant le film 35 mm et conçu pour donner soit des photos classiques 24 x 36 mm, soit des vues panoramiques 13 x 36 mm. Pour ces dernières, il faut disposer un adaptateur sur le plan du film et actionner une manette qui modifie le cadrage de visée. Génie est un appareil bi-focal, doté d'un objectif 35 mm et d'un complément optique portant cette focale à 70 mm. Le boîtier comporte un flash. Il n'y a aucun réglage à faire. Prix : 279 F.

▲ ***Pioneer lance au Salon 92 de la hi-fi*** *son premier enregistreur-lecteur de disques compacts audio (modèle RPD-1000). Cet appareil permet l'enregistrement audionumérique par laser de la musique sur disque de 8 ou 12 cm. Cet enregistrement peut se faire en plusieurs fois et n'est pas effaçable. Une fois enregistrés, ces disques peuvent être lus par n'importe quel lecteur de CD du marché.*

▲ ***Philips commencera le lancement de sa cassette audionumérique*** *DCC compatible avec la cassette standard analogique (Science & Vie n° 883, p. 120) en avril prochain. En fait, il s'agira d'un pré-lancement permettant la démonstration du système. Le lancement général pour le grand public se fera en septembre.*

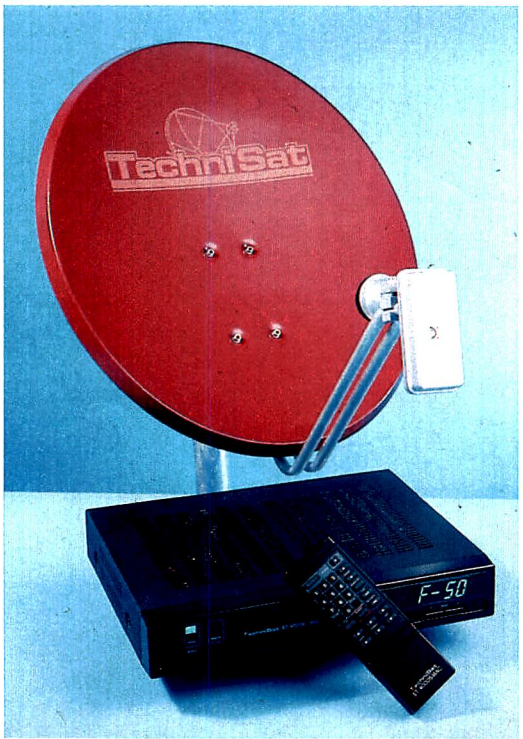
VIDEO

Une télécommande double face

Proposée par Sony, la télécommande RM-816 comporte des touches sur les deux faces. Sur l'une d'elles sont groupées les commandes essentielles : volume, programme (numéros des chaînes TV de 0 à 9), marche/arrêt et péritélévision. Cela permet la pratique du zapping dans l'obscurité sans risque d'appuyer sur d'autres touches. Sur la seconde face se trouvent toutes les commandes de réglage du téléviseur et d'un magnétoscope.

TELEVISION

Une antenne satellite Astra



Technisat, la firme allemande spécialisée dans le matériel de réception satellite, propose un kit Technisat-Astra permettant le captage des satellites européens Astra.

Ce kit comporte une antenne parabolique de 60 cm (4 coloris proposés), qui s'adapte sur tous les téléviseurs multistandards et peut recevoir jusqu'à 32 programmes TV (bientôt 48).

Notons que cette dernière, d'installation très simple, ne nécessite pas l'intervention d'un professionnel.

L'antenne est accompagnée d'un récepteur-démodulateur satellite et d'une télécommande.

Prix : 3 990 F (Electronique Mirabeau, 17-21 rue de Javel, 75015 Paris).

PHOTO

Autofocus en photo sous-marine

Le plus célèbre et le plus perfectionné des appareils photo subaquatiques, le Nikonos, du Japonais Nikon, a été modifié pour donner naissance au Nikonos RS. Pour la première fois, un appareil 24 x 36 reflex à objectifs interchangeables, destiné à la prise de vue sous-marine, est doté de la mise au point automatique. Plusieurs types de mise au point sont proposés : ponctuelle, en continu, manuelle... De même, plusieurs modes d'exposition du film sont prévus : automatisme total, automatisme avec priorité au diaphragme, réglage manuel avec mesure sélective. Conçu pour être utilisé jusqu'à une profondeur de 100 m, le Nikonos reçoit un flash et 3 objectifs Nikkor : 2,8/28 mm, 2,8/50 mm et zoom 2,8/20-35 mm.

AUDIO

Pour nettoyer les disques compacts

Il y a sur le marché de nombreux procédés de nettoyage des disques compacts. Celui proposé par TDK, le CD-Cl, présente un avantage appréciable car il réunit, aux extrémités d'un seul boîtier, un patin de nettoyage humide et un patin de nettoyage à sec. Le premier est réalisé dans un matériau spongieux doux, en polymère, fortement absorbant, le second dans un matériau textile antirayure. On commence par humecter de quelques gouttes de liquide (fourni avec le CD-Cl) le premier patin avec lequel on nettoie la face enregistrée, radialement et du centre vers le bord. On attend un peu avant de retirer les résidus avec le patin sec. Les patins sont amovibles et nettoyables à l'eau. Prix: environ 95 F.



VIDÉO

Un téléviseur à commandes invisibles

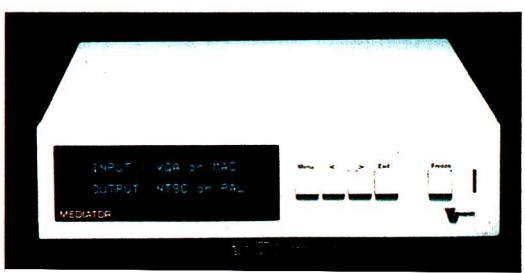
Lorsqu'il n'est pas en fonctionnement, le téléviseur Prophesy 15 AA 3334, de Philips, ressemble à un petit meuble futuriste noir brillant, aucun bouton de commande et aucun voyant d'affichage n'étant visible. De plus, son socle cylindrique permet de l'orienter à volonté.

Les caractéristiques de cet appareil sont par ailleurs des plus classiques : écran de 39 cm, multistandard PAL-SECAM, prise péritel, recherche automatique des programmes, prise casque et raccordement possible à un récepteur satellite ou aux réseaux câblés. Dimensions: 37 x 45 x 37 cm environ ; poids: 14,8 kg. Prix: 3 800 F.

VIDEO

Les images informatiques à la télévision

Si l'informatique et la vidéo ne sont pas totalement opposées, l'association des deux technologies n'est jamais aisée. Quelques fabricants proposent donc des "ponts" autorisant le passage de l'une à l'autre. Ainsi la société Distrologie (606 rue Fourny, ZI Centre, BP 31, 78530 Buc) a-t-elle lancé Médiator, une interface conçue par Video-Logic et permettant d'utiliser le signal informatique avec la souplesse de la vidéo. Le signal d'entrée, qu'il soit d'origine Macintosh, compatible PC ou PS/2, est transformé en PAL ou NTSC (normes américaines et japonaises). Il peut alors être dirigé vers un téléviseur, un vidéoprojecteur, un magnétoscope, etc. Bien entendu, tous les logiciels de création d'images sont utilisables. Prix : 23 000 F.



SON

Meilleure réception pour les autoradios

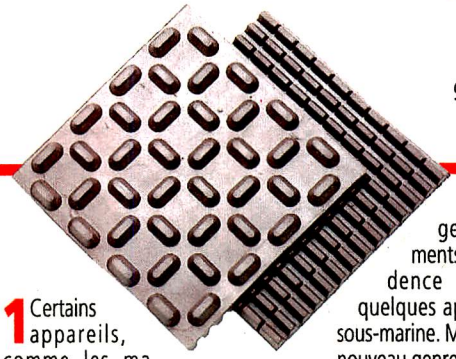
Aux problèmes classiques liés à la proximité des émetteurs radio FM, qui limitent la qualité de la réception, s'ajoutent en voiture, où les conditions changent constamment, des phénomènes d'intermodulation et de distorsion gênants à l'écoute.

Pour éliminer tous ces problèmes, la firme allemande Telefunken Electronic a conçu le système Dynas (Dynamic Selectivity) augmentant la sensibilité et la sélectivité des récepteurs FM.

Au cœur de Dynas se trouve un filtre dont la fréquence centrale et la bande passante sont variables. Un circuit intégré s'assure que la largeur de bande des filtres correspond bien aux conditions de réception et que la fréquence centrale est ajustée à la modulation. Cela permet de combiner les avantages d'une transmission large bande (couvrant un large spectre de fréquences audio), avec ceux d'une transmission bande étroite (assurant une haute sensibilité et une forte immunité aux interférences).

Le système Dynas permet de doubler la sensibilité et d'améliorer d'un facteur 30 la sélectivité.

LES OBJETS DU MOIS



1
UN TAPIS ANTI-VIBRATIONS
420 F, chez BSB, 51 rue de Prêle, 93531 Aubervilliers Cedex



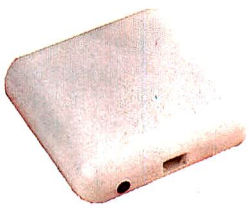
1 Certains appareils, comme les machines à laver ou les enceintes acoustiques, vibrent bruyamment lorsqu'ils sont en marche dans une maison. Pour réduire cet inconvénient, une structure anti-vibratoire, Straben, a été mise au point par Fabert. Elle est composée de deux tapis (200 x 200 x 18 mm) en matière synthétique souple, du polychloroprène associé à un plastifiant et à un agent vulcanisant. Ceux-ci, hérissés de bosses trapézoïdales, s'emboîtent l'un dans l'autre. Différentes duretés (pouvant aller jusqu'à la dureté de l'acier) sont proposées en fonction de l'emploi, et l'on peut découper la matière pour lui donner la forme la mieux adaptée aux pieds de l'appareil. Sous le poids de celui-ci, les trapèzes se compriment, mais les vibrations sont déviées latéralement et absorbées entre 5 et 20 000 Hz. Ces plaques résistent à la chaleur et aux produits chimiques corrosifs (alcool, benzène, ammoniaque, acide chlorhydrique, etc.).

2 Diveman est un système intermédiaire entre un simple tuba et un équipement de plongée à bouteilles. Utilisable jusqu'à 4 m de profondeur, l'appareil se compose d'un réservoir d'air cylindrique fixé sur le ventre du plongeur par un harnais. Un tuyau le relie à l'air libre grâce à une bouée posée à la surface de l'eau. Enfin, le système comporte une pompe pour remplir le réservoir d'air frais: le plongeur l'actionne en nageant, par les mouvements de ses pieds. A l'évidence cet appareil exige quelques aptitudes à la plongée sous-marine. Mais il ouvre la voie à un nouveau genre de sport.

3 Sous le nom Mega-CD, la société japonaise Sega présente un lecteur de disques compacts (CD-ROM) couplé à une console de jeux vidéo. La mémoire très importante des disques (650 Mo) permet de stocker, par exemple, 50 000 images en 256 couleurs. Le Mega-CD est conçu pour augmenter les capacités de la console de jeu Sega et réaliser des effets spéciaux, tels le zoom, les rotations ou torsions d'image. Comme le lecteur CD est équipé du même microprocesseur rapide que la console, ses capacités de calcul et d'animation d'image sont doublées. De plus, le disque compact ayant 500 fois plus de mémoire qu'une cartouche conventionnelle, les possibilités de jeu sont augmentées d'autant. Une mémoire tampon de 512 Ko permet de réduire considérablement la durée d'accès, normalement long avec un CD en raison du temps que prend la tête de lecture pour accéder aux différentes zones du programme réparties sur le disque. Enfin, les musiques qui accompagnent traditionnellement les jeux sont enregistrées sous forme numérique et sont donc de la qualité des enregistrements sur CD-audio.

4 Fini les bouteilles d'eau chaude emmaillotées dans une chaussette au fond du lit ! Celles-ci sont avantageusement remplacées par Kontoshi, un "réchauffeur" électrique. De la forme d'une boite (28 x 24 x 5 cm, 1,2 kg), il contient des résistances électriques noyées dans une céramique et protégées par un isolant en laine de roche. Pour 5 minutes de charge sur le secteur (puissance: 400 W) cet appareil dispense trois heures de chaleur (40 à 50°C à la surface) dans un lit ou dans un sac de couchage en camping. Enfin, l'appareil s'éteint automatiquement en fin de chauffe.

5 Voici le premier robinet de lavabo capable d'obéir aux ordres. Oras Electra (c'est son nom) est surmonté d'un clavier de commande qui comporte une douzaine de touches sensitives pour une trentaine de fonctions: réglage de la température de l'eau (0 à 80°C), de la quantité voulue (une tasse à café ou un litre), de l'usage (lavage des mains ou de légumes – ce qui nécessite une pression différente), du contrôle de l'arrivée d'eau dans les appareils ménagers (du type lave-vaisselle). Une vanne, intégrée au robinet et reliée à un tube flexible supportant une pression pouvant aller jusqu'à 15 bars, interrompt automatiquement l'eau au niveau de l'alimentation dès que la quantité programmée est atteinte, ce qui évite les fuites ou les débordements. Oras Electra est relié à un boîtier électronique étanche qui peut se fixer sous le lavabo ou l'évier et



4
UNE BOUILLOTTE ELECTRIQUE
225 F, chez B3-Bricolage, 261 rue de Paris, 93100 Montreuil



5
UN ROBINET ELECTRONIQUE
Environ 5 900 F, chez Oras France, 17-19 rue des Anges, 68120 Pfastatt



2
RESPIRER L'AIR LIBRE EN PLONGEE
3 880 F, chez Comeca, Z.I. 8, rue de l'Industrie, B.P. 2, 78210 Saint Cyr L'Ecole



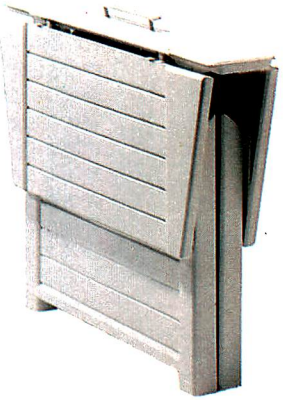
3
JEUX VIDEO SUR DISQUE LASER
Lancement en France en 1992 (date exacte non communiquée)

qui est connecté au secteur par un transformateur (24 V) extérieur ou intégré. Ce système sera ultérieurement développé pour les baignoires.

6 Lorsqu'on emmène son chien en voyage, pourquoi ne pas transporter aussi sa niche? C'est aujourd'hui chose possible grâce à Rovergarden, spécialiste du mobilier de loisir, qui propose un modèle pliable (disponible en plusieurs dimensions) et réalisé dans un mélange de deux résines injectées ensemble dans un moule. Isolantes, ces matières protègent l'animal de la chaleur aussi bien que du froid. De plus, ces résines sont imperméables, imputrescibles, et leurs parois lisses empêchent l'installation de parasites. Enfin, elles sont lavables à grande eau. Une fois pliée (dimensions fermée: 18 x 77 x 61 cm), cette niche se présente comme une valise, munie, bien sûr, d'une poignée de transport.

▲ Sauvegarde des orchidées en péril. Parmi les multiples actions de protection de la nature, et plus particulièrement des espèces végétales menacées, figure la reproduction de ces plantes dans des conditions scientifiques. Il s'agit, entre autres objectifs, de réduire leur valeur marchande et, finalement, de supprimer tout intérêt à leur prélèvement illicite dans leurs habitats d'origine. C'est là l'une des tâches que s'est assignée l'association française Culture et protection des orchidées, dans le cadre d'une collaboration avec des jardins botaniques, le BGCS (Botanic Garden Conservation Secretary) et l'EOC (European Orchid Committee). Sous la direction de spécialistes et d'amateurs éclairés, le programme en cours comporte la réalisation d'un inventaire des orchidées en collections (selon une procédure conforme à celle du BGCS), leur multiplication par culture *in vitro* en préservant la variabilité (c'est-à-dire l'aptitude naturelle qu'ont les espèces à subir des variations) et, éventuellement, leur offre gratuite aux jardins botaniques. Renseignements: AFCPO, Commission de culture, 31 rue Victor-Clément, 92160 Antony.

7 Moulinex Nautic a créé un four à micro-ondes spécialement adapté à l'équipement d'un bateau. Ce four, de conception par ailleurs classique, est muni à cet effet d'un onduleur: il s'agit d'un véritable





6
UNE NICHE PLIABLE POUR CHIEN
de 875 à 2250 F, chez Rovergarden France, 4 rue Denis-Papin, 77290 Mitry-Mory



7
UN FOUR À MICRO-ONDES POUR BATEAU

De 11700 à 14400 F, chez Moulinex Nautic, 11 rue Jules Ferry, BP. 45, 93171 Bagnolet Cedex et ENO, 88 rue de Bellune, 79009 Niort Cedex

transformateur électronique, qui reçoit le courant d'une batterie (12 ou 24 V), le transforme en courant alternatif haute-tension (220 V), stabilise sa fréquence et fournit 1 000 W. Le four (15 litres, 455 x 335 x 275 mm, 18 kg) consomme 0,95 kWh, et 4 ou 5 minutes suffisent pour réchauffer un plat pour quatre personnes. Ce convertisseur peut aussi charger simultanément trois batteries de 12 ou 24 V (40 ampères); il vérifie leur état de charge en permanence. Un boîtier (140 x 140 mm) permettant la commande indépendante du chargeur et du four est livré en option; il est muni d'une prise électrique pour le branchement d'autres appareils ménagers. La société Eno présente par ailleurs un four similaire fonctionnant sur deux batteries de 12V. Moins puissant (il consomme 0,85 kWh), il lui faut donc de 5 à 6 minutes pour réchauffer un plat. Il présente sensiblement les mêmes dimensions que le Moulinex (470 x 325 x 288 mm, 15,5 kg) et peut donc aussi s'intégrer facilement dans l'espace réduit d'une cuisine de bateau.

8 Un cheval de course peut souffrir des mêmes maux qu'un sportif: fatigue articulaire, tendinite, arthrose, etc. Afin de réduire certaines de leurs causes, une entreprise a créé la plaque amortissante Equisoft, à base de carbone et de caoutchouc. Elle se place entre le fer et le sabot et amortit ainsi jusqu'à 80% des chocs. En effet, à chaque fois que le fer du cheval au galop se pose sur le sol, le choc produit des vibrations qui se propagent dans la patte jusqu'à la colonne vertébrale. Le matériau d'Equisoft absorbe l'énergie du choc et la transforme en chaleur. Cette plaque réduit aussi l'usure du fer et, du même coup, les causes de fatigue qui lui sont liées. Equisoft se découpe aux ciseaux et se pose facilement.

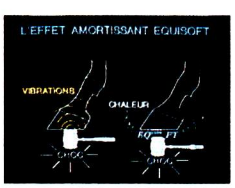
9 Les pistolets à peinture font généralement appel à de l'air comprimé qui pulvérise le produit à grande vitesse en créant un brouillard. La société Wagner propose le W 400 SE, un modèle qui n'utilise pas l'air, mais qui comprime le liquide lui-même à la pression de 180 bars (= 180 kg/cm²). Ce pistolet contient une mini-pompe électro-mécanique, qui aspire, comprime, puis projette le produit en fines particules (quelques micromètres). Il est, en outre, doté d'un réglage du jet par le gicleur qui s'affiche numériquement. Le W 400 SE s'utilise avec peintures, laques, vernis, huiles, produits pour le bois, pour les plantes,etc.

10 Dernière née des torches de pointage de la firme allemande Kindermann, la Laser Pointer permet de projeter un point lumineux rouge sur des surfaces éloignées, jusqu'à une distance de 70 m le jour et 500 m la nuit. Doté d'un mini-laser et d'une télécommande, l'instrument est alimenté par une pile de 9V, lui assurant une autonomie de 3 à 7 heures (selon qu'il fonctionne en continu ou en clignotant). Ses applications: montrer des objets ou un détail d'image sur un écran mural, un bâtiment, une projection vidéo, etc.

11 Difficile de récupérer une balle de golf tombée dans une mare au cours d'une partie. Pour permettre rapidement cette opération, la firme américaine Vedoro propose Prospector, un astucieux ramasseur de balles. C'est un tube télescopique en aluminium (3,66 m), à l'extrémité duquel s'emmanchent des disques en résine élastique munis de griffes. En roulant dans la vase, ce mécanisme permet d'agripper les balles inaccessibles à la main. Lorsqu'un disque est plein de balles (il en admet 3), on en fixe un nouveau, et ainsi de suite jusqu'à 6 disques. Le tube et les disques mesurent 70 x 87 mmm lorsqu'ils sont repliés, et se rangent donc aisément dans une trousse.

12 Destiné à une utilisation personnelle, Olyfax 325 est un petit télécopieur transportable (127 x 390 x



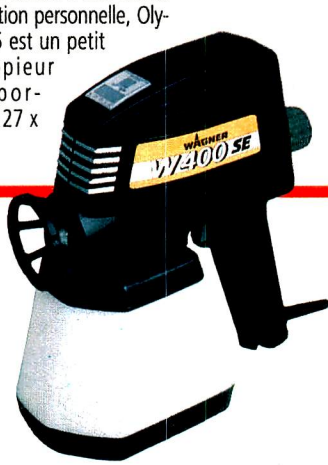


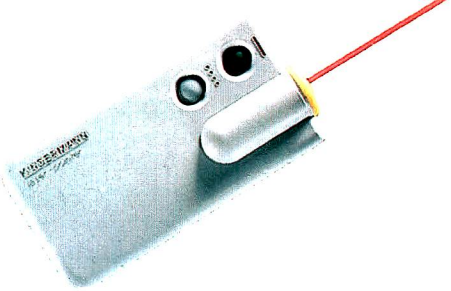
8
UNE SEMELLE AMORTISSANTE POUR CHEVAL

50 F la plaque, chez Michel Vaillant, 3 Fbg Saint-Nicolas, B.P. 124, 74302 Cluses Cedex

9
UN PISTOLET À PEINTURE SANS AIR COMPRIMÉ

1 650 F, dans les grandes surfaces spécialisées de bricolage





10
UN LASER POUR POINTER
2 290 F, dans les magasins photo de la chaîne Phox

315 mm, 6 kg) comportant un téléphone et pouvant tenir lieu de photocopieur d'appoint. Sa particularité est d'être utilisable sur tous les réseaux France Telecom, électromécaniques ou électroniques. Lorsque le télécopieur est branché, il suffit, pour l'utiliser, de suivre le menu s'affichant sur l'écran (40 caractères). Un clavier numérique permet la numérotation sans utiliser le combiné, une fonction bis relance le dernier appel. Le chargeur automatique contient jusqu'à 10 pages qui passent en continu. Son temps de transmission est de 18 secondes par page pour des images qui comportent 64 niveaux de gris et une résolution fine (200 dpi, c'est-à-dire 7,7 lignes/mm) pour le texte. Cet appareil, qui fonctionne en mode manuel, comporte en outre les fonctions telles que : impression de l'accusé de réception, numérotation des pages, horodateur, journal quotidien des appels émis et reçus, autodiagnostic. Il est agréé France Télécom.

13 Un logiciel a été spécialement conçu pour des études statistiques par la société Grimmer Conseils. La version 5.5 du logiciel Question est un outil destiné à des enquêteurs ayant de nombreuses données à exploiter. Il occupe 3 Mo fournis sur 2 disquettes de 1,5 Mo, et comporte trois fonctions principales: le traitement statistique, l'analyse des données d'un questionnaire d'enquête et la codification des résultats. Une fonction graphique en couleurs fournit courbes, histogrammes, nuages de points, etc. Ce logiciel fonctionne sur IBM et compatibles, avec 640 Ko de mémoire centrale, un disque dur, un écran VGA pour les graphiques; il accepte une souris et comporte d'autres fonctions telles que la production de tableaux, la gestion des adresses et l'édition d'étiquettes.



13
LE LOGICIEL DES ENQUETEURS
9 500 F + les modules, chez Grimmer Conseils, 2, avenue du Bois-du-Luat, 95390 Saint-Prix

▲ **Les échos de cette rubrique** ont été réalisés par Roger Bellone, Jean-Marie Bret, Frédérique Chapuis, Christine Mercier et Paule Sully.



11
LA PECHE AUX BALLES DE GOLF
Renseignements: Vedoro Ltd, P.O. Box 9486, Wichita, Kansas 67277/9436, Etats-Unis. Tél: 19-1-(316) 943 04 40



12
UN FAX PHOTOCOPIEUR
Env. 7 100 F, chez les revendeurs AEG

Nouvelle méthode plus facile, aux résultats rapides

Dans 3 mois, vous pouvez parler couramment l'anglais ou l'allemand

Avec la Méthode Réflexe-Orale, vous apprendrez une autre langue comme vous avez appris votre langue maternelle.

Connaître une langue, ce n'est pas déchiffrer lentement quelques lignes d'un texte écrit. Pour nous, connaître une langue, c'est comprendre instantanément ce qui vous est dit et pouvoir répondre immédiatement.

Rien à apprendre par cœur. La Méthode Réflexe-Orale a été conçue pour arriver à ce résultat. Elle est basée sur les mêmes mécanismes que ceux qui apprennent à un enfant sa langue maternelle. Non seulement elle vous donne de solides connaissances, mais surtout elle vous amène infailliblement à parler la langue que vous avez choisi d'apprendre. C'est une méthode progressive, qui commence par des leçons très faciles et vous amène peu à peu à un niveau supérieur. Sans avoir jamais quoi que ce soit à apprendre par cœur, vous arriverez à comprendre rapidement la conversation ou la radio, ou encore les journaux, et vous commencerez à penser dans la langue et à parler naturellement. Tous ceux qui l'ont essayée sont du même avis: la Méthode Réflexe-Orale vous amène à parler une langue dans un délai record. Elle convient aussi bien aux débutants qui n'ont jamais étudié une langue qu'à ceux qui, ayant pris un mauvais départ, ressentent la nécessité de rafraîchir leurs connaissances et d'arriver à bien parler. Les résultats sont tels que ceux qui ont suivi cette méthode pendant quelques mois semblent avoir étudié pendant des années ou séjourné longtemps en Angleterre ou en Allemagne.

Dans 2 mois vous serez déjà «débrouillé». La Méthode Réflexe-Orale a été conçue spécialement pour être étudiée chez soi. Vous pouvez donc apprendre l'anglais ou l'allemand chez vous à vos heures de liberté, où que vous habitiez et 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, lorsque vous aurez terminé trois mois plus tard, vous parviendrez à parler couramment avec un accent impeccable, ce qui d'ailleurs a stupéfié des spécialistes de l'enseignement.

Demandez la cassette d'essai gratuite. Commencez dès que possible à apprendre la langue que vous avez choisie avec la Méthode Réflexe-Orale. Rien ne peut vous rapporter autant avec un si petit effort. Dans le monde d'aujourd'hui, parler une langue est un atout essentiel à votre réussite. Demandez vite la leçon d'essai et la cassette gratuites qui vous sont offertes ci-dessous.

GRATUITS **1 cassette + 1 leçon + 1 brochure**



© C.E., Paris, 1988

Bon à retourner à Service A, Centre d'Etudes, 1, avenue Stéphane-Mallarmé, 75847 Paris Cedex 17. *Envoyez-moi gratuitement et sans engagement votre brochure «Comment apprendre l'anglais ou l'allemand et parler couramment» ainsi que la leçon d'essai et la cassette:*

☐ Anglais ou ☐ Allemand

(Joindre 3 timbres pour frais; pour pays hors Europe joindre 5 coupons-réponse.) A 14S

Mon nom: ..... Mon prénom: .....
(majuscules SVP)

N° et Rue: .....

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

TIVA A L'ÉCOUTE DES IMAGES SOUS-MARINES

(suite de la page 57)

ter de décharger prématurément les batteries.

La définition des images (240 lignes x 480 pixels) peut paraître faible comparée à celle des images télé (plus de 1 000 lignes pour la TVHD). Mais, en matière de transmission acoustique sous-marine, c'est de la haute définition. En réalité, les images prises par la caméra CCD de SAMO comportent 493 lignes, mais, pour une question de rapidité de transmission, TIVA a été "programmée" pour ne transmettre qu'environ une ligne sur deux, soit au total 240 lignes.

La fréquence utilisée pour la transmission durant cette campagne fut de 26 kHz. C'est une fréquence basse par rapport à celles employées, par exemple, en radiodiffusion (30 à 300 MHz en modulation de fréquence), ce qui réduit d'autant les capacités de transmission. Mais plus la fréquence est élevée, plus l'absorption du son dans l'eau augmente (dans l'air aussi, d'ailleurs). Il a donc fallu trouver un compromis entre la fréquence, la vitesse de transmission et la profondeur. Les fréquences comprises entre 20 et 50 kHz sont utilisées de 0 à 2 000 m de fond, pour un débit maximal de 19 200 bits/s. De 2 000 à 6 000 m, seules sont exploitées des fréquences allant de 10 à 26 kHz. Le débit maximal est alors de 9 600 bits/s. TIVA permet des vitesses de transmission supérieures à celles d'un télécopieur, ce qui est un énorme progrès en matière d'acoustique sous-marine.

Durant la campagne HERO, qui s'est déroulée par –2 650 m, les ingénieurs ont opté, comme nous l'avons dit, pour une fréquence de 26 kHz et un débit de 5 500 bits/s, soit un temps de transmission de 167 secondes par image (480 lignes x 240 pixels x 8 bits par pixel = 921 600 bits par image, divisés par 5 500 bits/seconde = 167 seconde par image). TIVA n'a dans ce cas pas été exploitée au maximum de ses possibilités afin de privilégier l'aspect opérationnel de la campagne. Il s'agissait avant tout de recueillir des données sur les sources hydrothermales, non de tester du matériel.

Dans le cadre d'HERO, les images ont également été reçues à Brest, là aussi en temps quasi réel (10 minutes). Retransmises par le *Nadir*, elles ont transité par un satellite Inmarsat. La vitesse de transmission a été calculée pour réduire au minimum les erreurs de transmission et conserver une qualité optimale au signal numérique de

l'image. Les biologistes restés en France ont ainsi pu découvrir, pratiquement en même temps que leurs collègues embarqués sur le *Nadir*, la riche faune abyssale amassée sur le site hydrothermal : vers géants tubicoles, bivalves, crabes, poissons, etc. L'exploitation des résultats de la campagne est actuellement en cours et s'échelonnera tout au long de l'année 1992.

La numérisation des données se révèle très pratique. Images et autres informations (courants, températures, etc.) peuvent ainsi être stockées sur disquettes d'ordinateur. D'autre part, même si des perturbations sont constatées durant la transmission, elles ne sont en fait pas perceptibles au final sur l'écran vidéo, tant qu'elles restent en dessous d'un certain seuil.

Les recherches sur la transmission par voie acoustique sont récentes. Les premières études de faisabilité réalisées par l'IFREMER ont eu lieu à la fin des années 1970. Elles conduisirent, en 1983, à la construction d'un prototype immergeable. Mais la première expérience opérationnelle ne date en fait que de 1987. Le *Nautile*, capable de descendre jsqu'à 6 000 m de fond grâce à la résistance de sa coque en titane, était alors parti explorer l'épave du *Titanic*. A son bord une caméra associée à TIVA permettait à l'équipe restée en surface de voir immédiatement les images prises et, le cas échéant, réagir instantanément (demander des prises de vue plus rapprochées de tel détail, par exemple).

La transmission par voie acoustique devenait une réalité. Mais la caméra alors employée ne pouvait prendre que des images noir et blanc de faible définition (144 lignes x 208 pixels). En juillet 1990, une nouvelle étape fut franchie avec l'utilisation d'une caméra, certes encore noir et blanc, mais permettant la transmission d'images sous-marines "haute définition" (240 lignes x 480 pixels). SAMO marque aujourd'hui l'arrivée de la couleur.

Les efforts se poursuivent maintenant sur des systèmes de compression d'image. Il s'agit de diminuer la quantité d'informations nécessaires à la définition d'une image, tout en lui gardant la même qualité. Cette réduction d'information à transmettre permettrait soit de réduire la consommation d'énergie des batteries en augmentant leur durée de vie, soit, pour une même consommation d'énergie, de gagner du temps dans la transmission. Des essais sont actuellement en cours pour parvenir à un gain de temps multiplié par 15. Ils seront suivis, courant 1992, de tests en mer auxquels participera le *Nautile*.

Au vu des résultats plus que probants de TIVA,

(suite du texte page 163)



Pourquoi emprunter les cheveux des autres...

n'allez pas chercher ailleurs ce que vous possédez déjà

la chirurgie esthétique
vous fera retrouver par une technique
simple - efficace et indolore
votre **VRAIE** chevelure
poussant naturellement souple et vivante, s'éclaircissant au soleil et s'argentant avec l'âge, car jamais plus vos cheveux ne tomberont.

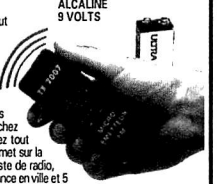
CLINIQUE DU ROND-POINT DES CHAMPS-ÉLYSÉES
(Autorisation Ministère de la Santé du 23-10-1950)
61, AV. F.-D. ROOSEVELT, 75008 PARIS - 43 59 49 06 / 71 63
Consultation gratuite et documentation envoyée sur demande

NOM .....
ADRESSE .....
SV 3-92

UNE OREILLE PARTOUT !

AVEC LE SUPER MICRO-ESPION TX 2007 **270 F l'appareil**

SUR PILE ALCALINE 9 VOLTS



Vous souhaitez entendre ou enregistrer secrètement tout ce qui se dit ou fait dans un endroit précis, magasin, bureau, dépôt, maison, caravane, voiture, appartement, etc., etc. ? Vous voulez surveiller un bébé qui dort, une personne malade, une voiture ou un garage, un commerce ou une maison, une situation ambigüe, nuit et jour ?
C'est désormais possible avec le TX 2007. Lorsque vous recevez ce formidable petit appareil électronique, branchez une simple pile de 9 volts et installez-le là où vous voulez tout surveiller. Il est très facile à cacher. Dès lors, le TX 2007 émet sur la bande FM et vous pouvez repartir l'écouter sur votre poste de radio, comme une émission normale, jusqu'à 500 mètres de distance en ville et 5 kms en plaine.
Très sensible : entend un chuchotement à 10 mètres. Collé contre un mur, vous fait entendre les bruits à travers la cloison. Fréquence réglable (85-115 MHz). L'appareil est pré-réglé sur 107 FM à la livraison. Garanti 3 ans. **TRES SIMPLE D'EMPLOI : BRANCHEZ UNE SIMPLE PILE 9 VOLTS ET C'EST TOUT : VOUS ENTENDREZ TOUT SUR VOTRE RADIO FM, WALKMAN, CHAINE HI-FI, AUTO-RADIO,** etc. et vous serez étonné à votre tour comme 140 000 acheteurs à ce jour ! Essayez-vite (sans risque pendant 15 jours*) cette petite merveille, véritable petite radio-libre miniature qui peut porter à 20 kms si l'on ajoute piles et antenne ! Vous pouvez avoir confiance car : spécialistes et fabricants, nous fournissons depuis 7 ans les administrations, détectives, ambassades, professionnels de la sécurité, etc., etc.

***VOTRE GARANTIE** : si dans les 8 jours qui suivent sa livraison chez vous, pour une raison quelconque, vous n'êtiez pas satisfait de votre TX 2007, vous seriez intégralement remboursé par le Directeur Général M. A. FRANCOIS. Sans discussion.*

***GRATUIT** : En commandant dans les 8 jours, vous recevrez en plus : le GUIDE DE L'ESPIONNAGE avec trucs, secrets, révélations, scandales, et le passionnant CATALOGUE DES PRODUITS TRES SPECIAUX !!*

Vous pouvez commander par téléphone : 91 34 34 94 - par fax : 91 49 11 91 - par Minitel 3615 PRAGMA
Vous pouvez vous procurer l'appareil en magasin à notre adresse ci-dessous à Paris, et aussi à Marseille : PRAGMA 276, bd Chave. 13005 - Tel. 91 34 34 94)
BON DE COMMANDE RAPIDE (48 H) A DECOUPER ET ENVOYER A

"CIA-KGB" 95, bd Diderot. 75012 PARIS
(métro Reuilly-Diderot) - **Téléphone (1) 40 09 88 33**

○ Oui, envoyez-moi TX 2007 au prix de 270 F + 25 F de Colissimo recommandé.
○ Je désire piles alcalines 9 volts au prix de 30 F l'une.
NOM _____ Prénom _____
Adresse _____
Code Postal _____ Ville _____
Règlement par : ○ Chèque ci-joint ○ Mandat lettre
○ CB Carte Bleue (N° et date de validité svp)
○ Je règlerai au facteur en contre-remboursement. (+35 F)
SV 03/92

COMMENT A-T-ON FABRIQUÉ LA PREMIÈRE BOMBE ATOMIQUE ?



Ces CAHIERS DE SCIENCE & VIE vous racontent une incroyable entreprise technique qui vit s'accélérer le processus de production industrielle d'une découverte à peine sortie des laboratoires de physique fondamentale.
C'est l'archétype de ce que l'on appelle outre-Atlantique *BIG SCIENCE*.
Des investissements financiers et humains gigantesques sur fond de Seconde Guerre Mondiale, pour mettre en œuvre les bombes qui exploseront sur Hiroshima et Nagasaki.

EN VENTE PARTOUT
BIG SCIENCE : LES GRANDS PROJETS SCIENTIFIQUES DU XXe SIECLE.

TIVA A L'ÉCOUTE DES IMAGES SOUS-MARINES

(suite de la page 161)

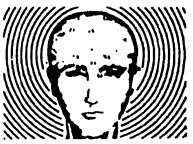
l'IFREMER pense équiper définitivement son *Nautile*. A l'heure actuelle, à part l'équipage (2 personnes) et le passager (1 personne, scientifique, technicien, etc.), personne d'autre ne peut voir ce que "voit" ni ce que fait le petit sous-marin, sauf par dialogue téléphonique. Avec TIVA, les personnes restées en surface pourront désormais suivre en direct toutes les opérations et intervenir sur leur déroulement si nécessaire.

Diverses perspectives s'offrent également en ce qui concerne les stations d'observation. Sur le court terme, durant une campagne, TIVA permettra l'exploitation de stations autonomes ou à câble en temps réel, ainsi que leur surveillance permanente. Sur le long terme, il sera dorénavant possible de laisser une station au fond de l'eau pendant un an, un bateau-support revenant sur la zone périodiquement pour s'assurer de son bon fonctionnement et collecter les données. Seule limite : la puissance des batteries. A plus longue échéance, il est envisageable d'exploiter des stations autonomes à partir d'un laboratoire à terre. Différents problèmes restent cependant à résoudre, notamment celui de l'autonomie des batteries (encore et toujours) et celui du relais de surface (bouée permanente, dont la coque et les équipements doivent résister aux intempéries, à la corrosion, au chocs et au temps).

La société Orca Instrumentation, qui s'occupe de la réalisation industrielle et de l'amélioration technique de TIVA, pense désormais à la commercialisation de ce système de transmission. Il intéresse en premier lieu les instituts de recherche (laboratoires, universités), tant pour la transmission d'images facilitant l'observation de la faune sous-marine, que pour la transmission de données (courantométrie, température). Exploitées plus rapidement, ces dernières ouvrent de nouvelles voies en ce qui concerne l'étude de l'activité sismique sous-marine. TIVA pourra ainsi rendre de nombreux services aux entreprises travaillant an milieu marin (compagnies pétrolières, par exemple) ou aux marines de guerre (communication entre bâtiments). Le marché est ouvert, et, pour une fois, Américains et Japonais ont plusieurs années de retard dans ce secteur.

Muriel Thouin

(1) Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer, et l'Ecole nationale supérieure des télécommunications de Bretagne. Les autres principaux participants sont la Société Orca Instrumentation (Brest), la société I2S de Bordeaux (caméra),, la société Pons à Aubagne (transducteur, hydrophone).



- 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 sublimale, 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 14), retenir facilement les formules scientifiques et mathématiques (page 220), 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 réussir plus facilement 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 de la Mémoire (C.E.M.) de vous adresser son dossier gratuit : «Comment développer une étonnante mémoire» et son test pour mesurer votre 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
60643 Chantilly Cedex.

© Publiger. 1992

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
60643 Chantilly Cedex DO36/SV402

DEUX "TERRES" DANS LA CONSTELLATIONDE LA VIERGE

(suite de la page 25)

tence hypothétique d'un troisième corps en orbite autour du pulsar avec une période de 360 jours. A la lumière de la mésaventure des Anglais, il apparaît que cette hypothétique troisième planète n'est probablement qu'un artefact dû aux imprécisions résiduelles sur la mesure de la position du pulsar. Mais, encore une fois, cela ne remet pas en cause l'existence des deux premières planètes de leur système.

Au bout du compte, malgré tout, les spécialistes restent bien embarassés par cette découverte. Ils ne peuvent s'empêcher d'avoir un doute que rien ne justifie, sauf le syndrome du "radioastronome échaudé craint les nouvelles planètes". Comme toujours, l'avenir tranchera. Nous saurons alors s'ils ont raison de ne pas considérer aujourd'hui comme acquis un résultat qui, demain, deviendra peut-être exceptionnel. **Daniel Tarnowski**

(1) Matthew Bailes, Andrew Lyne et Setnam Shemar. Voir *Science & Vie* n° 888, p. 22.

PHOTOGRAPHES ET ILLUSTRATEURS

(Les crédits sont indiqués page par page, de gauche à droite et de haut en bas)

Couverture: Copik; p. 2: A. Ernoult – D. R. – J. Ph. Varin/Jacana; p. 3: F. Broadcast et C. Pellissier/Gamma – A. Maire – R. Gaillarde/Gamma; p. 8 à 14: Finzo; p. 16-17: NOAO/Ciel et Espace – J. Sanford et D. Parker/Science Photo Library/Cosmos; p. 18 à 21: Graphitt; p. 22-23: S. Brunier/Ciel et Espace p. 24-25: Graphitt; p. 26-27: Schott Glaswerke; p28: Peter French; p.29: Ressmeyer/Starlight/Cosmos – Peter French; p. 30: Graphitt; p. 31: Janet McCoy Photo; p. 32-33: Reosc; p. 34: Roger-Viollet; p. 35: ESA; p. 36-37: Graphitt – Lick Observatory; p. 38: Ressmeyer/Starlight/Cosmos – A. Meyer; p. 39: A. Meyer; p. 40-41: Graphitt – Karsch/Camera Press; p. 42-43: Giraudon; p. 44-45: I. Python; p. 46: I. Python; p. 47: Giraudon – I. Python; p. 48 à 51: I. Python; p. 52: A. Meyer; p. 53: Karsch/Camera Press; p. 54-55: Le Mignon/IFREMER – D. Bazin; p. 56: IFREMER; p. 57: Le Mignon/IFREMER; p. 58-59: Wasylik; p. 62-63:M. Baret/Rapho; p. 65: D. Bazin; p. 67: L. Schell – M. E. Schwab/Univ. of Zurich; p. 68 à 73: F. P. Rodado; p. 74-75: G. Delpit – F. Broadcast et C. Pelissier/Gamma; p. 76: J. Vertut – F. Broadcast et C. Pellissier/Gamma; p. 77: J. Vertut – F. Broadcast et C. Pellissier/Gamma; p. 79: F. Broadcast et C. Pellissier/Gamma; p. 80-81: M.Viard et A. Le Toquin/Jacana – R. Bellone; p. 82-83: R. Sabatier; p. 84: M. Viard et A. Le Toquin/Jacana; p. 85: M. Viard; p. 86-87: D. Henderson/Les Dinosaures/Ed. Atlas; p. 88-89: G. Michel; p. 90-91: G. Michel – P. Rossion; p. 92-93: C. Witt-Deguillaume; p. 94: R. Gaillarde/Gamma; p. 97: J. Masson; p. 98: A. Meyer; p. 99: Fergus/Rex Features/Sipa; p. 100: Rapho; p. 101: Sunset – J. P. Varin/Jacana – G. Lacz/Sunset ; p. 102 à 107: C. Lacroix; p. 108 à 111: A. Maire; p. 112-113: Hurel/Jerrican; p. 115: I. Python; p. 116-117: E. Malemanche; p. 119 à 125: D. R.; p. 126: D. R.; p. 127: E. Glanz/France Télécom; p. 129 à 131: Finzo; p. 133: M. Toscas/Gal. 27; p. 134-135: M. Roux-Saget; p. 141 à 143: M. Roux-Saget; p. 152 à 155: D. R.; p. 156 à 157: E. Malemanche – D. R.

UNE GROTTE BIEN TÉNÉBREUSE

(suite de la page 79)

droit précis, peinture écaillée à tel autre, patine plus ou moins marquée sur les gravures), il est indispensable de connaître parfaitement les états de surface. Il faudra donc relever les microreliefs des parois ainsi que la taille et la forme des fissures dans la roche, faire des prélèvements des concrétions de calcite. Pour cela, il faut obligatoirement se rendre sur les lieux et examiner les parois avec une loupe binoculaire. Il faut aussi effectuer des prélèvement des pigments des peintures pour dater les figures elles-mêmes et, enfin, pratiquer un examen macroscopique des traits gravés.

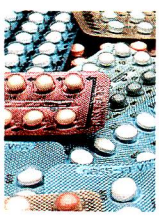
C'est une commission scientifique constituée à cet effet qui détermine actuellement la procédure d'expertise. Le protocole suivi par le ministère de la Culture ne satisfait pas tout le monde: ce ministère a, en effet, classé provisoirement le site sans prendre l'avis de la Commission supérieure des monuments historiques, un groupe d'experts pourtant doté d'une section grottes ornées, à fonction consultative. La procédure rarissime aurait été dictée par l'urgence de la situation, explique-t-on au ministère: il fallait très vite fermer un site fragile et dangereux d'accès afin de le préserver des afflux éventuels de visiteurs. Laissons à ce ministère la responsabilité d'imaginer un "afflux" de plongeurs sur un site aussi peu accessible. Toujours est-il que c'est la Commission régionale du patrimoine historique archéologique et éthnologique qui a été saisie. Après avis favorable, le préfet a procédé à l'inscription provisoire de la grotte. La Commission supérieure des monuments historiques devrait officiellement être saisie dans les mois à venir. L'explication fournie par le ministère ne satisfait pas Denis Vialou, qui en a démissionné en décembre dernier. Et, à l'heure où nous écrivons ces lignes, la grotte ne figurait pas à l'ordre du jour de la réunion prévue pour le 20 février. La commission scientifique spécialement constituée pour décider de la procédure d'expertise et d'étude du site comprend Henri Cosquer lui-même, Jean Courtin, Jean Clottes, un spécialiste espagnol et plusieurs représentants du DRASM. Le fait que le ministère ait si vite conclu à l'authenticité d'une grotte atypique a sans doute froissé des spécialistes, mais il a surtout privé la quasi-totalité des experts français de l'art rupestre magdalénien d'accéder au site. Dans cette situation, le débat scientifique nécessaire à l'homologation de la grotte ne peut avoir lieu. **Isabelle Bourdial**

Le directeur de la publication : Paul DUPUY - Dépôt légal : n° 84007 - N° de Commission paritaire : 57284 du 15 décembre 1975 - Printed in France - Photogravure et impression : Imp. Alsacienne Jean Didier F/67200 Strasbourg

BIG SCIENCE

En 1992, LES CAHIERS DE SCIENCE & VIE vont vous entraîner dans
ce qu'on appelle outre-Atlantique la "Big Science" que l'on pourrait traduire par science lourde.
Il s'agit de projets scientifiques d'envergure,
le plus souvent orchestrés par des nations, mettant en scène des milliers d'acteurs
et coûtant des milliards de francs.
Ce sont donc ces grandes aventures scientifiques que nous allons vous raconter en décrivant les conditions
qui les ont vu naître et les transformations qu'elles ont entraînées dans la vie concrète des chercheurs.







Six numéros au programme 1992 :

LE PROJET MANHATTAN,

ou la construction de la première bombe atomique

(N°7 le 13 février),

LA NAISSANCE DE LA RADIO-ASTRONOMIE

(N°8 le15 avril),

L'HISTOIRE DU CONCORDE

(N°9 le 17 juin),

L'INVENTION DE LA PILULE CONTRACEPTIVE

(N°10 le 12 août),

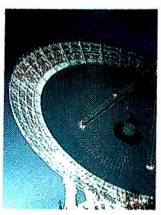
DE SPOUTNIK À GAGARINE

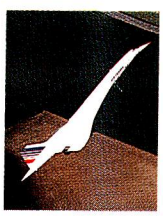
ou les débuts de l'aventure spatiale soviétique

(N°11 le14 octobre),

LA CONSTITUTION DE LA PHYSIQUE GÉANTE

(N° 12 le16 décembre).





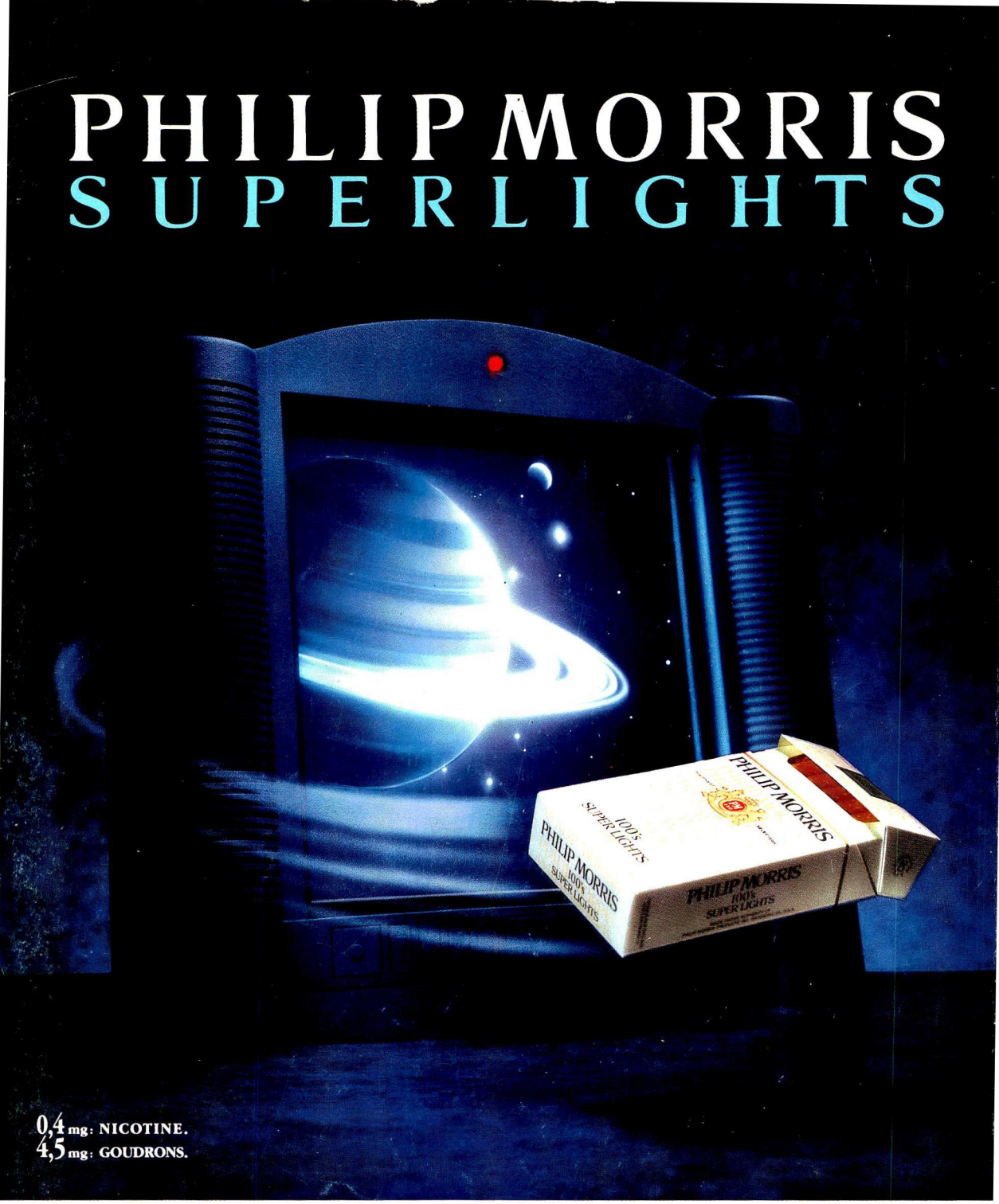


LES CAHIERS DE SCIENCE & VIE

PRESENTENT LA COLLECTION 1992
LES GRANDS PROJETS SCIENTIFIQUES DU XX^e SIECLE

PHOTOS: COSMOS, ERNOULT, BSIP, CIEL & ESPACE, DITF

PHILIP MORRIS
SUPERLIGHTS



0,4 mg: NICOTINE.
4,5 mg: GOUDRONS.

SELON LA LOI N° 91.32

FUMER PROVOQUE DES MALADIES GRAVES