

SCIENCE & VIE

PHYSIQUE

Peut-on
se téléporter ?

GÉOLOGIE

Comment la Terre
soigne ses formes

AUDIO

Les compacts
s'usent aussi

*Taille,
longévité,
cerveau...*

***l'homme
change-t-il?***



Gold *

EUROCOM



Nos brasseurs utilisent une louche de prélèvement pour contrôler l'aspect et la qualité de Gold de Kanterbräu.

* Or



L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR LA SANTE, CONSOMMEZ AVEC MODERATION

Socrate pas mort

Prenez un morceau de ruban, tournez-le d'un demi-tour et collez les deux extrémités. Vous obtenez un anneau dont la surface intérieure devient la surface extérieure, sans discontinuité. Cet objet fit réfléchir en son temps le mathématicien allemand Möbius. Il est aujourd'hui choisi par un spécialiste français du darwinisme, Patrick Tort, pour symboliser le devenir de l'homme. L'idée est double. C'est d'abord que l'évolution biologique, caractéristique du monde vivant, a laissé insensiblement la place à une évolution de caractère strictement culturel. Le ruban n'a pas changé, mais la face naguère cachée vient désormais en pleine lumière et seule compte.

C'est aussi que l'évolution culturelle irait en quelque sorte à rebours de l'évolution naturelle. Celle-ci était fondée sur la sélection, l'élimination. L'autre irait à l'encontre de la sélection, en ce qu'elle protégerait les faibles.

Sans vouloir nous faire l'avocat du diable, notons que ces deux points souffrent discussion. Nous sommes encore des animaux et, comme tels, continuons forcément d'évoluer dans nos gènes. Et s'il est vrai qu'à certains égards l'évolution culturelle bouscule les règles de la sélection naturelle, il est trop tôt pour y voir le signe d'un triomphe de l'homme sur la nature. Ou d'une décadence, annonciatrice d'une revanche de la nature.

Il faut se garder d'une illusion d'optique : l'évolution, naturelle ou culturelle, n'est pas le progrès. Un paradoxe majeur de nos conquêtes culturelles est qu'il n'existe aucun indice nous permettant de penser que nos capacités intellectuelles et morales soient supérieures à celles, par exemple, des anciens Grecs.

Pour illustrer la condition humaine, Socrate disait : «Nous sommes les seuls animaux à croire à des dieux.»

OLIVIER POSTEL-VINAY
Rédacteur en chef



A. Baumann

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. Directrice commerciale publicité : Patricia Brauit. Directeur marketing et commercial : Francis Jaluzot. Directeur marketing et commercial-adjoint : Jean-Charles Guéroult. Directeur des études : Roger Goldberger. Directeur de la fabrication : Pascal Remy.

RÉDACTION. Rédacteur en chef : Olivier Postel-Vinay, assisté de Catherine le Moal. Rédacteur en chef-adjoint : Gerald Messadié. Chef des informations, rédacteur en chef-adjoint : Jean-René Germain, assisté de Marie-Anne Guffroy. Rédacteur en chef-adjoint : Gérard Morice, assisté de Monique Vogt. Rédacteur en chef-adjoint : Jean-François Robredo. Rédacteur en chef édition : Elias Awad. Secrétaires de rédaction : Françoise Sergent, Nadine Raguet, Agnès Marillier. Rédacteurs : Renaud de La Taille, Alexandre Dorozynski, Pierre Rossion, Jacqueline Denis-Lempereur, Marie-Laure Moinet, Roger Bellone, Jean-Michel Bader, Didier Dubrana, Henri-Pierre Penel, Marc Mennessier, Isabelle Bourdial, Thierry Pilorge, Edouard Launet. Secrétaire : Paule Darconnat. Direction artistique : Josyane Challeton. Maquette : Lionel Crooson (premier maquettiste), Elisabeth de Garrigues, Houda Harfouche. Service photo : Anne Levy. Conception graphique : Jean Bayle & Associés. Correspondants : New York : Sheila Kraft, PO Box 1860, Hemlock Farms Hawley PA 18428-USA.

RELATIONS EXTÉRIEURES. Michèle Hilling, assistée de Guyline Brehin.

SERVICES COMMERCIAUX. Abonnements et marketing direct : Patrick-Alexandre Sarradeil. Vente au numéro : Pierre Bieuron, assisté de Pierre Wavrant. Téléphone vert : 05 43 42 08 (réservé aux dépositaires). Belgique A.M.P., 1 rue de la Petite-Isle, 10 70 Bruxelles.

PUBLICITÉ. Excelsior Publicité Interdéco, 27 rue de Berri, 75008 Paris, tél. : 1 44 35 11 98. Directeur de la publicité : Richard Tzipine-Berger. Directrice de clientèle : Karine Parent.

À NOS LECTEURS. Courrier et renseignements : Monique Vogt, tél. : 1 46 48 48 66. Vente anciens numéros et reliures : Chantal Poirier, tél. : 1 46 48 47 18.

ABONNEMENTS. Relations abonnés : Service abonnements, 1 rue du Colonel-Pierre-Avia, 75503 Paris Cedex 15, tél. : 1 46 48 47 08 (de 9 h à 12 h). Au Canada : Periodica Inc. - C.P. 444, Outremont-Québec, Canada H2V 4R6. En Suisse : Naville - Case postale 1211 - Genève 1 - Suisse.

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.

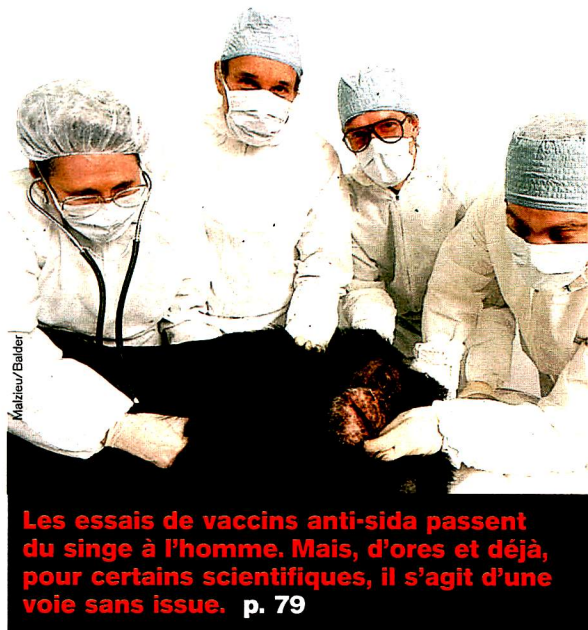
Les manuscrits non insérés ne sont pas rendus.
Copyright 1989 Science & Vie.



BVP

SOMMAIRE

juillet 1993
n° 910



Les essais de vaccins anti-sida passent du singe à l'homme. Mais, d'ores et déjà, pour certains scientifiques, il s'agit d'une voie sans issue. p. 79

Physique

Peut-on se téléporter ?

Hélène Guillemot 40

Histoire

D'Euclide aux géométries de l'impossible

Maurice Arvonny 46

DOSSIER

Anthropologie

L'homme change-t-il ?

Olivier Postel-Vinay
et Alexandre Dorozynski 53

● **Nous sommes de plus en plus grands** 54

● **Nous sommes de plus en plus vieux** 60

● **Nous ne sommes pas de plus en plus intelligents**
Propos recueillis par Guitta Pessis-Pasternak 62

● **...Mais nos gènes continuent d'évoluer** 64

Géophysique

Comment la Terre soigne ses formes

Hélène Guillemot 72

Virologie

Vaccin anti-sida : l'impasse

Christine Lefèvre 79

Entomologie

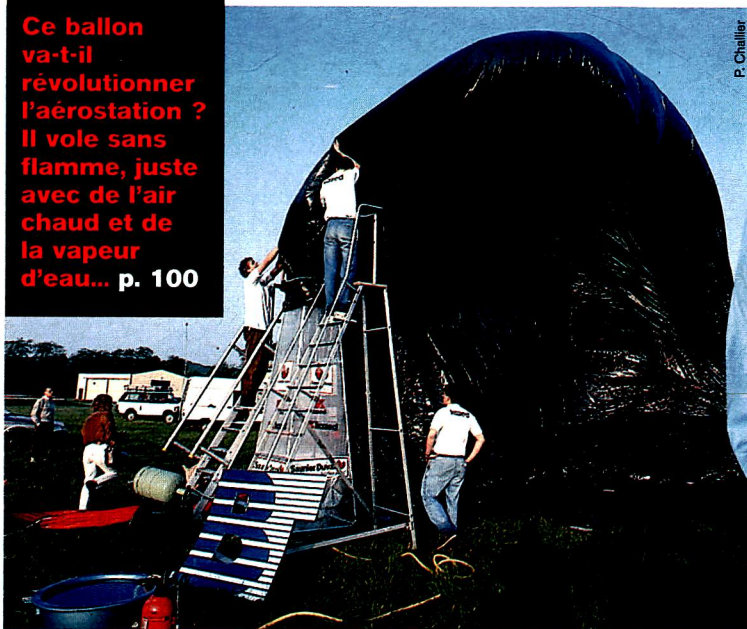
Les insectes sanguinaires

Jürgen Nakott 84

Photo de couverture : Jacques Beauchamp

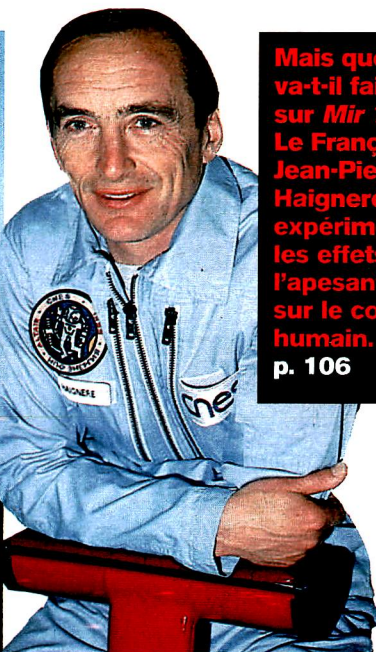
*Encart abonnement jeté entre les pages 96 et 97.
Diffusion France métropolitaine.*

Ce ballon va-t-il révolutionner l'aéronautique ? Il vole sans flamme, juste avec de l'air chaud et de la vapeur d'eau... p. 100



P. Challier

Mais que va-t-il faire sur Mir ? Le Français Jean-Pierre Haigneré va expérimenter les effets de l'apesanteur sur le corps humain. p. 106



CNES/A. Cirou

Probabilités

Comment perdre au Tapis vert, au Millionnaire...

Claude Bouzitat et Gil Pagès 91

Egyptologie

L'ordinateur livre les secrets du pharaon

Marc Mennessier 96

Invention

Un ballon gonflé à l'orage

Pierre Challier..... 100

Espace

Altair : 12 expériences françaises à bord de Mir

Germain Chambost..... 106

Géologie

Endoscopie de la Terre : le trou le plus profond

Renaud de La Taille..... 112

Audio

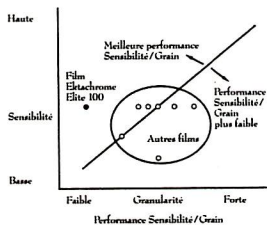
Le disque compact s'use aussi

Henri-Pierre Penel..... 118

RUBRIQUES

Editorial.....	1
Courier.....	6
Echos de la recherche dirigés par Gerald Messadié.....	15
Photo du mois.....	22
Echos de l'environnement dirigés par Jacqueline Denis-Lempereur et Didier Dubrana.....	23
Echos de l'industrie dirigés par Edouard Launet.....	31
Carrefour de l'innovation dirigé par Gérard Morice.....	122
Comment ça marche Renaud de La Taille.....	130
Electronique amusante Henri-Pierre Penel.....	134
Informatique amusante Henri-Pierre Penel.....	136
Biologie amusante Didier Pol.....	138
Journal de l'astronome Yves Delaye.....	140
Jeux & paradoxes Pierre Berloquin.....	143
Photo Vidéo Son Roger Bellone et Paule Sully.....	144
Les objets du mois Bruno Jacquot.....	146
Livres.....	148
Science & Vie, il y a.....	154
Agenda.....	156

Elite, c'est le nouveau film Ektachrome inventé par Kodak, un film qui va révolutionner l'univers de la diapositive. Bien sûr, il est impossible de démontrer sur un support papier tel que ce magazine, la supériorité du film Kodak Elite. Nous pouvons vous



dire que sa brillance, sa saturation des couleurs ou son piqué sont largement supérieurs. Ils le sont, mais seule la projection d'une diapo Elite pourra vous en convaincre.

Le photographe sceptique devra donc pour vérifier, l'essayer. L'amateur de technique comprendra que cette révolution s'appuie sur le grain T. Pour permettre aux émulsions grains T d'être encore plus performantes, Kodak a fait appel à trois technologies chimiques entièrement nouvelles :

1. Les amplificateurs d'inter-images augmentent le piqué et donnent des rouges, verts, bleus, plus brillants et plus saturés sans altérer les teintes chair.
2. Les filtres de couleurs à particules solides par une action sélective sur la lumière permettent d'obtenir des couleurs absolument pures. Ils stabilisent les colorants avant traitement, garantissant ainsi des images plus piquées.
3. Les inhibiteurs super-actifs empêchent la diffusion des colorants et garantissent ainsi une excellente conservation de la prise de vue avant traitement. Les couleurs sont plus précises et plus saturées.

Grâce à ces nouvelles technologies, le film Kodak Elite 100 peut offrir le meilleur ratio vitesse/grain de sa catégorie. Avec 4 sensibilités (ISO 50, 100, 200, 400), la gamme Elite s'affirme aujourd'hui comme le nouveau standard du marché des inversibles.

Kodak. Toujours un déclin d'avance.

NOUVEAU FILM KODAK ELITE.

LA MEILLEURE DIAPO DU MONDE?



Nouvelle diapo Kodak Elite



FILM Kodak
Elite



Photo Cindy Palmiano

80^e anniversaire

M. V.C., de Rennes, prend sa «plus belle plume» pour nous féliciter «d'être ce que vous êtes, soit la meilleure revue de vulgarisation scientifique que je connaisse. En effet, vous êtes les seuls à parvenir à rédiger un article sur la structure de l'atome qui soit clair... surtout pour des non-spécialistes, sans y perdre de l'exactitude... Félicitations aussi pour votre nouvelle maquette. (...)

»Je vous écris aussi pour vous signaler une erreur qui m'a surpris de votre part : p. 108, vous dites que la centrale de Tchernobyl ne comportait pas d'enceinte dite de confinement... Tchernobyl comprenait-elle une seule enceinte de confinement, au lieu de deux en France?»

Merci chaleureux pour les compliments. Par ailleurs, Tchernobyl ne comportait pas d'enceinte de confinement, ce qui eût considérablement réduit la pollution radioactive qui s'en est suivie.

«Lecteur assidu de "Science & Vie" depuis mon adolescence (j'ai 64 ans), écrit M. G.M., de Beaucaire, je tiens à vous faire part de ma surprise lorsque j'ai voulu acheter le numéro de mai 1993. Si je comprends que le 80^e anniversaire de votre mensuel doive être célébré, je n'admets pas que cela se fasse au prix d'une augmentation de plus de 25,6 % [27,2 %, NDLR], et cela, quel que soit le contenu de ce numéro. Ou bien vous faites un cadeau à vos lecteurs en leur offrant un numéro exceptionnellement enrichi, mais au prix habituel, ou bien vous éditez un numé-

ro spécial d'achat facultatif.»

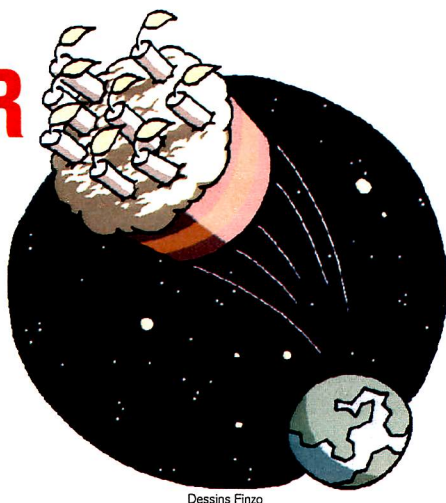
Nous déplorons la déception de ce lecteur ; il nous a paru qu'une augmentation relativement légère (et exceptionnelle) de notre prix de vente se justifiait par l'effort financier exceptionnel qui fut nécessaire.

De Mlle N.D., de Saint-Juéry : «J'ai eu moins de plaisir à lire votre n° 908... La couleur dominante, marron, n'est pas très agréable... La typographie trop petite est gênante, la séparation des articles n'est pas assez nette et le regroupement de tous les échos au début ne permet plus de séparer les articles en différentes parties.»

La teinte sépia, celle des documents anciens, n'a été utilisée que dans le cahier rétrospectif. Il nous semble d'autre part que, au contraire, la typographie est un peu plus lisible qu'auparavant, et cela d'autant plus qu'elle est plus aérée.

Le principe de séparation des articles en trois parties nous a paru devoir être aménagé, étant donné que l'interdisciplinarité croissante des sciences et des techniques rendait cette séparation souvent arbitraire.

Enfin, les nouvelles rubriques de brèves sont séparées selon les domaines dont elles traitent.



Dessins Finzo

Le vide n'est pas si vide

Félicitations de M. M.J., de Saint-Alban-Leysse, pour notre numéro d'anniversaire et, en particulier, notre article sur l'atome. «Toutefois, vos articles ne répondent pas aux questions que je me pose concernant les différents aspects de la matière et leurs propriétés. A savoir :

Sachant que la matière est constituée essentiellement de vide, comment se fait-il que tout ce qui nous entoure ait une apparence solide (ou liquide, ou gazeuse). Autrement dit, comment construire un matériau avec des "grains de vide" ?»

Vaste question ! Pour résumer la réponse, il faut préciser qu'il ne s'agit pas d'un vide inerte, mais animé d'énergie. Par ailleurs, le concept de vide en physique est différent de celui de ce terme dans le langage courant. Dans la relativité einsteinienne, pour ne citer qu'elle, le vide est constamment animé par l'apparition

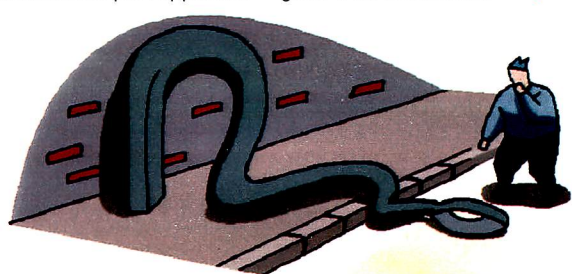
et la disparition de couples particule-antiparticule. En physique quantique, il se caractérise par des fluctuations d'énergie. Mais la notion de vide appellera à elle seule un article dépassant de fort loin le cadre de ce "forum" des lecteurs.

«Pourquoi certaines matières très denses, comme le plomb, sont-elles relativement molles, alors que des matériaux très légers peuvent être plus résistants, comme l'aluminium ?» demande ensuite ce lecteur.

La dureté des matériaux dépend principalement du type des liaisons atomiques dans les molécules qui les constituent : si les liaisons sont covalentes, le matériau est très dur et présente alors, comme le diamant, des structures cristallines ; si les liaisons sont ioniques, par exemple, le matériau est mou.

«Pourquoi certains matériaux laissent passer la lumière, alors que la plupart sont opaques ? En particulier, pourquoi une épaisse brique de verre est-elle translucide, alors qu'une mince planchette de bois est opaque ? La densité ne semble pas intervenir.»

La transparence des matériaux est, encore une fois, fonction de leur structure atomique ; c'est une propriété caractérisée par le facteur de transmission d'un flux lumineux. Certains verres sont ainsi opaques au rayonnement lumineux, mais non à l'ultraviolet, qui est d'une longueur d'onde différente. ▶



NOUVELLE TIPO. LA SECURITE A UN NOUVEAU PROFIL.



Nouveau dispositif de freinage
ABS BOSCH à 4 capteurs

Sur la route, on peut être sûr de soi, jamais des autres. La sécurité sera donc toujours un élément primordial dans le choix d'un véhicule. Avec la nouvelle Tipo, les ingénieurs de Fiat ont repensé entièrement les approches de sécurité passive et active: en cas de choc important, les matériaux résistants, les nouveaux renforts latéraux et frontaux et la structure de la coque à déformation programmée permettent à l'habitacle de rester intact.

Pendant ce temps, l'Euro-Bag conducteur* (1) se gonfle (en 50 millièmes de

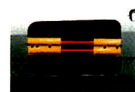


Colonne de direction avec volant et moyeu à absorption d'énergie



Euro-Bag et prétensionneurs de ceintures de sécurité avant

seconde!), les prétensionneurs* de ceintures avant reculent la boucle de 7 à 9 cm, en plaquant le conducteur et le passager contre leur dossier. Résultat, les risques d'accidents corporels sont considérablement réduits. Bien sûr, mieux vaut prévenir que guérir: l'adhérence est en toutes circonstances irréprochable avec les suspensions de type McPherson et le système de freinage ABS*, la conduite s'effectue dans les meilleures conditions de confort: l'habitabilité et la luminosité de cette berline sont exceptionnelles; elle est équipée de lève-vitres électriques à l'avant, de la direction assistée et d'une



Barres de renfort en acier intégrées dans les portes

fermeture centralisée des portes et du hayon (en série à partir de la finition S). Bref, dans la nouvelle Tipo, le confort a été mis en sécurité. Et comme pour marquer l'événement, la nouvelle Tipo arbore fièrement, en 3 ou 5 portes, une nouvelle ligne encore plus jeune, encore plus sportive. Une ligne qui donne un nouveau profil à la sécurité. Fiat Crédit France finance votre Tipo. Pour tous renseignements: 3615 Fiat. Nouvelle Fiat Tipo à partir de **65400 F.** Modèle présenté Tipo 1.8 i.e. GT 3 p.: 91400 F. Prix tarif au 22/04/93 A.M. 93.



Structure à déformation programmée

IL Y A UNE FIAT DANS MA VIE. **FIAT**

* Equipements disponibles en option sur la quasi-totalité des versions. *(1) coussin de sécurité gonflable de 42 litres.

suite de la page 6

Des inexactitudes qui n'en sont pas

«Je relève dans la partie anniversaire de votre n° 908

un nombre d'inexactitudes, voire de franches erreurs. Je me limiterai à n'en signaler que quelques-unes, relatives à la transmission électrique des images,» écrit M. J.-J.L., de Versailles.

«P. 167, vous écrivez : "Cette année-là, J.L. Baird publie dans le "Times" de Londres (27 juin) la petite annonce suivante : "Seeing by wireless - inventor of apparatus wishes to hear from someone who will assist (not financially) in making working models", (cité par Sidney Moseley, John Baird, "The Romance and the Tragedy of the Pioneer of Television"). La première démonstration connue du système Baird est celle que l'inventeur écossais proposa aux visiteurs du magasin londonien Selfridges. Or, le premier brevet d'un procédé destiné à transmettre à distance par fil des images (fixes et nuancées) a été déposé en décembre 1903 par les frères Marcel et Edouard Belin (brevet n° 339 212). On connaît une photographie d'un appareil appelé le "télégraphoscope", correspondant à peu près à ce projet. (cf. R. Soulard, "Edouard Belin et la télévision", in "Revue d'histoire des sciences", t. XVIII, n° 3, juillet-septembre 1965). Ce brevet est l'un des nombreux projets qui se sont succédé depuis qu'en 1879 un notaire de l'Artois, Constantin Senlecc, a proposé un premier système pratique de transformation des brillances en signal électrique. La plus

ancienne photo transmise par ligne téléphonique est - à ma connaissance - celle que publia "l'illustration" (n° 332) du 24 novembre 1906. On la doit à un professeur de l'université de Munich, Arthur Korn.»

Tout cela est parfaitement exact, à ce détail près que les frères Belin ont inventé le bélinogramme, alors que Baird, lui, inventait la télévision en couleurs. Il représentait l'un des chaînons d'une longue succession de pionniers dont le premier fut Nipkow, en 1884, suivi par Braun, Wehnelt, Vichet, Mihaly... Il n'y a là aucune "franche erreur" à notre connaissance. Ce lecteur poursuit :

«Vous écrivez : "En décembre 1923, Vladimir Kosma Zworykin a déposé un brevet de télévision mixte (analyse électromécanique avec reproduction cathodique par tube de Braun, US Patent n° 2 141 059), qui ne sera agréée qu'en 1938." Or, Zworykin a, certes, déposé un brevet de télévision en couleurs le 13 juillet 1925, mais il n'était pas le premier. Sans parler de la première intuition exprimée dès 1880 par le Français Maurice Le-

blanc (rien à voir avec le "père" d'Arsène Lupin), le plus ancien brevet de télévision en couleurs semble être celui du Russe Polurmodvinnov, en 1889. On connaît un autre brevet américain de Harold J. McCreary, en 1924. L'infatigable et incontournable J.L. Baird a donné une démonstration de télévision en couleurs le 12 juillet 1928 (A. Abramson, "History of the Television" - 1880-1940).»

Là encore, nous n'avons pas écrit que Zworykin a inventé seul la télévision en couleurs. Il n'y a donc aucune "franche erreur" là non plus. Par ailleurs, dans le domaine délicat des paternités d'inventions, il convient de faire une différence entre celui qui imagine un projet et celui qui le réalise.

Notons que, sans doute avec une pincée d'humour, ce lecteur nous rappelle que Baird n'a pas utilisé un "vidéodisque", comme nous l'avions écrit, mais un analyseur de Nipkow. C'était une image audacieuse, mais enfin, l'analyseur était quand même un disque.

«P.167 de votre numéro spécial, vous écrivez que J.B. Dunlop a inventé le pneu en 1929. Or, J.B. Dunlop est né en 1840 et mort en 1921. Le brevet du pneu date du 7 décembre 1888 et la production à l'échelle commerciale, de 1890», rappelle M. M.G.P., de Valbelle. Exact. Le pneu a d'ailleurs été in-

venté en 1845 par l'Anglais Robert W. Thompson.

La firme Dunlop survécut évidemment à la mort de son fondateur, et ce fut bien elle qui inventa, en 1929, non le "premier pneu en caoutchouc" (erreur impardonnable, due à un mot sauté), mais la mousse de latex.

Et des erreurs qui en sont !

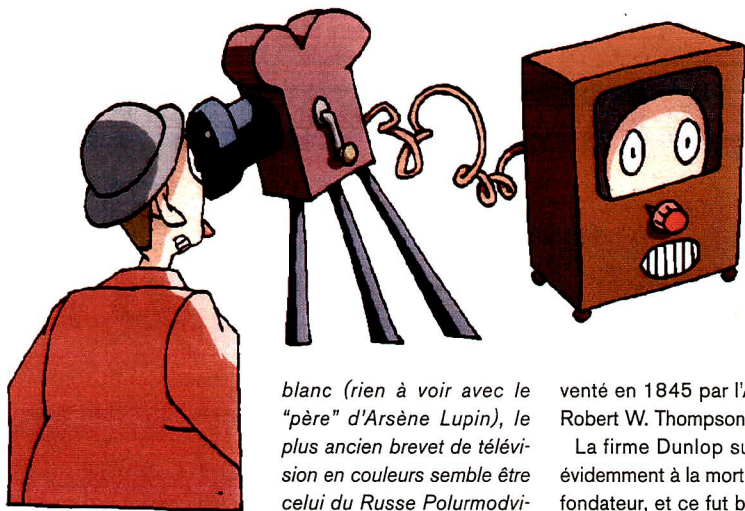
M. J.B., de Perpignan, nous signale que, contrairement à ce que nous écrivions p. 187, «le premier Tour de France après la guerre fut couru en 1947 et non 1945. Il fut gagné par Robic.»

Exact. Et la première retransmission n'est pas antérieure à 1948, où le Tour de France fut gagné par Bartali. Mille excuses !

M. G.G., du Tholonet, s'étonne «qu'il ne soit jamais fait mention dans vos colonnes de la seule théorie qui, à l'heure actuelle, permette d'expliquer de façon totalement satisfaisante l'origine de l'Univers, de l'atome, de l'esprit et de l'existence...»

C'est que, justement, le propre des théories utiles est de n'être jamais totalement satisfaisantes...

Une théorie qui expliquerait tout, de l'Univers à l'esprit, serait surtout de nature philosophique, nous semble-t-il. Or, la philosophie n'est pas notre fort.



Une théorie en plan

Le numéro du 80^e anniversaire a incité M. H.M., de Châtillon, à se replonger dans des articles de numéros précédents.

Ceux-ci ont soulevé en lui des questions auxquelles il n'a pas reçu de réponses par la suite.

«L'un de ces articles, publié en 1975, portait sur la théorie synergétique du Pr Vallée. Il était signé de Renaud de La Taille, qui l'intitulait "Qui osera réfuter la synergétique?" et demandait aux chercheurs de "se prononcer sans équivoque sur la valeur de la théorie synergétique". Pourriez-vous me dire ce qu'est devenue cette théorie et si l'expérience décrite dans l'article de 1975 (réalisée par Eric d'Hoker) a été confirmée par d'autres expériences ?

»M. de La Taille parlait du Pr Vallée dans un autre article, consacré celui-là à ce que l'auteur qualifiait d'"invraisemblances" et d'"absurdités" dans les conceptions de certains physiciens.

»L'article était intitulé "Le paradoxe du temps à l'envers" et fut publié en 1975 également. M. de La Taille citait le Pr Vallée, non pas

comme l'un des inventeurs d'absurdités qu'il fustigeait dans cet article, mais comme l'un de ceux qui essayaient de faire valoir une attitude plus raisonnable dans la recherche en physique...

»L'article faisait également état des lacunes de la relativité, que les physiciens auraient laissées dans l'ombre, et rappelait qu'Einstein lui-même faisait remarquer que "l'une des deux suppositions fondamentales de la théorie de la relativité restreinte [l'invariance de la vitesse de la lumière] ne peut prétendre à une validité illimitée... En effet, une courbure des rayons lumineux [au voisinage d'un astre très massif] ne peut se produire que si la vitesse de propagation de la lumière varie avec le lieu.

»Et, concernant la relativité générale, Renaud de La Taille affirmait : "Cette dernière théorie n'a jamais reçu de preuve expérimentale irréfutable et beaucoup de chercheurs doutent aujourd'hui de sa validité." Qu'en est-il réellement en 1993 ?

Quand, en 1975, nous avons publié une étude sur la théorie du Pr Vallée, celui-ci était encore chercheur au CEA et avait écrit dans le bulletin interne de cet organisme de nombreux articles sur la relativité générale et certaines de ses contradictions. Ses confrères reconnaissaient alors le bien-fondé de ses critiques.

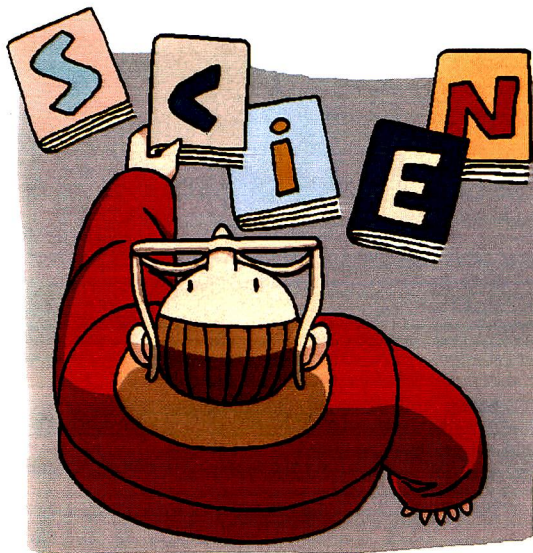
De fait, et ce n'est un secret pour aucun scientifique, les divers modèles d'Univers tirés des équations de la relativité générale ne font pas l'unanimité des chercheurs. Certains, en particulier, doutent même de la vali-

Typographie et facilité de lecture

«**Félicitations pour votre nouvelle robe, Mme Science & Vie, et bon anniversaire !**» écrit M. M.G., de Paris. «Mais puisque vous avez 80 ans, vous devez savoir, hélas, ce que c'est que d'être obligé de "chausser" des lunettes. Moi qui suis un peu plus jeune que vous, je suis tenu de la faire ; et même avec des verres assez forts, j'ai peine à vous lire. Mon voisin, qui a 25 ans de moins que moi, se plaint également des caractères trop petits.»

L'une des réformes principales de la nouvelle formule a été, justement, l'adoption d'une typographie plus lisible que la précédente. Certains de nos journalistes eux-mêmes éprouvaient, en effet, de la difficulté à se relire. Et ce lecteur, ainsi que bien d'autres, peut le vérifier par simple comparaison. Ce progrès n'est pas le dernier.

On peut toujours mieux faire. Mais une plus grande typographie exige davantage de surface de papier, c'est-à-dire plus de pages, ou alors, moins d'informations. Il nous faut donc rechercher des aménagements équilibrés entre typographie, quantité d'informations et surface.



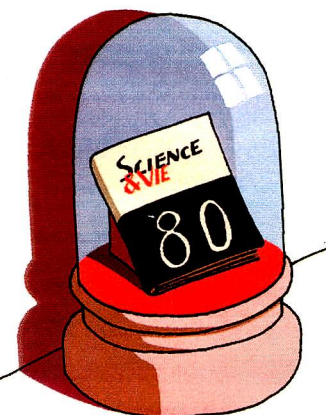
dité de ces modèles.

En ce qui concerne la théorie synergétique, on a vu certaines de ses hypothèses resurgir sous forme de "milieu énergétique sub-quantique" ou autre, mais la théorie elle-même n'a pas reçu à ce jour de preuve expérimentale sûre.

Une équipe de chercheurs

s'était bien formée autour du Pr Vallée pour promouvoir sa théorie de l'énergie diffuse, mais des problèmes de communication et de tempérament ont fait que cette association a disparu depuis déjà plusieurs années.

Nous ne saurions donc nous prononcer sur ses développements. ▶





Cortina d'Ampezzo - Dolomites - Italie, 8 h 00 : nos VTT et nous empruntons ce petit sentier qui monte vers Tofane. Ambiance au beau fixe, air pur à volonté. 10 h 00 : premier arrêt près d'un torrent d'eau glacée. 11 h 00 : nous traversons une forêt de mélèzes. Et c'est à 12 h 00 que nous arrivons enfin là-haut. Une vue à stimuler le plus blasé des appareils photo. Nous restons là, seuls avec notre VTT Rockrider 300.



Car, avec son cadre en acier haute résistance, le Rockrider 300 de Décathlon a été conçu pour découvrir la nature en tout terrain. En toute sécurité aussi. Pédalier Dual Index System à 3 plateaux, 21 vitesses qui se passent à l'avant comme à l'arrière avec une fiabilité

Fin de piste

lité et une sécurité maxima. Le VTT Rockrider 300 a été testé, amélioré, retesté afin de répondre le plus efficacement possible à vos attentes. Le boîtier de pédalier monobloc étanche par exemple, c'est vous qui l'avez inspiré. Parce que la nature est bien trop belle pour qu'un Vététiste perde son temps à assommer, alors un- tiquer, alors un- Le dérailleur Shimano ou les freins Cantilever faciles



3615 DECATHLON
DES INFOS
DES VOYAGES
DES PROMOS
DES HORAIRES
DES EMPLOIS & STAGES
A FOND LA FORME






VTT Rockrider 300, catégorie Mountain Bike. 1790 F


cyclable.

à régler, aussi efficaces par temps sec que sous la pluie, la tige de selle à blocage rapide pour une meilleure adaptabilité au terrain, sont autant d'éléments qui font du Rockrider 300 un VTT performant. A un prix de 1790 F qui ne l'est pas moins d'ailleurs.

 Les femmes apprécieront la commodité du changement de vitesse à système push-push comme nous avons apprécié le blocage rapide des 2 roues, pour un démontage facilité. Mais le plus appréciable chez Décathlon, c'est peut-être le service. Dans tous les magasins, vous trouverez un atelier pour monter et régler votre vélo. La première révision est gratuite

dans les 3 mois qui suivent l'achat. En plus, un livret complet avec notices et garanties vous sera remis avec votre vélo. Et ça, c'est vraiment bien. En fin de compte, sans notre VTT Décathlon, nous n'étions que peu de choses... 20 h 00 : nous avons fini par descendre.



 Disponible en modèle femme et homme, le VTT Rockrider 300 est proposé en rouge, jaune ou vert. Il offre une garantie de 5 ans sur le cadre et 2 ans sur les pièces et la main d'œuvre. Décathlon, c'est aussi 18 modèles de VTT, du Country Bike au Mountain Bike pro, de 1190 F à 9490 F. Tous nos VTT sont assemblés en France.

VTT
DECATHLON
A FOND LA FORME

suite de la page 9

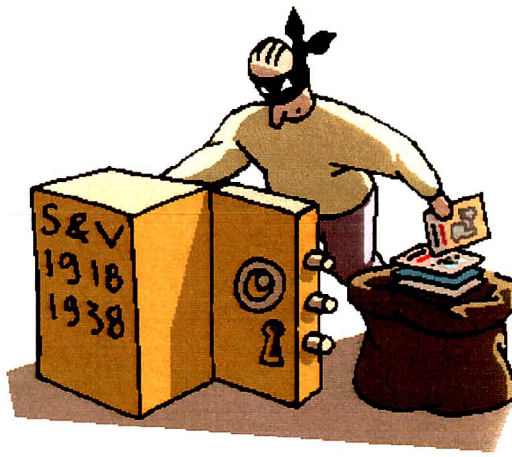
Foudre et casques

M. P.C., d'Izier, s'étonne du fait qu'un jeune homme ait été frappé par la foudre alors qu'il circulait en mobylette. Là où l'accident s'est produit, il y avait des vannes de réseau de gaz souterrain, entourées d'une enceinte grillagée. Les pneus et le casque n'auraient-ils pas dû isoler la victime ? Nous répondons publiquement à cette question, étant donné l'intérêt qu'elle présente pour de très nombreux autres lecteurs. Tout d'abord, vu l'énorme potentiel électrique de la foudre, les pneus

de la mobylette ne pouvaient servir d'isolant, le pouvoir d'isolation étant fonction de la tension appliquée. Dans un tel cas, la foudre, d'ailleurs, contourne l'isolant. Même chose pour le casque : la mince couche de caoutchouc mousse n'étant pas plus efficace que les pneus.

Enfin, la foudre n'a sans doute pas "visé" la victime, mais les vannes métalliques du réseau souterrain, de masse considérablement plus importante que celle de la mobylette.

Ce qui nous incite à donner aux motards le conseil de ne pas continuer à rouler par temps d'orage. A la différence des voitures, dont la carrosserie sur pneus sert bien d'isolant, les lignes du courant suivant sa masse métallique, les deux-roues exposent les conducteurs à des accidents tels que celui que nous décrit ce lecteur.



Des numéros précieux

Science & Vie, objet de collection : nous avons pu en juger par la promptitude avec laquelle une offre de vente de numéros anciens a trouvé réponse, et par le nombre de lecteurs déçus.

Signalons donc que M. P.G., de Jeumont (à qui nous demandons d'excuser notre retard à publier sa lettre), souhaite compléter sa collection, à laquelle manquent les numéros de mars 1975, septembre et novembre 1981, décembre 1983, mai 1987, juillet, septembre et octobre 1989, janvier et mai 1990. Il s'agit, hélas, de numéros que nous ne pouvons lui adresser, car ils sont épuisés.

M. S.A., d'Albertville, met en vente «le plus rapidement possible» la collection complète depuis 1938, plus la collection complète des hors-série depuis 1959, plus 88 numéros hors-série remontant jusqu'à 1945, le tout en bon état, sauf les tout premiers.

M. A.R., de Pellevoisin, souhaite vendre la collection complète – 26 volumes reliés toile, en parfait état – de juillet 1913 à juin 1929, la série non reliée de juillet 1929 à décembre 1939 (à l'exception du numéro d'avril 1932), un certain nombre de numéros de 1940 à 1947 (les années 1943 et 1947 sont complètes), et une dizaine de numéros spéciaux.

Mme C.M., de Champigny-sur-Marne, vend six volumes de la Science et la Vie de 1915 à 1917, reliés en rouge (reliure un peu défraîchie).

M. J.-F.G., de Chatte, offre à la vente la série complète de décembre 1943 à août 1966, en parfait état.

Ben voyons, nous écrivons des bêtises !

Un lecteur fort courroucé nous tance d'importance à propos du "Courrier" du n° 908 de Science & Vie. Il estime que nous répondons avec «arrogance» à nos contradicteurs. Il eût voulu que nous laissions «la porte ouverte». Pour mémoire, ce "Courrier" était presque entièrement consacré aux lettres de partisans de la graphologie, et nous y assortissions les citations des lettres de ces derniers de nos propres observations.

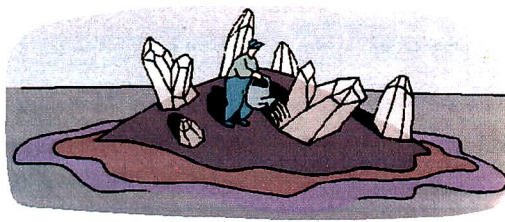
Contrairement à ce qu'avant

ce ce lecteur, ces observations étaient sans ambiguïté, mais jamais arrogantes. Si nous étions arrogants, publicierions-nous tant de lettres de critiques ? Et l'occasion est bonne pour redire, mille regrets, que nous n'entendons pas laisser de «porte ouverte» à l'utilisation de la graphologie dans l'embauche, aux élucubrations sur les soucoupes volantes ou à l'astrologie.

Dialogue n'est pas mollesse. Ce lecteur voudrait-il que nous répondions à nos contradicteurs : «Pardon, nous avons écrit des sottises, nous ne recommencerons plus» ? Dans ce cas-là, il serait, lui, le premier à ne plus nous lire.

Stalactites de quartz

«Dans l'île de Rorutu, en Polynésie française, archipel Toubouai, il existe des stalactites, stalagmites et colonnes en quartz ! Comment le quartz a-t-il pu cristalliser sous de telles formes, étant donné l'insolubilité de la silice, même dans des acides ?» demande M. A.S., de Bonneville. On sait depuis peu que le quartz peut se cristalliser sous de basses pressions ; ces concrétions ne sont donc pas surprenantes. Mais on peut également supposer que ces formations se sont cristallisées sous de hautes pressions et qu'une érosion continue a lessivé les gangues de minéraux plus fragiles qui les enrobaient.



suite de la page 12

Secours en montagne : pas d'affolement !

Le directeur technique de la société Emery, fabricant du brancard de secours Pi-guillem, «mondialement apprécié, nous dit-il, et proche de celui décrit dans votre revue», craint que nos lecteurs, qui «comme nous tous, sont des secourus en puissance», n'aient été affolés par les appréciations critiques que nous avons portées dans notre article «Les Saint-Bernard de l'innovation» (*Science & Vie* n° 906).

Il nous demande d'apporter les précisions suivantes : «Si on ne peut qu'encourager la recherche de nouvelles solutions dans les matériels de sauvetage, il est à noter que les progrès les plus récents ne sont pas dans les accessoires mais dans la médicalisation des secours. En effet, la phase la plus délicate et souvent la plus importante du sauvetage est le premier «conditionnement» du blessé. C'est-à-dire sa mise en place dans le matériel d'évacuation sur les lieux mêmes de l'accident. Un sauveteur compétent est à ce moment-là la meilleure garantie pour éviter de «fusiller» le patient. (...)

«A la lecture de l'article, si on peut reconnaître un certain nombre de qualités au traîneau des gendarmes, il ne faut pas oublier qu'il ne les a pas toutes, et qu'il existe d'autres «brancards» fiables, reconnus et déjà utilisés dans différentes versions depuis longtemps.

»Pour notre part, les évolutions que nous apportons à nos produits sont directe-

ment réalisées sur les conseils de médecins de «terrain» et vont toujours dans un même sens : améliorer les conditions de transport du blessé jusqu'à l'hôpital. Mais, là comme ailleurs, les expériences et les théories varient selon le milieu où se font les interventions, ce qui explique la difficulté de créer et de parler d'un modèle totalement polyvalent.»

Voilà un point de vue qui, certes, ne saurait être remis en cause, surtout par nous, ni par les gendarmes du Peloton de gendarmerie de haute-montagne (PGHM) dont nous avons décrit les efforts d'innovation pour améliorer l'efficacité médicale.

Voiture électrique et sida

Reproches de M. C.M., de Bassan, qui nous écrit : «Votre silence assourdissant est admirable quand on vous rappelle un article vieux de dix ans sur la batterie électrique, véritablement merveilleuse pour les véhicules à quatre roues. Son auteur ne figure peut-être plus dans vos fichiers, mais alors, la question se pose de savoir si, de temps à autre, pour passer le temps, vous consultez vos tables de matières...»

»Que la voiture électrique ne vous fasse pas délirer ne m'émeut absolument pas, mais faire le silence sur vos articles antérieurs... Et je passe sous silence le cas des si-

daïques, qui seront guéris plus tard, si on y pense, si on a du temps de reste. En attendant, on les amusera avec beaucoup de conditionnel et de tutur avec les progrès de la science et la bénédiction de Claude Bernard...»

Que déplore donc ce lecteur ? Un certain manque de continuité dans nos positions au fil des décennies ? Il est d'abord normal : les équipes changent. Mais les points de vue changent aussi. En 1936, par exemple, il n'existait presque aucun physicien qui crût à la possibilité d'exploiter l'énergie atomique. En 1950, ils y croyaient tous. Nous ne sommes pas devins, nous informons nos lecteurs de ce que pensent les spécialistes. Et nous sommes forcément influencés par leurs points de vue.

En ce qui concerne la voiture électrique, nous ne souhaitons ni «délirer», ni vitupérer. Il y a dix ans, en effet, elle apparaissait comme la solution idéale pour l'avenir. Entre-temps, la voiture a beaucoup changé et le concept de voiture électrique a, lui aussi, été modifié en fonction de ce que

l'utilisateur attend de son véhicule. Notre point de vue a changé en fonction des données générales et techniques. C'est tout à fait normal.

Pour ce qui est du sida, ce lecteur est injuste, car notre intérêt pour cette maladie n'a jamais failli. Nous avons été les premiers, en France, à signaler l'apparition de cette maladie. Nous avons régulièrement fait état des progrès des connaissances fondamentales et des thérapeutiques. Nous n'avons pas une seule fois fait de pronostics inconsidérés.

Et nous avons plus d'une fois déploré les retards pris dans la recherche.

Enfin, tous nos journalistes consultent abondamment les fichiers, en grande partie informatisés, des sujets que nous avons traités. Notre numéro spécial sur le 80^e anniversaire de la revue reflétait largement l'amusement que nous valent certains articles anciens, et l'étonnement respectueux que nous valent beaucoup d'autres. ■

Erratum

Pour appeler le Village des tortues, à Gonfaron, il faut composer le 94 78 26 41 (précédé du 16 si vous téléphonez de Paris ou de sa région), et non le 1 94 78 26 41, comme il a été écrit par erreur dans notre article «Alerte aux tortues de Floride» (*Science & Vie* n° 909, p. 109).

Jacqueline Denis-Lempereur récompensée !

● Notre enquêtrice de choc a reçu le prix Média Environnement 1992, créé par Gaz de France et discerné par un jury composé principalement de journalistes scientifiques, pour son article paru dans notre numéro de novembre 1992 : «Les plus gros pollueurs de la planète.» Dont Gaz de France ne fait donc pas partie.

Génétique

Virus héréditaires : hypothèse confirmée

Une découverte réalisée par le Pr Reinhard Kurth à l'institut Paul-Ehrlich de Langen, en Allemagne, confirme de vieux soupçons, et tout à la fois chambarde sans ménagement un certain nombre d'idées, aussi bien en virologie qu'en matière d'évolution. C'est une toute, toute petite découverte, puisqu'elle n'a que la taille d'un rétrovirus, l'une des familles des plus petits virus, mais ses répercussions sont grandes. En effet, ce virus-là n'est pas un agent externe, mais il appartient au génome humain, et s'est transmis de génération en génération depuis un temps indéterminé.

On l'appelle HERV-K (pour *Human Endogenous Retrovirus, Type K*). Il existe en treize exemplaires en moyenne dans le génome humain. C'est ce qu'on peut appeler une première. Il est donc avéré que certains virus procèdent non de l'extérieur, du milieu environnant, mais de l'être humain lui-même.

Les soupçons qui sont ainsi confirmés avaient été suscités par la découverte, toujours dans le génome, de milliers de fragments de virus. Mais aucune de ces particules ne formait un virus entier, et il eût donc été prématuré d'en déduire que les virus naissaient dans le génome. Il y a une dizaine d'années, toutefois, on trouva dans des cultures de cancers du testicule et du sein un rétrovirus, l'HDTV (pour *Human Teratocarcinoma Derived Virus*), dont il se révéla qu'il n'était pas infectieux.

Cette découverte fut toutefois entachée par le fait qu'on n'était pas sûr que le virus fût vraiment originaire des génomes des cellules en culture et qu'il ne provenait pas de l'extérieur. En effet, il advient sou-

vent que des cultures de cellules dans un laboratoire soient contaminées par des agents externes. On n'en resta évidemment pas là, comme le démontre la découverte de Kurth, qui couronne plusieurs années de recherche.

Le chambardement évoqué plus haut touche à la fois la virologie et l'évolution. Dans le premier domaine, il indique que certains rétrovirus tout au moins seraient d'origine endogène, c'est-à-dire que l'être humain serait lui-même un réservoir de virus.

L'abondance des fragments de virus retrouvés dans le génome, qui ressemble à celle des séquences d'ADN inutiles qui y sont également présentes, incite à se demander s'il ne pourrait pas s'y produire des recombinaisons, et donc des mutations, d'un virus endogène tel que l'HERV-K.

Incidemment, il est vraisemblable qu'on reprendra les recherches sur l'HDTV afin de vérifier s'il est bien, lui aussi, endogène.

La découverte de virus endogènes pourrait aboutir à la conclusion, révolutionnaire, que l'être humain peut s'auto-infecter.

Du point de vue de l'évolution, cela donne à penser qu'il y a donc bien possibilité de transmission restreinte de caractères acquis, les virus en question étant, en effet, transmis de génération en génération depuis des milliers, sinon des millions d'années.

Mais cela pose à nouveau la question du devenir de certains virus exogènes. Disparaissent-ils bien avec l'individu dans l'ADN duquel ils se sont installés ? Ou bien infectent-ils aussi les cellules sexuelles et sont-ils alors transmis aux générations suivantes ?

Archéologie

Mayas et Incas, l'histoire se réécrit

On a longtemps enseigné que les Mayas étaient un peuple pacifique, consacré à la religion et à l'agriculture. Erreur : longtemps mytérieuses, les causes de la disparition brutale de cette civilisation millénaire, au IX^e siècle de notre ère, sont les guerres de destruction massive que se sont livrées les grandes cités-Etats de leur empire.

Des fouilles récentes sur le célèbre site de Petexbatun, au Guatemala, sous la direction de l'archéologue



Tête de figurine maya trouvée à Arrojo de Piedra, au Guatemala.

américain Arthur Desmaret, et dont le compte rendu vient d'être publié dans la revue *National Geographic*, confirment cette thèse, d'ailleurs répandue depuis une ►

suite de la page 15

quinzaine d'années dans les milieux scientifiques. «Pendant longtemps, on a voulu croire que les Mayas étaient différents de leurs voisins les Aztèques (qui pratiquaient le sacrifice humain à grande échelle), sans doute un peu par réaction contre la cruauté de ces derniers», explique Marie-France Fauvet-Berthelot, archéologue au musée de l'Homme. «Si bien que, lorsqu'on découvrait sur un site maya des traces de sacrifices de prisonniers, on ne voulait pas les interpréter comme tels.»

Cette vision idéalisée d'une société

Fouilles sur le site maya de Petexbatun, au Guatemala.



E. Ferrel/Cosmos

«éclairée» entourée d'un océan de barbarie n'a pas mieux résisté au déchiffrement de l'écriture maya, l'une des plus perfectionnées et des plus complexes de l'Amérique précolombienne : les textes attestent de batailles entre royaumes rivaux et de sacrifices humains ; même si ces derniers étaient moins fréquents que chez les Aztèques où, lors de certaines fêtes, des milliers de personnes, généralement des prisonniers capturés dans ce but, étaient sauvagement mises à mort. A Petexbatun, Desmaret a exhumé, pour la première fois, sur les sites de plusieurs anciennes grandes cités mayas (Dos Pilas, Aguatemala, Punta de Chimino...) des kilomètres de palissades, de tranchées et de murs de fortification, édifiés très tardivement. Ces constructions prouvent que ces villes ont été assiégées.

Dans de nombreux cas, ces dispositifs de protection ont été édifiés à la hâte avec les pierres des temples et palais, qui furent ainsi en partie démolis. A Dos Pilas, sur la place principale, les archéologues ont également découvert les restes de huttes de bois sommaires, construites vraisemblablement par des paysans venus chercher refuge dans la place forte. «C'est un peu comme si on trouvait aujourd'hui un village de squatters sur la pelouse de la Maison Blanche !» commente Desmaret.

Reste à établir les raisons de ces fureurs belliqueuses. Il est possible que la surpopulation (certaines villes comptaient plus de 80 000 habitants) et les pénuries alimentaires qui en ont découlé aient avivé les tensions entre cités rivales. La forêt tropicale est en effet un milieu fragile et peu productif dont les sols s'épuisent très vite. Ce qui oblige à défricher et à conquérir sans cesse de nouveaux territoires... Toujours est-il que ces sociétés étaient très hiérarchisées : seuls quelques notables, dont le roi qui était aussi prêtre et chef de guer-

re, pratiquaient le culte, maîtrisaient l'écriture et avaient accès à la connaissance. Il a suffi que cette élite fût massacrée lors des luttes fratricides pour que la civilisation maya, vieille de 3 000 ans, s'écroulât.

Les notions traditionnelles sur l'empire inca du Pérou ont été mises à mal par Terence d'Altroy, professeur d'anthropologie à l'université Columbia. On devait le schéma de celles-ci aux rapports des Conquistadores. Les Espagnols s'émerveillèrent, à leur arrivée, d'un réseau routier gigantesque, de centres provinciaux, de vastes greniers, et ils firent un portrait élogieux, quasiment idyllique, de ce que certains appelaient une dictature éclairée, et d'autres, un socialisme avant la lettre.

Or, l'empire inca n'était ni l'un, ni l'autre : les Incas avaient bien des routes, mais ignoraient la roue, et les transports étaient très lents. Comme ils n'avaient pas non plus de voies de communication fluviales, ni de chevaux, ni de bêtes de somme, les informations cheminaient laborieusement du centre du pouvoir aux provinces. L'élite n'exerçait donc aucune véritable emprise sur les provinces, et le plus souvent les gouverneurs étaient contraints de s'entendre avec les chefs des provinces.

Et encore, ils s'entendaient mal avec eux. On le vit bien en 1533, par exemple, quand les Xauxas et les Wankas se rebellèrent et rallièrent les rangs espagnols pour renverser leurs suzerains de Cuzco. Le principal apport des Incas aux régions andines, qu'ils tenaient plus ou moins bien sous leur férule, fut une amélioration de l'agriculture, notamment grâce à la culture du maïs et à la consommation de viande de lama, au lieu des racines que mangeaient les indigènes avant la domination inca.

Mais on n'en a pas fini de réécrire l'histoire de l'Amérique précolombienne. M.M. ET G.M.

Enzymes artificielles pour cocaïnomanes

Adieu la "neige" : le Dr Donald Landry et son équipe, de l'université Columbia (1), viennent de mettre au point une enzyme de synthèse qui "cassera" les molécules de cocaïne et de crack dans le sang, ce qui réduira beaucoup ses effets et l'accoutumance des toxicomanes.

L'enzyme s'appelle un anticorps monoclonal catalytique, ou AMC. C'est un anticorps parce qu'elle s'attache à un antigène spécifique. Elle est dite catalytique parce qu'elle casse la molécule en deux sous-produits inertes. Son avantage clinique est qu'elle agit très vite, alors que l'antidrogue classique, la désipramine, n'agit qu'au bout de plusieurs semaines.

On peut imaginer que, lorsque le produit sera commercialisé, ce qui n'est pas pour cette année, on pourra dégriser des toxicomanes par une seule injection d'AMC. On voit d'ici les brigades AMC parcourir les rues des métropoles, seringue en main...

La cocaïne et le crack, sa forme la plus dangereuse et, hélas, la moins chère, sont des fléaux sociaux parce qu'ils déclenchent des psychoses graves.

On assiste alors à la désinsertion sociale du drogué et au déclenchement d'états psychotiques prolongés. La propension à la criminalité s'accroît et, chez les femmes enceintes, ces substances mènent à la naissance d'enfants malformés, drogués dès avant la naissance. Sans parler des effets toxiques sur le système cardiovasculaire.

(1) Landry, Zhao, Yang, Glickman et Georgiadis, "Antibody-Catalyzed Degradation of Cocaine", *Science*, 23 mars 1993.

Photos J. Aze/ Cosmos



Les feuilles de coca contiennent de la cocaïne, à raison de 2 % du poids sec. Les cocaïnomanes la "sniffent", c'est-à-dire l'absorbent par voie nasale.



57 526 500 Français au 1^{er} janvier 1993

● La croissance démographique est donc de 0,5 % par an, comme depuis vingt ans, selon le bulletin de l'Institut national d'études démographiques. Mais le nombre de naissances a baissé nettement en 1992. La fécondité est tombée à 1,7 par femme. Le nombre de mariages a baissé aussi.

Le virus de la roséole, cofacteur de celui du sida ?

● La découverte est de Gallo, et conforte l'hypothèse de Montagnier. L'infection par HHV 6, le virus de la roséole, forcerait la cellule à fabriquer un récepteur de CD 4, qui serait la porte d'entrée du virus du sida HIV.

Gare au "coup du bassin" chez le coiffeur !

● La position pour se faire shampooiner chez le coiffeur, nuque penchée en arrière au-dessus du bassin, peut entraîner une réduction grave de la circulation sanguine dans le cou et déclencher des attaques cérébrales chez des personnes âgées. Des femmes âgées de 54 à 84 ans ont dû être hospitalisées après des shampooings...

Fumées noires sous-marines

● Elles émanent de cheminées situées à 1 300 km au sud des Açores, sur la zone de fracture Atlantis. Leur origine : une source chaude, découverte en avril dernier par une mission océanographique britannique. La température

de ces fumées atteint 400 °C. Elles sont riches en fer, en cuivre, en zinc et en or.

1 % des Américains sont homosexuels

● C'est ce que révèle un récent sondage national. Il y a quarante-cinq ans, le rapport Kinsey avait

été établi que 10 % des hommes américains étaient homosexuels. Chez les Français, le pourcentage serait de 1,4 %, selon un autre sondage. Par ailleurs, selon le dernier sondage, ils ne seraient que 2 % à avoir essayé l'homosexualité. Lors du rapport Kinsey, ils étaient 37 %.

Géologie - Astrophysique

Le "monstre" qui s'abattit à Rochechouart...

Dès 1808, on s'interrogeait sur la présence à Rochechouart, dans le Limousin, de brèches, c'est-à-dire des conglomérats de blocs ou de graviers anguleux, qui peuvent se former de diverses façons.

Par exemple, suite à une activité volcanique ; ou bien sous le poids de glaciers ; ou à la suite d'accidents tectoniques. De toute manière, il faut des pressions considérables pour cimenter ces conglomérats.

En 1967, le géologue François Kraut examine une fois de plus ces brèches, sur le terrain et au microscope, et relève une singularité : le quartz des brèches comporte des lamelles ; c'est ce qu'on appelle du quartz clivé. Or, le quartz ne clive que lorsqu'il est soumis à des pres-

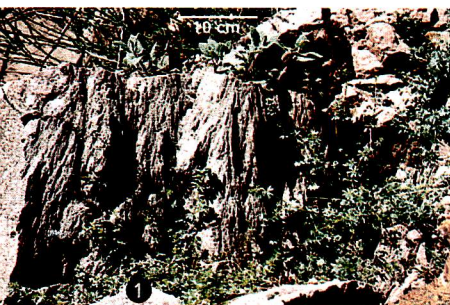
sions violentes. Kraut formule donc l'hypothèse suivante, dont nous avons rendu compte en son temps : les brèches se sont formées sous l'impact d'une météorite. La NASA, venue examiner le site, conclut de même.

D'ailleurs, il y a bien un cratère à Rochechouart ; il est très estompé, mais il existe bien. Il mesure 13 km de diamètre ; à l'époque, il en mesura une vingtaine. Le Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) a décidé de lever (terme technique qui signifie faire un relevé) le site. Il en a réalisé une carte au 1/50 000^e, puis une maquette en relief. Ces travaux, commencés en 1988, ont été assortis de recherches minutieuses, qui ont permis d'établir que le centre du cratère se trouve à cheval sur les communes de Rochechouart, en

Haute-Vienne, et de Pressignac, en Charente. Il est caractérisé par la présence de roches fondues à 3 000-4 000 °C. Dans la carrière abandonnée de Champonger, à 3 km du centre, on peut toucher de la main le plancher du cratère : il repose sur des roches feuilletées, du gneiss donc, dans lesquelles un filon granitique a fait intrusion.

On estime que la météorite fut monstrueuse : 6 milliards de tonnes, 1,5 km de diamètre. Elle arriva à la vitesse de 72 000 km/h. C'était il y a de 180 à 200 millions d'années, au début de l'ère secondaire.

Reste un mystère que n'a pas résolu le BRGM : celui du nom du site. Comment donc eut-on l'idée de l'appeler Rochechouart ("roche" "choir"...)? Car le nom, lui, est évidemment très antérieur aux travaux de Kraut et du BRGM...



L'étude des brèches de Rochechouart ①, en Limousin, révèle la présence de gneiss ②, flèche), au sein de roches fondues à plus de 3 000 °C par l'impact d'une météorite... il y a 200 millions d'années.



Photos BRGM

Neutrino si, neutrino no

Le neutrino superlourd ne réglerait pas le sort de l'Univers. Il n'existe pas. C'est le plus récent chapitre d'un roman assez délirant qui commence en 1930, quand Wolfgang Pauli et Paul Dirac postulent l'existence d'une particule sans masse ni charge électrique, donc neutre (d'où son nom de "petit neutre"). Cette invention dérivait de la nécessité de sauvegarder la loi de conservation de l'énergie lors de la désintégration bêta des noyaux atomiques. L'énergie se perdait lors de cette désintégration. Mais où ? Et sous quelle forme ? Comment se conservait le spin dans cette désintégration ?

Les neutrinos furent donc imaginés sur commande pour répondre à ces mystères : c'est parce qu'ils devaient aller très vite, aussi vite que la lumière, qu'on leur refusa une masse. C'était aussi beau que le nom de la ville biblique de Jérusalem, qu'avait forgé Hugo, en panne de rime.

Le postulat de Pauli et Dirac était intuitif car, en 1956, on découvrit, en effet, le neutrino. C'est là, pourtant, que les choses se compliquè-



Les galaxies (ici, NGC 4435-38), partie visible de l'Univers, ne représentent qu'un dixième de la masse totale de celui-ci. Les neutrinos sont-ils porteurs de cette insaisissable "masse manquante" ?

rent. Le neutrino avait-il bien une masse nulle ? Faible, oui, estimaient certains, mais nulle, c'était à voir. A la Technische Hochschule de Zürich, on démontra qu'en tout cas, cette masse ne pouvait pas dépasser 18 électronvolts.

On se serait volontiers contenté d'aussi peu, pour une raison cos-

mique. Le principal modèle de big bang suppose en effet une masse de l'Univers beaucoup plus importante que celle que l'on observe : c'est la fameuse question de la matière manquante de l'Univers. Si le neutrino, qui existe en grande quantité, avait une masse, même infime – mettons 30 eV, soit 17 000 fois moins que l'électron –, on pouvait enfin résoudre ce paradoxe. De fait, dans les années quatre-vingts, le physicien russe V.A. Liubimov et son équipe affirmèrent avoir établi que la masse du neutrino faisait 30 eV.

Fausse joie. A Mayence, en effet, Ernst Wilhelm Otten et Hartmut Backe et leur équipe étudient la question de la masse du neutrino depuis 1986, pour le compte de la Deutsche Forschungsgemeinschaft (association pour la recherche), et ils ont rabaisé la valeur possible à 7,2 eV. Les conclusions de Liubi-

Vaccin anticancéreux : premiers essais

● Ils auront lieu dans un an en Grande-Bretagne.

Ce vaccin, mis au point par l'institut Paterson de Manchester, concerne certains cancers provoqués par les virus de la famille Epstein-Barr : la maladie de Hodgkin, lymphome à prédominance ganglionnaire, le cancer naso-pharyngien et le lymphome de Burkitt.

Les "poppers" ne gênent pas l'immunité

● Ces pseudo-aphrodisiaques, qui sont en fait des nitrites volatiles, sont toxiques, notamment pour le foie, mais non immunodépresseurs, comme l'indique une étude de *Concours médical*.

suite de la page 19

mov n'étaient donc pas soutenables. Il va falloir retrouver beaucoup de neutrinos dans l'Univers pour expliquer la masse manquante.

On avait beau mettre les petits plats dans les grands, le résultat était donc maigre. Or, depuis 1985, on s'intéressait donc à l'hypothèse du Canadien J.J. Simpson, de l'université de Guelph, celle de neutrinos de masse énorme : 17 keV ! Bada-boum ! Estimant que le Soleil devait nous en expédier un certain nombre, on construisit des disposi-

tifs extraordinaires pour détecter ces superneutrinos : des pièges de gallium, lourds de 30 t, installés à l'abri des rayons cosmiques, sous des roches épaisses.

En 1992, on crut pouvoir, enfin, crier victoire. On avait en effet capté des particules animées d'une grande énergie. On se pencha sur les dispositifs pour en vérifier la fiabilité, et la déception fut rude. Une sombre affaire d'écrans en feuilles d'aluminium avait tout faussé. Il n'y avait pas plus de neutrinos super-

lourds que de protons sexués.

Le deuil des chercheurs n'a pas été long, toutefois : il est heureux, en effet, qu'un neutrino superlourd n'existe pas, car, d'après les derniers calculs, si la masse du neutrino était ne fût-ce que de 100 eV, l'Univers aurait atteint sa densité critique et il serait près de se contracter.

Ou bien alors, il aurait fallu tout calculer à nouveau, et formuler de nouvelles hypothèses. Nous l'avons, en dormant, Madame, échappé belle. S.A. ET G.M.

Plombages et antibiorésistance

● Dans l'amalgame des plombages dentaires, il y a environ 50 % de mercure. Des études américaines récentes indiquent que ce métal lourd serait responsable de la formation de souches de bactéries antibiorésistantes.



A preuve, chez des singes porteurs de plombages expérimentaux, les taux d'antibiorésistance sont passés de 9 % à 70 %. Coïncidence ? Non : quand les plombages ont été retirés, l'antibiorésistance est tombée à 12 %.

Explication : les gènes qui protègent les bactéries contre

l'action toxique du mercure sont les mêmes que ceux qui les protègent contre les antibiotiques. Conclusion : il faut trouver un autre type d'amalgame, sans mercure.

Anthropologie

Tom et les tétines

Tom, pêcheur de l'île de Kaileuna, dans l'archipel des Trobriand, a été invité à vivre trois mois avec un groupe de chercheurs de l'institut Max Planck pour la recherche sur le comportement humain, à Erling, en Bavière.

L'archipel des Trobriand, dans le Pacifique, à l'extrémité orientale de la Nouvelle-Guinée, est célèbre en anthropologie depuis les études qu'y fit, dans les années vingt, Bronislaw Malinowski.

A la surprise des chercheurs, Tom s'est très bien adapté au mode de vie en Bavière et s'est montré plus

doué que certains étudiants dans l'utilisation du matériel technique du laboratoire. Les gratte-ciel ne l'étonnent pas ; il les compare aux silos dans son pays. Les magasins de grande surface ne l'intéressent pas, car il n'a aucune inclination à la consommation. La télévision l'ennuie. Mais il a un grand sens scientifique.

Emmené visiter un musée anthropologique à Stockholm, il a sur-le-champ identifié 50 types de hameçons préhistoriques.

Les chercheurs de l'institut Max-Planck, rapporte notre confrère al-

lemand *Der Spiegel*, auquel nous empruntons cette anecdote, sont frappés par la forte personnalité de Tom, son comportement souverain, sa capacité de compréhension de données dépassant de loin son champ d'activité ordinaire, et sa fraîcheur d'âme.

Il admet tout en Bavière, sauf qu'on mente aux bébés en leur donnant des tétines à sucer au lieu de leur donner le sein !

On attend toujours qu'un Yanomami, un Trobriandais ou un Arahua, qui ont si longtemps fait l'objet d'études plus ou moins objectives des Occidentaux, veuillent bien venir faire à leur tour des études d'anthropologie sur les Français ou les Américains. Sans doute y apprendrait-on bien des choses sur nous-mêmes.

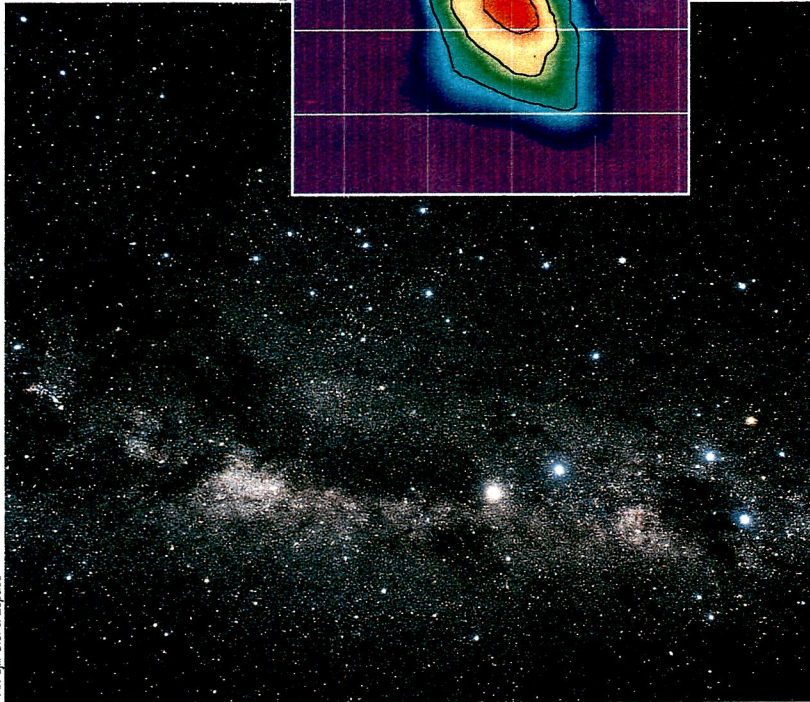
Flambée de violence dans Virgo

Les astronomes sont en état de choc. Le 31 janvier dernier, le satellite américain *Compton* a enregistré un flash de lumière gamma d'une violence inimaginable. En provenance de la constellation de Virgo, cet éclair cosmique fut 10 fois plus énergétique et 100 fois plus lumineux que tout autre événement de même type jamais répertorié. Si le détecteur du satellite a été ébloui par la violence, les scientifiques, eux, sont restés muets face à la demande d'explication.

En effet, les sursauts de rayons gamma, ainsi appelés parce qu'ils sont aussi imprévisibles qu'éphémères, sont, depuis leur découverte il y a vingt-cinq ans, l'un des plus grands mystères de l'astronomie. Aujourd'hui, les spécialistes sont à court de superlatifs... L'énigme peut se résumer ainsi :

quels phénomènes naturels peuvent libérer une telle énergie en si peu de temps ? Jusqu'à présent, les astronomes avaient pensé aux scénarios cosmiques les plus violents : explosion d'étoiles en supernova, collision d'étoiles ou encore formation de trous noirs. La puissance du dernier cri gamma enregistré repousse les modèles et l'imagination au-delà. Sans que personne ne sache très bien où...

Par ailleurs, l'équipe de *Compton* en a profité pour présenter la récolte complète du satellite depuis sa mise en service, il y a deux ans : une collection de quelques 600 événements. Ce qui n'a pas manqué de relancer deux autres mystères gamma, et non des moindres. Le premier, c'est la fréquence des éclairs captés : en moyenne un par jour. Si



L'image électronique du flash de lumière gamma (en haut) détecté dans la région de Virgo témoigne de sa violence inimaginable. Ce "sursaut" renforce le mystère des éclairs cosmiques qui, au lieu de provenir principalement de la Voie lactée, zone riche en étoiles, sont répartis sur l'ensemble du ciel.

l'on pense que les phénomènes suspectés devraient, du fait de leur caractère exceptionnel, être très rares, on ne comprend pas comment on en voit un tel nombre... depuis ce petit coin du ciel que représente la Terre.

Le second concerne la répartition de ces éclairs : elle est homogène sur l'ensemble du ciel. Or, comme les étoiles sont réparties sur la bande plate de la Voie lactée, ils devraient statistiquement être plus nombreux dans cette direction. A moins, c'est la seule explication encore possible, que ces flashes proviennent de contrées beaucoup plus éloignées de l'Univers ; galaxies, quasars, etc. Mais plus on éloigne la source éventuelle, plus la puissance de la lumière émise doit être forte, et

donc le phénomène violent... Ce qui était difficile à justifier dans les régions proches devient, au sens strict, et avec les connaissances actuelles, impossible à de telles distances.

De tels enjeux scientifiques ont pesé lourd dans la balance européenne, qui a penché, il y a quelques semaines, en faveur de la construction et du lancement d'un nouveau satellite gamma à l'horizon 2000. L'agence européenne, en collaboration avec les Américains et les Russes, a ainsi choisi *Integral*, qui se présente comme le digne successeur du satellite *Compton* et du franco-russe *Granat*, avec notamment une sensibilité jusqu'à 50 fois supérieure. Les énigmes seront-elles résolues ou relancées ? ■

J.-F. R.

La salamandre cannibale

Cette salamandre-tigre mange un de ses congénères. Les larves de ces bestioles peuvent se transformer en un adulte normal ou cannibale. Ce dernier est plus grand, et sa bouche est spécialement adaptée à l'ingestion confortable de ses semblables. Quand la population des larves est dense, la proportion d'adultes cannibales augmente. Mais elle baisse quand les larves sont consanguines. Famille, quand tu nous tiens...



Radioactivité

Moscou : alerte aux radiations !

«Si les quarante réacteurs nucléaires encore en fonctionnement dans Moscou ne sont pas fermés, il y aura à coup sûr un accident.»

L'avertissement a été lancé par Vladimir Kouznetsov, spécialiste de la sécurité nucléaire, "remercié" il y a cinq mois par les autorités après avoir exigé et obtenu la fermeture de dix autres réacteurs à Moscou. «Aucune cité au monde n'a autant de réacteurs nucléaires situés dans son périmètre, poursuit-il dans une interview au quotidien britannique *The Observer*. Un accident se produira tôt au tard. Imaginez-vous ce que cela peut donner dans une ville de neuf millions d'habitants ?»

Comparés à celui de Tchernobyl (1 000 mégawatts électriques), les réacteurs nucléaires moscovites ont une puissance unitaire relativement faible ; le plus puissant ne dépasse pas 40 mégawatts. Ce sont tous des réacteurs de recherche, répartis dans sept sites différents (voir carte). A lui seul, l'institut de physique nucléaire Kourchatov abrite 25 réacteurs, à une douzaine de kilomètres seulement du Kremlin !

Ces réacteurs ont été construits dans les années cinquante et soixante, au moment où l'Union soviétique s'efforçait d'établir une parité nucléaire stratégique avec les Etats-Unis. Pour Vladimir Kouznetsov, ils vieillissent plutôt mal : bâtiments fissurés, tuyauteries des différents circuits de puissance ou de refroidissement rouillées... Et, naturellement, il n'y a pas d'enceintes de sécurité. De toute façon, il n'y a plus d'argent pour les entretenir.

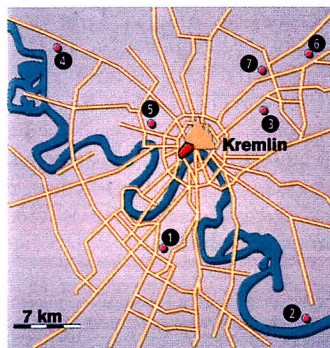
«Lors de l'inspection de l'un des dix réacteurs qui ont été fermés, nous avons découvert qu'il fuyait et que l'eau était simplement récupérée dans un réservoir ! Mais il n'y avait



M. Garanger

Dans un rayon de 20 km autour du Kremlin, 40 réacteurs nucléaires sont encore en fonctionnement :

- ① Institut de physique théorique (4 réacteurs).
- ② Institut de physique (2).
- ③ Université technique (4).
- ④ Institut Kourchatov (25).
- ⑤ Institut Mendelejev (1).
- ⑥ Institut de l'énergie (3).
- ⑦ Institut de recherche pour la conception des réacteurs (1).



A. Meyer

pas de système de contrôle de fuites. Il n'y a pas de système de sécurité et les opérateurs ont pris l'habitude de s'en passer. Résultat : ces réacteurs, qui fonctionnent principalement pour les militaires, sont bien en dessous des normes de sécurité.» Mais les fermer contreviendrait aux intérêts des organismes de tutelle comme l'institut de physique nucléaire Kourchatov. Boris Eltsine, qui a récemment visité ce dernier à l'occasion de son cinquante-naire, n'a fait aucune promesse pour délocaliser les réacteurs.

Ceux-ci ne constituent d'ailleurs pas le seul danger nucléaire à Moscou. Les sites de stockage de produits radioactifs renferment, selon Kouznetsov, au moins 30 millions de curies. Soit autant que ce qui s'est échappé à Tchernobyl. Suffi-

samment en tout cas pour produire, en cas d'accident, un nuage radioactif dangereux au-dessus de la ville. Au total, plus de 600 points de radioactivité anormalement élevée ont été dénombrés dans Moscou ! Les hommes eux-mêmes ne sont guère fiables : ce sont pour la plupart des scientifiques ou des techniciens arrivés au crépuscule de leur vie professionnelle. Au cours d'une simulation d'incidents destinée à tester les capacités des responsables, trois des quatre membres de la direction de l'institut Kourchatov ont été recalés : ils ont été incapables de faire face à la situation.

J.-R.G.

Passagers clandestins

● L'écosystème de l'île d'Hawaï est menacé par des espèces étrangères arrivant par avion. Serpents vivants, araignées venimeuses et insectes divers ont ainsi été introduits par des touristes voyageant avec leurs "animaux familiers". «Trop, c'est trop !» affirme

Francis G. Howarth, du Museum Bushop d'Honolulu, pour qui «ces espèces étrangères menacent d'extinction les espèces autochtones». Pour combattre cette invasion, une nouvelle loi exigera du département de l'agriculture et du service postal des Etats-Unis d'enquêter sur tout

colis pouvant contenir des animaux ou des plantes non autochtones.

Supercagnotte verte

● Le département américain de la justice a perçu plus de 2 milliards de dollars d'amendes en 1992 pour violation des lois sur l'environnement.

Ecologie

Biodiversité : le catalogue universel

Au début du mois d'avril, écologistes, systématiseurs et autres biologistes se sont réunis à l'université de Pennsylvanie, sur l'invitation de deux chercheurs, Dan Janzen et Winnie Hallwachs. Thème de cette rencontre : la mise sur pied d'un programme mondial (baptisé ATBI, *All Taxa Biodiversity Inventory*) destiné à inventorier toutes les espèces – des bactéries aux mammifères – d'un lieu donné, par exemple, un morceau de forêt tropicale de 500 km².

Une telle connaissance n'existe, à l'heure actuelle, pour aucun endroit de la planète. Et pour cause : un seul gramme de sol de forêt tempérée (celle de nos régions) contient jusqu'à 10 000 espèces de bactéries. Pour l'instant, on n'en connaît en tout et pour tout qu'environ 3 000... Pire : la collection de référence des protistes (organismes unicellulaires) de la Smithsonian Institution à Washington, l'une des plus riches du monde, tient dans... deux boîtes de diapositives ! Chaque mètre

carré de sol de forêt tempérée peut renfermer, sur une profondeur de 15 cm, de 2 à 6 millions de nématodes (petits vers), appartenant à quelque 200 espèces différentes... Un tel inventaire pose des problèmes méthodologiques considérables. La simple présence de l'homme dans un milieu y introduit de nouvelles espèces, bactériennes notamment. En outre, une souris, c'est tout une faune et une flore internes et externes. D'où la nécessité d'une étroite collaboration entre les spécialistes des diverses espèces biologiques. Mais toutes les espèces n'ont pas leurs spécialistes... Enfin, il faut stocker et gérer ces données, ce qui requiert une informatisation d'une puissance colossale.

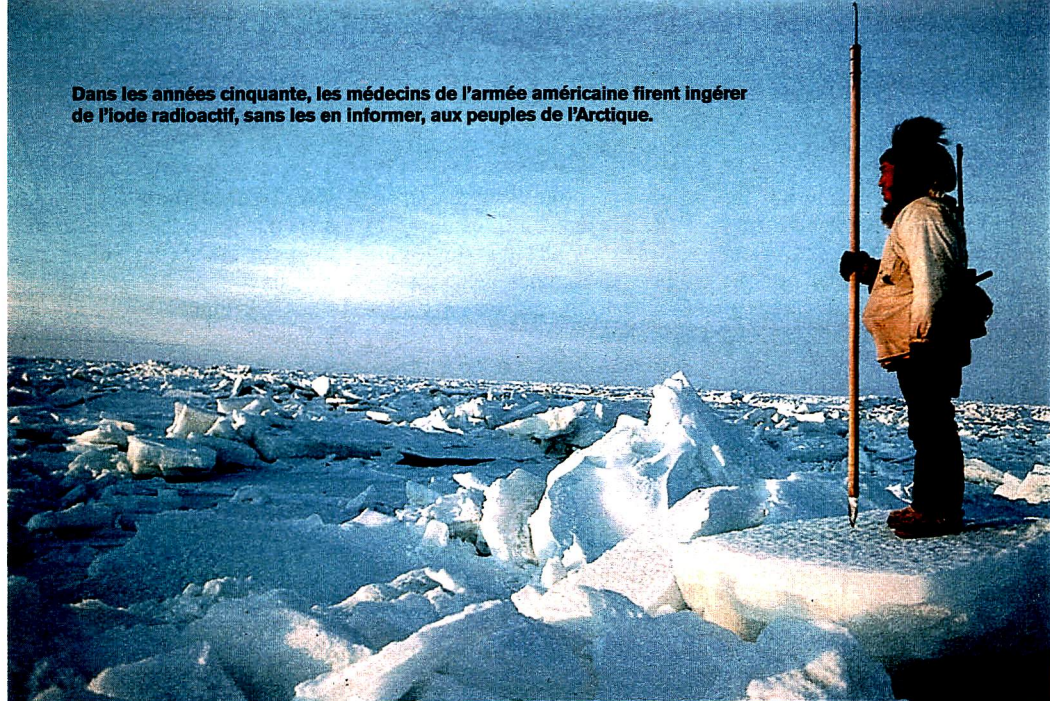
En admettant que l'on résolve ces problèmes techniques, restent les difficultés d'ordre "diplomatique". Les systématiseurs, qui viennent à peine de se débarrasser de leur étiquette de "collectionneurs", voudraient bien en effet qu'on ne la leur recolle pas de sitôt... Ils se proposent d'ailleurs de mettre sur pied leur propre programme, *Systematics Agenda 2000*. Objectif : comprendre la phylogénie (c'est-à-dire la filiation) des espèces vivantes du monde. Avant d'y parvenir, il faudra encore réunir quelques milliards de dollars... T.P.

Inventorier toutes les espèces vivantes, des bactéries aux mammifères : une tâche qui s'annonce colossale.



J. Donner/FOVEA

Dans les années cinquante, les médecins de l'armée américaine firent ingérer de l'iode radioactif, sans les en informer, aux peuples de l'Arctique.



R. FUMISS/ZIFA

Ethique

Cobayes malgré eux

Les Eskimos et les Indiens ont servi de cobayes aux Américains au moment de la Guerre froide, dans les années cinquante. C'est ce que vient de révéler, documents à l'appui, la chaîne de télévision américaine CNN.

A cette époque, où il n'y avait pas encore de missiles intercontinentaux, l'Arctique était le plus court chemin pour atteindre le territoire soviétique en cas de conflit. Si bien que cette zone inhospitalière était constamment survolée par des bombardiers équipés d'armes nucléaires, prêts à agir à la moindre alerte.

En cas d'atterrissage forcé ou d'accident, les chances de survie de l'équipage dans le grand froid étaient faibles. Par ailleurs, si la guerre avait éclaté, les troupes américaines auraient vraisemblablement eu à affronter ces intempéries, le Pôle constituant une zone stratégique.

Or, certaines populations résistent mieux que d'autres aux températures extrêmement basses. Pour

les chercheurs de l'armée américaine, le secret de cette résistance se cachait dans le métabolisme de la glande thyroïde. Afin de mieux connaître ce métabolisme, des médecins de l'Air Force firent avaler des pilules d'iode radioactif à 102 Eskimos et Indiens d'Alaska. L'iode a la caractéristique de se fixer préférentiellement dans la thyroïde ; lorsqu'il

est radioactif, il sert de traceur et permet d'observer la vitesse d'absorption et le cheminement dans les tissus. C'est le principe de la scintigraphie, utilisée pour de nombreux examens médicaux.

Cette pratique ne présente pas de grands dangers, mais délivre une dose de radioactivité non négligeable, qui ne se justifie que pour des raisons médicales. Dans le cas qui nous préoccupe, les médecins ont prétendu qu'ils étudiaient l'alimentation des autochtones... en omettant, bien sûr, d'informer les cobayes involontaires de cette ingestion de radioactivité.

URSS

L'anthrax : une arme biologique

En 1979, une épidémie d'anthrax avait entraîné la mort de 68 personnes à Sverdlovsk (aujourd'hui Ekaterinbourg), dans l'Oural. Depuis, deux versions s'affrontaient pour expliquer l'affaire. Les autorités soviétiques prétendaient que la consommation de viande avariée, vendue par des trafiquants sans scrupules, en était la cause. Les ser-

vices secrets américains, eux, étaient persuadés que le bacille de l'anthrax s'était échappé d'un centre secret de fabrication d'armes bactériologiques, à la suite d'une explosion accidentelle. Ce qui aurait prouvé que les Soviétiques violaient la convention, signée en 1972, interdisant la fabrication et le stockage d'armes biologiques. ▶

suite de la page 25

Les deux versions étaient plausibles. D'importantes hémorragies intestinales observées sur les victimes laissaient penser que les bactéries avaient été ingérées et non inhalées, accréditant la thèse des autorités soviétiques.

En réalité, c'est bien l'autre thèse

qui est la bonne, comme le révèlent aujourd'hui les pathologistes russes qui ont pratiqué l'autopsie des victimes.

Ces médecins, qui avaient rédigé une communication sur l'affaire dès 1982, n'avaient jusqu'à présent jamais réussi à se faire entendre.

Ils ont gardé toutes leurs notes, ainsi que les clichés et les échantillons de tissus. Bien que, dans la plupart des cas, il y ait eu des lésions intestinales, certains clichés montrent également des lésions des tissus respiratoires : il y aurait donc bien eu inhalation. ■



M. PRIÉ/SYGMA

Marée noire

Le naufrage du Braer aurait causé la mort de 7 000 oiseaux.

Mauvaises nouvelles du *Braer*

Contrairement à ce qui a été dit ici et là, le naufrage du pétrolier libérien a causé de nombreux dégâts dans la faune des îles Shetland. On a parlé trop vite de "non-catastrophe". La marée noire engendrée par le naufrage du *Braer* sur la côte sud des Shetland a bel et bien provoqué une catastrophe écologique. Plus de 1 500 oiseaux morts, dont une majorité de cormorans huppés, ont été ramassés par la Royal Society of Protection (à la tête d'un collectif d'associations de protection de l'environnement) sur le littoral sinistré. Mais beaucoup d'oi-

seaux mazoutés ont également disparu en mer ; la mission dépêchée sur place par la Ligue française pour la protection des oiseaux (LPO) et le ministère français de l'Environnement estime que les pertes sont vraisemblablement cinq fois plus importantes. Sans parler des phoques gris et des invertébrés marins qui vivent sur cette côte.

Et le *Braer* pourrait encore faire des victimes ! Les zones de frai des lançons ont été touchées par la pollution. Ces poissons constituent la principale source de nourriture d'oiseaux de la famille des alcidés,

qui reviennent aux Shetland à la belle saison : les macareux moines, les pingouins torda et les guillemots de Troil, qui s'apprentent à prendre leurs quartiers d'été, voient ainsi leur reproduction sérieusement compromise.

Le *Braer* ne doit pas pour autant faire oublier les mini-marées noires "ordinaires", provoquées par les dégazages clandestins des pétroliers. La LPO a ramassé cet hiver 150 oiseaux mazoutés sur les seules côtes bretonnes, essentiellement des guillemots, des pingouins et des fous de Bassan. I.B.



Réserve sans frontière

● Paseo Panter, "le chemin de la panthère", est un projet embryonnaire visant à établir une ceinture verte de 2 400 km le long de la côte est de l'Amérique centrale. Il s'agit de relier tous les pays d'Amérique centrale en élargissant les parcs existant et en ouvrant un corridor dans les secteurs les séparant. Celui-ci devrait faciliter la migration des espèces sauvages, aujourd'hui isolées sur des "îles vertes". Ce projet a déjà attiré 4 millions de dollars de dons, notamment de l'agence américaine pour le développement international, qui y consacre 1,6 million.

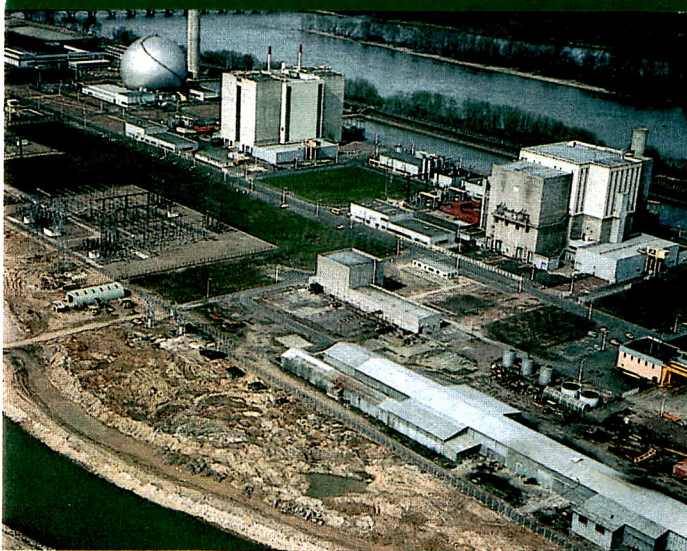
Nucléaire

La fin des petits réacteurs français

Il ne reste plus qu'un seul réacteur de la filière graphite-gaz en France. Pas pour longtemps, puisque Bugey-1 (d'une puissance de 540 mégawatts-électriques), à bout de souffle, quittera définitivement le réseau EDF au printemps 1994. Le parc nucléaire ne sera plus alors constitué que de gros réacteurs à eau pressurisée de 900 MWe à 1 300 MWe.

Le premier réacteur à eau pressurisée, Chooz-A, d'une puissance inférieure (320 MWe), vient également de recevoir un avis officiel de mise à l'arrêt définitif, après vingt-quatre ans de fonctionnement. Exploité par la Société d'énergie nucléaire franco-belge des Ardennes, une filiale d'EDF, il était à l'arrêt depuis octobre 1991. Depuis le démarrage du programme nucléaire dans les années cinquante, dix réacteurs ont rendu l'âme (tableau ci-contre). Leur combustible a été évacué, certaines tuyauteries ont été bouchées, mais aucune de ces installations, de taille pourtant modeste, n'a encore été véritablement démantelée. Qu'en sera-t-il dans dix ans, quand les premiers gros réacteurs de 900 MWe arriveront en fin de course ?

Réacteur	Date d'arrêt	Puissance	Durée de vie
Marcoule G-1	1968	2 MWe	12 ans
Chinon A-1	1973	70 MWe	10 ans
Marcoule G-2	1980	38 MWe	21 ans
Marcoule G-3	1984	38 MWe	24 ans
Chinon A-2	1985	210 MWe	20 ans
Monts d'Arrée	1985	70 MWe	18 ans
St-Laurent A-1	1990	480 MWe	21 ans
Chinon A-3	1990	480 MWe	24 ans
Chooz-A	1991	320 MWe	24 ans
St-Laurent A-2	1992	515 MWe	21 ans



Quarante ans après le démarrage du programme nucléaire français, 10 "petits" réacteurs ont été arrêtés... mais non encore démantelés.

Toxicologie

Du carbone 13 pour les cols-verts



A. Wolfe/ZEFPA

Si l'on veut connaître la toxicité d'un produit sur une espèce animale, la meilleure solution consiste à administrer celui-ci à un groupe d'animaux, en laboratoire ou dans un mini-écosystème reconstitué. Des expérimentations qui coûtent cher, car il faut souvent tuer les animaux utilisés pour réaliser les analyses ; pratique admise sur les rongeurs, moins bien acceptée sur les oiseaux, et impensable lorsqu'il s'agit d'espèces protégées. Mais l'observation des populations en liberté est encore plus difficile ; récupérer un oiseau mort pour l'analyser tient de la loterie, quand près de 80 % des cadavres disparaissent en un ou deux jours, dévorés par d'autres animaux. D'où la recherche de méthodes "non destructrices", permettant

d'analyser certains paramètres physiologiques, biologiques ou cellulaires. Les cytochromes P450 hépatiques, des enzymes qui interviennent au tout début de la métabolisation par l'organisme d'un produit polluant ingéré, jouent ce rôle d'indicateur. L'activité de ces enzymes est en effet plus ou moins stimulée selon la nature et la quantité des polluants ingérés (PCB, hydrocarbures polycycliques, dioxines...). Problème : jusqu'à présent, la mesure des taux de cytochromes P450 n'était possible que sur des broyats de foie, donc sur un animal mort. Des chercheurs de la faculté de pharmacie de Lyon et de l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) lancent une expérience permettant de suivre l'acti-

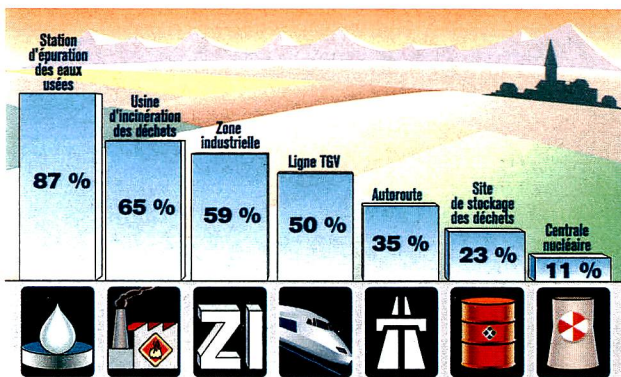
Une méthode de "marquage" par le carbone 13 permet d'étudier la toxicité de substances sur des espèces rares – comme le colvert – sans avoir à tuer des animaux pour faire les analyses.

tivité des cytochromes P450 sur des oiseaux vivants, des cols-verts (*Ana Platyrhynchos*) retenus en milieu clos à l'école vétérinaire de Lyon. L'activité des cytochromes P450 sera suivie en faisant ingérer à l'animal une très faible dose d'aminopyrine (substance choisie car elle est métabolisée au niveau hépatique) enrichie avec du carbone 13, un isotope non radioactif du carbone. L'aminopyrine administrée au canard contient plus de 90 % de carbone 13, qui va jouer le rôle de "marqueur". Elle est métabolisée rapidement sous l'action des cytochromes P450 hépatiques. Sa dégradation entraîne la formation de gaz carbonique, "marqué" par le carbone 13. L'air expiré par le canard est alors analysé toutes les trois minutes pendant une heure. Les quantités de carbone 13 mesurées permettent de déduire l'activité hépatique de l'animal. Cette méthode d'analyse est déjà utilisée pour étudier les cancers du foie sur l'homme. On pourra comparer des animaux entre eux (variabilité individuelle), ou pendant leur croissance (influence des cycles hormonaux). Lorsque les résultats seront bien établis, on pourra procéder à des mesures sur des animaux sauvages capturés, et donc évaluer la pollution globale d'une zone pour une espèce donnée. Les rapaces, étudiés à l'INRA de Versailles, pourraient aussi profiter de cette méthode d'analyse.

CHRISTIAN GUYARD

Le goût du risque

● Le CREDOC (Centre de recherche pour l'étude et l'observation des conditions de vie) a interrogé les habitants de la région Rhône-Alpes pour connaître leur sentiment face aux "installations et infrastructures sources de nuisances". Résultat : les pourcentages d'acceptabilité des installations à risques ne sont pas aussi faibles qu'on pourrait le supposer.



F. Mahié

Ding, ding, dong...

● Face aux plaintes de certains vacanciers qui pestaient contre le bruit des cloches des églises et des clochettes des troupeaux, le parc naturel régional du Haut-Jura a lancé une action pédagogique pour réapprendre aux citoyens déphasés à écouter. Cascades, carillons, échos figurent en bonne place parmi les 92 "sites auriculaires", lieux répertoriés dans la nature pour leur qualité sonore. Des itinéraires "Belles écoutes" doivent bientôt permettre de les dénicher.

Les fumeurs se rebiffent

● Il n'est pas facile de violer la liberté des uns pour protéger la santé de tous. L'association du Calumet de la paix, qui regroupe 30 000 membres, s'insurge contre la répression dont les 15 millions de fumeurs seraient victimes en France depuis la loi Evin, de janvier 1991, et son décret d'application, de mai 1992. « Ces textes prévoient, explique l'association, la mobilisation de la force publique, avec à la clé de très fortes amendes, pour faire la chasse à ces

dangereux personnages, "hors normes" sanitaires. » A quand des défilés de fumeurs dans la rue ?

Langues en détresse

● Dans le monde, 95 % des langues sont parlées par moins de 500 000 individus. Le risque que ces langues disparaissent – et, avec elles, l'héritage culturel des peuples – est très élevé. Michael Krauss, de l'université de l'Alaska, estime que la moitié des langues parlées dans le monde auront disparu d'ici un siècle.

Normes

Un guide "vert" pour les entreprises

Pour la première fois de son histoire, les 2 et 3 juin, l'Organisation internationale de normalisation (ISO) lance un programme de travail sur le "management environnemental", qui traduit l'entrée durable de l'écologie comme critère de gestion des entreprises. Car les normes, en définissant des conduites et des caractéristiques communes aux entreprises et aux produits, construisent le squelette invisible de l'activité économique dans le monde.

Les commissions de l'ISO aboutiront, d'ici quelques années, à des prescriptions sur l'audit environnemental, le bilan écologique des produits, la labellisation de produits "propres", etc.

Dans le même temps, des normes environnementales se mettent en place en Europe : le Conseil des ministres de la CEE devrait entériner prochainement un règlement, dit "Eco-audit", adopté le 23 mars dernier, et qui décrit les politiques de gestion de l'environnement que doivent adopter les entreprises. La Grande-Bretagne avait précédé le mouvement avec



La moitié des entreprises françaises n'ont pas de "responsable environnemental".

sa norme BS 7750, lancée l'an dernier, tandis qu'en France, l'AFNOR (Association française de normalisation) vient de publier la norme X 30-200 sur le "système de management environnemental", description des éléments à mettre en place pour posséder une politique de l'environnement. Détail important : l'adhésion à la norme n'est pas obligatoire. L'AFNOR travaille maintenant à définir les méthodes d'audit de ces politiques d'environnement et leur

certification – qui permettra aux entreprises d'arborer un précieux logo de bonne conduite. Ce logo pourrait prêter à confusion : en fait, il ne garantira pas un faible impact sur l'environnement, mais seulement que l'entreprise y pense.

Ce qui n'est déjà pas si mal : d'après une étude de l'Institut français de l'environnement, 43 % des entreprises françaises n'ont pas de "responsable environnemental". La gestion écologique a encore du chemin à parcourir. ■ HERVÉ KEMPF

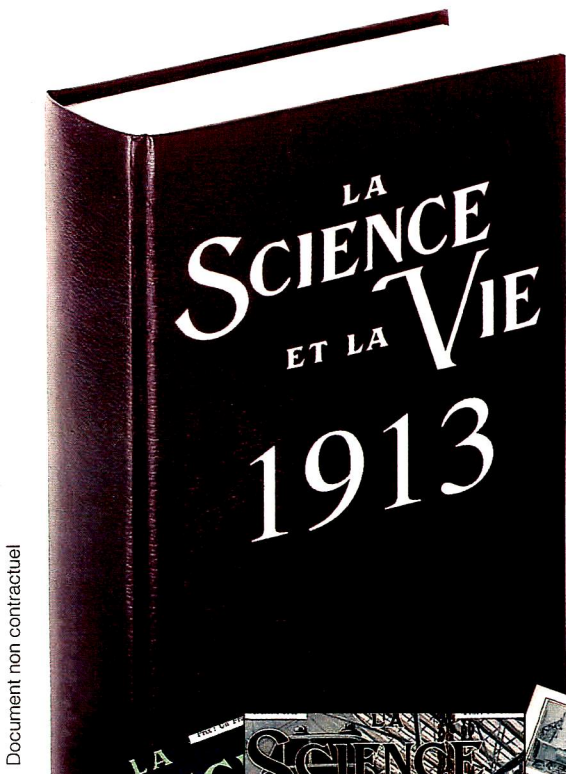
1913-1993 SPÉCIAL ANNIVERSAIRE : OFFREZ-VOUS LA COLLECTION DE TOUS LES NUMÉROS DE 1913 DE LA SCIENCE ET LA VIE ENFIN RÉÉDITÉE EN ÉDITION RELIÉE.

LES 9 PREMIERS NUMÉROS : 1400 PAGES

370 F SEULEMENT !

A l'occasion de son 80^{ème} anniversaire, Science & Vie réédite en tirage limité les neuf premiers numéros de LA SCIENCE ET LA VIE parus en 1913. Cette réédition exceptionnelle réunira, en un superbe volume relié façon cuir, 9 couvertures couleurs et 1400 pages de l'actualité scientifique et technique d'une année charnière de notre histoire. Véritable témoin du temps passé cet ouvrage vous passionnera par sa richesse et vous étonnera par l'intérêt historique de ses analyses. Tiré en nombre limité, il vous sera livré, avec son certificat d'origine, directement à votre domicile dès septembre.

TIRAGE LIMITÉ



Document non contractuel



BON DE SOUSCRIPTION

à retourner à Science & Vie 1, rue du Colonel Pierre Avia 75503 Paris Cedex 15

OUI je désire recevoir la réédition en un volume relié plein cuir des neuf premiers numéros de LA SCIENCE ET LA VIE (année 1913) au prix de 370 F (TVA à 5,5%) + 25 F de port.

● Ci-joint mon règlement total d'un montant de 395 F TTC.

J'ai bien noté que la livraison interviendra courant septembre 1993.

Nom _____ Prénom _____

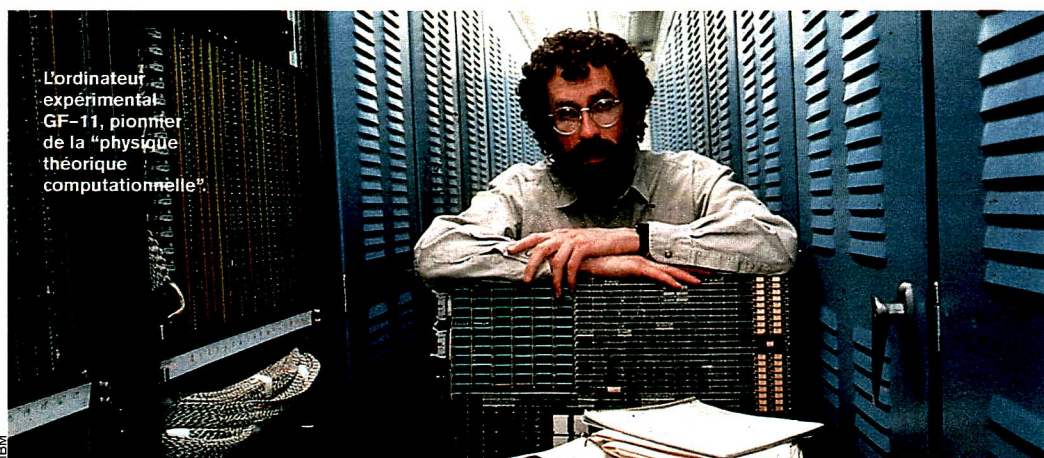
Adresse _____

Code postal _____ Ville _____

Si vous êtes abonné à SCIENCE & VIE, merci de nous indiquer votre numéro d'abonné : _____
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.

Informatique

Les "gigaflops" à l'assaut des quarks



L'ordinateur expérimental GF-11, pionnier de la "physique théorique computationnelle".

Au terme d'un an de calculs et de plus de 100 millions de milliards d'opérations, un super-ordinateur expérimental d'IBM a pu délivrer une bonne – et importante – nouvelle aux physiciens : oui, la théorie dite de la "chromodynamique quantique" décrit correctement la nature et le comportement des composants fondamentaux du noyau atomique, comme les quarks et les gluons. Ouf !

Cela mérite une petite explication. Les noyaux atomiques sont formés de particules – les protons et les neutrons – elles-mêmes composées de briques plus élémentaires, les quarks. Inséparables (on ne peut pas les observer isolément), ces quarks sont liés entre eux par des gluons, particules-vecteurs de la force nucléaire forte (voir *Science & Vie* n° 905, p. 16). Elaborée au début des années soixante-dix, la théorie de la chromodynamique quantique décrit les rouages de cet univers de l'infiniment petit. En particulier, cette théorie a permis de poser les équations nécessaires

au calcul de la masse des hadrons, des particules composées de quarks. Restait à faire le calcul...

C'est ici qu'entre en scène l'ordinateur expérimental GF-11 d'IBM, exploitant en parallèle 566 processeurs (unités de calcul). Puissance maximale : 11 milliards d'opérations par seconde en virgule flottante (11 gigaflops). Ce type de machine, dite "massivement parallèle", excelle dans les calculs longs et répétitifs. Une équipe du Watson Research Center (l'un des grands laboratoires d'IBM, situé au nord de New York) a donc introduit les redoutables équations dans le GF-11... et l'a laissé tourner pendant un an. Résultat (publié dans la revue *Physical Review Letters* du 10 mai dernier) : huit nombres, correspondant à la masse de huit hadrons. Huit valeurs fort heureusement identiques à celles issues des mesures expérimentales entreprises dans divers laboratoires.

Au-delà d'une simple confirmation de la théorie (des calculs approximatifs avaient déjà permis d'en vé-

rifier la validité), ces travaux démontrent que l'ordinateur commence à être suffisamment puissant pour assister la physique théorique. Afin de valider leurs thèses, les théoriciens ne pouvaient compter jusqu'à maintenant que sur la physique expérimentale, celle qui se pratique autour des grands accélérateurs de particules.

Une nouvelle branche de la physique est en train de naître, estiment les chercheurs d'IBM. Ils l'appellent "physique théorique expérimentale". On pourrait également la baptiser "physique théorique computationnelle", comme on a baptisé "chimie computationnelle" ce champ de l'informatique qui consiste à simuler des réactions chimiques sur ordinateur à partir des seules équations de la mécanique quantique (sans manipuler d'éprouvette). Mais les accélérateurs de particules ne sont pas condamnés à la casse. La matière recèle encore bien des secrets, qu'aucune équation ni aucun ordinateur n'est aujourd'hui à même de percer.

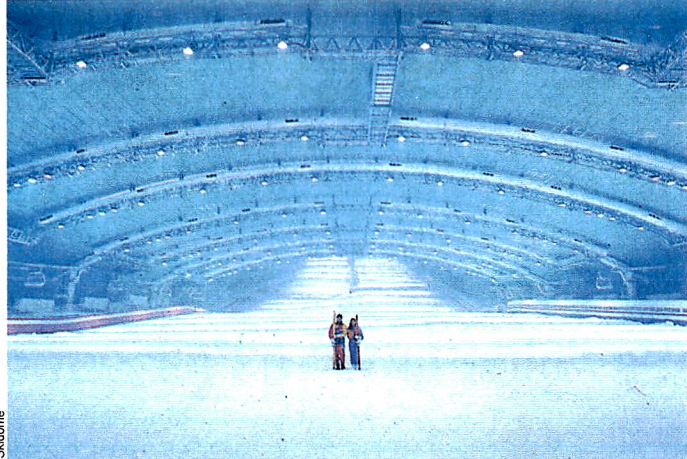
Sport

Tout schuss à Tokyo

Une piste de ski de 490 mètres de long en pleine banlieue de Tokyo ! Et d'une pente de 20 degrés, s'il vous plaît !

Le Lalaport Skidome, qui ouvrira ses portes dans le courant du mois de juillet, a de quoi étonner. Son architecture monumentale, d'abord : cette piste couverte pourra accueillir simultanément 2 000 skieurs. Son coût, ensuite : 40 milliards de yens, soit environ 1,5 milliard de francs (terrain non compris).

L'entreprise Mitsui Fudosan, responsable du projet, table sur 1,3 million de visiteurs d'ici à juillet 1994. Le Japon a beau compter 12 millions de skieurs, cela semble tout de même optimiste. Une installation similaire, ouverte en dé-



Skidome
Été 1993, sports d'hiver à Tokyo. Résine excellente, néons splendides (à quand les fausses fractures ?)...

cembre 1991 dans la même banlieue, n'a accueilli que 170 000 personnes durant sa première année de fonctionnement. Il est vrai que cette piste ne fait que 130 mètres de long, pour une pente de 13 degrés. Tout juste bonne pour le chasse-neige !

La neige, précisément, voilà bien le problème numéro un pour ces installations "indoor". Elle est artificielle, bien sûr, à base de résine superabsorbante et d'eau. Sa qualité peut être modifiée, ce qui permet de simuler les diverses

conditions qu'un skieur peut rencontrer en montagne. La réfrigération est assurée par une tuyauterie placée sous la piste.

Le Lalaport Skidome sera le plus grand domaine skiable couvert du monde. Son promoteur prévoit déjà d'ouvrir une installation identique à Osaka. Après la folie des "practices" de golf, étranges constructions sur plusieurs étages qui pullulent dans les grandes villes nippones, verra-t-on les Skidome se multiplier à travers l'Archipel ?

Défense

Guerre des étoiles : c'est fini...

L'acte de décès de l'Initiative de défense stratégique - alias Guerre des étoiles - a été signé le 13 mai dernier par le secrétaire américain à la Défense, Les Aspin. Lancé en mars 1983 par le président Ronald Reagan, cet ambitieux programme visait à mettre en place un bouclier spatial antimissiles capable de tuer dans l'œuf toute attaque nucléaire massive de l'ex-Union soviétique. La menace écartée, l'IDS devenait sans objet. Depuis l'effondrement de l'URSS, le Pentagone planchait donc sur une version réduite de la Guerre des étoiles, destinée à parer à d'éventuelles attaques "limitées" lancées par des pays du Tiers Monde possédant des missiles balistiques. Appelé GPALS (Protection

globale contre les frappes limitées), ce système de défense devait faire coopérer des missiles antimissiles basés au sol, des satellites de détection (*Brilliant Eyes*) et des satellites "tueurs" (*Brilliant Pebbles*). Exit l'IDS. Exit GPALS. L'heure est aux économies. Le nouveau projet du Pentagone est de mettre en place d'ici l'an 2000 - si le Congrès donne son feu vert - un simple système de défense antimissiles basé entièrement au sol. 176 milliards de francs ont été dépensés au titre de l'IDS puis de GPALS (mené à son terme, le projet de Guerre des étoiles aurait coûté 300 milliards de francs). Une dépense qui n'aura pas été tout à fait vaine puisque le projet IDS a sans doute contribué à

l'ébranlement de l'URSS (les Soviétiques auraient-ils pu suivre dans cette escalade technologique et surtout financière ?).

En outre, les travaux de recherche financés par le Pentagone ont permis des progrès importants dans diverses technologies, depuis les ordinateurs "massivement parallèles" (dotés de milliers de processeurs) jusqu'aux lasers de très forte puissance (qui devaient être utilisés pour détruire les missiles ennemis). La fin du projet de bouclier spatial ne mettra pas sur la paille les laboratoires travaillant pour la Défense : au titre du nouveau système de défense terrestre, les militaires américains ont réclamé pour l'an prochain un budget de recherche de 21 milliards de francs.

... *Eurêka*, ça continue de plus belle

En 1985 naissait en Europe le programme de recherche industrielle *Eurêka*, conçu à l'origine par François Mitterrand comme une réponse à l'Initiative de défense stratégique américaine (ou Guerre des étoiles – voir ci-contre). Certes, ces deux projets étaient très différents dans leurs objectifs : l'IDS visait au développement des techniques nécessaires à la création d'un "bouclier spatial", tandis qu'*Eurêka* cherchait à stimuler la coopération européenne dans les secteurs de pointe. On craignait toutefois, à l'époque, une "fuite des cerveaux" européens vers les Etats-Unis, dont les laboratoires s'apprêtaient à recevoir une manne se chiffrant en centaines de milliards de francs. La priorité était donc de stimuler la recherche européenne.

Au moment où le Pentagone met un point final au projet de Guerre des étoiles, le programme *Eurêka* fête ses huit ans d'existence. A son actif, près de 800 projets associant 4 000 entreprises et laboratoires de recherche de tout le continent (la CEE plus l'Autriche, la Hongrie, la Suisse, la Turquie et les pays scandinaves). Rappelons qu'à la différence des programmes de recherche communautaires (*Esprit*, *Race*, *Brite*, etc.) gérés par Bruxelles, *Eurêka* ne se cantonne pas dans la recherche dite "pré-compétitive" : les projets, dont l'initiative revient aux entreprises, doivent aboutir à des produits, procédés ou services commercialisables. Autre différence : la gestion d'*Eurêka* est plus souple et plus décentralisée que celle de la recherche communautaire.

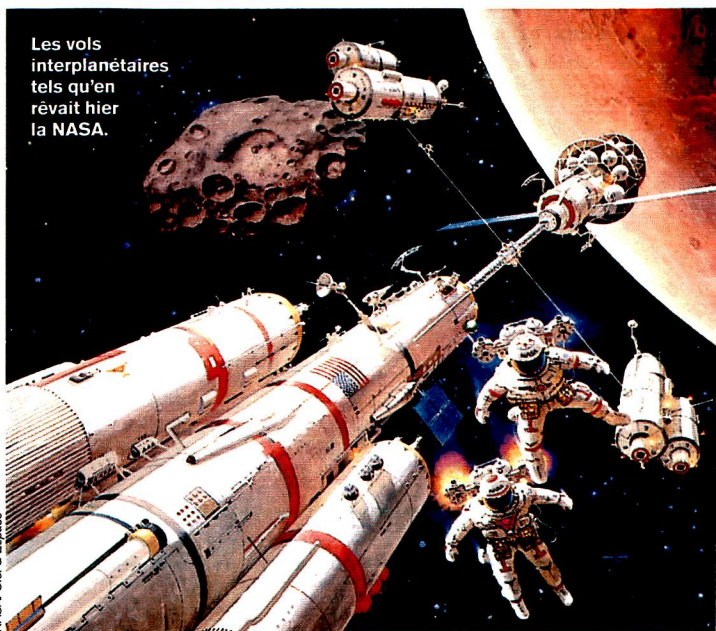
Le secrétariat français d'*Eurêka*, au terme de son année de présidence du programme (c'est la Nor-

vège qui a pris le relais), organise une exposition sur le thème "L'innovation au quotidien", destinée à un large public. Elle se tiendra du 25 juin au 31 août à Paris, dans le cadre de la Cité des sciences et de l'industrie. On y verra des robots (cueilleur d'agrumes, greffeur de rosiers, etc.), des véhicules futuristes, des systèmes de traduction assistée par ordinateur. On y apprendra avec étonnement que les

bulles du champagne et de la bière intéressent nos chercheurs tout autant que les automates industriels ou les molécules pharmaceutiques : Moët & Chandon et le brasseur Heineken travaillent ensemble à améliorer la qualité de la mousse de leurs boissons respectives, et à développer des outils de comptage et de mesure des bulles. On est effectivement bien loin de la guerre nucléaire...

Mars remis à plus tard

● «**Nous ne sommes pas techniquement prêts à aller sur Mars**», a déclaré le patron de la NASA, Daniel Goldin, en présentant fin avril le projet de budget 1994 de son agence (14,6 milliards de dollars). La Space Exploration Initiative, lancée par George Bush – qui voulait voir flotter le drapeau américain sur la planète rouge avant 2019 –, est mise en sommeil pour cause de restrictions budgétaires. Finis donc, pour l'instant, les grands projets de vaisseaux interplanétaires habités. La NASA va concentrer son effort sur des missions d'exploration robotisées, moins coûteuses (les Russes sembleraient tenir aux vols habités – voir p. 106).





S. Hegner

Audiovisuel

Et maintenant, la radio payante...

Cinq programmes de musique (rock, jazz, classique, chansons et rhythm'n blues) en continu pour 25 F par mois : c'est le nouveau service qu'offre depuis quelques jours la Lyonnaise Communications aux abonnés de ses réseaux câblés. Pas de publicité, pas d'animateurs, rien que de la musique, avec une qualité de son équivalente à celle d'un disque compact.

Pour recevoir ces programmes, composés chacun de plusieurs milliers de morceaux, il faut disposer d'un Visiopass, le décodeur de France Telecom pour la télévision par câble (un terminal spécifiquement conçu pour la radio devrait être disponible au début de l'an prochain). Sur son écran de télévision, l'abonné verra s'afficher en continu le nom de chaque morceau.

Si la radio payante est, en France, une nouveauté (elle existe déjà au Japon et aux Etats-Unis), la radiodiffusion en numérique ne l'est pas. Depuis de nombreux mois, les programmes *Hector* et *Victor* de Radio France sont diffusés en numérique à partir du satellite *TDF*.

La généralisation de la radiodiffusion numérique n'interviendra toutefois que vers la fin du siècle, lorsque sera introduit le système DAB (*Digital Audio Broadcasting*), norme internationale adaptée à la diffusion tant par émetteur terrestre que par satellite. Le son disque compact sera alors à la portée de toutes les radios et autoradios.

A condition, bien sûr, que ces appareils aient été conçus de manière à pouvoir recevoir la nouvelle norme.

Les revers de l'audiovisuel européen

● Après avoir renoncé à sa norme de télévision haute définition (le HD-MAC – voir *Science & Vie* n° 908, p. 50), l'Europe vient d'abandonner ses ambitieux projets en matière de télévision directe par satellite. Le programme franco-allemand *Europesat*, qui devait, avant la fin 1994, assurer la relève des satellites *TDF1/TDF2* (français) et *TV Sat* (allemand), est arrêté faute de clients. Comme le HD-MAC, *Europesat* est victime de l'arrivée imminente de la télévision numérique, qui permettra de diffuser jusqu'à dix chaînes sur un même canal. Cette défection fera l'affaire du Luxembourgeois *Astra*, dont le troisième satellite TV (*Astra 1C*) a été placé sur orbite par la fusée *Ariane* en mai dernier. *Astra 1D*, lancé vers le milieu de l'année prochaine, sera le premier satellite européen à émettre en numérique. Elle ne fera en revanche pas l'affaire des quelques milliers de personnes qui, en France, s'étaient équipées pour recevoir les émissions des satellites *TDF1/TDF2*. Rappelons que le programme *TDF*, qui se solde par un échec quasi total, a coûté quelque 3,5 milliards de francs.

Cartes bancaires : la fraude recule

● Et recule même de façon spectaculaire : moins 22 % en un an ! En 1992, la fraude n'a coûté aux banques "que" 533 millions de francs, contre 683 millions l'année précédente (705 millions en 1990). Selon le GIE Cartes bancaires, ce résultat est à mettre à l'actif de la puce électronique dont sont désormais équipées toutes les cartes bancaires circulant en France (21 millions d'unités). Cette puce rend en effet inutilisables sans leur code secret les cartes volées ou perdues.

Cinq veaux, trois mères, un seul embryon

Cinq veaux génétiquement identiques sont nés en février dernier de trois mères porteuses différentes. Ces animaux ont été obtenus par clonage à partir d'un même embryon, dans le cadre d'une expérience pilotée par l'unité de biologie du développement de l'INRA (Institut national de la recherche agronomique) (1).

Journal de bord de l'opération : l'embryon a été prélevé à l'âge de cinq jours dans l'utérus d'une vache de race Holstein. Il était alors constitué de 31 cellules. 17 ont été greffées par micromanipulation dans autant d'ovocytes (cellules reproductrices femelles non encore parvenues à maturité) receveuses.

Ces 17 nouveaux embryons, renfermant la même information génétique, ont ensuite été "cultivés" *in vitro* pendant une semaine. Huit d'entre eux ont pu être réimplantés dans l'utérus de quatre génisses (deux embryons par ani-

mal). Seules trois des receveuses ont vélé à terme, donnant naissance à cinq veaux.

Pour l'INRA, cette technique devrait concourir à l'amélioration de la qualité des animaux de boucherie. Elle permet en effet de mener un processus de sélection à partir d'un nombre restreint d'individus, et d'élargir ainsi cette sélection aux races à faible effectif, qui en sont pour l'instant exclues.

Cette naissance constitue un nouveau record de France en matière de clonage d'embryons chez les bovins. Le record du monde est détenu par une équipe américaine, avec le clonage de onze veaux.

(1) Participaient à l'expérience des chercheurs de l'INRA, de l'INSERM (Institut national de la santé et de la recherche médicale), du CNRS/Institut Pasteur et de l'université Paris VI. Rhône-Mérieux était l'industriel maître d'œuvre du projet, auquel était également associée l'Union nationale des coopératives d'élevage et d'insémination artificielle (UNCEIA).

Les quintuplés de l'INRA.



Un port-musée à Douarnenez

● Le premier port-musée de France s'est ouvert fin mai à Douarnenez. Un événement qui met en relief le regain d'intérêt des Français pour leur patrimoine maritime. On peut y voir, à flot, une quarantaine de navires allant de la pinasse (petit bateau de pêche rapide) au sloop ostréicole (utilisé sur les parcs à huîtres).

Energie

Eoliennes sous-marines

Produire de l'électricité grâce aux courants marins, au moyen de petites turbines immergées au large des côtes : l'idée est séduisante, mais est-elle viable ? Non,

ont estimé les experts interrogés par le gouvernement britannique.

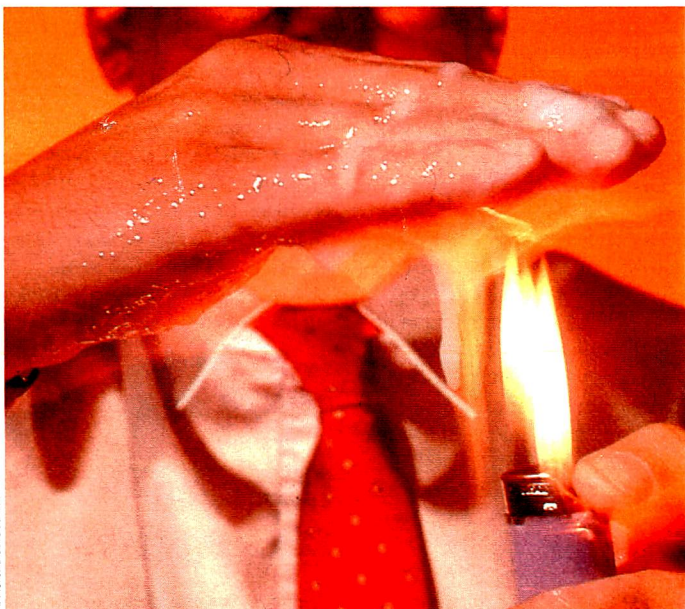
Ces "éoliennes des mers" ("posédoniennes" ?) poseraient de gros problèmes de maintenance en raison de la corrosion de l'eau salée et de l'incrustation de divers organismes marins sur les turbines. Dommage, car de telles turbines – selon ces experts de l'Energy Technology Support Unit – seraient capables de fournir chaque année jusqu'à 58 térawatts-heure, l'équivalent de presque 20 % de la consommation d'électricité du pays.

Une expérience va toutefois être tentée en Ecosse, dans le loch Linnhe, à partir de cet été. Une turbine de 10 kilowatts, dotée d'une hélice bipale de quatre mètres de diamètre, sera suspendue à un flotteur et maintenue par deux ancres de manière à pivoter de 180° lors de la renverse de la marée. Dans un courant de quatre nœuds, l'hélice tournera à 40 tours par minute, entraînant un générateur électrique qui chargera des batteries entreposées dans le flotteur.

Technologie

Un gel anti-brûlure

Non, ce n'est pas la peau qui se liquéfie et se boursoufle sous l'effet de la flamme. Cette matière gélatineuse est une pâte translucide dont l'expérimentateur s'est enduit la main afin, précisément, de ne pas se brûler. Mélange d'huiles végétales et d'eau, ce gel résiste à des températures atteignant 1 100 °C. Conçu par la société américaine Trilling Medical Technologies, il sert à la fabrication de couvertures anti-feu pour les sites industriels et les plates-formes de forage.



K. Kiehl/Dot/Cosmos

À L'ÉPREUVE DU MARCHÉ

Bi-Bop, la cabine de poche

Depuis la fin avril, France Telecom invite les Parisiens à «sortir en ville avec Bi-Bop», un petit téléphone sans fil qui tient dans la poche.

De la taille d'une calculatrice, le combiné Bi-Bop permet de téléphoner dans la rue ou de la terrasse d'un café. Seule obligation : être à proximité (200 mètres au maximum) d'une borne spéciale – signalée par un autocollant bleu, blanc et vert – avec laquelle l'appareil communique par radio. Connectée au réseau téléphonique, cette borne relaie les appels vers tout abonné en France ou à l'étranger.

Face au radiotéléphone de nouvelle génération (le GSM, service numérique normalisé au niveau européen, commercialisé par France Telecom sous le nom d'Itineris, et par la Société française de radiotéléphonie), le Bi-Bop a pour lui son prix attractif (1 890 F,

contre au moins 8 000 F), et sa légèreté [moins de 200 grammes, contre un demi-kilo (!)]. Cette différence de prix se retrouve au niveau des tarifs des communications et de l'abonnement. Le service GSM réclame 400 F de "mise en service", et un abonnement mensuel supérieur à 370 F. Avec Bi-Bop, pas de frais de mise en service et 54,50 F seulement d'abonnement mensuel.

Une communication passée à partir d'un Bi-Bop est majorée de

Pour téléphoner avec Bi-Bop, il faut être à moins de 200 m d'une borne.



D. Simon/France Telecom

83 centimes par minute. De son côté, l'appel local GSM peut atteindre 7 F la minute ! Ainsi, une communication de six minutes effectuée en période rouge dans la région parisienne coûte 0,72 F par le téléphone classique, 5,71 F avec Bi-Bop et 35,58 F sur Itineris.

Ces écarts de prix correspondent à des différences considérables de service. Le GSM devrait couvrir toute la France dès la fin de l'année prochaine, alors que le Bi-Bop ne fonctionne qu'à partir de Paris et de Strasbourg (où il a été testé dès décembre 1991). France Telecom attendra de tirer un premier bilan de l'expérience parisienne avant d'envisager une extension à d'autres grandes villes. Autre inconvénient du Bi-Bop : il rend presque impossible de se déplacer en parlant, car toute communication commencée à travers une borne doit se poursuivre grâ-

ce à cette même borne.

Le service Bi-Bop ne permet pas encore de recevoir des appels. Cette option ne sera proposée qu'en septembre prochain. Et lorsqu'il sera appelé, le possesseur d'un Bi-Bop devra payer le prix de la communication entre son centre d'abonnement (actuellement Paris ou Strasbourg), qui servira de relais, et l'endroit où il se trouve.

Enfin, l'usager ne sera joignable qu'après avoir signalé sa présence à la borne la plus proche, et à condition de ne pas s'en éloigner. C'est pourquoi France Telecom a prévu une messagerie vocale dans l'option "Bi-Bop réponse". Si l'abonné n'est pas localisé au moment de l'appel, son correspondant pourra lui laisser un message. Lorsque cet abonné se reconnectera, il sera immédiatement informé de l'existence du message.

Cette opération sera payante, probablement sous la forme d'un quota mensuel dont le prix sera intégré au complément d'abonnement. Le fait que France Telecom ne puisse, à ce jour, fournir une tarification précise de l'option "Bi-Bop réponse" donne une idée de la complexité du système.

Bi-Bop est incontestablement un nouveau type de téléphone. Le "téléphone personnel", dit-on à France Telecom. Par opposition, comme on peut l'imaginer (mais comme l'opérateur se garde bien de le dire), au "téléphone public", c'est-à-dire à la cabine téléphonique. L'image est assez juste : Bi-Bop, c'est la "cabine téléphonique portative". L'expression ne rend peut-être pas suffisamment justice à la haute technologie déployée pour ce nouveau système.

Mais elle vaut mieux que "radiotéléphone du pauvre", non ?

ASDRAD TORRES

(1) Un radiotéléphone GSM ultra-léger comme celui de Motorola ne pèse que 285 g... mais coûte 13 800 F.



M. Reynaud/France Telecom

Mémoires flash franco-italo-japonaises

● Encore un mariage dans les mémoires flash ! Ces puces électroniques, qui ne perdent pas la mémoire quand le courant est coupé, menacent très sérieusement les supports magnétiques dans les applications de stockage de données, et en particulier les disques durs destinés aux ordinateurs portables (voir *Science & Vie* n° 906, p. 92). Après les alliances Intel-Sharp, IBM-Toshiba, AMD-Fujitsu, Catalyst-Oki, etc., voilà le groupe franco-italien SGS-Thomson qui convole avec le japonais Mitsubishi. Les deux partenaires plancheront sur une puce d'une capacité de 16 mégabits (16 millions de bits). Le japonais Toshiba s'apprête à produire en série une puce semblable de même capacité.

Une encyclopédie multimédia

● Un dictionnaire encyclopédique en six volumes, dix volumes de dossiers thématiques, une série de vidéocassettes et un disque CD-Rom : l'encyclopédie *Axis* que le groupe Hachette Livre vient de mettre en vente (5 970 F pour la seule partie papier) est l'un des plus gros ouvrages multimédias publiés à ce jour en Europe. La réalisation de cette "encyclopédie du III^e millénaire" a demandé sept ans de travail à plus de 700 rédacteurs et conseillers scientifiques. Cet ouvrage associe textes, sons, images fixes et animées, stockés sur trois types de supports : papier, bande magnétique et disque optique. La prochaine étape pour l'édition multimédia sera de réunir, grâce aux techniques de compression numérique, toutes ces données sur un disque optique interactif. ■



"DON'T GIVE UP, LAD"

EURO-RSCG

* "... n'abandonne pas, car tu as des amis ..." - Photo: W. THOMPSON

SE YOU HAVE FRIENDS™

Peter GABRIEL



LA MUSIQUE EST UNE FORCE.

Peut-on se

PAR HÉLÈNE GUILLEMOT

«Allons-y capitaine... et bon voyage !» Dans la pénombre, le valeureux capitaine Kirk grimpe tranquillement sur un petit podium circulaire. Assis devant un clavier, Scotty appuie sur un bouton rouge. Aussitôt, notre héros s'auréole d'un halo phosphorescent, puis semble se morceler... et se dissout en une multitude de points lumineux qui s'évanouissent dans un léger grésillement. A cet instant précis, sur un autre planète sise à l'autre bout de l'Univers, des confettis brillants surgissent du néant. Ils dessinent la silhouette du capitaine qui, bientôt, descend calmement de son podium, un reste de lueur bleue accroché à sa combinaison...

Vous venez d'assister à une très banale scène de téléportation. Un thème classique en science-fiction, popularisé en particulier par le feuilleton américain *Star Trek*. Mais voilà que la réalité frappe à la porte de la fiction ! Et par la plus austère et sérieuse d'entre elles : un article dans l'ultra-hermétique *Physical Review Letters* (29 mars 1993). Six physiciens théoriciens (deux Américains, un Israélien, un Australien et deux Québécois, dont un travaillant à l'École normale supérieure de Paris) ont osé titrer leur travail avec le mot "téléportation". Il n'en fallait pas plus pour suggérer les scénarios les plus fous.

Pourrons-nous être téléportés demain ? La question mérite d'être posée. D'une part, parce qu'elle est au cœur d'un des plus importants débats de l'histoire de la physique contemporaine. D'autre part, parce qu'il y a un véritable enjeu scientifique et technique que l'on peut résumer par l'expression "ordinateurs quantiques". Quoi qu'il en soit, les chercheurs assument, dans leur article, l'emploi du terme et la dimension qu'il a dans l'imaginaire populaire : «Nous avons choisi d'appeler notre nouveau phénomène téléportation, terme de science-fiction signifiant qu'on fait disparaître une personne ou un objet tandis qu'une réplique exacte apparaît ailleurs», écrivent-ils sans trembler.

Mais cette perspective extraordinaire laisse en suspens une question fondamentale : la télépor-

Deux photons s'aimaient d'amour tendre... Une fois de plus, la réalité rattrape la science-fiction. Un groupe de physiciens vient de donner ses lettres de noblesse à la téléportation. A l'horizon : les ordinateurs quantiques.

tation enfreint-elle les lois de la physique ? Est-ce une hypothèse de plus dans l'édifice actuel ou remet-elle tout en question ? La réponse est sans ambiguïté : «Notre téléportation, contrairement aux versions de science-fiction, ne défie aucune loi physique. En particulier, elle n'a pas lieu instantanément, ou plus vite que la lumière.» De plus, elle ne permet pas de téléporter, au sens strict, un être vivant ou même une particule !

Mais la possibilité de téléportation n'en est pas moins réelle : ces scientifiques ont bel et bien découvert le moyen de créer l'exacte réplique d'une particule à l'endroit précis qu'ils désirent. A une nuance près : ce n'est pas en déplaçant la particule elle-même mais en téléportant toute l'information nécessaire à la reconstruction de sa copie conforme. Autrement dit, on ne téléporte pas de la matière, mais de l'information pour dupliquer la matière. L'exploit scientifique et l'enjeu technique n'en sont pas moins importants. Au contraire. En effet, catapulte une particule, y compris à des vitesses proches de celle de la lumière, est depuis longtemps à la portée des physiciens. En revanche, copier fidèlement une particule semblait à jamais irréalisable et même formellement interdit par une loi d'airain : le principe d'incertitude de Heisenberg. Les chercheurs viennent donc de réussir à réaliser l'un sans transgresser l'autre.

Pierre angulaire de la mécanique quantique, ce principe marque pourtant les limites de notre connaissance du monde microscopique. Il affir-



Collection Cal's

téléporter ?



me qu'il est impossible de déterminer précisément toutes les propriétés d'une particule : elles sont partiellement indéterminées. La théorie quantique permet néanmoins de calculer les probabilités que l'on a, en faisant une mesure, de trouver la particule dans tel ou tel état. Donc, à défaut de tout connaître des particules individuellement, les physiciens savent prédire leurs propriétés statistiquement.

Aucun espoir, on le voit, de parvenir jamais à décrire parfaitement une particule donnée. A plus forte raison, pensait-on, d'en fabriquer une réplique ! Or, c'est précisément ce qu'a annoncé cette équipe de chercheurs. Pour ce véritable tour de passe-passe, il fallait donc un "truc" : on le connaît sous le nom de "paires EPR". On peut résumer ce phénomène fondamental ainsi : parfois, un atome excité perd son trop-plein d'énergie en émettant deux photons à la fois. Ces photons ayant été créés ensemble, leurs propriétés ne sont pas indépendantes, mais nécessairement corrélées. Or, la physique quantique dit qu'elles peuvent, après séparation, rester corrélées à jamais (si elles ne sont pas perturbées) ! Ces photons très particuliers constituent ainsi une paire EPR.

On comprend l'enjeu : le passé ne meurt pas réellement, il peut influencer, au sens strict, l'avenir. Autrement dit, l'interaction qu'ont eu ces deux photons dans le passé lie leur destin "pour la vie"... Et, bien sûr, quelle que soit la distance qui les sépare ! C'est ici que la science défie le bon sens. En effet, tout ce qui trouble une des particules retentit aussitôt sur sa sœur "jumelle", même si celle-ci se trouve à des millions de kilomètres !

Prenons un exemple concret : si on change la polarisation d'un des photons de la paire, l'autre modifiera immédiatement sa polarisation pour conserver la corrélation initiale. N'est-ce pas romantique ? Par-delà le temps et l'espace, les deux membres du "couple" continuent d'interagir comme au temps où ils étaient ensemble... Mais les chercheurs n'ont guère le temps de s'attarder sur ces beaux "sentiments quantiques". Ils doivent répondre à un nouveau défi : cette influence occulte qui avertit l'un de ce qui arrive à l'autre, se transmet instantanément... c'est-à-dire plus vite que la lumière. Or, la vitesse de cette dernière, sous peine de voir s'évanouir toutes les certitudes de la physique moderne, est indépassable. Il n'y pas d'instantanéité possible !

La réalité quantique rejoint les plus fous des scénarios de science-fiction. Ici, *Star Trek*.

suite de la page 41

Comment sortir de cette impasse ? En affinant la terminologie scientifique. En effet, en toute logique quantique, on ne doit pas considérer les deux particules EPR comme des objets séparés, quelle que soit leur distance ! Depuis leur origine commune (désexcitation d'un atome ou autre procédé, car on connaît aujourd'hui plusieurs méthodes pour fabriquer de telles paires), elles partagent un même état composé, sont décrites par la même équation. Bref, elles n'ont pas chacune une individualité et des propriétés propres, mais sont comme "mêlées", "enchevêtrées" à jamais. Vu sous cet angle, il paraît presque normal que les changements survenus dans la vie de l'une retentissent aussitôt sur l'autre !

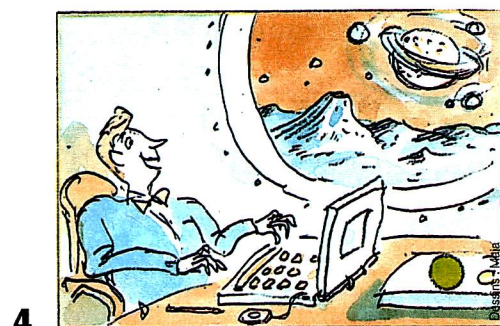
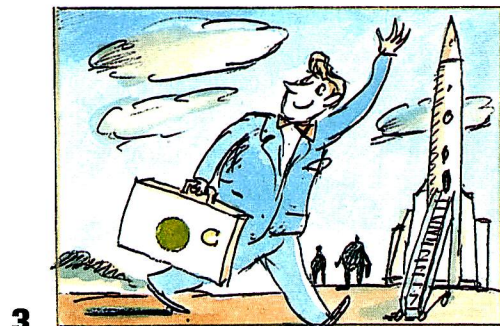
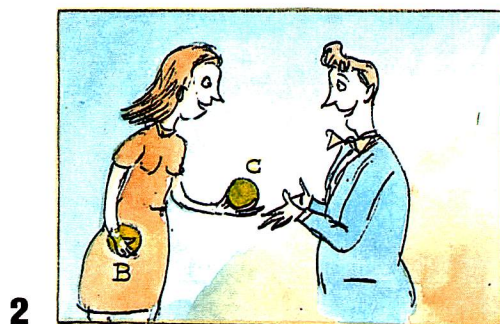
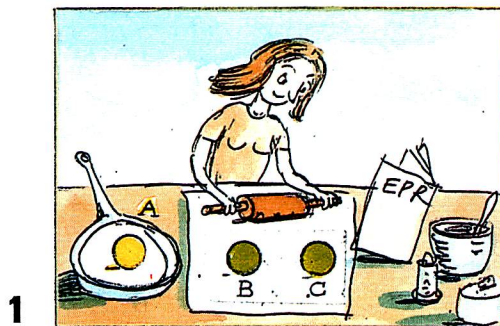
Personne ne nie que ce type d'interprétation soit difficile à avaler. Einstein, le premier, ne l'a jamais accepté. Il évoquait ironiquement la "télépathie" entre particules... Réaliste par tempérament, le père de la relativité était persuadé que les particules possèdent réellement des propriétés bien définies, mais que la mécanique quantique est incapable d'en rendre compte. Elle serait donc incomplète, «c'est notre ignorance qui nous conduit à de telles affirmations», soutenait-il. Ainsi, la description statistique n'a de valeur que "faute de mieux" (voir photos p. 44).

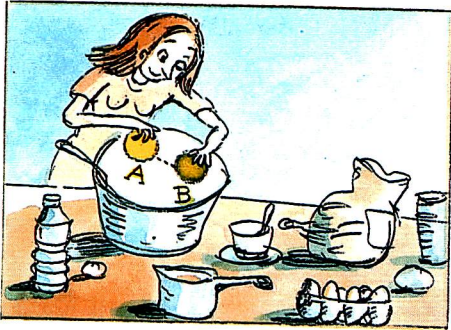
Au contraire, pour les "pères fondateurs" de la mécanique quantique, dont Niels Bohr, ce caractère probabiliste reflétait la nature fondamentale et indépassable du monde microscopique. En 1935, le débat fit rage entre ces deux points de vue : Einstein et deux collaborateurs, Podolsky et Rosen, publièrent dans la *Physical Review* une "démonstration" de l'incomplétude de la théorie quantique : c'est le fameux "paradoxe EPR", d'après les initiales des trois auteurs (voir *Science & Vie* n° 785, p. 48, et 821, p. 20). Depuis, on sait qu'Einstein avait tort, justement parce qu'il ne tenait pas compte de l'extraordinaire corrélation qu'on vient de décrire, et qu'on désigne par "non-séparabilité".

La controverse Bohr-Einstein a été définitivement tranchée au milieu des années quatre-vingts, grâce à plusieurs expériences réalisées à l'université d'Orsay par un physicien français, Alain Aspect (voir *Science & Vie* n° 766, p. 14). Le doute n'est désormais plus permis : deux particules corrélées interagissent bel et bien par influence instantanée. La physique quantique a raison contre Einstein. En mémoire du mythique article de 1935, les couples de particules corrélées sont désignées comme "paires EPR".

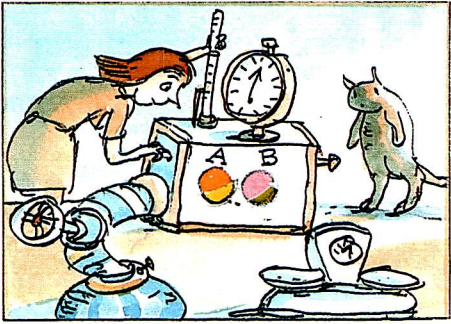
Que peut-on dans ce contexte appeler téléportation ? L'exploitation du lien extraordinaire qui unit deux particules EPR pour transporter les propriétés (l'état quantique) d'une particule tier-

BRÈVE HISTOIRE DE TÉLÉPORTATION



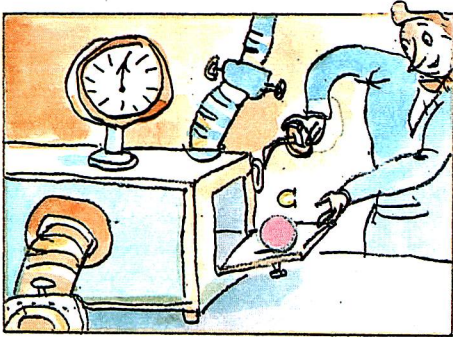
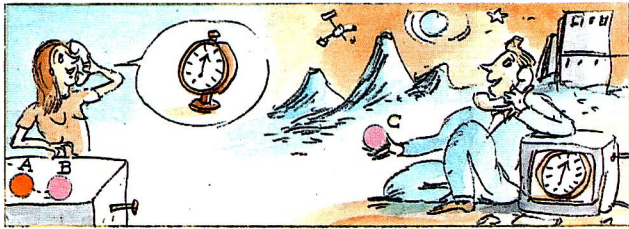


5



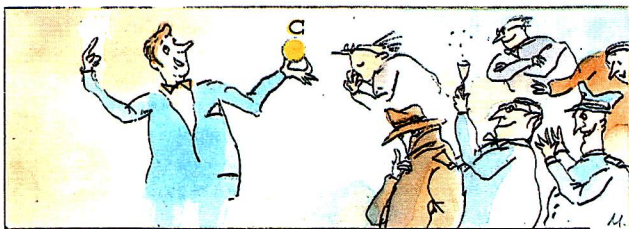
6

7



8

9



Alice possède une particule A et souhaite pouvoir en expédier à Bob une réplique exacte, où que celui-ci se trouve.

Pour ce faire, elle commence par fabriquer une paire de particules EPR (par exemple, en excitant un atome qui produit alors deux photons jumeaux) 1. Ces deux particules, B et C, sont corrélées, et toute action sur l'une retentit instantanément sur l'autre. Alice garde avec elle la particule B, et confie à Bob son "jumeau" C 2. Bob conserve précieusement sur lui cette particule, et se rend sur une planète lointaine 3.

Alice décide alors de lui faire parvenir la réplique de A 4. Elle met en contact A et la particule EPR B, pour qu'elles interagissent entre elles 5. Puis elle effectue sur ce nouveau couple de particules une mesure physique de la propriété qu'elle souhaite "copier" (par exemple, la polarisation) 6.

Elle transmet ensuite le résultat de cette mesure à Bob (par téléphone, courrier, onde radio ou tout autre moyen de communication classique, c'est-à-dire au maximum à la vitesse de la lumière) 7. Connaissant ce résultat de mesure sur A et B, et comme B et C "communiquent" par corrélation EPR, Bob peut en déduire simplement l'opération physique qu'il doit réaliser sur sa particule C 8, pour qu'elle acquière la propriété de A qu'il souhaitait répliquer 9.

Le moment crucial, dans cette histoire, est bien celui de la mesure : à cet instant, les trois particules impliquées dans cette scène voient leur destin basculer.

Avant la mesure, la théorie quantique ne prédit pas les polarisations des trois particules en jeu (tout au plus des probabilités). La seule chose que l'on sache avec certitude est que les particules de la paire EPR, B et C, ont toujours des

polarisations inverses (sans toutefois les connaître individuellement). Mais en effectuant une mesure, on passe des probabilités aux réalités : les particules sont obligées de sortir de ces états "flous" et doivent "choisir" entre les différentes possibilités. En cela, la mesure perturbe l'objet mesuré : elle contraint des particules quantiques à répondre à la question posée par un instrument "classique".

Quand elle mesure la polarisation globale du couple constitué de la particule initiale A et de la particule EPR B, Alice contraint le couple à se décider entre plusieurs états de polarisations également probables avant la mesure. Le couple A et B "choisit" donc un de ces états, et la particule C, le "sachant" instantanément (puisque corrélée à B), se projette aussitôt dans un état relié à l'état initial de la particule A. Une fois que Bob apprend d'Alice ce résultat sur A et B, il en déduit l'état actuel de sa particule C. Chacun des états possibles étant lié simplement à la polarisation de la particule A, il sait quelle opération il doit effectuer sur sa particule C (opération de symétrie, dans le cas de la polarisation) pour la mettre dans l'état de polarisation de A. Le tour est joué !

Bien sûr, l'acte de mesure a brisé la corrélation EPR (le couple n'est plus uni...), et aussi, du côté d'Alice, détruit la polarisation qu'elle voulait copier. Mais Bob a retrouvé cet état à des millions de kilomètres, grâce au résultat de cette mesure. Tout cela sans que jamais ni lui ni Alice ne connaissent la polarisation qu'ils viennent de téléporter ! D'autres propriétés peuvent théoriquement être téléportées de la même façon. En attendant mieux : le télétransport de la particule dans son ensemble...

suite de la page 42

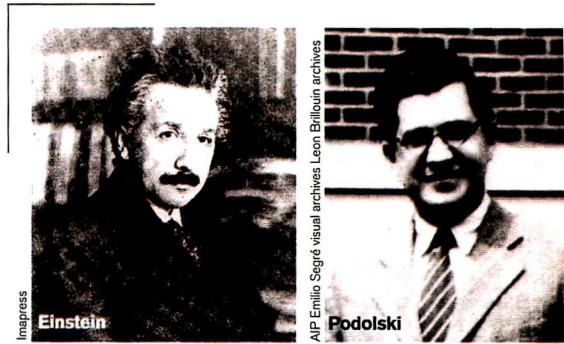
ce que l'on cherche à répliquer. Avec une nuance tout de même : cette astuce permet de téléporter l'état quantique... sans le connaître, puisque c'est impossible en vertu du principe d'indétermination de Heisenberg !

En fait, la téléportation décrite dans l'article de *Physical Review Letters* ne permet pas vraiment (pas encore ?) de copier l'ensemble des caractéristiques d'une particule, mais seulement une propriété. En fait, toujours selon le principe d'Heisenberg, on ne peut connaître entièrement même une propriété particulière. Transférer cette information "inconnaisable" à distance constitue donc un défi et un exploit, même si la particule n'est pas copiée dans son entier !

Concrètement, le scénario de téléportation fait intervenir deux physiciens, la particule à dupliquer et une paire de particules EPR (voir encadré p. 43). En résumé, on peut dire que deux personnes possédant chacune une des particules jumelles peuvent, en échangeant des informations par un moyen classique (téléphone, courrier...), dupliquer par effet quantique une troisième particule mise en contact avec un seul élément de la paire EPR. Et à l'instant où la copie est réalisée, l'état original est détruit...

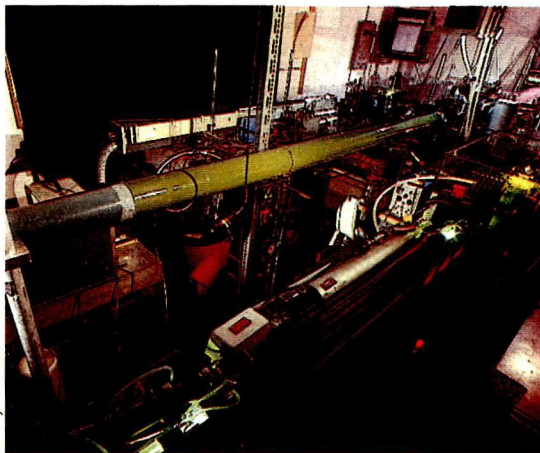
Dans cette scène, les deux échanges d'information – communication classique entre les physiciens, et purement quantique entre les particules corrélées EPR – sont aussi indispensables l'une que l'autre. C'est à cause de cette incontournable transmission classique que la téléportation ne peut en aucun cas dépasser la vitesse de la lumière. Mais peu importe, selon Claude Crépeau, chercheur québécois travaillant actuellement au laboratoire d'informatique de l'École normale supérieure, à Paris, et cosignataire de l'article, «l'avantage pratique essentiel de la téléportation est de pouvoir expédier la copie d'une particule à l'endroit que l'on veut avec une précision inégalée. Quand on envoie une particule, on connaît rarement sa destination de manière aussi précise. Mais là, il suffit de placer où on le souhaite l'une des particules d'une paire EPR pour pouvoir téléporter à cet endroit exact l'état quantique que l'on veut, grâce à la particule jumelle.

» Imaginez, poursuit le chercheur, qu'une sonde spatiale visite une étoile lointaine, et que des astrophysiciens s'interrogent sur l'état quantique de la matière à la surface de cette étoile. Il suffit que la sonde ait emporté quelques particules corrélées EPR, et place chacune d'elle à côté d'une particule extraterrestre. Puis que, après avoir effectué les mesures désirées, le robot envoie par radio les résultats sur Terre. Grâce aux particules EPR restées sur Terre, jumelles de celles embarquées, il sera possible



Einstein avait tort

Il était en profond désaccord philosophique avec l'image du monde donnée par la physique quantique. Une réalité partiellement inconnaisable, indéterminée, probabiliste. Avec Podolsky et Rosen, il a cru démontrer la contradiction – ou du moins l'"incomplétude" – de cette physique quantique dans un célèbre article publié en 1935 et connu sous le nom de "paradoxe EPR" (reprenant les initiales des auteurs). Ce paradoxe reposait sur le principe que la réalité est "séparable", c'est-à-dire que des



particules ne peuvent exercer d'influences instantanées entre elles, contrairement à ce qu'affirme la mécanique quantique. C'est pourtant cette dernière qui a raison : la preuve formelle a été apportée, en 1980, par le jeune physicien français Alain Aspect. Son expérience consistait à mesurer la polarisation de deux photons issus d'un même atome de calcium, donc corrélés, mais très éloignés l'un de l'autre. Aspect démontra, grâce à des mesures très fines au moyen de lasers, que si l'on change la polarisation de l'un des photons, celle de l'autre s'en trouve instantanément modifiée. Les photons restent donc corrélés malgré la distance : ils "communiquent" plus vite que la lumière, ou plutôt ils sont "inséparables". On n'a pas encore évalué l'immense portée de cette non-séparabilité, mais on pense déjà à des applications. La téléportation, par exemple.

d'avoir, dans un laboratoire classique, les copies conformes des corpuscules de l'espace...»

Les théoriciens ne sont d'ailleurs pas en mal d'imagination ! Les utilisations possibles de la téléportation, variantes du même principe, sont innombrables. Par exemple, on pourrait très bien téléporter... des particules corrélées EPR, au moyen d'autres paires EPR. Ou encore, imaginer des téléportations à trois, ou encore à la chaîne ! Il est même un domaine actuellement en vogue où la téléportation devrait avoir une place de choix : la cryptographie, c'est-à-dire l'étude des codes secrets.

Quoi de plus confidentiel, en effet, qu'un message sous forme d'état quantique (ou, plus vraisemblablement, d'une succession d'états quantiques) transmis par le truchement de particules corrélées EPR ? Les espions qui intercepteraient la partie classique du message en seraient pour leurs frais : le secret des états quantiques est très bien gardé par le principe d'Heisenberg qui garantit que seul le possesseur de la particule EPR corrélée peut reconstituer l'état quantique codé à l'origine. Le secret absolu donc. Il se trouve justement que Claude Crépeau est un spécialiste de la cryptographie quantique...

Ce n'est pas, non plus, un hasard si parmi les signataires de l'article sur la téléportation, on compte autant d'informaticiens que de physiciens. Depuis quelques années, on note en effet un net regain d'intérêt pour ces questions parmi les plus ardues de la physique quantique (le problème de la mesure, la non-localité...) : elles sont aujourd'hui envisagées dans la perspective d'une nouvelle théorie de l'information quantique. Avec, à la clé, le grand espoir (à long terme) de construire de véritables ordinateurs quantiques...

Car, on s'en doute, l'information quantique n'obéit pas aux lois classiques de la théorie de l'information : la communication instantanée entre des particules EPR en offre le meilleur exemple ! Or, depuis trois ans, certains physiciens passionnés par les problèmes fondamentaux de théorie quantique rencontrent des spécialistes de théorie de l'information, et, ensemble, ils cherchent à imaginer comment pourrait fonctionner une machine utilisant de l'information quantique. La dernière de ces réunions internationales s'est tenue à Turin, à la fin du mois de mai, et on pouvait y rencontrer tous les "inventeurs" de la téléportation...

A quoi ressembleraient des ordinateurs qui exploiteraient pour leurs mémoires les propriétés quantiques des particules ? Que serait, par exemple, un stockage quantique de l'information, utilisant la possibilité qu'ont les particules de se trouver dans plusieurs états simultanément ? Nous voilà bien

loin de la logique strictement binaire des ordinateurs classiques... On imagine déjà le fantastique progrès en efficacité (donc en rapidité) des calculs que permettrait le traitement parallèle des données...

Cette science-fiction-là n'est pas moins originale et "fantastique" que la téléportation à la *Star Trek*. Avec un avantage de taille : elle est plus vraisemblable. Même si ce n'est pas pour après-demain. La téléportation est aujourd'hui un pur résultat théorique, issu des théories de la mesure



A. Berthiaume

Les pères de la téléportation

... théorique (pour la pratique, il faudra patienter encore un peu) sont informaticiens autant que physiciens.

De gauche à droite et de haut en bas, Richard Jozsa, William Wootters, Charles Bennett, Gilles Brassard, Claude Crépeau et Asher Peres.

et de l'information quantique. Une situation aussi difficile que stimulante, car, en réalité, nul ne sait aujourd'hui à quoi pourrait ressembler une expérience de téléportation ! Mais ils sont de plus en plus nombreux à vouloir relever le défi.

Pourrons-nous un jour pratiquer la téléportation humaine ? Il faudra préalablement savoir reproduire la structure moléculaire (classique et non quantique) d'un être humain, alors que, comme le fait remarquer Claude Crépeau, «on ne sait même pas décrire au niveau moléculaire un vulgaire morceau de papier !» Le jour où ce léger problème sera résolu (après tout, un individu ne compte jamais que 10^{28} particules), on pourra songer à téléporter en sus leur état quantique. Mais ce ne sera sans doute pas le plus difficile ! Dans la tête de certains, les machines crépitent déjà... ■

D'Euclide aux géométries de l'impossible

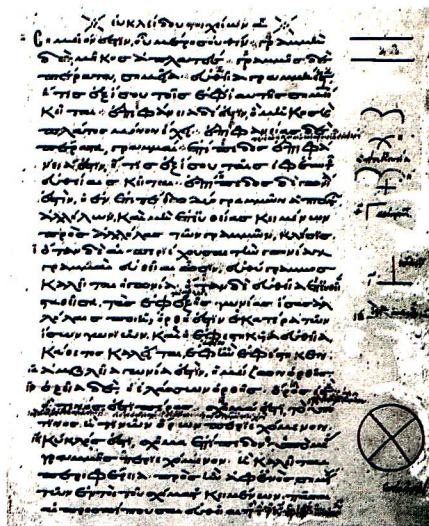
PAR MAURICE ARVONNY

Depuis l'Antiquité, les *Eléments de géométrie*, d'Euclide, sont le modèle de l'Œuvre mathématique. En témoignent les *Eléments de mathématique*, de Nicolas Bourbaki. Cet ouvrage collectif, inachevé par nature, écrit depuis cinquante ans par un groupe de mathématiciens français qui se renouvelle au cours des générations, a pour ambition de donner des fondations solides à l'ensemble des mathématiques. L'une de ses premières phrases est : «Ce qui était une démonstration pour Euclide en est toujours une à nos yeux.» Il n'est pas indifférent que le nom propre cité soit celui du géomètre grec, et que le titre du traité de Bourbaki fasse écho aux *Eléments de géométrie*, d'Euclide. Vingt-trois siècles après ce mathématicien dont on ne sait à peu près rien – il pourrait bien, comme Homère ou... Bourbaki, cacher plusieurs auteurs –, Euclide reste le modèle à suivre.

L'œuvre d'Euclide a longtemps été considérée non seulement comme un monument, mais aussi comme l'organisation méthodique et raisonnée de vérités inéluctables. Pour Kant, il s'agissait en 1780 d'une «nécessité inévitable de la pensée». Mais, dès 1794, le jeune Carl-Friederich Gauss – alors âgé de 17 ans ! – avait démontré les principaux théorèmes de la géométrie non euclidienne. Il savait qu'à côté de la géométrie d'Euclide on pouvait en formuler une autre, tout aussi cohérente, tout aussi mathématiquement «vraie». Pourtant, il garda toute sa vie par devers lui ses découvertes. La géométrie non euclidienne porte le nom de Nicolas Lobatchevski, lequel fut effectivement le premier à la rendre publique, mais bien plus tard, en 1827. La rendre publique, mais non la faire accepter.

Il fallut encore une quarantaine d'années pour que l'ensemble des mathématiciens placent sur un pied d'égalité les géométries d'Euclide et de Lobatchevski, lesquelles ne sont que deux exemples

Trois siècles avant notre ère, Euclide bâtissait la géométrie sur cinq postulats. Il a fallu plus de 2 000 ans de réflexion et les travaux de Nicolas Lobatchevski pour comprendre toutes les implications du cinquième ! Une géométrie défiant le bon sens est née, qui nous gouverne encore.



Manuscrit des *Eléments*, définitions du point et de la ligne, au début de l'ouvrage.



Photos Collection Vieillet

Trois siècles
av. J.-C., Euclide

pose les cinq postulats de la
géométrie. Le cinquième
va hanter les mathématiciens
jusqu'au siècle dernier.

d'une famille plus large de géométries. En 1872, l'Allemand Felix Klein donnait enfin une définition précise du mot "géométrie", en classait les diverses acceptions, et mettait le point final à la longue histoire de la géométrie non euclidienne.

C'est cette histoire que nous allons raconter ici. Première question qui vient à l'esprit : Pourquoi fut-elle si longue ? Dès l'époque d'Euclide, la porte était entrouverte pour une géométrie non euclidienne. Or, les mathématiciens s'acharnèrent à la fermer. Ce n'est qu'après des siècles de vains efforts qu'ils eurent l'audace de l'ouvrir entièrement. La raison en est clairement – et c'est une des grandes difficultés de la géométrie non euclidienne – que cette géométrie heurte le sens commun. Nous n'arrivons pas à concevoir qu'une droite soit autre chose que... ce que nous avons toujours cru – et ce que nous avons toujours cru est

ce qu'Euclide nous a enseigné. Nos ancêtres à qui on expliquait que la Terre est ronde en déduisaient, bien à tort, que les Australiens marchaient la tête en bas, et refusaient d'accorder foi à pareilles sottises. Nous aurions la même réaction si on nous affirmait à brûle-pourpoint que lorsqu'un quadrilatère a trois angles droits, le quatrième est nécessairement... aigu. Or, c'est là un théorème de la géométrie de Lobatchevski, tout aussi cohérente que celle d'Euclide. Quant à savoir quelle géométrie décrit mieux le monde réel, c'est une question non mathématique. La relativité générale d'Einstein suggère que... ce n'est ni l'une ni l'autre.

Le point de départ est donc l'ouvrage d'Euclide. Non qu'il soit entièrement nouveau. Au contraire, il s'agit pour l'essentiel d'une compilation et d'une mise en forme de résultats déjà connus. Mais ce qui le distingue des textes antérieurs et fait sa grandeur, c'est la volonté affirmée de déduire les théo- ▶

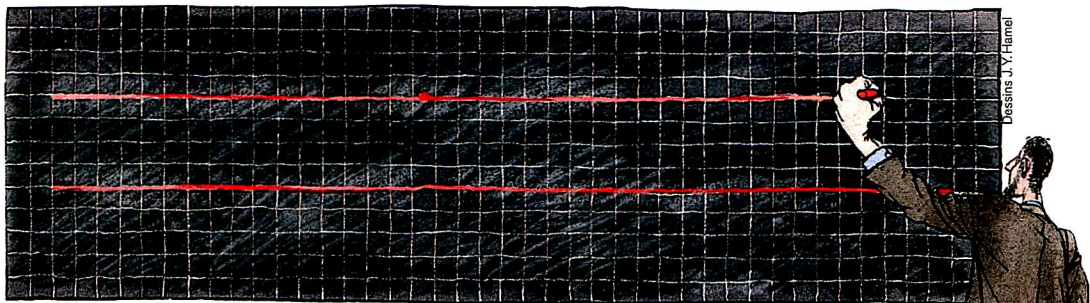
suite de la page 47

rèmes d'un petit nombre de "postulats". La géométrie est bien plus vieille qu'Euclide. De nombreux résultats étaient connus des Egyptiens et des Babyloniens plus de mille ans avant lui. "Géométrie" signifie "mesure de la Terre", et c'était effectivement une nécessité pour ces peuples, après les inondations du Nil ou de l'Euphrate et du Tigre, qui recouvraient le sol d'un limon fertile mais brouillaient tous les repères, de savoir déterminer quelle parcelle revenait à chacun. Egyptiens et Babyloniens avaient ainsi développé toute une série de recettes plus ou moins exactes (le "théorème de Pythagore" en était une), mais ils ne s'étaient pas souciés de leur donner une architecture logique. La notion de démonstration n'apparaît qu'avec le Grec Thalès et s'affine au fur et à mesure des pro-

tous compris : dans la grande querelle du début du xx^e siècle entre mathématiciens formalistes et mathématiciens intuitionnistes, puis les débats récents sur l'analyse non standard, on trouve un écho des questions longtemps posées à propos de ce cinquième postulat.

Euclide déduit des quatre premiers postulats une série de vingt-huit propositions qui contiennent une part non négligeable de la géométrie plane. Les célèbres "cas d'égalité des triangles" sont ainsi indépendants du cinquième postulat. C'est seulement pour démontrer la vingt-neuvième proposition (égalité des angles sous lesquels une droite coupe deux parallèles) qu'il l'utilise.

Que dit ce cinquième postulat ? Dans les présentations modernes de la géométrie, on l'exprime



Dessins J. Y. Hamel

Géométrie euclidienne : naissance du cinquième postulat

«Par un point non situé sur une droite, il passe au plus une parallèle à cette droite.»
Ce postulat d'Euclide a été une des pierres angulaires de la géométrie.

grès de la logique. Avec les *Eléments* (environ 300 av. J.-C.), elle devient parfaitement claire.

Euclide commence son exposé de la géométrie plane par des définitions et des axiomes, affirmations de vérités générales, du genre «des choses égales à une même chose sont égales entre elles», ou bien «le tout est plus grand que la partie». Il pose ensuite cinq postulats, spécifiques à la géométrie plane.

- Le premier dit que par deux points il passe une droite et une seule.
- Le second affirme qu'étant donnés deux segments de droite, on peut prolonger le premier par un segment qui a la longueur du second.
- Le troisième pose l'existence d'un cercle dont on donne le centre et un point.
- Le quatrième assure que tous les angles droits sont égaux.
- On explicitera plus loin le cinquième postulat : une petite affirmation presque aussi banale que les précédentes, mais dont les mathématiciens mettront plus de 2 000 ans à comprendre les tenants et les aboutissants. Si tant est qu'il les aient

sous la forme que lui a donné David Hilbert : «Par un point non situé sur une droite, il passe au plus une parallèle à cette droite.» Le fait qu'il en passe au moins une est en effet une conséquence des postulats précédents. Mais ce n'est pas cette forme que lui donne Euclide. Il considère trois droites, dont une, la transversale, coupe les deux autres. Il définit alors les angles "intérieurs" au points d'intersection, et affirme que si la somme de deux angles intérieurs d'un même côté de la transversale est inférieure à celle de deux angles droits, les deux droites se coupent en un point, situé du côté de la transversale où sont ces angles intérieurs.

L'énoncé de ce postulat et son utilisation dans les *Eléments* posent plusieurs questions. Pour Euclide, la véracité d'un postulat doit être évidente ; on doit pouvoir le vérifier sur une figure. C'est le cas des quatre premiers postulats. C'est aussi celui de quelques axiomes qu'Euclide utilise sans le dire, par exemple le fait que deux cercles qui se coupent en un point se coupent aussi en un autre point, ou

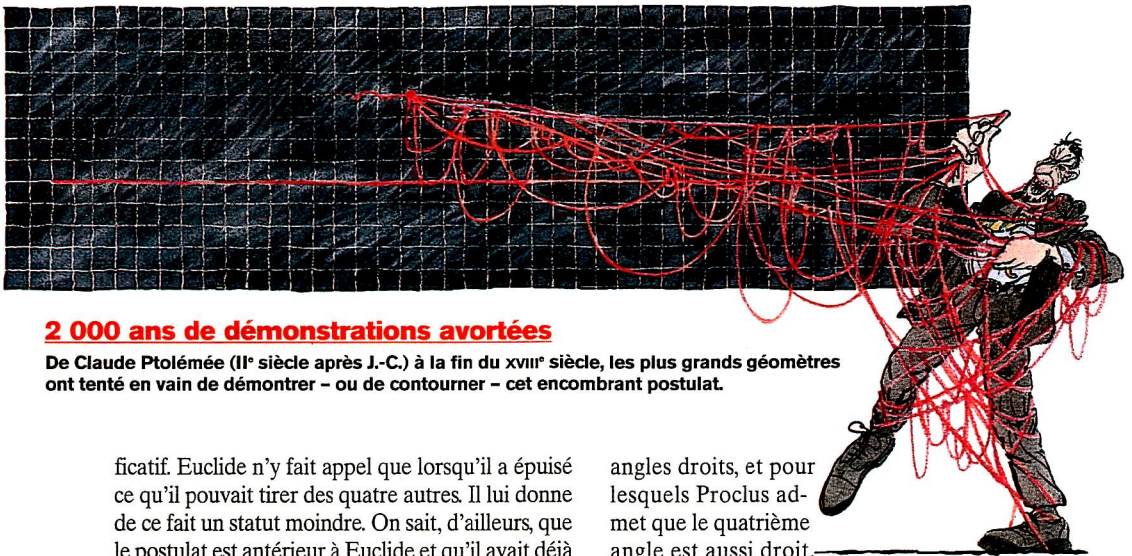
qu'une droite qui coupe un côté d'un triangle coupe aussi un des deux autres côtés.

Or, la véracité du cinquième postulat n'est pas vérifiable. Si la somme des angles intérieurs est très voisine de deux droits, le point d'intersection est très éloigné de la transversale. Quelle que soit la grandeur du morceau de plan sur lequel on dessine la figure, on peut tracer des droites pour lesquelles le point d'intersection dont Euclide affirme l'existence est en dehors des limites, et n'est donc pas observable. La forme donnée par Euclide à son cinquième postulat dissimule un "passage à la limite" – l'un des premiers de l'histoire –, outil fondamental que les mathématiciens ont mis des siècles à maîtriser.

L'emploi du cinquième postulat, aussi, est signi-

re, et Proclus écrit des commentaires sur l'œuvre d'Euclide, où il critique le recours par ce dernier au cinquième postulat. Si les angles intérieurs ont une somme inférieure à deux droits, Proclus admet que la distance entre les droites diminue, mais cela n'implique pas qu'elles se rejoignent. Il utilise à ce propos l'exemple de l'hyperbole, courbe qui se rapproche indéfiniment de son asymptote sans jamais l'atteindre.

Le postulat n'a donc rien d'évident et doit être démontré. Pour autant, Proclus ne remet pas sa validité en cause. Il critique la démonstration de Ptolémée et en donne une autre. Mais celle-ci s'appuie sur l'existence de rectangles, c'est-à-dire de quadrilatères qui ont trois



2 000 ans de démonstrations avortées

De Claude Ptolémée (II^e siècle après J.-C.) à la fin du XVIII^e siècle, les plus grands géomètres ont tenté en vain de démontrer – ou de contourner – cet encombrant postulat.

ficatif. Euclide n'y fait appel que lorsqu'il a épuisé ce qu'il pouvait tirer des quatre autres. Il lui donne de ce fait un statut moindre. On sait, d'ailleurs, que le postulat est antérieur à Euclide et qu'il avait déjà donné matière à débat ; on le trouve, par exemple, dans des textes d'Aristote, qui précèdent les *Eléments* d'une bonne trentaine d'années. Il est infiniment probable qu'Euclide pensait – comme l'ont fait les mathématiciens pendant vingt siècles après lui – que ce postulat était démontrable à partir des autres. Mais il a clairement reconnu qu'il ne savait pas le démontrer. Cela seul suffirait à faire de lui un très grand mathématicien, car la liste est bien fournie de ceux qui ont cru, à tort, y être parvenus.

Le premier d'entre eux, vers 150 après J.-C., est Claude Ptolémée, surtout connu comme astronome mais qui a, pour les besoins de son système du monde, établi bon nombre de théorèmes géométriques ou trigonométriques. L'argumentation de Ptolémée est complexe, mais l'analyse montre qu'il utilise sans s'en rendre compte la forme hilbertienne du postulat, c'est-à-dire l'existence d'au plus une parallèle. Trois siècles enco-

angles droits, et pour lesquels Proclus admet que le quatrième angle est aussi droit.

Or, il est impossible de démontrer cette propriété sans recourir à l'une des formes du postulat d'Euclide.

On recense plusieurs autres tentatives de démonstration au cours des siècles qui suivent, en particulier celle du persan Nasr el Din, au XIII^e siècle, qui tente un raisonnement par l'absurde. Le premier progrès véritable vient avec l'Anglais John Wallis, qui, au XVII^e siècle, renonce à démontrer le postulat d'Euclide et propose de le remplacer par un postulat plus simple : la somme des angles d'un triangle est égale à celle de deux angles droits. C'est effectivement une simplification, en ce sens qu'on peut vérifier ce postulat sur une figure, sans passage à la limite. Le postulat de Wallis n'est en rien moins naturel que le quatrième postulat, qui affirme que deux angles droits quelconques sont égaux – le mot est à prendre comme signifiant superposables. On peut ▶

suite de la page 49

se demander ce qui se serait passé si Euclide avait adopté la forme de Wallis et utilisé le postulat dès le début des *Eléments*. Peut-être personne n'aurait-il éprouvé le besoin de le démontrer.

Mais le mouvement était trop bien lancé. Peu après Wallis, l'italien Girolamo Saccheri tente de démontrer le postulat par l'absurde. Il pose qu'il est faux, et entreprend de reconstruire la géométrie sur cette hypothèse pour obtenir une contradiction. Il étudie spécifiquement les "quadrilatères de Saccheri", qui ont deux angles droits et deux côtés opposés égaux. Ces quadrilatères sont des rectangles si le postulat d'Euclide est vrai, et les deux autres angles sont aussi droits. Saccheri démontre aisément sur la base des quatre premiers postulats que les deux autres angles sont égaux. Il pose que ce sont des angles obtus, en déduit plusieurs conséquences, et obtient finalement la contradiction cherchée. C'est un résultat important, qui revient à affirmer que par un point il passe au moins une parallèle à une droite. L'autre hypothèse, celle de deux angles aigus, résiste à tous ses efforts. Saccheri obtient toute une série de résultats, qui seront plus tard des théorèmes de géométrie non euclidienne. Mais, dégoûté, il les rejette tous comme absurdes. Un commentateur a écrit que Saccheri est l'homme qui a trouvé un diamant et l'a jeté en déclarant que c'était un morceau de verre.

Le livre de Saccheri paraît peu avant sa mort, en 1733, et passe complètement inaperçu. C'est son compatriote Beltrami qui le découvrira cent cinquante ans plus tard. Quelques années après Beltrami, Lambert retrouve plusieurs des résultats de

LA GÉOMÉTRIE CONTRE

Comme nous raisonnons sans même nous en rendre compte en termes euclidiens, les théorèmes non euclidiens sont perçus comme "faux". Il est donc psychologiquement très difficile d'admettre leur véracité. Heureusement, des mathématiciens ont créé des "modèles" euclidiens de la géométrie de Lobatchevski, qui permettent de tracer des figures — déformées — et de visualiser certaines propriétés. Nous allons décrire ici deux modèles.

Le premier est dû à Eugenio Beltrami et Felix Klein.

Le plan non euclidien est représenté par l'intérieur d'un cercle. La circonférence ne fait pas partie du modèle. Une droite est représentée par une corde du cercle, extrémités non comprises. Bien entendu, ce modèle ne peut respecter les distances. Des points équidistants en géométrie de Lobatchevski apparaîtront d'autant plus proches dans le modèle qu'ils seront voisins de la circonférence. Le modèle fausse aussi les angles. Il existe une prescription simple pour construire une perpendiculaire — au sens non euclidien — à

une droite, mais sur la figure, les deux droites font un angle qui n'est en général pas droit.

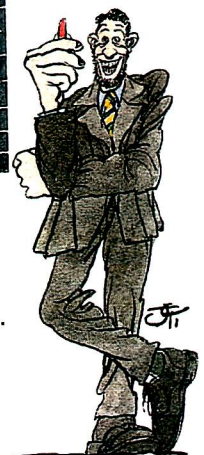
L'autre modèle a été inventé par Henri Poincaré. Le plan de Lobatchevski est représenté par un demi-plan — la droite qui le limite ne fait pas partie du modèle. Les "droites" non euclidiennes deviennent dans le modèle des demi-cercles centrés sur la droite limite. Le modèle ne respecte pas plus les distances, mais il donne une représentation fidèle des angles. Deux droites perpendiculaires en géométrie de Lobatchevski sont représentées par deux demi-cercles qui se coupent à angle droit. Des formules simples permettent de passer d'un modèle à l'autre et donc de représenter la même figure dans les deux modèles. Or, leur utilisation simultanée fournit une description plus parlante que ne le ferait chacun isolément.

La figure 1 représente trois triangles équilatéraux égaux. Dans le modèle de Klein, ces triangles sont déformés. Celui de sommet E paraît très aplati. Cela tient à ce que le point E est plus proche que



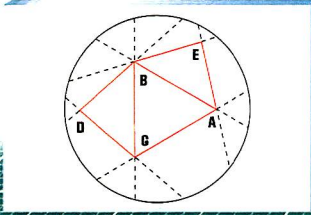
1827 : Lobatchevski résout Euclide et invente les géométries non euclidiennes

Le géomètre russe a été l'instigateur d'une nouvelle géométrie. Aujourd'hui, elle a droit de cité au même titre que la géométrie euclidienne. Désormais, l'une et l'autre sont des cas particuliers d'une géométrie plus générale, élaborée en 1854 par Bernhard Riemann. C'est la richesse du cinquième postulat qui a permis le développement de la géométrie moderne, sans laquelle Einstein n'aurait pu formuler sa théorie de la relativité générale.

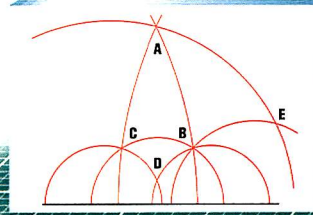


LE BON SENS

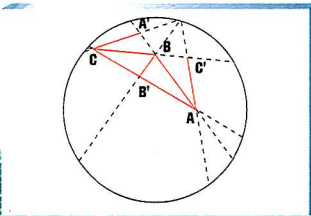
1. Modèle de Klein



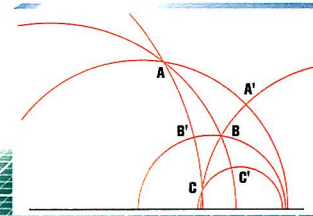
1. Modèle de Poincaré



2. Modèle de Klein



2. Modèle de Poincaré



Dessins JSI

les autres de la circonférence. Dans le modèle de Poincaré, les déformations sont différentes – le triangle de sommet A est allongé et celui de sommet D aplati. Mais les angles sont tous égaux – en géométrie de Lobatchevski, l'égalité des angles suffit à prouver celle des triangles. On pourrait vérifier

cette égalité par le calcul ou avec un rapporteur. La valeur des angles est moindre que 60° puisque leur somme doit être inférieure à 180° .

Dans la figure 2, on a dessiné un triangle et ses trois hauteurs, c'est-à-dire les droites issues d'un sommet et perpendiculaires au côté opposé. C'est un théorème

classique de la géométrie euclidienne que les hauteurs sont concourantes. Il n'en est pas de même ici : les trois hauteurs n'ont aucun point commun et sont donc mutuellement parallèles. Le modèle de Klein suggère que si on les prolongeait hors du cercle elles convergeraient au même point. Mais ce point

n'appartient pas au modèle. D'ailleurs, dans le modèle de Poincaré, où il est aisé de vérifier que chaque hauteur est perpendiculaire à un côté, on constate que les demi-cercles représentant les hauteurs ne se coupent pas, et qu'ils ne se couperaient pas plus si on complétait les cercles.

Saccheri et en ajoute d'autres. Lui ne les rejette pas comme absurdes, et tente même de les interpréter comme la géométrie d'une sphère de rayon imaginaire. Mais, restant en quelque sorte au milieu du gué, il ne considère pas que cette géométrie ait un statut égal à celle d'Euclide.

C'est certainement Carl-Friederich Gauss qui, le premier, conçut ce qu'on pourrait appeler la relativité de la géométrie. Ayant démontré, dès son plus jeune âge, les principaux théorèmes de la géométrie non euclidienne, il comprend qu'il y a là une géométrie tout aussi acceptable que celle d'Euclide. On n'emploie pas ici le mot de "relativité" par hasard. Les travaux de Gauss sur la géométrie le conduisent à des notions comme la courbure intrinsèque d'une surface – intrinsèque signifiant que la courbure est définie à partir de la seule surface, sans faire aucune hypothèse sur l'espace qui la contient.

Après généralisation par Bernard Riemann et d'autres mathématiciens, cette courbure fournira le cadre mathématique sans lequel Einstein n'aurait pas pu formuler sa théorie de la relativité générale.

Mais Gauss, comme il le dira plus tard, « craignait les Bédiens ». Il n'a publié ses nombreuses découvertes qu'avec parcimonie, quand il estimait leur avoir donné une forme irréprochable. Ses travaux sur la géométrie non euclidienne sont restés secrets sa vie durant, ou connus seulement de quelques rares correspondants. La prudence de Gauss se comprend quand on réalise qu'un mathématicien de talent comme Legendre croit pouvoir, dans son traité de géométrie publié en 1794, puis à diverses reprises jusqu'à sa mort en 1833, démontrer le postulat d'Euclide. Legendre retrouve le résultat de Saccheri sur l'existence d'au moins une parallèle, mais aucune de ses tentatives ingénieuses

suite de la page 51

pour démontrer l'unicité de cette parallèle n'aboutira.

Parmi les amis de Gauss figure un mathématicien hongrois, Farkas Bolyai. Lui aussi a cru démontrer Euclide, et a adressé en 1799 sa démonstration à Gauss, lequel a immédiatement décelé l'erreur et répondu que ses propres travaux «jetaient un doute sur la validité de la géométrie [euclidienne]». Farkas a un fils, Janos, qui, au début des années 1820, pose que plusieurs parallèles à une droite passent par le même point et construit

sur cette base une géométrie non euclidienne. En particulier, il sépare bien, dans cette géométrie, ce qui est nouveau et ce qui reste de la géométrie euclidienne – il appelle «géométrie absolue» la partie commune. Farkas se propose de publier l'œuvre de son fils en appendice à l'un de ses ouvrages sur la géométrie ; il envoie le texte à Gauss. La réponse sera une terrible désillusion pour Janos Bolyai et le dégoûtera des mathématiques. Gauss louange en effet l'ingéniosité du jeune homme, mais ne cache pas que Janos n'a fait que redécouvrir ce que lui-même savait depuis trente ans.

L'ouvrage du père et du fils sera publié en 1831. Mais Janos Bolyai aura alors été précédé par un mathématicien russe, Nicolas Lobatchevski, qui décrit en 1827 la géométrie non euclidienne. Lobatchevski est ainsi l'inventeur «officiel» de cette géométrie, qu'il nomme géométrie imaginaire, parce qu'il retrouve et établit l'intuition de Lambert sur l'adéquation de cette géométrie à une sphère de rayon imaginaire. Plus sûr de lui que Janos Bolyai, Lobatchevski persévéra et, pendant vingt ans, développera sa géométrie. Ses premières œuvres, publiées en russe, ne seront que lentement diffusées ; aussi écrira-t-il vers 1840 deux courtes présentations en allemand et en français. Cette insistance lui vaudra une certaine reconnaissance, mais aussi le courroux des «Béotiens». En 1847, il sera indignement chassé de son poste de professeur à l'université de Kazan.

Max Planck, l'inventeur des quanta, a écrit que la vérité ne triomphe que lorsque ses adversaires finissent par mourir. L'histoire est, ici, un peu différente. Ce n'est pas la mort des adversaires, mais bien celle de Gauss, en 1855, qui mit fin au débat. Quand la publication de sa correspondance et de ses notes personnelles montra que le «prince des mathématiciens» avait découvert sans le publier l'essentiel de la géométrie non euclidienne, les attaques cessèrent, sauf de la part de quelques at-



Photo: E. Bayer-Vollet

Nicolas Lobatchevski, inventeur officiel de la première géométrie non euclidienne.

tardés. Parmi ceux-ci, on relève avec surprise le nom de Gottlob Frege, le fondateur de la logique moderne. Ce qui montre qu'un même homme peut être très en avance sur son temps dans un domaine et en retard dans un autre.

Très vite, Bernhard Riemann, l'un des rares élèves de Gauss, généralise les géométries d'Euclide et de Lobatchevski. Il étend la notion gaussienne de courbure d'une surface à des espaces de dimension quelconque, et montre comment définir une

géométrie sur ces espaces. Pour ce qui est de la géométrie «plane» (à deux dimensions), il modifie quelque peu un des axiomes implicitement utilisé par Euclide – l'hypothèse que si trois points sont alignés, l'un d'eux est entre les deux autres. Il peut alors postuler que deux droites quelconques se coupent, en d'autres termes qu'il n'y a pas de parallèles, et construire sur cette base une géométrie tout aussi cohérente que celles d'Euclide et de Lobatchevski. Plusieurs modèles cosmologiques actuels sont fondés sur cette géométrie riemannienne.

La géométrie euclidienne n'est plus qu'une géométrie parmi d'autres. Le coup final viendra, en 1872, de Félix Klein. Celui-ci analyse toutes les constructions géométriques de ses prédécesseurs et montre qu'elles sont toujours l'étude des invariants d'un groupe de transformations. La géométrie dans son acception naïve de «science des figures» disparaît alors des mathématiques. Le mot, en revanche, n'a pas disparu. Les mathématiciens parlent de géométrie algébrique, de géométrie analytique, de géométrie différentielle.

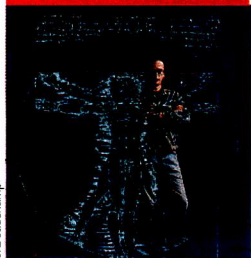
La première, issue des recherches de Riemann, est une héritière de l'ancienne géométrie en ce sens qu'elle généralise l'étude des courbes et surfaces données par une équation, mais par des procédés tout à fait distincts. La deuxième n'a pas de relation avec sa devancière : elle est le nom moderne de ce qui fut autrefois l'étude des fonctions. La troisième n'a pas non plus grand rapport avec la géométrie classique, à part le vieux problème des «lieux géométriques».

Au rebours de Saturne qui mangeait ses enfants, ce sont les géomètres modernes qui ont dévoré leur pères. Les subtils problèmes auxquels ceux-ci ont consacré leurs vies n'apparaissent plus que *via* d'obscur corollaires de théorèmes beaucoup plus généraux. C'est tout juste si on les signale parfois à titre de curiosité historique. ■

L'Homme change-t-il?

PAR ALEXANDRE DOROZYNSKI ET OLIVIER POSTEL-VINAY

DOSSIER



J. Beauchamp

La question est simple, presque anodine. L'homme continue-t-il d'évoluer ? Nous sommes des animaux. Les Grecs anciens le savaient. Depuis Lamarck et Darwin, nous savons que notre histoire s'inscrit dans l'évolution des espèces. Ani-

maux, espèces... La plupart d'entre nous avons tendance à récuser ces deux notions.

Ou du moins, à les rejeter hors de notre vue, à les repousser dans les ténèbres de l'inconscient. L'idée que nous aimons nous faire de nous-mêmes est plutôt celle-ci : d'accord, nous avons été des animaux, mais nous ne le sommes plus ; d'accord, les espèces ont évolué, mais la nôtre n'évolue plus. L'homme est l'homme, point final. En même temps, nous sommes très attachés à l'idée de progrès. L'hom-

me est l'homme, mais il progresse. Il nous suffit de constater le progrès de la science et de la technique pour nous en convaincre. A quoi l'on rajoute volontiers l'abolition de l'esclavage et la Déclaration des droits de l'Homme, avec un H majuscule. En passant vite sur quelques détails de l'histoire récente... Il y a là une contradiction. Pouvons-nous admettre que l'espèce homme n'évo-

lue plus, et en même temps qu'elle progresse ? Cette thèse est explicitement soutenue par certains, pour qui l'évolution culturelle s'est substituée à l'évolution biologique. Mais quel sens donner concrètement à cette formule ? Un premier pas dans l'analyse consiste à poser la question suivante : existe-t-il des indices permettant de penser que l'homme, aujourd'hui, continue d'évoluer, au sens biologique du terme ? C'est l'objet de ce dossier. ▶

**NOUS SOMMES
DE PLUS EN PLUS GRANDS**
Mais savons-nous pourquoi ?
PAGE 54

**NOUS VIVONS
DE PLUS EN PLUS VIEUX**
Des conséquences surprenantes
PAGE 60

**NOUS NE SOMMES PAS
DE PLUS EN PLUS
INTELLIGENTS**
*Entretiens avec Axel Kahn,
Stephen Jay Gould, Jean-Pierre
Changeux et Henri Atlan*
PAGE 62

**MAIS NOS GÈNES
CONTINUENT D'ÉVOLUER**
En cause, nos cellules sexuelles
PAGE 64



Nous sommes

La taille augmente depuis un siècle dans les pays industrialisés. Le sens commun attribue ce phénomène à une meilleure alimentation. C'est faux.

De puis la première guerre mondiale, la taille des habitants des pays riches a augmenté de manière spectaculaire. Ainsi, celle des appelés français est passée, en moyenne, de 1,67 m en 1920 à près de 1,75 m aujourd'hui. Celle des appelés norvégiens est passée de 1,71 m à 1,80 m. En Europe, cette évolution avait commencé au début du siècle précédent. Ainsi, en 1800, les conscrits français mesuraient moins de 1,64 m et les norvégiens moins de 1,66 m. Au XX^e siècle, ce sont les Japonais qui ont grandi le plus vite, passant de moins de 1,57 m, en 1900, à plus de 1,70 m, aujourd'hui. Ils ont rejoint les Italiens !

Le phénomène se poursuit, s'accélère peut-être. Comme chacun peut le constater, nos enfants sont en moyenne plus grands que nous, qui sommes en moyenne plus grands que nos parents. Une étude, entreprise par l'anthropologue Georges Olivier et poursuivie par son collègue Jean-Claude Pineau, de Paris VII, montre qu'au début du siècle un jeune Français gagnait 0,3 cm tous les dix ans. Le rythme s'est accéléré, passant à 1 cm dans les années 1950, puis 1,7 cm dans ces derniers temps.

Jusqu'où irons-nous ? C'est un problème d'allométrie (croissance relative des organes ou des membres par rapport à celle de l'ensemble du corps). Galilée fut le premier à évoquer l'existence d'une relation entre le diamètre et la longueur des os. Il y a une limite au-delà de laquelle le

Pourquoi une telle différence...

...entre ce Kara d'Éthiopie, qui mesure 2,40 m, et ce Pygmée du Congo (à droite), qui mesure 1,40 m ? Les Karas mesurent couramment plus de 2 m, certains Pygmées ne dépassent pas 1,25 m. La lumière joue-t-elle un rôle ? (Les deux photos sont reproduites à la même échelle).

de plus en plus grands...

L'Homme change-t-il?

ticket de l'espèce n'est plus valable. Aussi la plupart des anthropologues s'accordent-ils pour penser que la taille s'accroîtra encore de quelques centimètres, avant d'atteindre un plateau.

Il ne semble pas que cette augmentation se traduise par un accroissement de la capacité crânienne. Il existe une corrélation entre la taille du cerveau et celle des mammifères. Il faut plus de cellules nerveuses pour "gérer" un gros organisme. Mais la relation n'est pas linéaire. Par exemple, un gramme de cerveau de hamster gère cent grammes de corps, alors qu'un gramme de cerveau d'éléphant en gère mille. De ce point de vue, l'homme a un cerveau disproportionné.

La capacité crânienne du genre *Homo* a triplé en trois millions d'années. Pendant ce temps, notre taille augmentait de 50 %. Mais bien entendu, notre cerveau est moins remarquable par son volume que par son organisation et sa complexité. Chez l'homme moderne, la capacité crânienne est très faiblement corrélée aux facultés intellectuelles. N'oublions pas que celle de l'homme de Cro-Magnon et des Néanderthal étaient égales, voire supérieures à la nôtre. Tandis qu'Anatole France, qui n'avait guère plus de 1 000 cm³ sous le chapeau, aurait fait un honorable *Homo erectus*...

L'élévation de la stature est le plus souvent attribuée à l'amélioration des conditions de vie : nourriture, hygiène, etc. Mais peut-on dégager un ou plusieurs facteurs déterminants ? Les anthropologues ne sont pas d'accord entre eux ou se perdent en conjectures. L'alimentation ne semble pas jouer un rôle essentiel. Les Esquimaux du Groenland n'ont pas gagné un centimètre depuis qu'ils ont adopté le mode de vie imposé par l'influence danoise. Et, d'après André Langaney, les générations actuelles, dans les pays riches, se nourrissent plutôt moins bien que les précédentes, ce qui ne les empêche pas de grandir. Peut-être faudrait-il étudier l'évolution de l'alternance veille-sommeil, puisque, on le sait, le sommeil favorise la croissance des enfants. – le travail physique, au contraire, la ralentissant.

Si l'on cherche à reconstituer la répartition des statures moyennes à la surface du globe à l'époque de Christophe Colomb, c'est-à-dire avant les grandes migrations, on trouve que les hommes de taille élevée habitaient surtout les zones tempérées froides et les déserts chauds, tandis que les

plus petits habitaient les régions polaires et les forêts équatoriales. Cela reste vérifiable aujourd'hui, puisque les hommes les plus grands se voient dans les déserts africains et en Scandinavie, les plus petits au Groenland, en Laponie ou dans la forêt équatoriale (voir dessin p. 56).

Pour certains, la lumière joue un rôle essentiel. C'est le point de vue de Georges Jaeger, qui anime le Centre africain de biologie humaine à l'hôpital Cochin : « Pour évacuer l'excès de chaleur, l'homme du désert, soumis à une luminosité maximale, évapotranspire. Pour obtenir un rendement maximum, il a allongé le cou, les bras, les jambes : ▶



J.-G. Jules/ANA

suite de la page 55

ce sont des tuyaux de radiateur.» Le Pygmée, qui habite dans l'obscurité de la forêt, est d'autant plus petit que l'air est trop humide pour permettre l'évapotranspiration. Les Esquimaux et les Lapons sont petits parce qu'ils vivent dans la nuit la moitié de l'année. Toujours pour Jaeger, l'augmentation récente de la taille dans les pays riches est liée à l'amélioration spectaculaire des techniques d'éclairage. «C'est comme la plupart des plantes, il suffit de les éclairer plus pour qu'elles croissent davantage.»

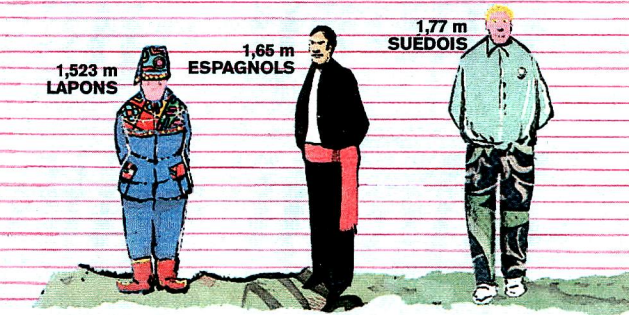
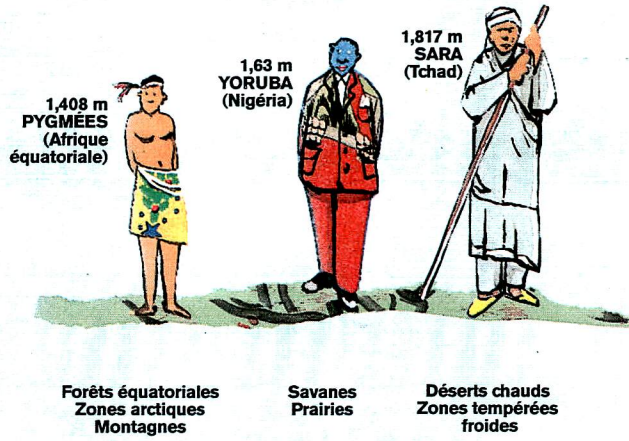
C'est peut-être un facteur. Mais cela n'explique pas pourquoi les Vikings étaient grands. Ni pourquoi les Danois, descendants des Vikings, n'étaient pas plus grands que les Français au début du XX^e siècle, mais les ont ensuite largement dépassés. Aussi certains anthropologues penchent-ils plutôt pour une explication multifactorielle centrée sur le processus d'urbanisation.

Mais attention ! Bien avant l'invention de la ville, notre ancêtre préhistorique le plus proche, l'homme de Cro-Magnon (- 25 000 ans), était plus grand que nous. C'est du moins le point de vue de Jean-Louis Heim, professeur au Muséum et à l'Institut de paléontologie humaine. On en trouve des spécimens de 1,95 m. Sa stature était donc comparable à celle, aujourd'hui, des Sara du Tchad. *Homo sapiens* a ensuite rapetissé avec la sédentarisation liée à la révolution agricole, au Néolithique.

Le progrès des moyens de transport et l'évolution des mœurs ont aussi favorisé l'exogamie (mariage entre individus de groupes différents). Cela a augmenté la variabilité génétique des enfants. Ce phénomène de "vigueur hybride", bien connu chez les animaux et les plantes, a certainement joué un rôle. Reste que l'évolution actuelle laisse perplexe. Elle semble propre aux pays développés, car, en Inde, en Afrique et en Amérique latine, la tendance séculaire est plutôt au raccourcissement.

Chez nous, la croissance de la taille est particulièrement rapide. Tend-t-elle à nous fortifier ou à nous fragiliser ? Traduit-elle ou entraîne-t-elle une modification quelconque de notre programme génétique ?

Une corrélation statistique a été relevée entre la taille et la réussite aux tests dits d'intelligence. Ainsi la taille des élèves de l'Ecole Polytechnique a toujours été supérieure à celle du conscrit moyen : déjà 1,70 m en 1810, 1,765 m en 1980. De même, une étude menée par l'anthropologue français Georges Olivier sur 20 000 Français de 17 à 27 ans a établi une meilleure réussite aux tests chez les plus grands. Cependant l'écart moyen de

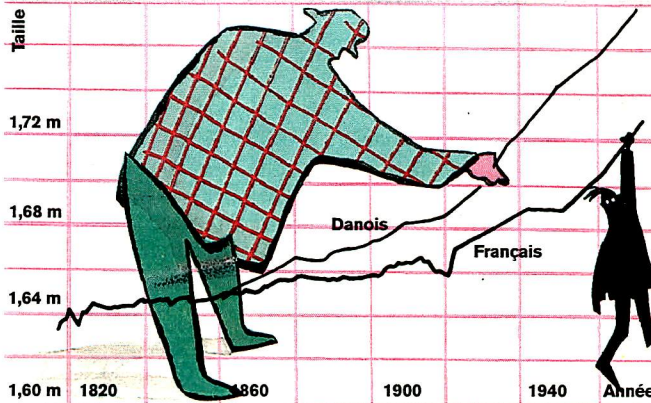


Source: A. Langarey, Muséum

Taille, gènes et environnement

Il existe une relation entre la taille et l'environnement. Une carte du monde datant d'avant les grandes migrations modernes aurait montré que les peuples les plus grands vivent surtout dans les zones tempérées froides, comme la Scandinavie ou la Terre de Feu, et dans les régions désertiques chaudes, notamment en Afrique. Les plus petits se voient essentiellement dans les milieux polaires ou équatoriaux. Sans qu'on sache exactement par quel processus, ces différences sont devenues génétiques. A noter : les statures mentionnées ci-dessus sont celles des populations actuelles.

Source: David R. Weir, INRA
DESSINS : A. Louchard



Les Danois ont plus grandi que nous

Dans les pays de l'OCDE, l'évolution de la taille s'est accélérée à partir de 1920. Chez les Scandinaves, la croissance a été particulièrement vive. On voit ici que les Danois, qui mesuraient sensiblement la même taille que nous en 1860, nous dépassent aujourd'hui d'une tête. Pourquoi ?



J.Brandenburg / Zeis-Minden

Etrange diversité

Pour la majorité des anthropologues, les hommes actuels descendent d'un groupe ancestral unique. Mais les chercheurs en sont réduits aux hypothèses pour tenter d'expliquer nos différences de "carrosserie".

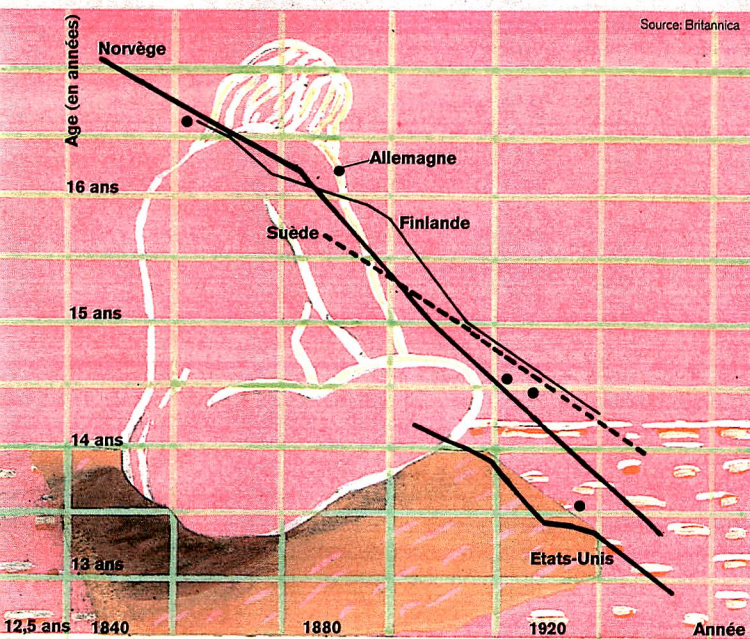


M.Stephenson/Cosmos

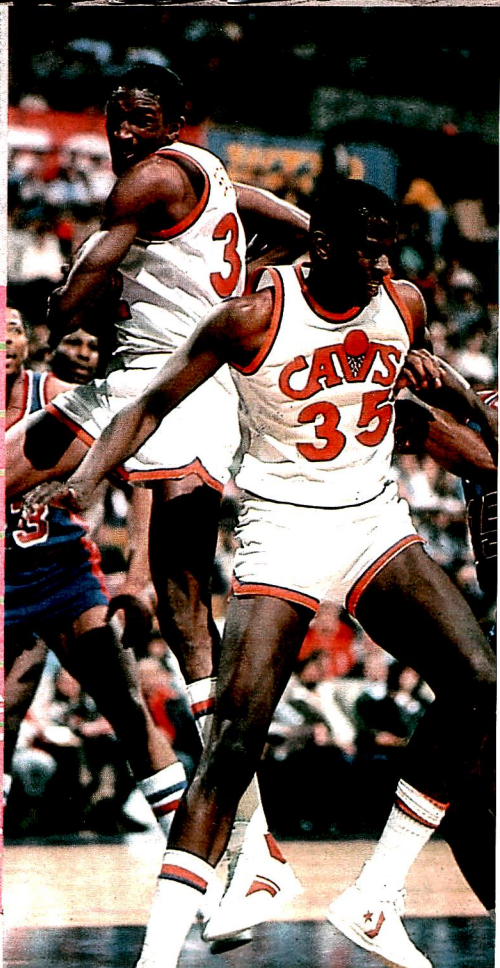
C. Skialak/Dot/Cosmos

Femmes de plus en plus jeunes

Dans les pays industrialisés, on constate un abaissement de l'âge des premières règles. Cette évolution semble aller de pair avec celle de la taille. Comme l'âge de la ménopause a tendance à reculer, la période de fertilité s'allonge sensiblement.



Source: Britannica



suite de la page 56

taille entre le polytechnicien et le 2^e classe a tendance à se réduire, et notre élève de l'X est désormais dépassé par le Norvégien ou le Danois moyen. Honte ! Et bien entendu nul n'a jamais contesté la brillante intelligence de Napoléon... D'un point de vue statistique, la relation entre taille et intelligence semble biaisée par l'effet de la corrélation existant, dans nos sociétés, entre la taille et le milieu social. Lequel influe sur la réussite aux tests.

«Une taille élevée n'est pas forcément un avantage», souligne Heim. Ainsi la tuberculose, qui a tué quasiment la moitié de l'Europe au siècle dernier, a frappé préférentiellement les "dolichocéphales longilignes, au thorax étroit". Dolichocéphales, c'est-à-dire au crâne allongé, par opposition aux brachycéphales, au crâne court. Ceux-ci ont donc été momentanément privilégiés. Peut-on imaginer qu'un nouveau fléau, tel la tuberculose ou le sida, vienne frapper les grands ? Certains incriminent la fragilisation du dos, dont le coût social va croissant. Mais celle-ci concerne aussi les hommes et les femmes de taille moyenne. Elle est probablement surtout due à l'affaiblissement de la musculature, lequel est dû à notre mode de vie. Les hommes du Paléolithique contractaient, d'ailleurs, de pénibles arthroses de la colonne vertébrale, peut-être dues au temps passé en position assise à tailler les silex...

Existe-t-il un lien quelconque entre l'élevation de notre stature et nos gènes ? La taille est en partie inscrite dans le programme génétique. François I^{er} était très grand, Louis XIV très petit. Le président Mitterrand est un nain à côté du chancelier Kohl. Les plus grands des Pygmées Bambuti du Zaïre atteignent à peine la taille des plus petits de leurs voisins Tutsi du Rwanda. Comme les autres espèces du monde vivant, nous sommes programmés pour atteindre en moyenne une certaine taille, qui varie ensuite selon les individus et selon l'histoire des populations.

La croissance de la stature du genre *Homo* s'inscrit dans le contexte plus large de la conquête de la bipédie. Mais après tout, nous aurions pu marcher sur deux jambes et rester petits. Pourquoi ne sommes-nous pas tous des Pygmées ? Peut-être existe-t-il une taille optimale en fonction de l'environnement.

Les gènes qui permirent à l'homme de Cro-Magnon d'atteindre 1,95 m étaient-ils déjà chez la petite Lucy, qui mesurait 1,10 m ? C'est peu probable. Il faut bien admettre que se produit, au moins sur la durée, une transformation du

patrimoine génétique.

Pour la grande majorité des spécialistes, un tel phénomène est cependant inconcevable à l'échelle du siècle. La plupart des généticiens semblent admettre qu'une évolution génétique significative ne peut pas se produire dans un groupe humain en moins d'une dizaine de générations. Et encore. Sauf notre respect pour l'espèce, on peut risquer une comparaison avec les vaches laitières, explique le généticien des populations Jean-Michel Gout. En cinquante ans, nous avons réussi à décupler, par sélection, la production laitière de certaines vaches. Cela représente vingt-cinq générations de vaches. «La transformation est significative, mais ce sont toujours des vaches !» Vingt-cinq générations humaines, cela nous conduit au Moyen Age. Deux siècles représentent huit générations. «Si l'homme a changé en deux siècles sous l'effet des transformations du milieu, les changements ne doivent pas être très importants.» ■

VERS UNE MACHOIRE A 28 DENTS ?

Certains anthropologues sont formels : nos troisièmes molaires, les dents de sagesse, ont tendance à disparaître. Autrement dit, les gènes (sans doute très nombreux) qui codent pour ces dents s'expriment de moins en moins souvent. Et l'on se dirigerait, peu à peu, vers une humanité à 28 dents. L'évolution serait rapide, elle se serait déclenchée voici huit mille ou dix mille ans. Même dans les cimetières mérovingiens, si proches de nous, quasiment toutes les mâchoires ont encore les quatre dents de sagesse.

L'explication est détaillée par Jean-Louis Heim, du Muséum. L'histoire du genre humain est celle de la conquête de la bipédie, et plus précisément de la verticalité, qui assure un rendement énergétique maximal. Cela se traduit, depuis trois millions d'années, par une "brachycéphalisation du crâne" et une "réduction

du massif facial". Autrement dit, le crâne a tendance à s'aplatir et la taille du visage à se réduire. L'évolution vers la verticalité conduit au rapprochement progressif du centre de gravité de la tête et de celui du reste du corps, à l'aplomb de la colonne vertébrale. «La compression antéro-postérieure du crâne conduit au recul du centre de gravité de la face.» Le mouvement n'est pas terminé, et «il n'y a aucune raison qu'il ne se poursuive pas». Une pression de plus en plus forte s'exerce donc sur la mâchoire, qui a tendance à raccourcir.

Cette théorie ne fait pas l'unanimité. Elle a été sévèrement critiquée par deux stomatologues de l'hôpital Hérold, à Paris : Jean Granat et Patrick Chapelle. Ils constatent que la formule à 32 dents est le propre, non seulement du genre humain (depuis l'Australopithèque), mais des primates supérieurs, et ce «de-



L'homme de Néanderthal (à gauche) et le Mérovingien ont encore leurs dents de sagesse. Les garderons-nous ?

J. Oster/Musée de l'Homme

puis trente-cinq millions d'années environ». Autrement dit, imaginer un passage à 28 dents serait le témoignage d'une macroévolution gigantesque ! Ce qui n'est pas plausible. Ils imputent le nombre croissant d'hommes sans dents de sagesse à un artefact statistique : le nombre de mâchoires étudiées a aug-

menté de façon exponentielle à mesure qu'on se rapproche d'aujourd'hui. Il est donc normal qu'on voie plus de cas d'"agénésie" de la troisième molaire. Il s'agit d'une mutation pathologique non héréditaire, qu'on trouve dans certaines mâchoires d'hommes préhistoriques... Affaire à suivre.

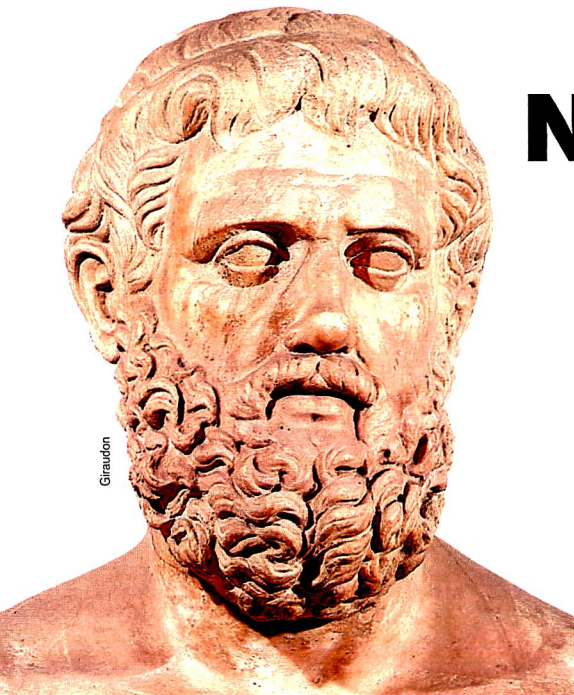
Nos os durcissent moins vite

Les fémurs et les vertèbres de cet homme de Néanderthal sont déformés par l'arthrose. Mais l'analyse des os de nos ancêtres montre aussi que la croissance osseuse est plus lente aujourd'hui. Chez l'homme actuel, l'ossification de la clavicule, qui clôt le processus de la croissance, se produit vers 25 ans. Or les clavicules des hommes vivant voici 30 000 ou 40 000 ans étaient ossifiées à 18 ans. On ne sait pas pourquoi. Le fait est qu'au cours de ces quelques dizaines de milliers d'années la durée de l'enfance semble avoir crû régulièrement. «C'est l'évolution de la durée de l'enfance qui a fabriqué l'homme moderne», dit Jean-Louis Heim. Paradoxalement, depuis deux siècles, l'âge des premières règles décroît régulièrement (voir courbe p. 57).

J.Reader/Science Photo Library



Nous vivons de

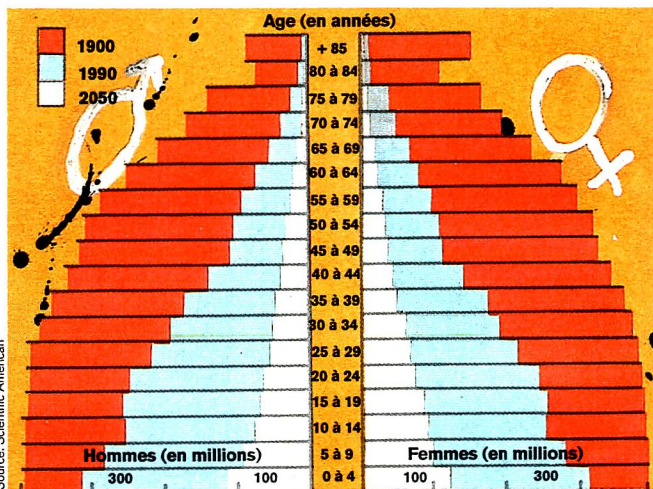


Giraudon

Sophocle a vécu jusqu'à 90 ans. C'était une exception. Dans nos sociétés, ce sera bientôt une banalité. Les conséquences sont incalculables.

Du temps de Cro-Magnon, la population du globe comptait quelques millions d'hommes. Une première explosion s'est produite dans le sillage de l'invention de l'agriculture, au Néolithique, voici dix mille ans. Au début de l'ère chrétienne, l'humanité comprenait quelque 300 millions d'âmes. Elle tripla ensuite en dix-huit siècles, pour atteindre un milliard vers 1800. Elle s'adjugea un second milliard dans les cent trente années suivantes, puis, d'un seul coup, quatre milliards en soixante-dix ans. D'autres milliards sont annoncés pour les années qui viennent.

Du point de vue de la compétition entre espèces, cette expansion foudroyante est le produit logique d'une victoire contre certaines bactéries pathogènes, qui, jusqu'alors, s'étaient chargées d'endiguer la marée humaine. Elle se double d'un phénomène au moins aussi important, et plus nouveau encore : l'homme vit de plus en plus longtemps. La durée



La population des plus de 65 ans explose...

La structure des âges de la population mondiale forme aujourd'hui une pyramide. Au début du siècle, c'était un sapin. Au milieu du siècle prochain ce sera un casque. Que deviendra une société où les plus de 40 ans représenteront la moitié de la population ?

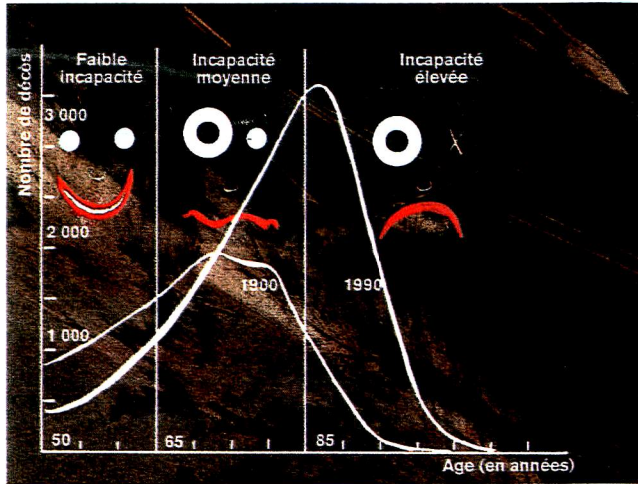
maximale de vie ne change pas, elle est fixée par notre programme génétique : celui de l'espèce et, peut-être aussi, celui de chacun d'entre nous. Mais nous sommes de plus en plus nombreux à vivre vieux. Ainsi la population des plus de 65 ans est passée d'une quinzaine de millions en 1900 à plus de 340 millions aujourd'hui, et atteindra 2,5 milliards en 2050. A cette date, la Chine comprendra à elle seule plus de personnes du troisième âge que la population totale des Etats-Unis. En 2018, le quart de la population japonaise aura plus de 65 ans.

Dans la France de 1750, 17 % des hommes célébraient leur 60^e anniversaire ; ils étaient 42 % en 1900 et sont plus de 80 % aujourd'hui. Or, comme l'écrit le démographe Patrice Bourdelais, «le sexagénaire actuel ne ressemble guère à celui de l'entre-deux-guerres et encore moins à son ancêtre du début du XIX^e siècle.» Nous paraissions jeunes plus longtemps.

La pyramide des âges se transforme rapidement. Du temps où la majorité des enfants mouraient peu après leur naissance, elle avait la forme d'un sapin. Elle ressemble plus aujourd'hui à une pyramide égyptienne, et va bientôt prendre l'allure d'un casque (voir graphique ci-dessus). Après quoi sa forme se stabilisera. L'évolution est plus marquée dans les pays riches, mais les autres suivent.

Comme pour la taille, on peut penser que cha-

plus en plus vieux ...



Source: Scientific American

...et le nombre de personnes handicapées croît

Le recul de l'âge de la mort, ici chez la femme américaine, illustre la croissance de la population souffrant de maladies invalidantes : parkinson, alzheimer, ostéoporose... Ce schéma simplifie toutefois la réalité car les progrès de la médecine ont tendance à repousser le moment de la vie où le taux d'incapacité devient élevé.

cun d'entre nous a un potentiel que les circonstances permettront ou non d'atteindre. On trouve des centenaires dans toutes les sociétés, et ce, sans doute, depuis au moins le Néolithique. Le rythme du vieillissement comprend lui-même une composante génétique individuelle, mais tout se passe aujourd'hui comme s'il était donné de plus en plus à chacun d'entre nous d'aller jusqu'au bout de ce potentiel. D'après S. Jay Olshansky, un démographe américain, nous nous dirigeons vers une société où l'espérance moyenne de vie sera de 85 ans. A moins, écrit-il, «qu'une percée scientifique permette de modifier le rythme de base du vieillissement» (1). En 2050, 100 millions d'hommes et près de 200 millions de femmes auront 85 ans ou plus.

Ce bouleversement a déjà un impact sur nos sociétés, il en aura peut-être un sur l'espèce. Impact économique et social, parce que le dynamisme industriel risque de souffrir, parce que la structure de la consommation sera modifiée et, plus encore, parce que le coût de la vieillesse pèsera de plus en plus lourd sur les épaules des jeunes adultes. Impact psychologique et politique, car une population où la moitié des gens ont plus de 40 ans et la moitié des électeurs plus de 50 ans ne vit pas et ne réagit pas comme une société plus jeune.

Le dossier médical de l'espèce est du même coup en train de changer. Il devient normal de vivre en

bonne santé jusqu'à 65 ans et plus. Ainsi, des chercheurs de Duke University ont récemment constaté une diminution sensible du taux d'incapacité et d'invalidité chez les personnes âgées aux Etats-Unis. La notion d'une décadence inéluctable due à l'âge est remise en question. Reste que la quantité totale des personnes invalidées augmente rapidement (voir graphique ci-contre). Après 65 ans, dans les pays riches, les causes de mort sont, aux trois quarts, les maladies cardio-vasculaires et le cancer. Mais le progrès médical prolonge la vie de ces malades. L'explosion démographique des plus de 65 ans multiplie aussi l'occurrence de maladies dégénératives, alzheimer, parkinson, ostéoporose, rhumatismes, affections sensorielles. De nouvelles maladies liées à l'âge pourraient aussi apparaître. Une étude internationale, dirigée par Jean-Marie Robine, de l'INSERM, conclut que, dans les pays riches, les femmes doivent s'attendre à vivre un quart de leur vie handicapées, les hommes un cinquième.

Si l'on s'accorde à peu près sur les causes de l'accroissement de la longévité (médecine, mode de vie, etc.), on ignore pourquoi, depuis un siècle, l'âge des premières règles et de la maturation sexuelle masculine a tendance à baisser. L'âge des premières règles baisse d'un peu plus de trois mois par décennie. La plage du temps de reproductibilité augmente donc, d'autant que l'âge moyen de la ménopause semble reculer. Mais les couples ont tendance à retarder le moment d'avoir des enfants. Il est de plus en plus courant d'enfanter après 40 ans pour une femme, 45 ans pour un homme. Or il est bien établi que la qualité des gamètes s'altère avec l'âge. Le taux d'enfants nés avec des anomalies génétiques a donc nécessairement tendance à s'accroître.

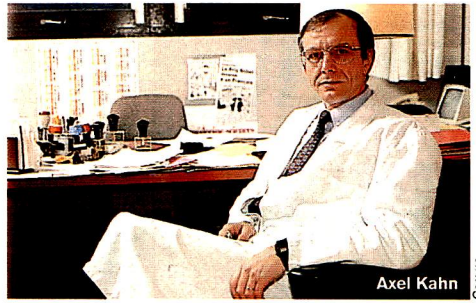
Ce fait en conforte un autre : le progrès médical et la transformation des modes de vie bouleversent le jeu de la sélection naturelle, en permettant à un nombre croissant d'enfants atteints d'anomalies génétiques plus ou moins invalidantes, touchant le corps ou l'esprit, de survivre et de se reproduire. Le Pr Jean Hamburger en avait fait le thème de son dernier ouvrage, *les Belles Imprudences* (2). «L'homme a violé, sans bien y penser, les commandements auxquels, depuis la nuit des temps, les êtres vivants sont soumis, a-t-il écrit. La sélection naturelle ne pardonne ni la faiblesse ni l'infécondité. (...) La nature est bon enfant, elle tolère qu'on s'écarte un peu des règles de survie de l'espèce, mais, si certaines frontières sont dépassées, elle a tous les moyens de sa vengeance.» La plupart des généticiens sont moins alarmistes, mais le problème est posé. ■

(1) *Scientific American*, avril 1993.

(2) Odile Jacob, 1991.

Nous ne sommes pas de

**Entretiens avec
Axel Kahn
Stephen Jay Gould
Jean-Pierre Changeux
Henri Atlan**



Axel Kahn

Gamma

Nos facultés intellectuelles ont-elles augmenté depuis Socrate? Quatre scientifiques de renom répondent par la négative. Nous avons interrogé séparément le généticien Axel Kahn, le spécialiste de l'évolution Stephen Jay Gould, le neurobiologiste Jean-Pierre Changeux et le biophysicien Henri Atlan.

PROPOS RECUEILLIS
PAR GUITTA PESSIS-PASTERNAK

Science & Vie : Les facultés intellectuelles de l'homme ont-elles changé depuis deux mille ans ?

Axel Kahn : Probablement pas, et depuis plus longtemps que cela, depuis la Préhistoire. Il est très vraisemblable que *Homo sapiens sapiens*, dès qu'il est apparu, avait déjà la totalité des potentialités intellectuelles de l'homme moderne.

Stephen Jay Gould : Je ne crois pas que nous ayons changé de façon significative depuis plus de dix mille ans, et sans doute bien plus. On pense souvent que l'évolution est un changement constant, graduel et progressif, mais ce n'est pas le cas. La clé

du succès d'une espèce est sa stabilité pendant une longue durée, et cela vaut pour les pigeons, les rats et les êtres humains. Les gens qui ont peint les grottes de Lascaux et d'Altamira, c'étaient nous.

Jean-Pierre Changeux : On ne peut pas répondre d'une manière rigoureuse à cette question. On peut seulement essayer de comparer les productions des Grecs de l'Antiquité, par exemple, et de l'homme contemporain. De mon point de vue, il n'y a pas eu de progrès dans la réflexion philosophique depuis Démocrite, Platon et Aristote. On peut dire la même chose des créations artistiques. Le Parthénon n'a rien à envier à l'architecture d'un Ricardo Bofill.

Henri Atlan : Je ne connais aucun indice d'une évolution biologique de l'homme depuis l'apparition de l'espèce que nous constituons, c'est-à-dire *Homo sapiens sapiens*.

S. G. Gould : Je pense que si vous preniez l'enfant d'un individu qui a vécu il y a 30 000 ans et l'élevez dans notre culture, il deviendrait un individu comme nous. Et je ne crois pas que la vie d'un enfant dans la société industrielle soit plus complexe, ni les exigences intellectuelles plus grandes qu'elles l'étaient dans l'environnement plutôt dangereux de nos ancêtres.

A. Kahn : Les capacités d'un enfant qui vient de naître sont les mêmes maintenant que voici 2 000 ans et probablement 20 000 ans.

S & V : Mais ne faut-il pas des facultés intellectuelles plus aiguisées que dans le passé pour comprendre la mécanique quantique ou pour maîtriser les dédales de l'informatique ?

A. Kahn : Ce n'est pas évident. Quand vous regardez la complexité des raisonnements d'un Aristote, par exemple, elle ne cède en rien à la complexité des raisonnements d'un penseur ou d'un scientifique moderne. Ce dernier dispose de ce qui lui a été légué par ceux qui l'ont précédé. Cela lui permet de ne pas partir de zéro, et par

plus en plus intelligents...



Gamma

Stephen Jay Gould



Gamma

Jean-Pierre Changeux



Gamma

Henri Atlan

conséquent d'aller beaucoup plus loin. Mais la complexité du chemin qu'il fait lui-même, entre l'endroit d'où il part et celui où il arrive, n'est certainement pas plus grande à l'heure actuelle qu'elle l'était il y a 2 000 ans.

J. P. Changeux : Dans les sociétés aborigènes, les hommes ont moins de connaissances que nous sur la machine à vapeur ou les locomotives électriques, mais ils connaissent un nombre beaucoup plus grand de plantes, d'animaux, ils savent se reconnaître dans la forêt, ils ont un nombre considérable de conduites que l'homme occidental ne possède pas. L'un remplace l'autre. Dans chaque cas, une empreinte culturelle se produit que le cerveau marque dans son organisation, dans ses connexions. Mais l'architecture fonctionnelle du cerveau n'a pas changé.

H. Atlan : Le progrès scientifique et technique n'implique pas une évolution du cerveau de l'homme. Ce sont les techniques qui évoluent, suivant une loi qu'on pourrait, en gros, qualifier d'exponentielle, c'est-à-dire une progression très lente au début, mais qui s'accélère de plus en plus. Nous sommes maintenant dans la partie ascendante de l'exponentielle, où les découvertes techniques sont plus fréquentes que dans les siècles précédents. Mais ceci n'est ni la preuve ni le signe d'une modification de nos capacités intellectuelles.

S. J. Gould : La vie moderne ne m'incite pas à penser que nos fonctions cérébrales sont plus aiguës aujourd'hui qu'à l'aube de l'histoire. Je pense qu'à population égale il existait potentiellement autant de physiciens quantiques il y a 20 000 ans qu'aujourd'hui.

S & V : En quel sens peut-on dire malgré tout que l'homme continue d'évoluer ?

J. P. Changeux : C'est la culture qui évolue. Notamment en raison du progrès de la connaissance scientifique. Le niveau culturel de l'homme du XX^e siècle n'est pas le même que celui du Grec de

l'Antiquité. Il y a là un autre aspect important à noter : c'est que, de nos jours, on constate un élargissement considérable du nombre de personnes susceptibles d'accéder à la culture artistique et à la culture scientifique.

H. Atlan : On peut dire que l'évolution culturelle a remplacé d'une certaine façon l'évolution biologique.

S & V : Mais n'y a-t-il donc aucune rétroaction ? L'évolution culturelle n'a-t-elle aucun impact sur celle du cerveau ?

J. P. Changeux : On peut seulement parler d'imprégnation culturelle. C'est l'empreinte culturelle qui s'acquiert, pour certaines composantes fondamentales lors du développement postnatal et de la première enfance. Ne serait-ce que par l'acquisition d'une langue. Puis d'un système de croyances et progressivement des connaissances. Il y a une trace physique dans notre cerveau de l'empreinte culturelle, c'est tout à fait clair. Un test classique est l'examen de lésions cérébrales chez les Japonais. Ceux-ci ont appris deux types d'écriture : le Kanji, qui est un système idéographique d'origine chinoise, et les Kana, qui sont des systèmes syllabiques. Or, après certaines lésions, on voit des sujets qui continuent à lire le Kanji et pas les Kana, et réciproquement. Donc il y a bien une empreinte physique de l'environnement culturel dans le cerveau. Reste que cette empreinte reflète seulement, chez un individu donné, l'impact de l'environnement sur les connexions neuronales. Cela ne signifie pas que le cerveau humain évolue sous l'influence de l'environnement, ni qu'il y ait pu avoir un progrès quelconque de nos facultés depuis Platon.

A. Kahn : Le cerveau humain n'évolue pas. Je suis persuadé qu'il n'y a quasiment aucune différence entre ce qui doit se passer de nos jours dans le crâne d'un homme qui aime et qui est trompé, et ce qui s'y passait il y a vingt-cinq siècles. Aucune différence. ■



Les groupes humains isolés, comme celui auquel appartient cette femme (Kara, Éthiopie), sont de plus en plus rares.

A. Chenevère

Mais nos gènes

«Les conditions d'existence affectent directement le développement de la charpente du corps et produisent des résultats transmissibles par hérédité», écrivait Darwin (et non Lamarck...) dans la *Descendance de l'homme* (1871). Il citait – déjà – l'allongement du corps des Américains, dont les vêtements rendaient ridicules les Allemands récemment immigrés et incorporés dans l'armée. Darwin évoquait aussi l'augmentation de la cage thoracique qui caractérise les populations d'altitude. Le phénomène est bien connu. On sait aussi que les populations installées en altitude depuis de nombreuses générations ont des globules rouges plus petits.

«La rigueur des climats a sculpté localement des types physiques différents», admet aujourd'hui comme une banalité l'anthropologue André Langaney. La relation entre la pigmentation de la peau et l'exposition ancestrale aux rayons ultraviolets est ainsi considérée comme bien établie – mais on n'en connaît pas le mécanisme.

Ces différences sont considérées depuis Darwin comme non fondamentales. Elles constituent ce que Langaney appelle notre «carrosserie». Elles sont moins significatives que l'unité de l'espèce humaine. Celle-ci a été rendue plus évidente encore par la révélation du brassage des groupes sanguins et des variantes des gènes du système HLA. Un don de sang ou d'organe dépend moins de la région du monde où est fait le prélèvement que des caractéristiques individuelles du donneur. Ce que montre aujourd'hui la biologie moléculaire, c'est plutôt que la diversité individuelle est plus profonde que celle des groupes humains.

La tendance est à un renforcement concomitant de l'homogénéité de l'espèce et de l'originalité de chaque individu. Les peuples se ressemblent de plus en plus, les individus de moins en moins. C'est l'effet mécanique de l'expansion démographique et de la plus grande facilité des déplacements. Les populations isolées, propices aux phénomènes de dérive génétique (perte de gènes), sont de plus en plus rares et de moins en moins seules. L'humanité a toutes les chances de conserver intact son stock de gènes, qui n'a d'ailleurs, sans doute, pas beaucoup changé depuis 25 000 ans. En même temps, l'expansion démographique accroît statistiquement les chances de variation individuelle. Plus l'aire géographique d'une espèce est grande, plus l'ADN est variable. ▶

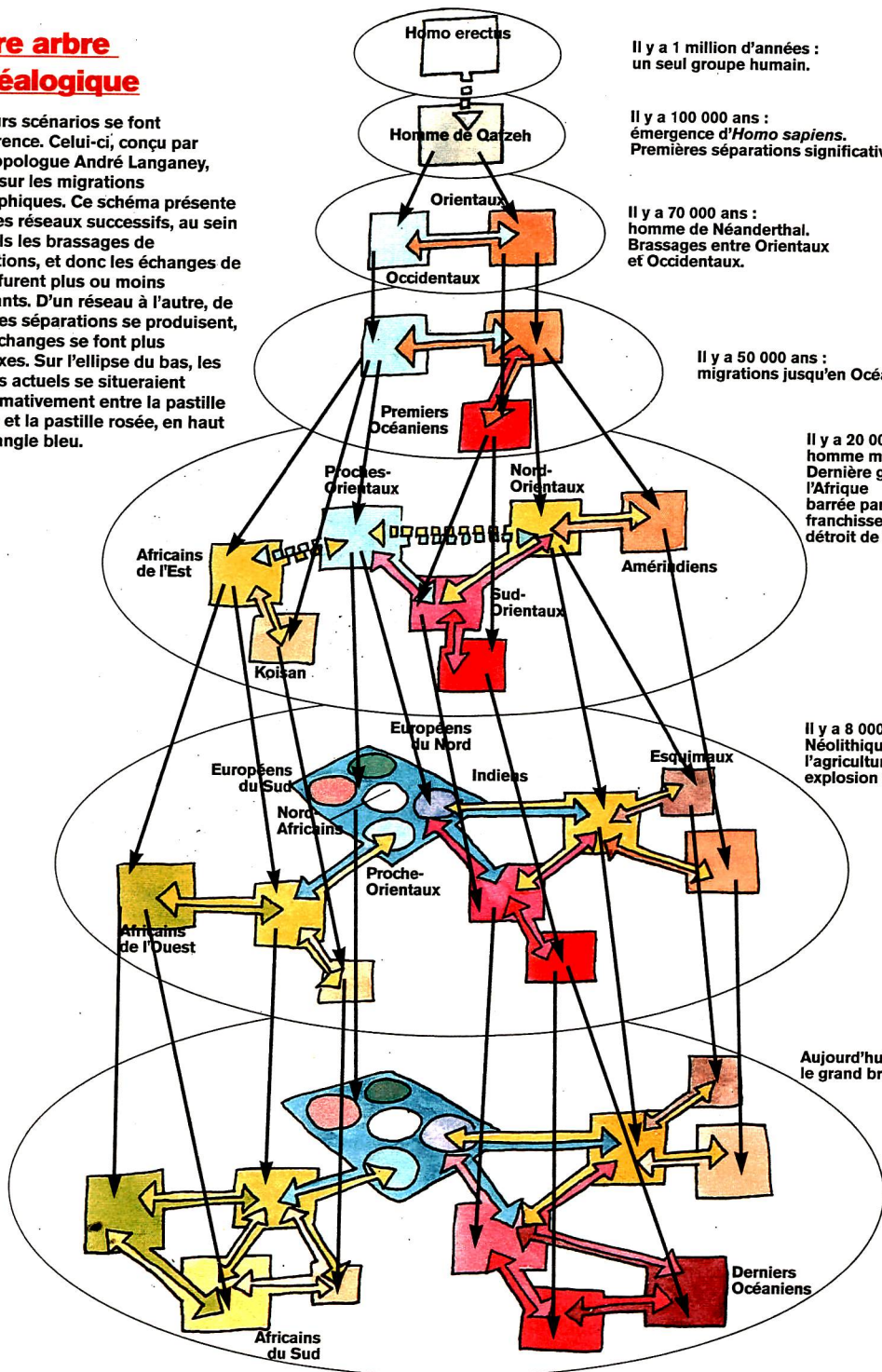
La “nature humaine” a une histoire, fertile en rebondissements. Il n'est aucune raison de penser que celle-ci s'est arrêtée. Mais les scientifiques ne sont pas d'accord entre eux. Pour certains, si évolution il y a, elle est si lente qu'on peut la tenir pour négligeable. Pour d'autres au contraire, elle s'accélère. Question : le bouleversement démographique et environnemental auquel on assiste depuis deux siècles a-t-il un impact sur nos gènes?

continuent d'évoluer ...

L'Homme change-t-il?

Notre arbre généalogique

Plusieurs scénarios se font concurrence. Celui-ci, conçu par l'anthropologue André Langaney, insiste sur les migrations géographiques. Ce schéma présente donc des réseaux successifs, au sein desquels les brassages de populations, et donc les échanges de gènes, furent plus ou moins importants. D'un réseau à l'autre, de nouvelles séparations se produisent, et les échanges se font plus complexes. Sur l'ellipse du bas, les Français actuels se situeraient approximativement entre la pastille sombre et la pastille rosée, en haut du rectangle bleu.



Il y a 1 million d'années : un seul groupe humain.

Il y a 100 000 ans : émergence d'*Homo sapiens*. Premières séparations significatives.

Il y a 70 000 ans : homme de Néanderthal. Brassages entre Orientaux et Occidentaux.

Il y a 50 000 ans : migrations jusqu'en Océanie.

Il y a 20 000 ans : homme moderne. Dernière glaciation, l'Afrique barrée par un désert, franchissement du détroit de Béring.

Il y a 8 000 ans : Néolithique. Invention de l'agriculture, première explosion démographique.

Aujourd'hui : le grand brassage.

suite de la page 64

L'Homme change-t-il?

Est-il concevable, dans ces conditions, que l'évolution génétique de l'humanité s'accélère ?

Beaucoup d'anthropologues et la plupart des spécialistes de la génétique des populations considèrent que l'évolution de l'homme en tant qu'espèce est aujourd'hui pratiquement nulle. «Dans une population infiniment grande, les niveaux d'équilibre sont déterminés par le jeu combiné des pressions de mutation, de sélection et de migration, et sont stables si l'on suppose les conditions d'environnement constantes», explique un bon manuel de génétique (1). Pour Stephen Jay Gould, le cerveau de l'homme n'évolue pas, parce que «les espèces qui connaissent un grand succès sont généralement stables». La «pression sélective», moteur de l'évolution dans le cadre de la théorie darwinienne, s'estompe. Elle disparaît même peut-être complètement dans les populations où pratiquement tous les enfants survivent. «Il n'y a aucune raison de penser que l'adaptation à la vie urbaine et à la technologie exerce une pression sélective quelconque», dit le célèbre entomologiste Edward O. Wilson.

Ou alors, si évolution il y a, elle ne se voit pas. «Il n'y a pas de raison pour que la sélection naturelle ne se poursuive pas, mais elle est nécessairement ralentie par l'évolution démographique actuelle, et ne se voit pas», soutient Langaney. L'ossification de la clavicule est plus tardive qu'il y a dix mille ans et nous perdrons peut-être notre troisième molaire, mais on peut admettre que ce sont des changements minimes (voir encadré p. 58). La taille des habitants des pays riches augmente, mais, si phénomène génétique il y a, il est secondaire et sans doute réversible – puisque l'homme de Cro-Magnon était plus grand.

L'accroissement de la longévité est un événement considérable, mais rien n'indique qu'il ait une composante génétique. Il est possible, dit encore Jean-Pierre Changeux, que le progrès médical ait déjà eu pour effet indirect de modifier un peu notre pool de gènes, mais nous n'avons aucun moyen de le savoir. «Depuis quand l'homme n'a-t-il pas changé ?», demandions nous récemment au paléontologue Yves Coppens. Réponse lapidaire : «On n'en sait rien.»

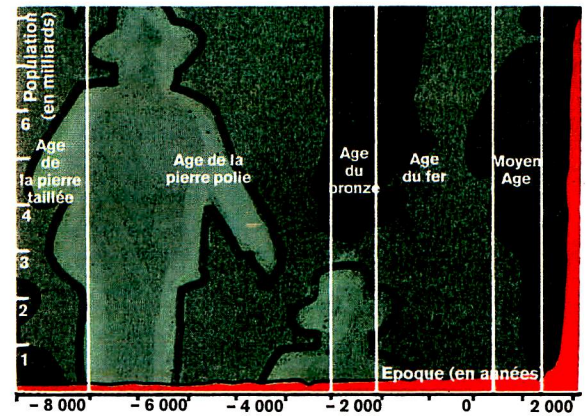
Dans quelle mesure peut-on encore utiliser le concept darwinien de «sélection naturelle» ? L'homme a transformé la nature à sa démesure. Il la domine au point qu'à part une poignée de virus et de bactéries le seul prédateur qu'il ait à craindre est lui-même. Dans le passé, il se contentait de s'adapter à l'environnement, aujourd'hui c'est lui qui adapte l'environnement.

Comment savoir, dans ce contexte sans précédent, si ses gènes changent ?

Pour en avoir le cœur net, il faudrait être en mesure de pratiquer une analyse comparative très fine de notre ADN et de celui de nos ancêtres. Le Suédois Svente Pääbo a ainsi montré la présence d'une mutation rare dans un fragment d'ADN tiré d'une momie nubienne datant de 5 000 ans. A l'Institut Pasteur de Lille, Catherine Hänni et ses collègues ont séquencé des fragments d'ADN de dents et d'os provenant de divers gisements préhistoriques. Sans conclusion probante.

Mise à part la difficulté de trouver de l'ADN fossilisé ou momifié intact, le problème est que nous connaissons déjà bien mal l'ADN actuel. A part les gènes des groupes sanguins et du systè-

(1) *Génétique*
Jean-Michel
Robert,
Flammarion,
1983



L'explosion démographique

Evolution de la population mondiale depuis 10 000 ans. Le premier milliard fut atteint du temps de Napoléon. L'explosion véritable s'est produite au XX^e siècle, du fait du progrès médical. C'est-à-dire dans le dernier millièrne de l'histoire d'Homo sapiens.

me HLA, nous ne connaissons pratiquement pas, par exemple, les gènes qui commandent la diversité des populations et des individus actuels. Et il y a plus fondamental : «On connaît de mieux en mieux le fonctionnement de certains gènes considérés individuellement, dit Jean-Michel Gout. Mais un individu, un génome, ce n'est pas comme un sac de gènes. La connaissance du génome comme structure intégrée est encore pratiquement nulle. C'est encore une boîte noire.»

Nous en sommes donc réduits aux hypothèses. Voir à poser des questions que Jean-Pierre Changeux juge «non scientifiques», parce que les réponses ne peuvent faire l'objet d'une vérification expérimentale.



Le secret de la momie

On peut imaginer que le raffinement des techniques d'analyse nous permettra un jour d'identifier des différences significatives entre notre ADN et celui d'hommes ayant vécu voici plus de 5 000 ans, âge de cette momie nubienne (Égypte). Les recherches sur l'ADN des momies ont commencé.

R. Sheridan/Ancient Art & Architecture Collection

Mais le fait qu'une question puisse être jugée non scientifique n'interdit pas de la poser. C'est à partir des questions non scientifiques formulées par les Grecs que l'esprit scientifique a pu se développer et la science émerger. En voici une. La transformation radicale de l'environnement humain depuis deux siècles a notamment entraîné deux conséquences très visibles, l'élévation de la stature et l'accroissement de la longévité. Ne peut-on imaginer que cette transformation de l'environnement ait aussi engagé dans l'intimité de notre corps, et pourquoi pas de notre cerveau, toute une série d'effets cachés, que nous ne savons pas encore identifier ? «Il paraît contradictoire, dit Francis Crick, l'un des deux découvreurs de la double hélice d'ADN, d'admettre que le cerveau soit le produit de l'évolution et de dire ensuite que le cerveau a cessé d'évoluer et échappe à toute contrainte biologique...»

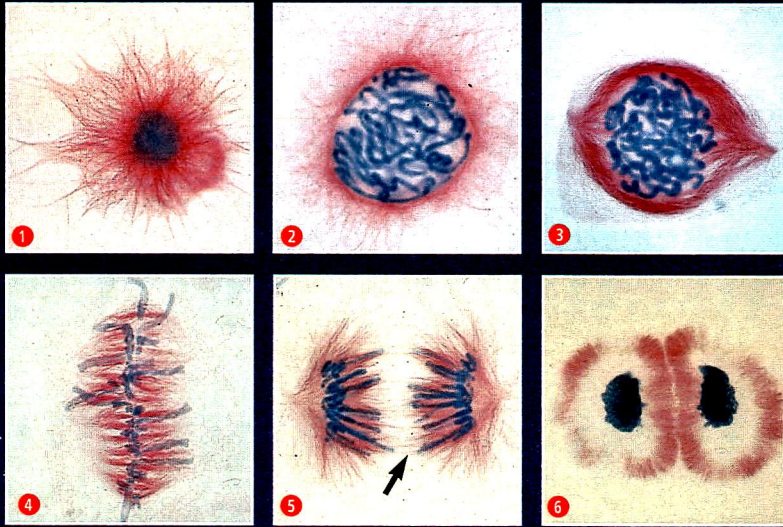
Prenez pour point de départ un exemple classique, celui de "l'île des diabétiques". Nauru est

une île du Pacifique. Ses habitants vivaient depuis des centaines d'années une vie précaire, ponctuée de disette. Puis l'homme moderne a débarqué, et découvert des gisements de phosphates. Les habitants s'enrichirent, leur mode de vie changea. Ils devinrent obèses et, phénomène extraordinaire, la moitié d'entre eux ou davantage devinrent diabétiques. Autrement dit, les gènes de susceptibilité au diabète avaient sans doute été sélectionnés par les générations précédentes, qui en tiraient profit pour affronter les disettes. L'abondance venue, ces gènes devinrent nocifs. Et aujourd'hui, comme les diabétiques meurent jeunes, ce sont les habitants qui n'ont pas ces gènes qui ont le vent en poupe. C'est un cas d'école de l'effet du milieu sur les gènes.

Il s'agit bien entendu d'une population isolée. Mais l'important, en l'occurrence, est moins l'isolement que l'homogénéité. Ne peut-on penser que l'uniformisation croissante de nos modes de vie, en tout cas dans la partie riche du monde, ne

NOTRE POINT FAIBLE : L'ADN DE NOS CELLULES SEXUELLES

L'ADN que nous transmettons à nos descendants est lové dans nos cellules sexuelles. C'est lorsque celles-ci se divisent que nos gènes sont le plus exposés aux risques d'une influence extérieure.

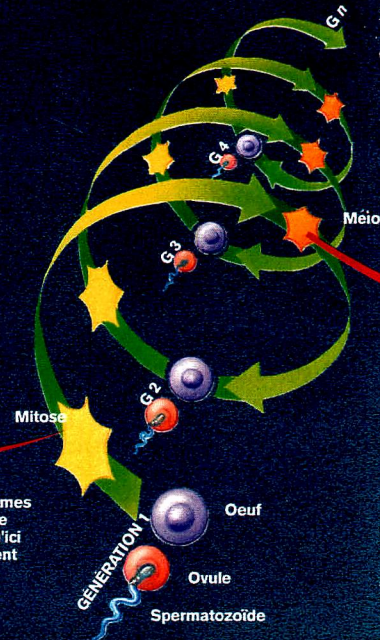
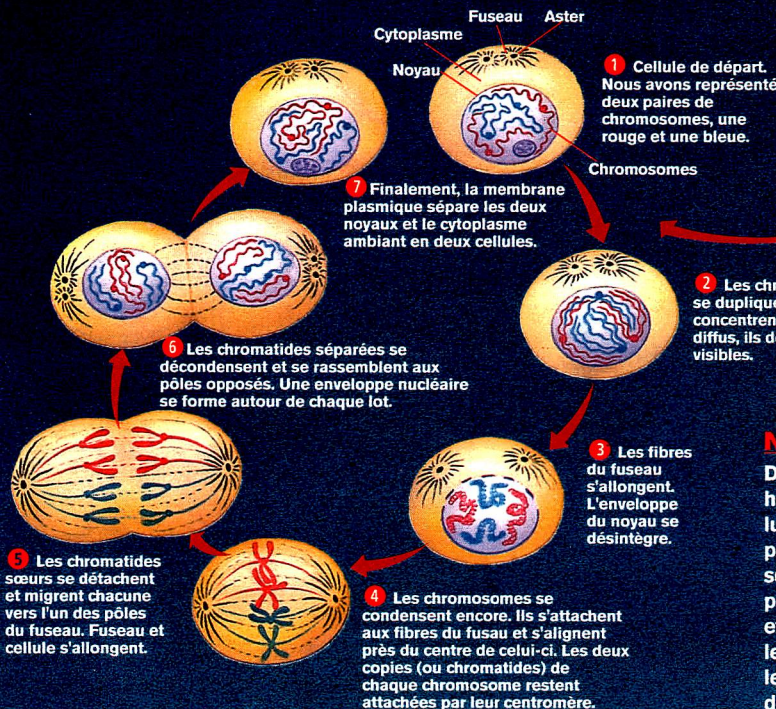


La mitose prise sur le vif

Ces microphotographies (x 200 environ) permettent de voir les phases principales par lesquelles passe une cellule vivante lors de sa division par mitose (les chiffres correspondent à ceux du dessin ci-dessous). Il s'agit ici d'une cellule de *Scadoxus katharinae* Bak, espèce de lis d'Afrique, dont les détails (comme ceux de toutes les plantes angiospermes) sont beaucoup plus visibles que ceux d'une cellule humaine ; les fibres de leur fuseau, par exemple (flèche), sont dix fois plus longues que celles de nos cellules.

Nos cellules germinales aussi se divisent

La mitose fonctionne dès la fécondation d'un ovule par un spermatozoïde et se répète en permanence durant toute la vie, pour presque toutes les catégories de cellules (sauf les cellules nerveuses). Comme la cellule de départ, les cellules issues de la mitose contiennent un jeu complet de chromosomes.

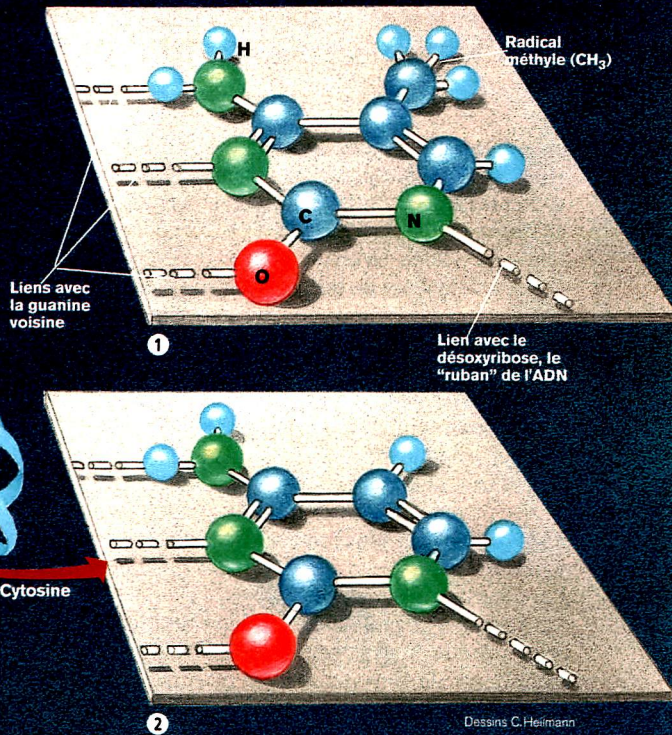
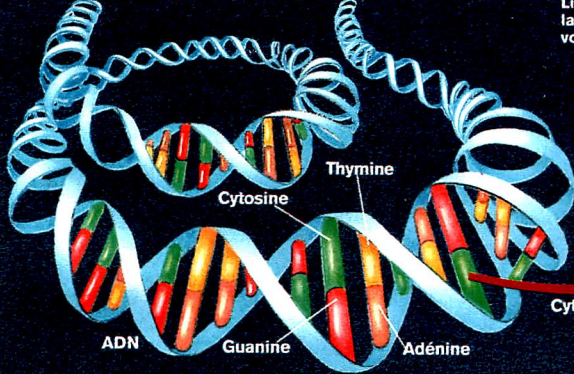


Notre ADN exposé

Déroulons la spirale des générations humaines. On voit que l'ADN de nos cellules sexuelles est particulièrement exposé chaque fois qu'elles se divisent, soit par mitose (dessin ci-contre), soit par méiose (dessin page de droite). En effet, l'ADN, habituellement protégé par le noyau, se trouve alors à flotter dans le cytoplasme, exposé aux agressions de l'environnement cellulaire.

La méthylation de l'ADN

Une agression dont peut être victime l'ADN de nos cellules sexuelles est l'intervention d'une enzyme transportant un radical méthyle (CH_3). Celui-ci peut venir se fixer sur l'une des bases azotées de la molécule de l'ADN, la cytosine. La présence ① ou l'absence ② de ce radical sur les cytosines peut modifier l'expression des gènes.



Dessins C. Heimann

La méiose : source des ovules et des spermatozoïdes

La mitose (voir page ci-contre) aboutit à la division d'une cellule en deux cellules ayant le même nombre de chromosomes que la cellule d'origine. La méiose, elle, concerne uniquement les cellules sexuelles : ce processus aboutit à quatre cellules dotées chacune de la moitié des chromosomes de la cellule de départ. Ces cellules évolueront ensuite en ovules chez la femme et en spermatozoïdes chez l'homme. La fécondation redonnera une cellule contenant un jeu complet de chromosomes, l'œuf.

⑥ à ⑪ Chacune des deux cellules issues de ⑥ subit une mitose (voir page ci-contre).

① Même chose que la phase ② de la page ci-contre. La phase précédente est la même que la ①.

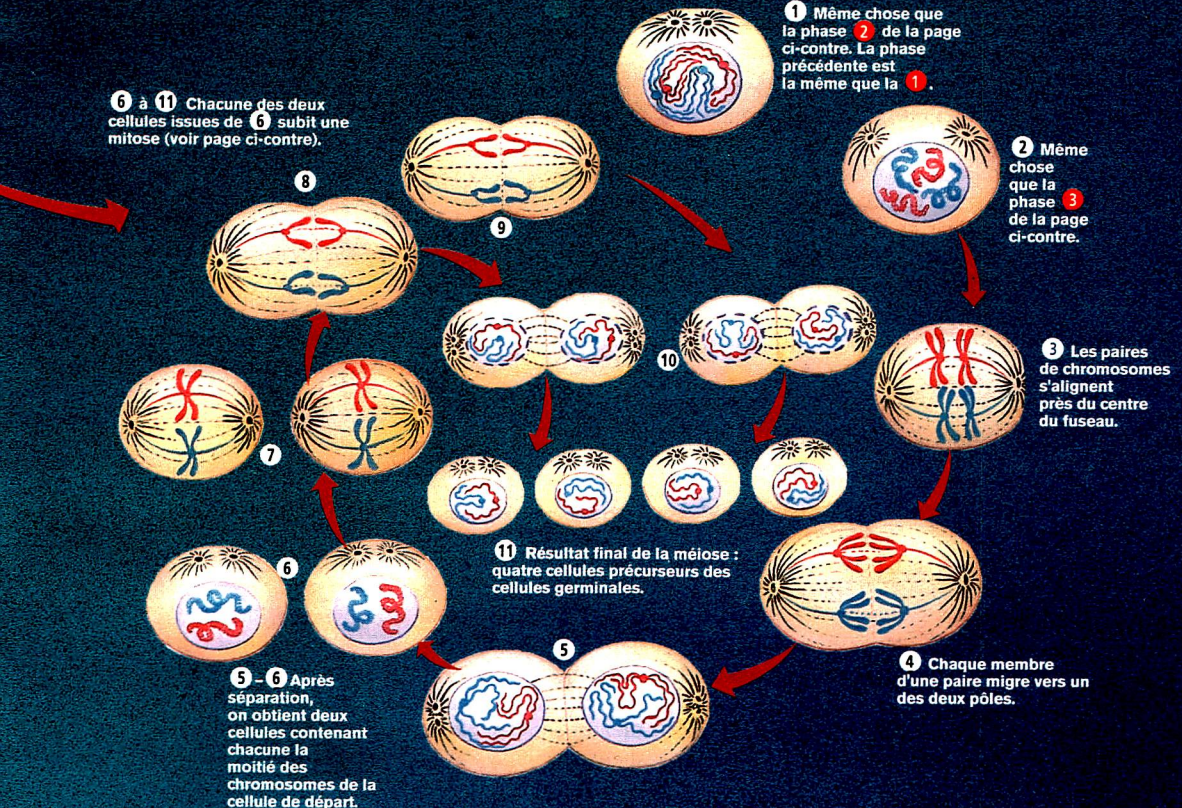
② Même chose que la phase ③ de la page ci-contre.

③ Les paires de chromosomes s'alignent près du centre du fuseau.

⑪ Résultat final de la méiose : quatre cellules précurseurs des cellules germinales.

⑤-⑥ Après séparation, on obtient deux cellules contenant chacune la moitié des chromosomes de la cellule de départ.

④ Chaque membre d'une paire migre vers un des deux pôles.



suite de la page 67

puisse conduire à des évolutions du même type ? C'est ce que pense, par exemple, le britannique Denis Burkitt – qui a donné son nom au lymphome de Burkitt, un cancer. Lors d'une réunion à Boston, en février dernier, il a rappelé que la fréquence de certaines maladies comportant une composante génétique, comme le diabète, s'est rapidement accrue ces dernières décennies dans les pays développés alors qu'elles restent «rares ou quasi inexistantes dans les populations rurales du tiers monde». Il y voit une mauvaise adaptation de nos gènes à notre nouvel environnement.

Autrement dit, les transformations de nos modes de vie sont susceptibles, à l'échelle de la population mondiale, d'activer certains gènes et d'en désactiver d'autres.

Il s'agit là d'un phénomène classique de sélection naturelle. Mais le généticien moléculaire John Cairns, de Harvard, écrivait récemment : «Le développement des êtres vivants a dépendu de deux facteurs : la variation et la sélection naturelle. Depuis Darwin, cette dernière a été l'objet de toutes les attentions. Tandis que la variation a été à peine explorée.»

Illustrons ce propos. Pourquoi les Pygmées sont-ils petits ? Peut-être en effet, comme le suggère Jaeger, parce qu'ils ont vécu à l'abri de la lumière et dans l'humidité pendant des générations. Mais sont-ce des gènes pygmoïdes qui ont été sélectionnés, ou bien s'est-il produit une mutation ? Peut-être les deux. Des scientifiques se penchent aujourd'hui sur l'ADN des Pygmées pour trouver une mutation significative.

Les mutations sont classiquement interprétées comme des erreurs de recopiage de l'ADN au moment de la division cellulaire, ou mitose. Une mutation peut devenir héréditaire si l'erreur s'est produite sur une cellule germinale (destinée à produire un spermatozoïde ou un ovule). Ces erreurs sont habituellement attribuées au hasard. Mais nous savons que certaines sont provoquées.

Un rayonnement radioactif, un rayonnement cosmique, un produit toxique sont susceptibles de provoquer des mutations, non seulement sur les cellules du corps les plus exposées, mais sur les cellules germinales. C'est aussi le cas d'un choc thermique, par le chaud comme le froid.

Plus couramment, il se peut que les cellules germinales, qui se divisent allégrement par mitose avant de connaître la «méiose», qui donnera naissance aux spermatozoïdes et aux ovules, soient beaucoup plus influencées par le milieu qu'on l'a cru (voir dessin p. 68). C'est, par exemple, le point de vue du biologiste américain Jeffrey W. Pollard, du Albert Einstein College

POURRONS-NOUS

D'ici à une dizaine de générations nous connaissons notre génome à fond, nous saurons le modifier. En fonction de nos choix de société et de nos choix individuels, nous pourrions sélectionner les gènes que nous désirerons conserver et ceux dont nous voudrions nous débarrasser. L'évolution sera entre nos mains.» Ces propos nous ont été tenus par Edward O. Wilson, le spécialiste américain des fourmis qui s'est rendu célèbre en développant le concept de sociobiologie. Récemment le généticien

François Gros déclara, au cours d'un colloque, que, si l'on trouvait une thérapie génique permettant de protéger l'homme contre le virus du sida, on pourrait envisager de vacciner toute la descendance d'un individu en intervenant sur ses cellules germinales. Il fut rejoint par le généticien suisse Werner Arber, prix Nobel, qui envisage lui aussi l'élimination de certaines maladies héréditaires par manipulation des cellules germinales.

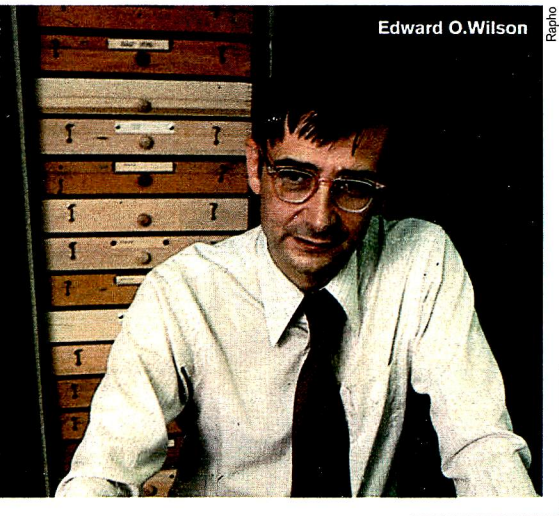
Nous aurons l'occasion de revenir sur ce débat fondamental.

of Medicine. Les biologistes ont eu trop tendance à considérer que les cellules germinales sont des cellules à part, protégées de l'influence du milieu, explique-t-il. «Ils oublient que, dans la nature, la plupart des organismes ne séquestrent pas leurs cellules germinales» (?). C'est le cas des fleurs, et bien entendu de tous les organismes unicellulaires, dont après tout nous sommes issus.

Le moment de la mitose est spécialement important car, à ce moment, les chromosomes, non seulement se dédoublent, mais viennent nager dans le cytoplasme de la cellule, et ne sont donc plus protégés par l'enveloppe du noyau. Il en va de même dans la méiose.

Or l'ADN, pour reprendre une formule de Jeffrey Pollard, «n'est pas seulement un donneur de messages enfermé dans une boîte. Il fait partie intégrante de la cellule, et réagit à ce qui se produit à proximité». Voilà plus d'une dizaine d'années que les scientifiques travaillent sur les mécanismes d'"automodulation" des gènes. On sait, par exemple, que certains récepteurs hormonaux fixés sur la membrane cellulaire, y compris celle des cellules germinales, captent des messages venus de l'extérieur et interagissent avec l'ADN du noyau, réprimant ou activant certains gènes. On sait que, si l'on injecte de la morphine à des rats nouveau-nés, ils contractent des anomalies. Les cellules germinales elles-mêmes sont touchées, puisque ces rats anormaux, accouplés avec des rats normaux, don-

CHANGER NOS GÈNES ?



Edward O. Wilson

Rapho

ment une progéniture anormale. Il en va de même si l'on traite de jeunes rongeurs avec de l'alloxane : ils contractent un diabète et le transmettent à leur descendance.

Des expériences sur les bactéries ont montré que le taux de mutation cellulaire augmente lorsque la cellule est soumise à un stress. Ceci est reconnu même par un darwinien orthodoxe comme Richard E. Lenski, de l'université du Michigan. Il ne va pas jusqu'à admettre l'hypothèse de Cairns, ou encore de Barry Hall, de l'université de Rochester, dont les expériences sur les bactéries conduisent à penser que celles-ci produisent des mutations spécifiques en réponse à certaines agressions du milieu. Les faits troublants s'accumulent. Comme l'écrit Cairns, qui travaille principalement sur le cancer, « nous comprenons maintenant que la régulation de la conduite cellulaire est régie par un réseau immensément complexe d'interactions entre les protéines et les acides nucléiques ».

Nous donnons un exemple de vecteur possible de ces interactions : la méthylation de l'ADN (voir dessin p. 69). Des groupes méthyle (CH_3) viennent se fixer de manière irrégulière sur l'une des quatre bases azotées de la molécule d'ADN, la cytosine. Lorsque certaines cytosines sont méthylées, l'expression du gène est réprimée. Cette méthylation est, dans certains cas, transmise génétiquement, mais sans qu'on sache comment. Elle constitue notam-

ment une empreinte des gènes transmis par la mère ou le père (alors qu'on croyait, jusqu'à ces dernières années, que les gènes de nos chromosomes étaient interchangeables). Elle intervient dans certaines pathologies, comme le cancer. Elle est cause de mutations dans les cellules germinales, surtout les cellules mâles, qui se divisent beaucoup plus que les cellules femelles. Elle joue sans doute aussi un rôle dans le vieillissement, au cours duquel le processus inverse se produit : certaines cytosines sont déméthylées, entraînant l'expression de gènes qui normalement devraient rester muets. Or, les radicaux méthyle sont aussi connus pour exercer des réactions en chaîne sur de nombreux récepteurs et médiateurs cellulaires. Comment ne pas penser que leur action sur l'ADN, y compris celui des cellules germinales, est parfois dictée par des événements extérieurs ? « Ce n'est en effet nullement exclu », estime Maurice Auroux, un spécialiste de l'embryogénèse.

On sait encore que certains virus sont capables de s'intégrer à notre ADN, d'y rester, et de passer ensuite de génération en génération. Ils sont sans doute à l'origine de ces « gènes sauteurs », découverts en 1947 par Barbara McClintock, capables de passer non seulement d'un segment de chromosome à un autre mais d'un chromosome à l'autre. Les oncogènes, ou gènes du cancer, sont peut-être d'anciens virus intégrés. Or, l'exemple du sida montre que les transformations du milieu, des modes de vie, sont susceptibles de favoriser l'infection par certains virus.

L'une des découvertes les plus stupéfiantes de ces dernières années est celle d'un acarien (animal microscopique) qui parasite certaines mouches. Sa bouche ressemble à s'y méprendre aux pipettes ultrafines que les biologistes utilisent dans leurs expériences de transfert de gènes. Il est vraisemblable que cette petite bête est capable de transférer un gène d'une espèce de mouche à une autre, en parasitant les œufs de la seconde espèce (3). N'en doutons pas : la nature nous réserve encore quelques surprises de ce type...

Il n'est donc pas absurde de penser, par exemple, que la faiblesse chronique de l'intensité photonique à laquelle les peuples de la forêt équatoriale ont été exposés a pu, soit inhiber durablement l'expression de certains gènes, soit sélectionner, voire provoquer une mutation, dont le résultat serait la petite taille des Pygmées.

Et de même, il n'est pas absurde de penser que la transformation très profonde de notre environnement depuis deux siècles est susceptible de produire, collectivement ou individuellement, des modifications génétiques transmissibles. ■

(2 et 3)
*Scientific
American*,
mars 1993.

Comment la Terre soigne ses formes

La question revient, lancinante : le niveau des mers monte-t-il ? De nouveaux éléments de réponse existent. Ils nous font revenir 20 000 ans en arrière et reposent sur l'étude du manteau terrestre. Celui-ci n'est pas aussi rigide qu'on peut le penser : lentement mais sûrement, la Terre soigne ses formes.

PAR HÉLÈNE GUILLEMOT

Suspendus aux déclarations des grands scientifiques, les millions d'habitants des zones côtières se sentent menacés par une éventuelle montée des mers. Il ne sont pas les seuls. Le problème nous concerne tous puisqu'on considère en général qu'une hausse du niveau océanique serait la conséquence – et le révélateur – du fameux “réchauffement global” de l'atmosphère, dû aux rejets de dioxyde de carbone et autres gaz à effet de serre.

Dilatation de l'eau, fonte des glaciers et des calottes continentales : les raisons d'inquiétude ne manquent pas. Les certitudes, si. Le niveau des océans est ainsi placé sous haute surveillance, mesuré au centimètre près par plusieurs satellites



et tout un réseau de marégraphes. Pourtant, le lien entre niveau des mers et effet de serre n'est pas aussi immédiat qu'il y paraît... La Terre réserve des surprises à ceux qui savent prendre le temps de reconstruire son histoire.

Prenez le niveau de l'eau dans un verre : il ne dépend que du volume d'eau, parce que le verre



Effet de Terre contre effet de serre

Un réchauffement de l'atmosphère menacerait de faire monter le niveau global des mers, notamment par la fonte des calottes glaciaires. Ce scénario-catastrophe doit être revu. Libérée du fardeau des glaces, la Terre réagit d'une manière jusqu'ici ignorée : elle se soulève ! Résultat : des terres jadis immergées se retrouvent à découvert, comme c'est le cas des rivages du golfe de Botnie, en Suède (ci-contre).

L. Girard/Explorier

est rigide et indéformable. Contrairement aux apparences, ce n'est pas le cas du "réceptif" supportant les océans ! La Terre se déforme, en effet, et réagit aux contraintes extérieures, telle une énorme balle élastique qui s'enfonce quand on appuie avec un doigt, et se relève lorsque on relâche la pression. Impossible, donc, d'étudier sé-

rieusement le niveau des mers sans tenir compte de ces affaissements et de ces élévations du sol.

C'est en Scandinavie que l'élasticité de notre planète produit ses effets les plus spectaculaires. Sur les rives du golfe de Botnie, au nord de la Suède, le niveau de la mer baisse chaque année d'un centimètre. «Le petit-fils laboure où le ►

suite de la page 73

grand-père pêchait», dit un vieux dicton de là-bas ! Ce recul du rivage traduit le soulèvement de la péninsule scandinave, qui se poursuit depuis plus de 15 000 ans. On dit même que Stockholm lui devrait son rang de capitale suédoise : le port d'Uppsala, ancien siège de la royauté, à force d'être peu à peu surélevé s'est retrouvé à l'intérieur des terres... et a été détrôné par Stockholm au milieu du XIII^e siècle.

L'élévation de la Scandinavie n'est que le retour de balancier succédant à un gigantesque enfoncement. Il y a 20 000 ans, la Suède, la Norvège et la Finlande étaient écrasées sous une calotte glaciaire, haute de plus de 3 000 mètres et s'étendant sur quelque 1 500 kilomètres, qui, de sa masse énorme, enfonçait la croûte terrestre. Libérée de ce joug par la déglaciation, cette région s'est enfin redressée et continue de s'élever peu à peu, plusieurs milliers d'années après que le dernier glacier ait fondu au soleil... Ce phénomène s'appelle le "rebond postglaciaire".

Derrière cette expression évocatrice se cache une théorie tout à fait sérieuse, élaborée et affinée depuis le milieu du siècle dernier. A cette époque, des géologues constatent que le champ de pesanteur de la Terre, mesuré en différents lieux, est étrangement homogène. Pourtant, des masses aussi différentes que celles des chaînes de montagnes et des bassins océaniques devraient susciter d'importantes variations de la gravitation ! Comme ce n'est pas le cas, il faut que les reliefs soient compensés par des variations opposées dans le sous-sol, à quelques kilomètres de profondeur...

Phénomène *a priori* étrange et déroutant, qui ne peut s'expliquer que si l'on suppose que l'écorce terrestre, rigide et inhomogène avec ses mers et ses monts, flotte sur une matière plus dense mais plus fluide et visqueuse, appelée aujourd'hui le "manteau". L'idée est lancée : les lents mouvements du manteau compensent les changements de poids de la croûte, de telle sorte qu'à quelques dizaines de kilomètres sous la surface, la pression soit la même en tout point. En termes techniques, chaque portion de la croûte terrestre est en équilibre hydrostatique, ou tend à le devenir : la Terre réalise ce qu'on appelle l'"isostasie". Imaginée dès 1855, cette théorie est communément admise aujourd'hui.

Son effet pratique est, si l'on veut bien dérouler patiemment l'histoire de notre planète sur des millénaires, d'une grande simplicité et d'une efficacité redoutable. Lorsque la masse de la croû-

LE DERNIER GRAND FROID

La dernière période glaciaire qu'a connue la Terre a commencé il y a 115 ou 120 000 ans, et s'est achevée voilà quelques milliers d'années seulement. Quant au dernier maximum de froid de cette période, il est assez récent : 20 000 ans.

A cette époque, contemporaine de l'homme de Cro-Magnon, une bonne partie du nord de l'hémisphère nord était écrasée sous 50 millions de km² de glace. Une énorme calotte glaciaire, appelée inlandsis finno-scandien, recouvrait la Scandinavie et la Finlande, où elle culminait à plus de 3 000 m d'altitude, et s'étendait sur l'Ecosse, la moitié de l'Angleterre et de l'Irlande, et la mer du Nord. Quand à la Manche, elle n'existait pas, l'accumulation de glace ayant fait baisser le niveau des océans d'environ 130 m par rapport à aujourd'hui. L'Angleterre n'était pas une île ! La

Seine, le Rhin et la Tamise étaient des affluents d'un même fleuve, qui coulait là où aujourd'hui se trouve la Manche avant de se jeter dans l'océan Atlantique bien au large de Brest. La température moyenne était inférieure de 5 °C à celle d'aujourd'hui, et le nord de la France était plongé dans un climat sibérien.

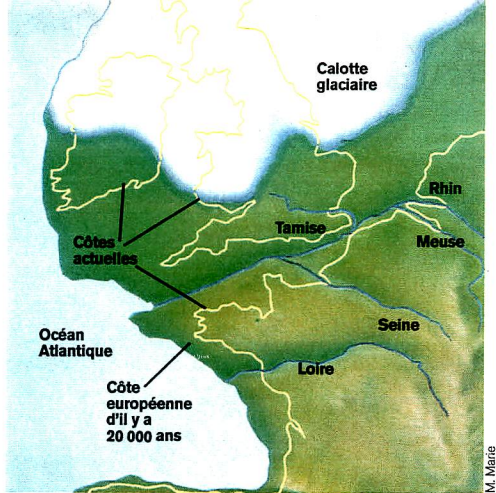
De l'autre côté de l'Atlantique, une calotte glaciaire encore plus vaste, l'inlandsis des Laurentides, recouvrait le Canada et les Etats-Unis jusqu'à la latitude des Grands Lacs. On pense, quoi que cela soit moins sûr, qu'un autre inlandsis s'étendait sur les actuelles mers de Barents et de Kara, au nord de la Sibérie.

Dans l'hémisphère sud, la calotte antarctique était plus vaste qu'aujourd'hui. Mais la différence avec la période actuelle était beaucoup moins spectaculaire que dans notre hémisphère.

Si la calotte antarctique fondait...

... le niveau des mers monterait de 70 mètres environ, submergeant toutes les terres basses du globe. Sauf en Antarctique (ici, îles du sud de l'Argentine) : le continent polaire s'élèverait, au contraire, de plusieurs dizaines de mètres.





Il y a 20 000 ans, l'Angleterre n'était pas une île.

La déglaciation s'est amorcée lentement il y a environ 20 000 ans et a véritablement pris son essor voilà 15 000 ans environ. Elle n'a rien d'un processus régulier. Elle s'est déroulée en plusieurs étapes, selon des mécanismes complexes dans lesquels entraient la topographie des océans, la circulation des courants, le climat, tous ces facteurs influant les uns sur les autres. La fonte des glaces a ainsi connu de brusques accélérations et des stagnations, voire des refroidissements de plusieurs

siècles, avec de grands décalages selon les endroits.

Pour finir, l'inlandsis scandinave aurait disparu il y a 8 000 ans, et celui des Laurentides voilà 6 500 à 7 000 ans... Mais aujourd'hui encore, la croûte terrestre n'en finit pas de se soulager de leur poids et continue de remonter.

On peut reconstituer la carte des glaces et de leur épaisseur à partir de l'ampleur de ce "rebond", révélé par les variations du niveau du rivage, dont subsistent des traces anciennes (sédiments).



S. Fraser/Science Photo Library

A grande échelle, en effet, seuls les soulèvements et les affaissements postglaciaires ont vraiment transformé la face du globe.

Sur le terrain, ils ont laissé en souvenir les traces d'anciennes plages. Coquillages et crustacés, sédiments, coraux, datés et analysés, permettent souvent de reconstituer l'histoire de la côte (pas au-delà de la dernière déglaciation, toutefois, car chaque cycle glaciaire efface les traces de l'épisode précédent).

Ainsi, en Suède, des vestiges successifs de plages anciennes s'étagent sur plus de 100 mètres de dénivelé : ils attestent que le soulèvement se poursuit encore aujourd'hui, au rythme de un centimètre par an ! Au bord de la baie d'Hudson, au Canada, c'est plus lent : 1,5 mm par an.

Le niveau des mers reste finalement la préoccupation essentielle et l'enjeu principal de ces études. Pour répondre avec précision à notre question du début, il faut donc affiner l'analyse. Un rivage n'est jamais que la ligne de frontière entre l'océan et le continent. Si cette ligne s'est déplacée, ce peut être parce que la quantité totale d'eau des océans a varié, suite à une glaciation ou une déglaciation. Ou encore du fait de la

suite de la page 75

“descente” ou de la “montée” du continent, par rebond postglaciaire. Ou enfin parce que le niveau du fond de l’océan a changé !

On retrouve là le principe d’isostasie : en s’écoulant dans les mers, les eaux de fonte font monter le niveau des océans... et aussi leur poids ! Donc, en vertu de l’élasticité de la Terre et de l’équilibre des pressions, le plancher océanique surchargé par ce nouvel apport d’eau va s’enfoncer un peu, abaissant du même coup le niveau des eaux...

Comme si cela n’était pas assez complexe, ces trois phénomènes peuvent aussi intervenir ensemble ! Leurs importances respectives diffèrent cependant suivant les endroits. Dans les zones d’anciennes calottes glaciaires (Scandinavie, Finlande, Ecosse, Canada, nord des Etats-Unis, etc.), c’est le soulèvement élastique qui est primordial. Dans les régions les plus éloignées de l’influence de ces glaciations (régions tropicales et équatoriales, Australie...), seuls les deux autres facteurs interviennent.

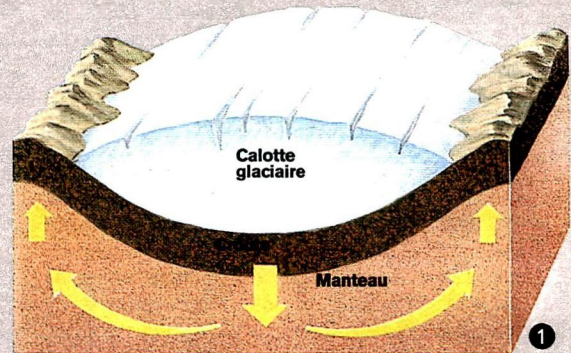
Un des exemples les plus frappants est celui des îles Fidji, dans l’océan Pacifique. Les sédiments et les coraux y témoignent que le niveau du rivage a d’abord monté rapidement il y a 10 000 ans, puis, voilà environ 6 000 ans, s’est mis à baisser lentement, d’environ deux mètres jusqu’à aujourd’hui (voir dessins ci-contre). L’explication est simple : la montée du niveau correspond à l’apport des eaux de la dernière déglaciation ; et l’abaissement, ensuite, résulte de l’enfoncement du plancher océanique provoqué par la surcharge d’eau... La même évolution typique se retrouve sur plusieurs rivages d’Afrique et d’Australie.

Avec cette analyse fine des différentes influences en fonction des régions du globe, il devient possible d’identifier les causes “véritables” des variations du niveau des mers selon les lieux. Et d’étudier systématiquement, grâce à des modèles informatiques, cette curieuse mais bien réelle élasticité de la Terre. Deux domaines scientifiques se retrouvent ici : l’étude des propriétés du manteau terrestre et l’histoire de la dernière déglaciation (voir carte p. 75).

La vitesse du rebond postglaciaire est en effet le meilleur révélateur des propriétés physiques du manteau. Le fait que la Scandinavie continue de se relaxer, 8 000 ans après la disparition de l’inlandsis finno-scandien qui l’écrasait, et que le Canada se soulève encore 6 500 ans après la fonte de l’inlandsis des Lau-

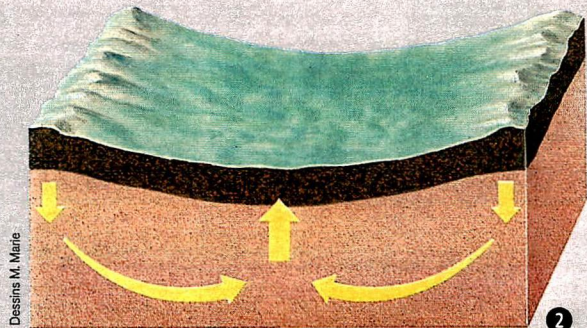
LES REBONDS DE LA TERRE

Les relations mécaniques entre la croûte et le manteau terrestres donnent à notre planète une élasticité qui lui permet de “rebondir” en réponse aux déplacements des masses à sa surface. Ce rééquilibrage est dû à la viscosité du manteau, qui rétablit la pression de sorte qu’elle reste la même en tous points. La Terre réalise ainsi l’isostasie.



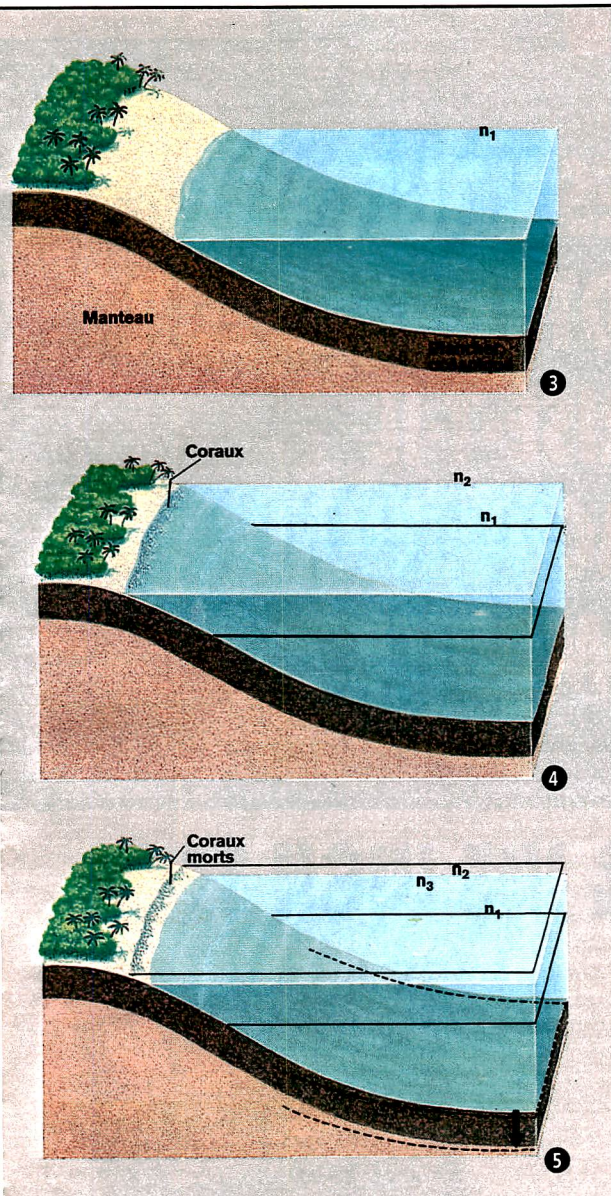
1. En période glaciaire

Les calottes pèsent sur le manteau, qui s’enfonce. Sa matière fluide reflue sur les côtés et surélève les régions avoisinantes.



2. A la fonte des glaces

Le mouvement s’inverse : soulagées de leur fardeau, les régions autrefois recouvertes par la calotte se soulèvent ; les zones voisines s’affaissent.



Ces cycles glaciaires se font sentir jusqu'aux régions tropicales

En période glaciaire, le niveau des mers est bas (3 - n_1).
 A la fonte des glaces, dans un premier temps, la mer gagne sur les terres (4 - n_2). Mais le poids de ces apports d'eau enfonce le plancher océanique, et la mer reperd une partie de ce qu'elle avait recouvert (5 - n_3), exposant les coraux auparavant immergés.

rentides donne une bonne idée de l'inertie du manteau terrestre, et donc de sa viscosité. Et cette remontée n'est pas finie : d'après les spécialistes, la mer Baltique risque fort de se réduire un jour à un chapelet de lacs !

Grâce encore au rebond, les scientifiques, comme Kurt Lambeck, de l'université de Camberra, parviennent à tracer des cartes détaillées des calottes glaciaires à travers les âges, avec leurs monts et leurs plaines – et à reconstituer la chronologie de leur fonte, ce qui intéresse au plus haut point les climatologues. Comprendre les climats passés est devenu, en effet, une nécessité absolue pour prévoir les processus de réchauffement, ou tout simplement imaginer l'avenir...

Mais le passé n'est pas un livre ouvert, même à des échelles relativement courtes. Les interrogations, voire les mystères, ne manquent pas. Ainsi, celui de la "masse manquante" de glace. En effet, d'après les calculs, depuis 20 000 ans, le niveau de la mer aurait monté d'environ 130 mètres par suite de la fonte des glaces. Or, en additionnant les contributions de la calotte scandinave et de l'inlandis des Laurentides (que l'on sait estimer de manière relativement précise), on arrive péniblement à 75 mètres d'eau. Les 55 mètres manquants proviennent donc en partie de la calotte antarctique, et probablement aussi d'un inlandis qui se trouvait sur les mers de Barents et de Kara, au nord de la Sibérie...

L'Antarctique est à lui seul un sujet d'étude passionnant, puisque les scientifiques sont incapables de dire s'il commence à fondre, s'il continue de fondre ou s'il recommence à fondre... Des chercheurs sont actuellement sur place pour mesurer le rôle du rebond dans cet imbroglio.

Une chose est sûre, en revanche : si réchauffement il y avait, il faudrait plusieurs millénaires au moins pour faire disparaître la calotte de l'Antarctique, à cause de sa grande stabilité, comme le montrent de récentes études (*Science*, 30 avril, p. 667). Néanmoins, même si l'hypothèse est très peu probable, on a fait le calcul : sa fonte totale élèverait le niveau des mers de 70 mètres ! Sur tout le globe, les terres basses seraient immergées... sauf en Antarctique, précisément, seul morceau de terre à rebondir vers le haut ! Soulagé du poids de la glace, le continent polaire se soulèverait de quelques dizaines de mètres ou même plus. Les manchots garderaient les pattes au sec !



**D'APRES VOUS,
POURQUOI VOTRE VENDEUR
MAITRISE-T-IL
SI BIEN L'ACOUSTIQUE
EN AUTOMOBILE ?**

IL LIT SCIENCE & VIE HIGH TECH.

EN JUIN,
UN DOSSIER COMPLET
"LE SON ET L'AUTO"



**SCIENCE & VIE
HIGH TECH**

Vaccin anti-sida : l'impasse

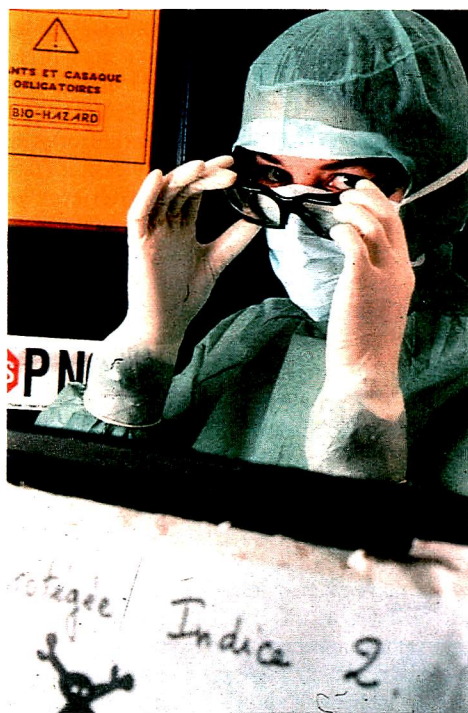
Les premiers essais de vaccin anti-sida sur l'homme ont commencé. Peu avant de mourir, au printemps dernier, le père du vaccin contre la polio, Albert Sabin, a pourtant pris la plume pour affirmer que ces essais sont voués à l'échec. Son argumentation semble discrètement partagée par un grand nombre de scientifiques.

PAR CHRISTINE LEFÈVRE

Quand le virus du sida fut découvert à l'Institut Pasteur voilà dix ans, les scientifiques les plus optimistes, suivis par le ministre américain de la Santé, assurèrent qu'un vaccin serait prêt en moins d'un an. Quelle naïveté ! Comme la rencontre internationale de Berlin vient de l'illustrer, la complexité des modes d'action du HIV (virus de l'immunodéficience humaine) défie toujours l'entendement.

Depuis maintenant quatre ans, les espoirs se concentrent sur les essais pratiqués sur nos cousins les singes. Les singes sont eux aussi, en effet, victimes du sida ou de maladies très voisines, provoquées par des virus proches du HIV. Les premiers succès vaccinaux chez le macaque ont été obtenus en 1989 à l'aide de virus inactivés (voir lexique p. 82). Voilà un an, un nouveau succès fut enregistré, cette fois à l'aide de protéines virales préparées par génie génétique. Puis, fin 1992, une équipe américaine dirigée par Ronald Desrosiers annonçait des résultats spectaculaires grâce à un virus vivant auquel on avait enlevé un gène.

Ces résultats ayant été jugés prometteurs, plusieurs groupes de chercheurs ont obtenu l'autorisation de tester des vaccins sur l'homme. Les premiers essais ont commencé, d'autres doivent suivre. L'objet en est d'obtenir une "première gé-



Le sida n'est pas seulement une maladie

C'est aussi une bonne affaire : création de laboratoires protégés (comme ci-dessus), crédits de recherche, aide à l'élaboration de médicaments, bourses, congrès, symposiums...

suite de la page 79

nération” de vaccins, imparfaits mais destinés à être améliorés.

Cet optimisme se heurte cependant au scepticisme de bon nombre de scientifiques. L'un des plus grands virologistes de ce siècle, Albert Sabin, l'inventeur du vaccin contre la polio, a expliqué pourquoi ces efforts sont, selon lui, voués à l'échec. Il a développé et défendu sa thèse à trois reprises, jusqu'à la veille de sa mort, le 3 mars dernier. Aux arguments de Sabin s'en ajoutent d'autres, qui sont rarement présentés de manière systématique. Il nous a paru important de faire le point sur cette controverse, pour l'essentiel ignorée du grand public.

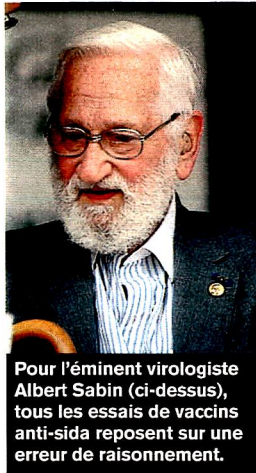
Sabin estime que tous les essais pratiqués chez le singe – et donc ceux annoncés chez l'homme – reposent sur une erreur de raisonnement. Ces essais, dit-il en substance, sont en effet tous inspirés des techniques éprouvées de vaccination contre des virus très différents de celui du sida, comme ceux de la polio ou des oreillons. Ces virus pénètrent dans le corps sabre au clair, à visage découvert, comme des guerriers s'engouffrant par la brèche d'un rempart. Tandis que le virus du sida (de l'homme ou du singe) pénètre tapi au fond de cellules – à savoir certaines catégories de globules blancs, dont les lymphocytes et les macrophages – dont la membrane extérieure ne laisse souvent rien paraître. Autrement dit, le virus du sida est bien un guerrier en armes, mais il est caché dans le ventre de son cheval de Troie, la cellule. Or, les techniques de vaccination aujourd'hui mises à l'épreuve sont inopérantes face à ces guerriers cachés.

Les virus qui pénètrent dans le corps produisent habituellement une réaction immunitaire, en déclenchant deux types de réaction.

● D'abord la synthèse d'anticorps. Ceux-ci s'attaquent soit directement au virus, soit aux protéines que le virus, une fois intégré à l'ADN cellulaire, synthétise à la surface de la cellule.

● Deuxième type de réaction : la mise en branle de “cellules tueuses” qui s'attaquent au virus ou aux cellules infectées par le virus.

Mais ces réactions du système immunitaire ne se déclenchent qu'après un délai assez long, parfois de plusieurs semaines, ce qui laisse le temps au virus d'envahir l'organisme. L'objectif de la vaccination est de préparer le système immunitaire en lui montrant à l'avance quelque chose qui ressemble au virus, sans en avoir les propriétés pathogènes. Ainsi, lors d'une infection ultérieure,



Pour l'éminent virologiste Albert Sabin (ci-dessus), tous les essais de vaccins anti-sida reposent sur une erreur de raisonnement.

Cham/Sipa Press

la réponse immunitaire sera beaucoup plus rapide et intense, et le virus sera éliminé avant d'avoir le temps de provoquer une maladie.

Pour tester la solidité de la protection engendrée par une vaccination chez l'animal, la seule méthode fiable est d'inoculer le virus lorsque tous les rappels ont été effectués. Cette inoculation s'appelle “épreuve virulente”. Si le vaccin est efficace, elle ne doit pas provoquer d'infection persistante ni de maladie. Bien entendu, la nature et le mode d'administration de cette épreuve virulente sont cruciaux. Or, dans la plupart des essais anti-

sida pratiqués jusqu'ici sur les singes, l'épreuve virulente n'a pas convaincu.

● Première critique : de très faibles doses de virus ont été injectées. On pensait initialement que ces faibles doses s'approchaient des quantités réellement transmises lors d'un contact sexuel, par exemple. Or, ce point est très discuté.

● Deuxième critique : aucun vaccin n'a résisté à une épreuve virulente effectuée au-delà de six semaines après le dernier rappel. Que penser d'une vaccination pour laquelle il serait nécessaire d'effectuer un rappel chaque mois ?

● Troisième critique : le génome du virus du sida

LE DILEMME DES ESSAIS

Les essais de vaccins contre le sida actuellement en cours chez des volontaires humains n'en sont qu'à leur première phase. Il ne s'agit pas encore de vérifier leur efficacité réelle contre le sida. Les essais se déroulent en trois phases.

La première phase vérifie simplement l'absence de toxicité de la préparation vaccinale chez un petit nombre de volontaires sains.

La seconde phase permet de déterminer la façon dont le vaccin doit être administré (dose, nombre d'injections et de rappels) pour induire une immunité sans effets secondaires. L'immunité en question est mesurée seulement par

des prises de sang.

La troisième phase seule apporte des données sur l'efficacité réelle de la vaccination. Aucun essai de vaccin anti-sida n'est arrivé à ce stade.

Il est impossible, d'un point de vue éthique, de pratiquer une injection virale d'épreuve comme chez l'animal. Logiquement, la phase 3 doit être effectuée chez des volontaires dont le mode de vie comporte un risque élevé de contamination. La moitié de ces sujets reçoit un vaccin factice. L'autre moitié reçoit le vaccin réel. Au bout d'un certain temps, l'efficacité du vaccin est mesurée en comparant le nombre de nouveaux

Les premiers "succès"

En 1992, des macaques rhésus comme ceux du centre de primatologie de Davis (ci-contre), en Californie, avaient été vaccinés avec des morceaux de virus du SIV (sida du singe). On leur a ensuite inoculé du virus vivant : ils n'ont pas été malades ; aucune trace de virus n'est apparue dans les prises de sang. Il ne restait plus qu'à passer à l'homme. Faux espoirs, comme l'explique notre article.



Malzeur/Bader/Sipa Press

varie rapidement, et de façon imprévisible. Le vaccin risque donc de se heurter à un virus très différent de celui contre lequel il a été conçu. Or, à l'heure actuelle, le virus utilisé pour l'épreuve virulente est identique ou peu différent du virus utilisé pour la fabrication du vaccin.

L'essai de vaccination peut-être le plus convaincant réalisé à ce jour est celui mis au point par l'équipe de Ronald Desrosiers. Cette préparation est constituée de virus vivants auxquels un gène a été retiré par des méthodes de génie génétique. Les virus du sida du singe dépourvus de ce gène sont capables de se multi-

plier chez l'animal, mais de façon moins intense que le virus non modifié, et ne provoquent pas de sida, du moins dans les délais habituels (environ un an chez le singe rhésus). Le point intéressant est le suivant : les animaux déjà infectés par le virus modifié résistent à toute injection ultérieure de virus complets. On peut donc considérer qu'ils sont vaccinés. Cette fois, les trois critiques mentionnées plus haut ne sont plus opposables : les animaux résistent à de fortes doses virales, plus de deux ans après le dernier rappel, et de souche différente de celle ayant servi à préparer le vaccin. Malheureusement, cette technique pose un sérieux problème de sécurité. Il est, en effet, impossible de garantir que le virus ainsi manipulé est incapable, à terme, de retrouver la virulence du virus original.

CHEZ L'HOMME

cas d'infection apparus chez les vrais et les faux vaccinés. Un tel essai nécessite un grand nombre de patients et une analyse statistique rigoureuse dans le respect absolu des règles éthiques qui s'appliquent aux essais cliniques.

Seulement, le devoir des médecins qui effectueront ces essais sera d'expliquer aux volontaires que l'efficacité du vaccin est loin d'être prouvée et qu'il faut absolument éviter les comportements à risque. S'ils sont suivis, ces conseils fausseront complètement les résultats. Certains ont donc proposé d'effectuer les essais dans certaines régions africaines où le taux de

contamination est de toute façon très élevé et où les conseils de prudence sont peu suivis. Ce qui pose un problème éthique.

L'OMS estime qu'une condition minimale serait de garantir aux pays où ont lieu des tests un accès prioritaire au vaccin éventuellement commercialisé. Il serait particulièrement inacceptable, en effet, qu'un vaccin soit testé en Afrique pour ensuite être vendu à prix d'or dans les pays riches, les seuls qui peuvent se permettre de l'acheter. De toute façon, on n'en est pas là ; aucun vaccin n'en est à ce stade, si tant est qu'on y arrive un jour.

Et, surtout, la méthode Desrosiers ne résiste pas mieux que les autres à la critique fondamentale de Sabin. L'épreuve virulente destinée à tester tous ces vaccins reste, en effet, fondée sur une injection de virus libres, non intégrés à leur cellule-hôte. Or, ce n'est pas le mode habituel de transmission du virus du sida. Que celle-ci ait lieu par voie rectale, vaginale ou sanguine, la plupart des virus sont cachés à l'intérieur de ces cellules (dans le sperme, les sécrétions vaginales ou le sang).

Lorsque le virus caché dans la cellule ne traduit sa présence par aucune manifestation sur la membrane cellulaire, il est protégé contre les anticorps induits par la vaccination. Il est également protégé contre les cellules tueuses. Cela est aggravé par la capacité du virus à passer ensuite directement d'une cellule à l'autre par fusion intercellulaire. Plusieurs équipes ont d'ailleurs montré qu'un vaccin capable de protéger les singes contre

suite de la page 81

l'injection intraveineuse de virus extracellulaires, était inefficace contre l'injection d'une dose équivalente de virus intracellulaires.

Sabin ajoute qu'il suffit d'observer l'évolution naturelle de l'infection par le virus du sida pour constater l'inefficacité de nos défenses immunitaires, anticorps ou autres, contre cet agent infectieux. En effet, le virus semble se jouer des anticorps et des cellules tueuses synthétisés en masse par l'organisme des personnes infectées. Les virus contre lesquels des vaccins efficaces existent, comme celui de la poliomyélite, par exemple, sont incapables de persister ainsi dans l'organisme, même en l'absence de vaccination (le système immunitaire finit par s'en débarrasser, même si c'est au prix de séquelles plus ou moins graves).

Ne semble-t-il donc pas illogique d'utiliser la vaccination, c'est-à-dire le système immunitaire, pour lutter contre un virus qui arrive si parfaitement à y échapper ? A l'appui de cet argument, il faut rappeler que tous les autres agents infectieux capables de persister dans l'organisme résistent aussi aux méthodes classiques de vaccination : c'est le cas du virus de l'herpès ou du parasite paludéen. Les résultats obtenus par Desrosiers, applaudis dans la presse scientifique, ont suscité une critique cinglante de Sabin, parue après sa mort dans la revue internationale *Nature* le 18 mars dernier. Il y dénonçait «un en-

thousiasme né d'une naïveté générale».

Les responsables des essais menés chez l'homme, aux Etats-Unis, considèrent que «retarder ou renoncer à ces essais pour les raisons avancées par Sabin serait désastreux étant donné le nombre croissant de personnes exposées au risque de sida». Ne négliger aucune piste, si ténue soit-elle : l'argument est souvent avancé pour justifier les essais ou l'utilisation de certains traitements, même si leurs chances de succès sont faibles.

A quoi Sabin rétorque : «Ce qui est désastreux, c'est de persister dans des méthodes inadéquates d'étude des vaccins contre le sida, et de mettre en place des essais à grande échelle chez l'homme, sans aucune preuve que de tels vaccins sont effectivement capables de protéger contre une infection naturelle par des doses adéquates de virus intracellulaires.»

Dans ces conditions, on peut se demander si l'urgence de la situation posée par le sida est la seule justification à la mise en place des essais vaccinaux actuellement en cours chez l'homme. En effet, le retentissement médiatique de tels essais présente de multiples avantages pour les professions concernées. Les gouvernements démontrent que les efforts alloués au sida sont suffisants et fructueux. Les industriels voient leurs actions monter et se positionnent sur un marché qui pour-

PETIT LEXIQUE DE LA VACCINATION

Les vaccins atténués (virus vivants) sont des virus dont la virulence est diminuée, à la suite d'une mutation ou d'une manipulation génétique. Ils sont capables d'induire la même réponse immunitaire que le virus, mais sans provoquer de maladie. Ces vaccins sont les plus efficaces que nous connaissions contre la plupart des virus. C'est à cette catégorie qu'appartient le vaccin oral de Sabin contre la polio. Pourtant, dans le cas du sida, très peu d'équipes se sont lancées dans la mise au point de tels vaccins, car on a toujours pensé, à juste titre, que ceux-ci poseraient de graves problèmes de sécurité. En effet, la grande variabilité génétique du virus fait

craindre un retour du virus du vaccin à sa virulence originale. Or, on ne peut admettre qu'une vaccination préventive, destinée à des personnes non infectées, présente un risque de transmettre la maladie mortelle qu'elle est censée prévenir.

Les vaccins inactivés (virus tués). Le virus est préparé en grandes quantités puis inactivé à l'aide de divers traitements : formol, irradiation, détergents ou autres. Ce type de vaccin est généralement moins efficace que les vaccins vivants. Le principal problème reste la possibilité qu'un lot de virus échappe à une totale inactivation.

Les protéines virales (fragments de virus) sont un autre

type de préparation non vivante. Très sûrs, ils sont le plus souvent préparés par génie génétique à partir des gènes viraux et contiennent seulement certaines protéines virales. Le danger est écarté par l'impossibilité totale de voir se reconstituer un virus complet à partir de ces protéines.

Vaccin et immunothérapie. Une confusion est entretenue par les scientifiques qui utilisent aussi le mot vaccin pour désigner des préparations de type vaccinal, non pour prévenir une infection ultérieure mais pour soigner des malades. L'expression juste est "immunothérapie active". Elle vise à augmenter l'activité de la réponse immu-

nitaire du sujet traité. L'immunothérapie "active" s'oppose à l'immunothérapie "passive", qui consiste à transférer des agents immunitaires, le plus souvent des anticorps, d'un sujet immunisé et en bonne santé vers un sujet infecté, dont le système immunitaire reste passif.

L'exemple le plus classique d'immunothérapie passive est l'injection de sérums humains ou animaux, qui contiennent des anticorps contre, par exemple, un venin de serpent ou la toxine du tétanos.

La vaccination préventive et l'immunothérapie passive sont efficaces contre de nombreux agents pathogènes. L'immunothérapie active n'a jamais fait ses preuves.

Les quatre "tares" des vaccins à l'essai

Les vaccins essayés sur des singes, et qui le seront bientôt sur l'homme, réussissent en laboratoire, mais ne peuvent être opérants dans des conditions réelles. Pourtant, les cobayes vaccinés ont bien produit des anticorps, et ceux-ci les ont effectivement protégés contre les virus vivants inoculés lors des tests en laboratoire, appelés "épreuve virulente". Voici les quatre raisons de ces échecs, avec, pour chacune, la démarche en laboratoire et la situation telle qu'elle est susceptible de se produire dans les conditions réelles...

AU LABORATOIRE DANS LES CONDITIONS RÉELLES

1 La dose de virus de l'épreuve virulente est minimale.



Lors d'un contact contaminant, les virus sont beaucoup plus nombreux...

AU LABORATOIRE DANS LES CONDITIONS RÉELLES

2 Le virus utilisé pour l'épreuve virulente est le même que celui qui a servi à fabriquer le vaccin.



Lors d'un contact contaminant, le virus est différent...

AU LABORATOIRE DANS LES CONDITIONS RÉELLES

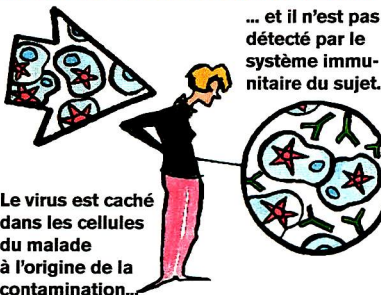
3 L'épreuve virulente est effectuée trois semaines seulement après le dernier rappel.



Le contact contaminant peut se produire longtemps après le dernier rappel...

AU LABORATOIRE DANS LES CONDITIONS RÉELLES

4 L'épreuve virulente utilise des virus libres.



Le virus est caché dans les cellules du malade à l'origine de la contamination...

rait devenir extrêmement rentable. Surtout lorsque, faute de mieux, des vaccins médiocres se trouvent en position d'exclusivité, comme c'est le cas avec l'AZT sur le marché des médicaments. L'obtention des autorisations et des fonds nécessaires aux essais vaccinaux est d'ailleurs l'objet d'intenses manœuvres de lobbying, récemment dénoncées au sujet de la compagnie américaine Microgenesys. Les scientifiques qui font "marcher" leur vaccins acquièrent plus de renommée et de crédits de recherche que ceux dont les vaccins, testés de façon plus réaliste, restent inefficaces.

Quant au public, qui reçoit une information incomplète, il gagne surtout de faux espoirs.

Le retour de balancier qui pourrait survenir en cas d'échec flagrant des programmes de vaccination actuels devrait encourager la communauté scientifique à plus de prudence, ou de transparence. Il est indispensable d'expliquer clairement et simplement les objectifs et les limites des essais de vaccins contre le sida qui ont lieu chez l'homme. Rendons hommage à Albert Sabin, pour avoir introduit un peu de réalisme dans ce débat. Il semble que son point de vue pessimiste soit partagé par la majorité "silencieuse" des scientifiques. Lui avait la liberté, le courage et le poids nécessaires pour dire tout haut une vérité que personne n'aime entendre.

Le dernier message laissé par Sabin est que la recherche devrait davantage se concentrer sur la mise au point de systèmes capables de tuer les cellules qui contiennent le virus, en laissant intactes les cellules normales. Ou encore sur la possibilité de transférer aux cellules des gènes de résistance à l'infection. Certaines équipes ont ainsi mis au point des gènes toxiques, reliés à un détonateur génétique sensible à la présence du virus (voir *Science & Vie* n° 895, p. 52) ; ou des gènes non toxiques, cette fois, mais capables de bloquer l'entrée du virus ou sa multiplication dans la cellule. Le problème actuel reste de transférer efficacement ces gènes antiviraux à l'intérieur des cellules de l'organisme, ce qui passe par la réalisation d'expériences dites de thérapie génique. Les efforts pourraient aussi porter sur la recherche de médicaments ou de combinaisons de médicaments capables d'inhiber la multiplication virale, sans créer de virus résistants. Ce dernier point constitue, en effet, un grave problème avec l'AZT actuellement utilisé.

Une chose est sûre : un vaccin contre le sida, s'il voit jamais le jour, n'aura qu'une efficacité partielle. Il sera donc mal accepté. Il n'atteindra jamais l'efficacité du préservatif, qui, sauf accident, protège bien. ■

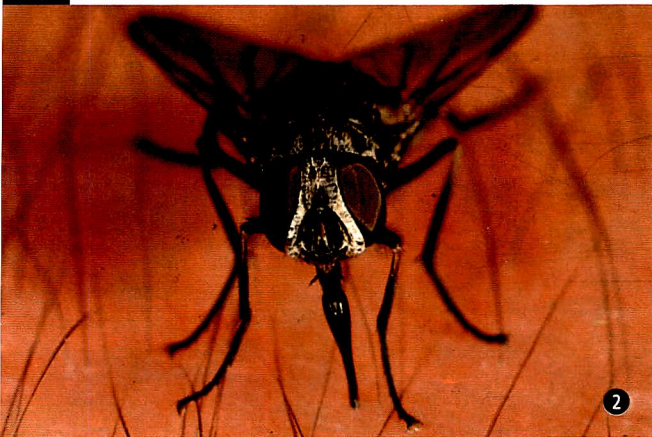
Dessins A. Morange



Les appareils piqueurs de ces mouches sont fins comme des aiguilles

C'est ce qui leur permet, qu'elles soient une minuscule similie ❶ ou une mouche charbonnière ❷, de s'attaquer à l'épiderme des hommes et des animaux.

Les insectes sanguinaires



K.G. Veck/Oleptia

Le système buccal des insectes présente une grande diversité qui leur a ouvert l'ensemble de la biosphère terrestre. Dans la forêt pluviale de l'Asie du Sud-Est, on a découvert des papillons dont la trompe leur sert à sucer non du nectar, mais du sang.

PAR JÜRGEN NAKOTT

Des papillons multicolores volettent avec grâce au-dessus de prairies ensoleillées, passant d'une fleur à l'autre : ils plongent leur trompe en filigrane dans les calices délicats et en aspirent le doux nectar. Voire ! Cette image idyllique des poètes et des amoureux de la nature va devoir être revue et corrigée : ces gracieux lépidoptères comptent aussi de véritables Dracula !

Ainsi, dans la forêt pluviale de Malaisie, où ils ont été découverts, les *Calyptrocyba eustrigata* ouvrent la chasse entre 22 heures et minuit. Avec leur trompe en harpon, ils attaquent aussi bien la couenne des buffles et des rhinocéros ! Mais les victimes préférées de ces suceurs de sang sont les tapirs. Se déplaçant lentement, dans la pénombre de l'épais sous-bois de la jungle, ils se font repérer par la forte odeur qu'ils dégagent. Et comme ils ne disposent pas d'une queue touffue pour se débarrasser de ces "esprits" malfaisants...

Ces surprenants papillons sont une espèce rare, identifiée il y a peu d'années. Au cours de plusieurs expéditions, un chercheur helvétique, le

Dr Hans Bänziger, a pu les observer à loisir. Ses recherches ouvrent ainsi un nouveau chapitre de l'histoire de l'évolution des insectes. Une classe qui, grâce à la capacité d'adaptation de son système buccal, a occupé toute la biosphère terrestre – à l'exception des fonds marins !

Si l'histoire de ces mâchoires mordeuses et de ces trompes perforantes est passionnante, son avènement reste obscur. Tout ce qu'on en sait, c'est qu'à un moment indéterminé du Précambrien, une branche s'est séparée du tronc commun des ancêtres des vers de terre : l'embranchement des arthropodes, comprenant la classe des insectes et celle des arachnides (araignées, scorpions, acariens), ainsi que le sous-ordre des crabes.

Les formes les plus anciennes de cette classe se distinguèrent peu du ver ancestral. Simple-ment, à chacun des nombreux segments de leur corps, se formèrent des pattes. Le mille-pattes a conservé ces traits jusqu'à nos jours, mais, il y a 440 millions d'années, ses trois premières paires de pattes ne lui servaient déjà plus à avancer mais à saisir la nourriture. Elles étaient devenues mâchoire supérieure, mâchoire inférieure et lèvres inférieures.

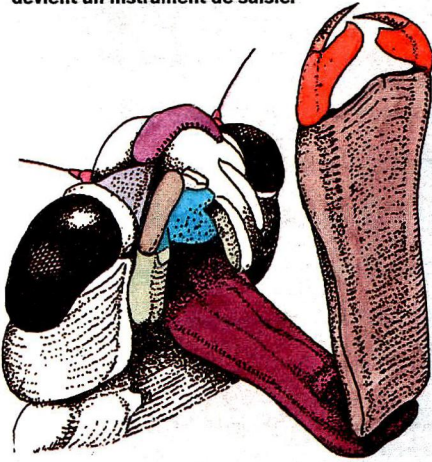
Vingt millions d'années plus tard, les insectes ►

Mâchoires et lèvres : l'appareil buccal

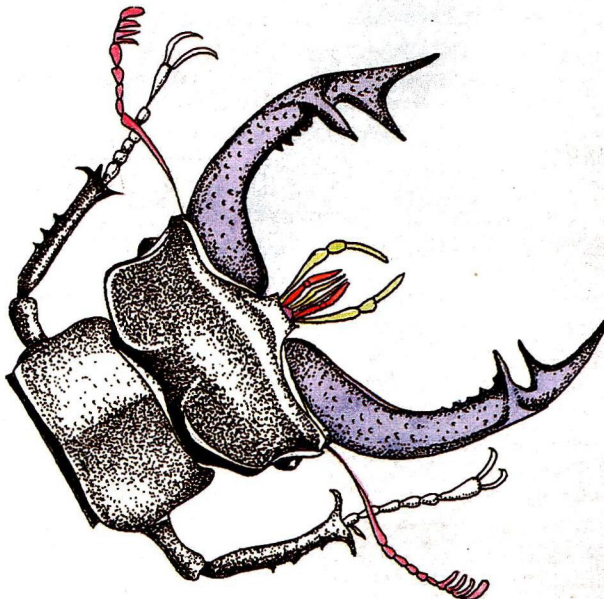
Depuis 350 millions d'années, l'appareil buccal des cafards a fait ses preuves ❶. Mais, chez d'autres insectes, la recherche d'une nourriture spécifique a conduit à de nombreuses évolutions de leurs "outils" buccaux. Chez les larves de libellule ❷, la lèvre inférieure est devenue un instrument de capture, appelé masque, avec lequel elle peut attraper des petits poissons. Chez le papillon ❸, la lèvre inférieure

s'est fondue en une plaque unique qui ferme, sous la trompe, l'espace buccal. Seuls sont restés les palpes labiaux labiaux désormais ornés d'appendices sensoriels (en rouge). La trompe, quand à elle, est une transformation de la mâchoire inférieure. C'est un instrument de succion tout différent qu'a développé la puce ❹. Sa mâchoire inférieure compacte enserre une touffe de soies piquantes. Les lèvres ont disparu ; la mâchoire

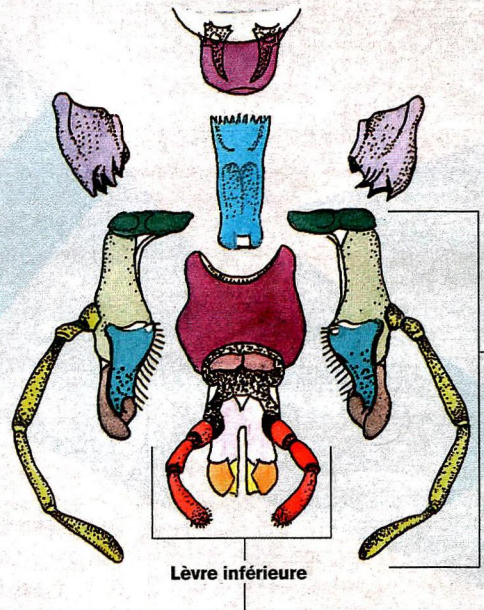
❷ **Larve de libellule** : la lèvre inférieure devient un instrument de saisie.



❸ **Lucane** : la mâchoire supérieure devient ramure.



❶ **Cafard** : toutes les spécialisations descendent de ce type original d'appareil de morsure et de mastication.



- Lèvre supérieure
- Mâchoire supérieure
- Gosier
- Maxillaire inférieur
- Articulation de la mâchoire inférieure
- Base de la mâchoire
- Partie inférieure
- Partie extérieure
- Palpes maxillaires
- Lèvre inférieure
- Submentum
- Mentum
- Prémentum
- Paraglosse
- Glosse
- Palpes labiaux

supérieure en paire sert d'appui au système piqueur. Chez le lucane ♂, c'est la mâchoire supérieure qui a le rôle principal. Ramure puissante en forme de pinces, elle sert d'arme au mâle contre un rival éventuel pour gagner sa femelle. Avec ses palpes labiaux et ses mâchoires sensibles, ce végétarien part à la recherche de sève d'arbres perlante, qu'il lèche alors avec sa "langue" (glosse).

suite de la page 85

ont conservé cette structure. Les "cornes" avec lesquelles le lucane évince d'une branche de chêne son concurrent dans la quête d'une femelle n'est anatomiquement rien d'autre qu'une forme particulière de la mâchoire supérieure avec laquelle les premiers cafards, il y a des millions d'années, dévoraient les feuilles (voir photo p. 90). La trompe souple des papillons n'est, du point de vue de l'évolution, que la deuxième paire de pattes d'un ancêtre proche du ver. En passant par la forme de la mâchoire inférieure du cafard, elle s'est transformé en un appareil complexe d'aspiration (voir dessin ci-contre).

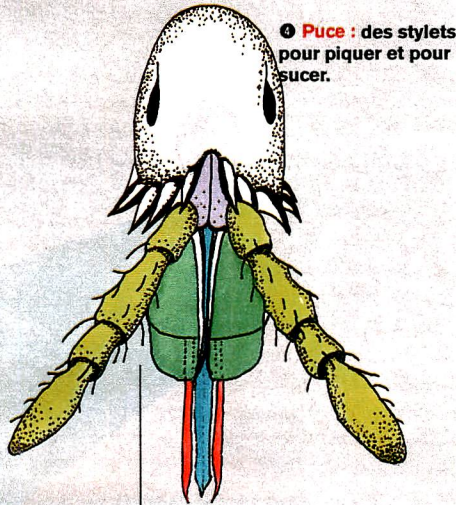
Les spécialistes ont pu suivre pas à pas les transformations progressives qui ont mené d'un équipement polyvalent aux diverses formes d'instruments spécialisés.

Le modèle de base, comme le montrent des fossiles vieux de 300 millions d'années, est donc le système masticateur des cafards qui, lui, n'a pas beaucoup changé. Avec leurs mâchoires dévorant tout, ceux-là ont pu survivre à toutes les variations de leur environnement. En revanche, les "bouches" des insectes qui exploitèrent des biotopes plus originaux ont évolué, leur permettant d'aspirer le nectar des fleurs, la sève des plantes ou... le sang.

Les fossiles ne montrent donc pas seulement la stabilité formelle d'une famille comme celle des blattidés, mais aussi toutes les étapes de l'adaptation des autres (ce qu'on appelle une série phylogénétique) jusqu'aux trompes aspirantes des papillons ou perforantes des puces (voir photos p. 89 et 88). Au microscope, les chercheurs ont pu suivre, en quelques jours, le développement de la larve à l'insecte, et observer comment un dispositif de patte devenait une mâchoire : des millions d'années d'évolution en accéléré. Vieux postulat, d'ailleurs : l'ontogénèse reproduit la phylogénèse (1).

Premières conclusions : ce qui varie le moins, c'est le labrum, la lèvre supérieure des insectes. C'est aussi la seule petite pièce de ce puzzle évolutif qui ne procède pas d'une patte, mais toujours d'une partie de la tête. Tous les autres instruments buccaux sont originellement associés par paires et, par la suite, se sont plus ou moins fondus.

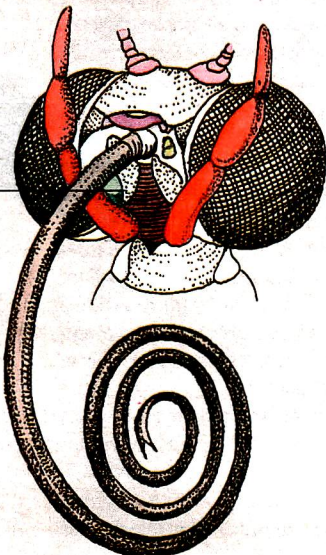
Le labrum est suivi par les mandibules, la mâchoire supérieure. C'est l'instrument polyvalent des insectes. Les deux moitiés de mâchoire se meuvent comme une pince. Les sauterelles, par exemple, s'en servent pour mâcher les bouts de plantes ; les cicindèles voraces, pour déchirer leurs proies, en l'occurrence d'autres insectes ; les guêpes pour creuser des nids ; les fourmis pour traîner leur butin ; les lucanes pour combattre



❶ Puce : des stilettes pour piquer et pour sucer.

Mâchoire inférieure

❷ Papillon : les parties de la mâchoire inférieure se sont réunies pour former un long tuyau lui permettant de boire le nectar.



(1) L'ontogénèse est le développement de l'individu, depuis la fécondation de l'œuf jusqu'à l'état adulte. La phylogénèse est l'étude de la formation et de l'évolution des espèces.

K. Buirge



**Son corps
étroit lui
permet de se
faufiler**

Grâce à ses flancs aplatis, la puce se fraie un chemin à travers le système pileux de sa victime.

D. Scharf/Arnold



G.I. Bernard/OSF/Okeapia

suite de la page 87

leurs rivaux et les larves de capricorne pour creuser leur chemin à travers le bois des souches et éventuellement le bois d'œuvre.

La structure articulée de la mâchoire et de la lèvre inférieure (maxillaire et labium) prouve, chez les insectes les plus simples, qu'elles étaient aussi, à l'origine, des pattes. Les mâchoires servent à tenir et à réduire la nourriture en pièces. Elles forment aussi les bouchées, ramassent en les grattant les algues ou, quand elles sont jointes et soudées, servent de tube d'aspiration.

L'évolution en lèvre inférieure de la structure en paire est moins évidente. Chez les papillons, cette dernière s'est transformée en une plaque solide et clôt l'espace buccal par le bas. Elle peut aussi, seule ou en liaison avec des parties de la mâchoire inférieure, devenir une touffe complexe de soies piquantes et aspirantes, grâce à laquelle les puces, les poux et les moustiques sucent leurs proies.

Quelques formes de chaque niveau intermédiaire de l'évolution ont été conservées jusqu'à aujourd'hui. A partir d'une douzaine d'entre eux,

on peut voir une série fonctionnelle complète, depuis les masticateurs de pollen jusqu'aux parasites suceurs de sang d'Asie du Sud-Est : l'évolution se laisse ainsi admirer.

Micropterix, par exemple, n'est pas un descendant des Gaulois dans le dernier Astérix : c'est le nom d'une des mites les plus anciennes d'Europe centrale, une sorte de fossile vivant, comme le cœlacanthe chez les poissons. Avec une envergure d'aile de 9 millimètres, la mite sans trompe ne se remarque même pas au cœur d'un bouton d'or, son "restaurant" préféré. Là, avec les palpes en forme de doigts de ses mâchoires inférieures, elle gratte le pollen et le pousse vers l'appareil à moule de la mâchoire supérieure. Ce dernier, à l'aide de muscles masticatoires qui emplissent presque toute la capsule de sa tête, broie alors les grains de pollen.

Les fausses mites sont très proches des mites originelles. Ainsi, la mite du bouleau, l'œcophore de Geoffroy, possède bien des mandibules, mais qui n'ont pas de fonction. Avec sa trompe peu développée, elle ne peut pas atteindre les

Sa trompe se détend comme une spirale d'acier

Pour aller boire le nectar au cœur des fleurs, le papillon déroule sa trompe dont les fibres musculaires sont plus fines que des cheveux. C'est par modification de la pression sanguine à l'intérieur de celle-ci que s'effectue cette détente.



K.G. Vesz/Okeipia

M. Kage

calices de fleurs trop profonds. Elle lèche, par exemple, les nectars faciles à atteindre ou les gouttes nutritives qui perlent sur l'écorce d'arbres blessés.

Chez toutes les autres espèces de papillons connues, quelque 200 000, la plupart des outils buccaux sont réduits à des restes infimes. Certaines espèces n'en possèdent même plus une fois devenues adultes. Elles se glissent hors du cocon, se cherchent un partenaire et meurent aussitôt après la ponte. Leur existence se réduit essentiellement à la vie de chenille. Mais la plupart des papillons possèdent une trompe typique. Celle-ci est constituée de la réunion des deux demi-tuyaux de la partie extérieure de la mâchoire inférieure. Les deux moitiés sont liées de façon étanche, avec parfois des barbes aménagées comme les dentelures d'une fermeture Eclair. Rien ne se perd ainsi du nectar qui passe du cœur de la fleur au gosier du papillon : par exemple, par les 28 mm de la trompe d'un *Cocytius*, sphinx tropical.

Jusqu'aux sucres de nectar, le schéma de l'évolution de l'appareil buccal chez les papillons est clair. Mais c'est ici que tout se complique. Le Dr Hans Bänziger, déjà cité, propose l'hypothèse suivante : «A un moment donné, un papillon pour lequel le nectar était trop profondément caché, a sans doute joué un tour à la plante bienfaitrice. Au lieu de plonger dans la fleur par le haut, pour la fertiliser du même coup, ce qui est le sens profond de l'offre de nectar, il a attaqué le réceptacle de l'extérieur. Le stratagème a réussi et s'est installé dans l'évolution. Ici s'est ouvert le chemin qui va du fait de piquer dans les fruits mûrs pleins de jus aux papillons suceurs de sang de l'Asie du Sud-Est.»

Une étape intermédiaire de cette série fonctionnelle entre trompe aspirante et trompe piquante est offerte par le célèbre sphinx tête de mort qui, avec ses 13 cm d'envergure, est le plus grand sphinx d'Europe. Il est assez puissant pour s'attaquer à l'occasion aux ruches et tarauder avec sa trompe courte et puissante l'opercule de cire pour atteindre les rayons pleins de miel. Pi- ▶



H. Reinhard/Okapia

Au commencement, la lucane n'avait que des pattes

Puis les premières d'entre elles se sont transformées en outils pour la bouche... Il y a plusieurs millions d'années, la paire de pattes devenue mâchoire a, de nouveau, muté : devenue plus importante, elle permet à cet insecte de chasser ses concurrents.

suite de la page 89

ratage impuni, car les écailles épaisses et duvetueuses qui recouvrent son corps le protègent des attaques vengereuses des abeilles.

Une autre hypothèse existe pour expliquer une telle évolution. Certains papillons, ayant appris à se nourrir dans des fleurs pleines d'eau sucrée, auraient repéré d'autres liquides nutritifs : jus perlant de fruits trop mûrs, excréments minéralement riches, ou encore liquides lacrymaux de grands mammifères. En Thaïlande, des noctuidés de la famille des phalènes se rassemblent souvent par douzaines autour des yeux des bœufs. Les larmes de ceux-ci contiennent en effet des protéines, des sels, des sucres et des vitamines.

Maintes espèces ne se contentent plus de sucer les larmes, elles grattent avec leur trompe l'épiderme tendre de leurs victimes animales jusqu'à ce que le sang perle... Le dernier stade connu dans cette voie de l'évolution est celui des phalènes que le Dr Bänziger, à l'occasion de ses travaux à la faculté d'agriculture de l'université de Chiang Mai, a pu observer dans la plupart des pays d'Asie du Sud-Est (Thaïlande, Malaisie, Laos, Cambodge). Des mois durant, il a guetté le papillon suceur de sang, *Calyptra eustrigata*, cité plus haut. Deux fois plus grand que la piéride du chou, ce lépidoptère hante les forêts toujours humides au pied de hautes montagnes.

Bänziger a ainsi observé comment il s'installe sur la peau d'une victime. Après avoir repéré

sans aucune hésitation les parties les plus tendres de l'épiderme, au creux des articulations ou aux écorchures, il déroule sa trompe d'un centimètre de longueur pour 0,3 millimètre d'épaisseur. Puis il commence à chercher en sautillant l'endroit idéal, là où la trompe aura la meilleure prise. Pour suivre en détail le moment de la piqûre, le savant se laissa lui-même piquer par le papillon... En quelques secondes, le *Calyptra* avait enfoncé sa trompe de 7 mm dans le doigt de Bänziger. Une infime parcelle de chair, retirée comme à la fraiseuse, fut tirée hors de la plaie par ce qu'il faut bien appeler un trépan. Le biologiste ressentit évidemment une vive douleur.

Au microscope, la trompe ressemble à une pointe de harpon. Les deux moitiés, très chitineuses, sont pourvues de dentelures serrées recourbées vers l'intérieur. Elle est, de plus, dotée d'épines et de crocs articulés. Malgré leur imbrication, les moitiés de trompe peuvent glisser parallèlement sur des fractions de millimètre. Ainsi le harpon se change en deux stylets qui plongent dans un pore ou une infime déchirure de la peau. Là, la trompe peut encore faire une rotation de 60° sur son axe. Dès que les premiers crochets ont une position stable, le papillon accroît sa rotation à 180°.

Dès lors, cet élégant vampire, rassasié de sang, réduit la pression liquide dans la trompe, appuie ses pattes contre la peau de sa victime et redresse la tête en arrière. Les contre-crochets se referment vers l'avant et l'appareil de piqûre peut alors décrocher et glisser hors de la blessure. ■

Comment perdre au Tapis vert, au Millionnaire...

Le mois dernier, nous vous présentions "Les vrais comptes du Loto", ou comment espérer gagner si vous disposez d'un pécule de 21 millions de francs et d'une espérance de vie de 336 siècles. Voici les autres attrape-gogos instaurés par la Française des jeux.



Dessins Honoré

PAR CLAUDE BOUZITAT ET GIL PAGES*

*C. Bouzitat, SAMOS, université Paris I. G. Pages, Laboratoire de probabilités et applications, université P. et M. Curie, Paris, et SAMOS, université Paris I.

Le vert est couleur d'espérance et l'émeraude une pierre précieuse censée porter malheur. Alors, que croire au moment de pénétrer dans l'un des 30 000 cafés-tabac transformés par la Française des jeux en casinos pour pauvres ?



Le Tapis vert

C'est le seul jeu quotidien en dehors des courses. La règle est on ne peut plus simple : pour jouer, il suffit, dans une grille figurant un jeu de 32 cartes, de cocher quatre cartes, une par couleur (trèfle, carreau, cœur, pique). Le tirage a lieu chaque soir, même s'il a disparu de la télévision depuis septembre 1992.

Si le joueur a coché 4 cartes exactes, il reçoit

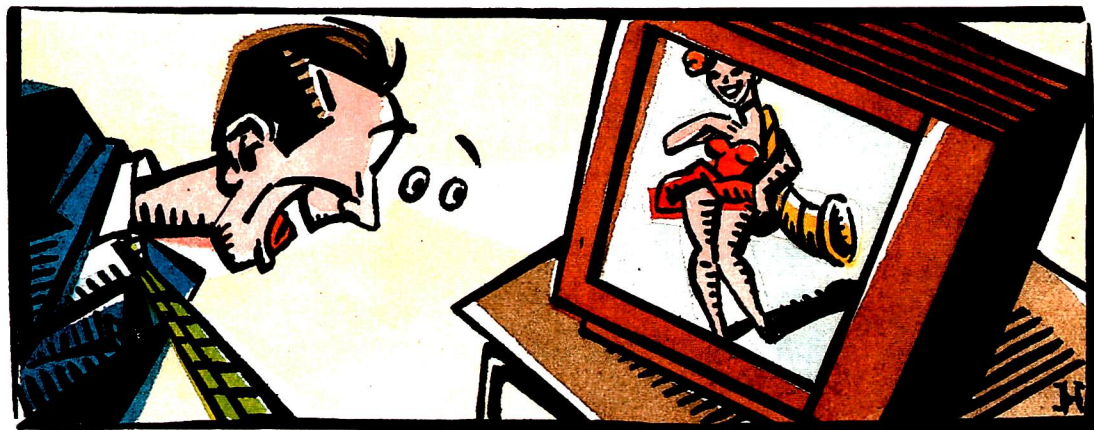
1 000 fois sa mise. S'il en a coché 3, il reçoit 30 fois sa mise. S'il en a coché 2, 2 fois sa mise. Il ne reçoit rien dans les autres cas.

L'originalité essentielle de ce jeu, à ses débuts du moins, résidait précisément dans la nature des gains proposés aux joueurs : le Tapis vert n'était pas un jeu de redistribution des mises ! La Française des jeux y jouait le rôle d'une véritable banque de casino. Elle prenait en effet le risque – faible, certes – de devoir reverser des gains supérieurs au total des enjeux.

Selon la règle ci-dessus, un tel phénomène se produit, par exemple, si plus de 1 pour 1 000 des joueurs ont coché la combinaison gagnante, ou si plus de 3,33 % des joueurs ont trois cartes exactes, ou si plus de 50 % ont deux cartes

1 - Les cent "parts" de la grande roue du Millionnaire

Gain	1 000 000 F	600 000 F	500 000 F	400 000 F	300 000 F	200 000 F	100 000 F
Nombre de secteurs	8	14	16	16	16	16	14



suite de la page 91

exactes, ou encore dans tous les cas où il y a combinaison de ces possibilités (par exemple : 0,25 pour 1 000 ont quatre cartes exactes, 0,25 x 3,33 % ont trois cartes exactes et 25 % ont deux cartes exactes). Très improbable, direz-vous ? Voire... comme la Française des jeux en a fait la cruelle expérience dans les semaines qui ont suivi le lancement du jeu. Car, si pour le probabiliste il est clair que toutes les combinaisons sont équiprobables, il n'en va pas de même pour les parieurs qui, eux, croient tous, plus ou moins, à la magie des cartes et de leur appariement. Que le hasard se mêle alors, comme ce fut effectivement le cas, de sortir un carré d'as, combinaison massivement jouée s'il en est, et un vent de banqueroute souffle dans les caisses du Tapis vert ! Plusieurs mois ont même été nécessaires pour que le jeu retrouve un compte d'exploitation bénéficiaire. Plusieurs mois et une once de malhonnêteté, puisqu'à la suite de ce tirage calamiteux les règles relatives aux gains ont été modifiées : les gagnants ne touchent aujourd'hui les lots nominaux (1 000, 30 et 2 fois leur mise) que dans la limite d'un montant global fixé. Bel exemple d'équité !

Si ces "tripatouillages" ne vous ont pas encore découragé d'investir dans la carte à cocher, lancez-vous en connaissance de cause. Voici les probabilités de gain que vous pouvez attendre... longtemps.

Une analyse probabiliste classique conduit, en effet, aux résultats ci-dessous :

● 1 chance sur 4 096 (8 x 8 x 8 x 8, puisqu'il y a

8 choix possibles pour chaque couleur), soit 0,024 chance sur 100, de cocher 4 cartes exactes, pour un gain de 1 000 fois la mise ;

● 28 chances sur 4 096, soit 0,068 chance sur 100, de cocher 3 cartes exactes, pour un gain de 30 fois la mise ;

● 294 chances sur 4 096, soit 7,2 chances sur 100, de cocher 2 cartes exactes, pour un gain de 2 fois la mise ;

● 1 372 chances sur 4 096, soit 33,4 chances sur 100, de cocher 1 carte exacte, avec perte sèche de la mise ;

● 2 401 chances sur 4 096, soit 58,6 chances sur 100, de cocher 0 carte exacte, avec perte sèche de la mise.

Il en ressort qu'au Tapis vert (1), on perd sa

2 - Millionnaire : répartition des lots sur 500 000 billets

Gain unitaire	Nombre de billets gagnants	Gain de la tranche	Probabilité de gagner
Loterie TV	1	402 000 F	0,000002
50 000 F	8	400 000 F	0,000016
10 000 F	12	120 000 F	0,000024
1 000 F	58	58 000 F	0,000116
500 F	240	120 000 F	0,000488
100 F	1 500	150 000 F	0,003
50 F	5 500	275 000 F	0,011
20 F	30 000	600 000 F	0,060
10 F	87 500	875 000 F	0,175
Total	124 819	3 000 000 F	0,250

mise 92 fois sur 100 environ. D'autre part, le gain moyen net (c'est-à-dire diminué de la mise) du joueur – l'espérance de gain, dirait le probabiliste – pour 1 F misé est de $-0,407$ F.



Photos E.M.

Le Millionnaire

Dans les onze mois qui ont suivi sa création, le 30 septembre 1991, la Française des jeux a vendu la bagatelle de 825 mil-

lions de tickets, soit 18 millions hebdomadaires environ en régime de croisière. A 10 F l'unité, il suffit donc de rajouter un 0 pour comprendre le caractère lucratif de l'opération ! L'explication rationnelle de ce raz-de-marée tient en un mot : télévision. En effet, contre les 10 petits francs susmentionnés, et pour peu qu'il mette à découvert trois pictogrammes de téléviseurs, l'heureux élu est invité, voyage et séjour compris, au Fouquet's (de la Défense...), à venir faire tourner la grande roue de la loterie du Millionnaire devant les caméras et sous les encouragements d'une foule surexcitée. La diffusion bihebdomadaire de l'émission (?), le samedi et le dimanche, donne lieu à un déferlement d'audimat sans rapport avec l'impression persistante de vacuité totale dégagée par son déroulement. Reste que, plagiant les slogans publicitaires maison, 100 % de ceux qui "passent à la télé" repartent plus riches qu'à leur arrivée et, pour trompeuse qu'elle soit, le succès du jeu doit sans doute beaucoup à cette constatation. Au fait, les téléspectateurs assidus savent-ils qu'à peine 614 100 000 F, soit 7,45 % des enjeux ont été redistribués lors de ces loteries télévisées (toujours sur ses onze premiers mois d'existence), l'essentiel des gains ayant été redistribués par grattage (voir le **tableau 2**) ?

Dernière anecdote instructive, le succès du jeu dans les départements et territoires d'outre-mer est colossal et suscite donc d'assez nombreux passages d'Antillais et de Réunionnais à la télé-

vision. Au point que certains billets sont proposés en seconde main dans la métropole avec "appellation d'origine DOM-TOM" : la rumeur court que les séries diffusées dans ces îles contiennent un nombre plus élevé de tickets "TV" ! Quand on joue avec l'espoir des gens, il est parfois des retours de flamme inattendus..

Quoi qu'il en soit, les mots manquent aux dirigeants de la Française des jeux lorsqu'ils s'essaient à décrire le succès du Millionnaire. On les comprend lorsque l'on sait qu'il explique à lui seul l'essentiel des 49,5 % de hausse du chiffre d'affaires de la société en 1992.

Voici quelques chiffres pour étayer nos propos.

- La grande roue : elle est composée de 100 secteurs se décomposant comme indiqué dans le **tableau 1**, page ci-contre. On voit qu'il est distribué 402 000 F en moyenne par lancement de roue.

- Le grattage : pour 500 000 tickets, le **tableau 2**, page ci-contre, donne la répartition des lots selon leur valeur.

Le gain moyen net d'un joueur est de 6 F – 10 F = -4 F, le gain moyen net d'un gagnant, de 24,03 F – 10 F = 14,03 F, et 70,10 % des gagnants ne gagnent que le droit de rejouer.

Le Tac-O-Tac

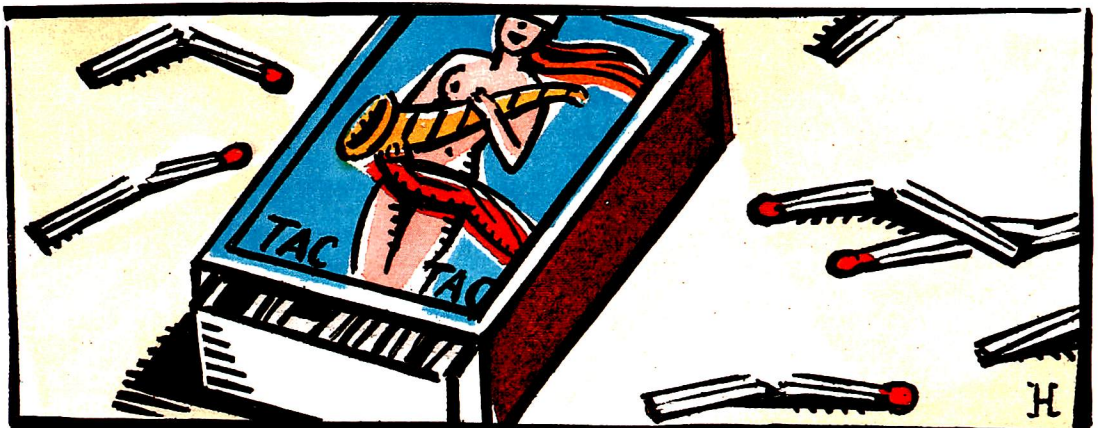
Né en 1984, il fut, jusqu'en février dernier, l'héritier de notre Loterie nationale. En un unique jeu étaient cumulés un résultat immédiat, par grattage d'une couche métallisée dissimulant la somme gagnée (en général 0,00 F), et un résultat différé qui prolongeait le suspense – voire l'angoisse – jusqu'au tirage en direct à la télévision des six boules composant le numéro gagnant. Chaque billet était vendu 10 F.

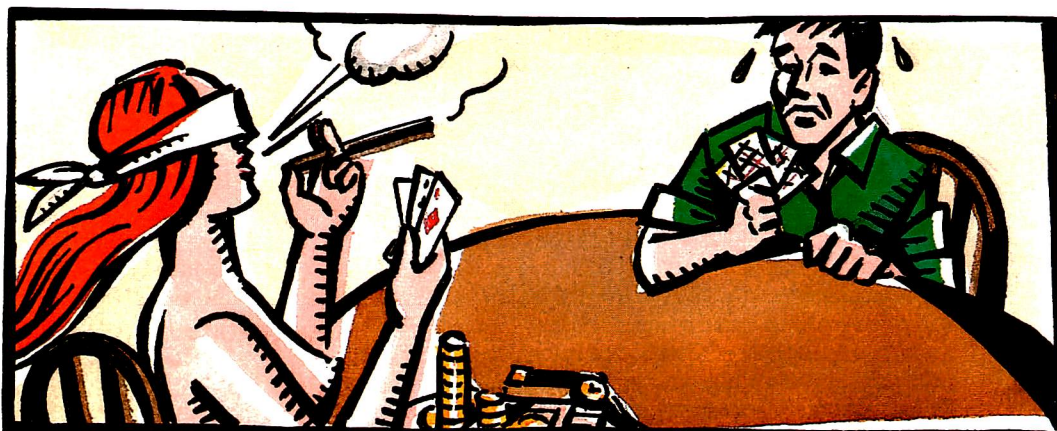
Depuis six mois, le prix du Tac-O-Tac est passé à ▶



(1) Aux dernières nouvelles, les jours du Tapis vert seraient comptés : le Ke-no, transposition (encore mystérieuse) d'un jeu chinois séculaire se substituerait à lui à la rentrée.

(2) Si vous avez honte d'aller faire tourner la roue, vous pouvez cependant exiger de ne pas passer à la télévision.





suite de la page 93

20 F. Il devient ainsi le plus cher des jeux de grattage (nous reviendrons sur ces autres jeux plus loin). Mais, surtout, le tirage a été abandonné au profit d'un second grattage, homogénéisant ainsi le "produit" et renvoyant définitivement la Loterie nationale aux oubliettes. L'attente n'a plus bonne presse !

Voyons d'un peu plus près de quoi il retourne exactement. Tout d'abord, chaque tranche comporte 1 500 000 billets à 20 F.

● Le premier jeu est toujours un jeu de grattage, la somme gagnée, 0 F, 10 F, ... , 10 000 F, apparaissant sous la fameuse couche protectrice. Il est redistribué aux joueurs 10 240 000 F, soit 34,13 % des mises. La répartition des lots est celle du **tableau 3** ci-dessous.

Le gain moyen net d'un joueur est de 6,83 F - 20 F = - 13,17 F, et le gain moyen net d'un gagnant, de 42,79 F - 20 F = 22,79 F.

● Le second jeu reste une sorte de loterie, mais dont le verdict est immédiat, toujours par le truchement d'un grattage : dans sa partie gauche, le billet comporte un nombre de six chiffres visible et, juste au-dessous, un second nombre dissimulé sous sa pellicule. Le montant des gains éventuels est déterminé par le nombre de chiffres successifs

en coïncidence à partir de la droite, les billets comportant 0 coïncidence étant bien sûr perdants. La répartition exacte de ce second jeu se fait comme dans le **tableau 3** ci-dessous.

Il est donc ainsi redistribué aux joueurs 25,87 % des mises. Le gain moyen net du joueur se monte à 5,17 F - 20 F = - 14,83 F et le gain moyen net d'un gagnant à 46,31 F - 20 F = 26,31 F.

Le bilan tient en peu de mots : en cumulant les deux phases du jeu de Tac-O-Tac, le gain moyen net d'un joueur est égal à (6,83 F + 5,17 F) - 20 F = - 8 F, et le gain moyen net d'un gagnant, de (42,79 F + 46,31 F) - 20 F = 69,10 F. 40 % des mises sont prélevées par la Française des jeux, au premier grattage 66 % des "gagnants" ne gagnent rien, ce pourcentage grimpe allégrement à 94 % au second !

(3) Dernière minute : le 7 juin 1993 est né le Bingo. Il coûte 10 F et ne rapporte jamais moins de 25 F - 10 F = 15 F... s'il rapporte.



Photos E.M.

Banco, Black Jack, Poker et les autres (*)

Avec ces jeux, pas de doute possible, on gratte pour tenter de découvrir de mystérieux pictogrammes ! Outre leurs habillages respectifs, ces jeux diffèrent par le prix du ticket (5 ou 10 F)

3 - Tac-O-Tac : répartition des lots sur 1 500 000 billets au premier grattage... et au second grattage

Gain unitaire	Nombre de billets gagnants	Gain de la tranche	Probabilité de gagner
10 000 F	15	150 000 F	0,00001
1 000 F	400	400 000 F	0,000267
500 F	3 880	1 940 000 F	0,00259
100 F	25 000	2 500 000 F	0,0167
40 F	52 500	2 100 000 F	0,035
20 F	157 500	3 150 000 F	0,1050
Total	239 295	10 240 000 F	0,1595

Gain unitaire	Nombre de billets gagnants	Gain de la tranche	Probabilité de gagner
2 000 000 F	1	2 000 000 F	0,000000667
200 000 F	2	400 000 F	0,00000133
20 000 F	3	60 000 F	0,000002
2 000 F	75	150 000 F	0,00005
200 F	10 000	2 000 000 F	0,0067
20 F	157 500	3 150 000 F	0,105
Total	167 581	7 760 000 F	0,1117

4 - Banco : répartition des lots sur 360 000 billets

Gain unitaire	Nombre de billets gagnants	Gain de la tranche	Probabilité de gagner
5 000 F	15	75 000 F	0,0000417
2 000 F	10	20 000 F	0,0000278
1 000 F	25	25 000 F	0,0000694
500 F	600	300 000 F	0,00167
100 F	750	75 000 F	0,00208
50 F	1440	72 000 F	0,0040
20 F	6 120	122 400 F	0,0170
10 F	25 200	252 000 F	0,0700
5 F	45 720	228 000 F	0,1270
Total	79 880	1 170 000 F	0,2219

et par le spectre de répartition des sommes affectées aux diverses hauteurs gagnantes. En effet, selon les jeux, le nombre de petits ou de moyens gagnants (de 50 à 5 000 F) est, ou non, privilégié par rapport aux très gros gagnants (de 5 000 à 100 000 F). Un insert publicitaire sur chaque ticket précise d'ailleurs le niveau de gain "favorisé".

Dans le cas du Banco, premier avatar en date, chaque tranche comporte 360 000 billets vendus 5 F. Le **tableau 4** ci-dessus montre entre autres que, sur les 1 800 000 F ainsi récoltés, 1 170 000 F, soit 65 %, sont redistribués ; ce qui reste une esroquerie tout à fait raisonnable en regard de celles perpétrées par les aînés.

La probabilité de perdre sa mise est donc de 0,778, le gain moyen net d'un joueur, de 3,25 F - 5 F = - 1,75 F, le gain moyen net d'un gagnant, de 14,65 F - 5 F = 9,65 F, et 57 % des gagnants ont un gain net égal à 0, 00 F...



Le Loto sportif

Nul ne peut l'ignorer, même le plus allergique au ballon rond, le Loto sportif est un concours de pronostics sur les rencontres du championnat de France de football - et plus rarement de championnats européens. Après bien des attermoiments, il porte aujourd'hui sur 13 rencontres. Trois issues, figurées par autant de cases, sont prévues pour chaque match : "1" pour une victoire à domicile, c'est-à-dire de l'équipe qui reçoit, "N" pour un match nul, "2" pour une victoire à l'extérieur, c'est-à-dire de l'équipe qui se déplace.

Chaque parieur doit cocher une case par match pour chacune des rencontres. Sont gagnantes les grilles comportant 11, 12 ou 13 pronostics exacts. La part des enjeux dévolue aux gagnants, 50 % environ des paris, se répartit comme suit : 30 % pour chacun des trois rangs et 10 % pour le "compte pactole" (voir plus loin). En cas d'absence de gagnant

avec les 13 pronostics exacts, les sommes sont décalées d'un rang et les grilles à dix matchs exacts sont déclarées gagnantes de troisième rang.

Nous ne nous étendrons pas sur les matchs du jour - où le but est de pronostiquer le score de certaines rencontres - ni sur le numéro pactole attribué au parieur lors de la validation du bulletin et qui, par tirage au sort, double les gains de l'heureux détenteur. Pour chacun des 13 matchs, il y a 3 choix possibles. Ces choix se multipliant, cela donne 313 = 1 594 323 façons de remplir une grille. Mais, contrairement aux jeux précédents, le Loto sportif n'est pas un jeu de hasard "pur", le résultat d'un match de football n'ayant théoriquement que peu à voir avec le tirage d'une loterie, encore que... A bien des égards, il se rapproche plus des paris sur les courses de chevaux, apanage du PMU, même s'il est beaucoup plus facile de "connaître" les niveaux comparés d'une trentaine d'équipes de football que ceux d'une centaine de chevaux de plat, d'obstacles, etc.

Différents paramètres semblent devoir être pris en compte *a priori* par les parieurs. Ainsi, l'équipe qui reçoit et joue donc devant son public est incontestablement avantagée. Une rapide analyse statistique des résultats récents - sur quelques centaines de matchs - montre que :

- 55 fois sur 100 l'équipe qui reçoit l'emporte, soit 7,15 matchs sur 13 ;
- 28 fois sur 100 la rencontre se termine par un match nul, soit 3,64 matchs sur 13 ;
- 17 fois sur 100 l'équipe visiteuse l'emporte, soit 2,21 matchs sur 13.

Cela doit évidemment être tempéré par le fait que certaines équipes sont plus fortes "sur le papier". Ce qui, à son tour, doit être modulé par le fait non moins avéré que les équipes mal classées ont "le couteau entre les dents"...

Si l'on ignore tout du football, il est clair que la stratégie la plus payante, au vu des statistiques ci-dessus, consiste à parier sur 13 victoires à domicile. En adoptant une telle stratégie, on constate alors que, en moyenne :

- 0,042 fois sur 100, les 13 pronostics sont exacts,
- 0,448 fois sur 100, 12 pronostics sont exacts,
- 2,200 fois sur 100, 11 pronostics sont exacts,
- 6,601 fois sur 100, 10 pronostics sont exacts.

Cependant, si elle est adoptée par beaucoup de néophytes, la stratégie "tout à domicile" risque de produire des gains très faibles, les enjeux étant redistribués par répartition. Heureusement, la plupart des parieurs jouent pour avoir raison plus que pour gagner : c'est le pronostic qui les enflamme !

Moralité : 100 % des perdants ont cru en leur chance ! Merci, la Française des jeux ! Des contribuables reconnaissants. ■

L'ordinateur livre les secrets du pharaon

Un puzzle de 6 668 pierres décorées, provenant du temple érigé par Aménophis IV-Akhenaton à Karnak et rasé par ses successeurs, vient d'être reconstitué à l'aide d'un système expert. Cette prouesse permet de lever le voile sur la vie du pharaon hérétique qui renia la religion de ses pères.



Vergnaud

PAR MARC MENNESSIER

Aménophis IV-Akhenaton, le pharaon le plus médiatique de l'Égypte ancienne, a légué aux archéologues du ^{xx} siècle un joli puzzle. Il s'agit de plusieurs dizaines de milliers de pierres – peut-être 100 000 – décorées et sculptées, provenant du temple que ce souverain fit construire sur le site sacré de Karnak au début de son règne (1352-1338 av. J.-C.), à la gloire du dieu solaire Aton dont il institua le culte unique. Fils d'Aménophis III (auquel une exposition a été consacrée récemment au Grand Palais, à Paris),

Aménophis IV, qui se fit rebaptiser Akhenaton, s'est en effet rendu célèbre en rejetant le panthéon de ses ancêtres, et en particulier Amon, le dieu emblématique de sa dynastie. Ce qui lui valut par la suite d'être considéré – sans doute à tort – comme l'inventeur du monothéisme.

Mais cette révolution politico-théologique allait tourner court. À la mort du souverain hérétique, l'ancien ordre fut très vite rétabli avec la montée sur le trône de l'éphémère Toutankhamon, autre pharaon non moins célèbre. La ville nouvelle de Tall-el-Amarna, qu'Akhenaton avait créée *ex nihilo* à 400 km au nord de Karnak et dans laquelle il vécut à partir de la sixième



Les pierres du temple mises sur fichier

Avant de procéder à leur réassemblage, informaticiens et égyptologues ont modélisé les décors représentés sur chacune des 6 668 pierres, ou *talatat* (ci-dessus), du temple dédié par le pharaon Aménophis IV (à gauche) à Aton, dieu Soleil.

me année de son règne, fut totalement rayée de la carte. Quant au fameux temple dédié à Aton, il fut détruit pierre par pierre... Ces dernières, les *talatat*, furent réutilisées pour consolider les fondations de nouvelles constructions ; ce qui entraîna la dislocation des fabuleux décors qui ornaient les murs de cet édifice.

Il y a vingt-cinq ans, environ 12 000 de ces blocs de grès parallélépipédiques, de dimensions relativement modestes (26 x 22 x 52 cm), furent extraits lors de fouilles réalisées par le Centre franco-égyptien de Karnak sous le neuvième pylône du grand temple d'Amon. Commençaient alors pour les égyptologues un formidable casse-tête : comment réas-

suite de la page 97

sembler dans le bon ordre ce gigantesque tas de pierres de façon à reconstituer les motifs d'origine, porteurs, vraisemblablement, d'informations inédites sur le règne mouvementé d'Akhenaton ?

Dans un premier temps, les *talatat* sont photographiées une à une et des tentatives manuelles d'assemblage furent réalisées. Un pan de mur, exposé au musée de Louxor et regroupant environ 200 *talatat*, peut être ainsi reconstitué. Mais la méthode atteint vite ses limites. En 1985, Robert Vergnienx, égyptologue du CNRS basé au Centre franco-égyptien de Karnak, décide alors de recourir à l'informatique. Il constitue, à partir de 1 200 mots clés, une base de données contenant le descriptif complet des représentations figurées sur les 6 668 *talatat* les mieux conservées et les mieux répertoriées du lot. Robert Vergnienx tente différents assemblages en interrogeant cette base de données et en confrontant, à chaque fois, les résultats avec les photographies des *talatat* correspondantes.

Mais l'opération s'avère là aussi très fastidieuse, car chaque nouvelle interrogation de la base de données est conditionnée par les résultats de la précédente. Il suffit, par exemple, qu'une des *talatat* soit placée dans un mauvais assemblage pour que cette erreur fausse les recherches ultérieures : tout le travail accompli précédemment doit alors être refait... Pour sortir de l'impasse, une convention est passée, en 1987, entre le CNRS et EDF qui propose, dans le cadre de son mécénat technologique et scientifique placé sous la direction de Marc Albouy, de mettre à la disposition des égyptologues son savoir-faire en matière d'intelligence artificielle.

Sous la houlette de Michel Gondran, chef du département informatique au sein de la division études et recherche d'EDF, le fichier initial a d'abord été transformé en base de "faits". Il s'agissait de modéliser les décors représentés sur chaque *talatat* de façon à pouvoir leur appliquer les règles logiques du système expert.

Pour cela, les informaticiens ont procédé, d'une part, à une analyse syntaxique destinée à repérer chaque élément de scène et à en éclater les particularités et, d'autre part, à une analyse sémantique. Cette dernière opération visait à introduire de nouveaux concepts capables de mettre en relation les caractéristiques d'un élément de scène et d'enregistrer le sens des formes gravées sur la pierre. Pour citer un exemple, la description de la *talatat* 28-736 dans la base de données initiale était : «Homme penché tenant jarre à vin (moitié supérieure), tête rasée, buste, bras baissés (pagne long), jarre (fond), étagère (rayon), jarre (col,

panse).» Après transformation dans la base de faits, elle devient : «Homme. Attitude : penché. Action : tenant. Objet-action : jarre-vin. Attribut vestimentaire : rasé, pagne-long. Partie-élément : tête-buste. Partie-élément : bras.» Etc.

La deuxième étape a consisté à former, grâce au système expert, des groupes de 10 à 100 pierres susceptibles de s'assembler plus ou moins directement, c'est-à-dire ayant un ou plusieurs thèmes en commun (barque, vache, oiseau, homme, etc.). Ce premier tri a permis de réaliser, groupe par groupe, des planches photographiques à partir des clichés des *talatat* stockés sur disque optique. Puis, en interrogeant la base de faits, l'ordinateur a retrouvé instantanément les pierres manquantes susceptibles de compléter le puzzle. Ces propositions d'assemblage ont ensuite été soumises à l'examen des archéologues pour vérifier leur cohérence et débusser d'éventuelles erreurs ou confusions. «Cette très grande rapidité d'accès au fichier des *talatat* nous permettait de valider une hypothèse d'assemblage en quelques minutes, au lieu de plusieurs jours avec les moyens classiques», explique Robert Vergnienx.

Une soixantaine d'assemblages, représentant *grosso modo* un millier de *talatat*, ont d'ores et déjà été reconstitués. Ce travail a fait l'objet d'une thèse d'Etat, actuellement en cours d'édi-



tion, soutenue par Robert Vergnienx en juin 1992. Les scènes ornementales, en particulier, permettent de visualiser les parties du temple qui ont été détruites ou dont les assemblages restent à reconstituer. Ce qui facilitera la résolution de la suite du puzzle !

Par ailleurs, on sait maintenant que la nouvelle religion instituée par Akhenaton s'appuyait sur une tradition héliopolitaine très ancienne. Le temple des *talatat* est en fait le prolongement du temple initial dédié à Rê-Horakhty, divinité jusqu'alors secondaire du panthéon égyptien et représentée par une tête de faucon surmontée d'un disque solaire. C'est ce





Le pharaon Soleil

C'est ainsi que l'on surnomme Aménophis IV, que l'on voit ici officier sous les rayons du Soleil, érigé sous son règne au rang de dieu unique. Pour cette raison, il a longtemps été considéré comme l'inventeur du monothéisme. En fait, sa nouvelle religion s'appuyait sur une tradition héliopolitaine très ancienne. C'est ce qu'ont révélé les pierres décorées découvertes dans les fondations du temple de Karnak (ci-contre).

disque solaire qui va devenir le symbole du dieu unique, Aton, vénéré par Aménophis IV.

Les scènes du rituel montrant le pharaon et son épouse, la reine Nefertiti, officiant directement sous les rayons du Soleil illustrent l'ampleur de la rupture avec l'ancien culte d'Amon. Cette dernière divinité était matérialisée par une statuette placée dans le temple de Karnak, à l'intérieur de bâtiments fermés. Seuls le pharaon et le clergé avaient accès à ce Saint des Saints. Le rite consistait à offrir périodiquement des présents (nourriture, eau, bijoux, etc.) au dieu caché afin d'entretenir sa présence, seule garante du maintien de l'ordre cosmique. Toute la religion de l'Égypte

antique était, en effet, centrée autour de la peur de voir le monde sombrer dans le chaos.

Sous Aménophis IV-Akhenaton, cette inquiétude persiste. Mais, désormais, «c'est le pharaon lui-même qui devient le sanctuaire, la manifestation de la divinité. Il suffit, comme le montrent les décors des *talatat*, qu'il mange ou qu'il boive sous les rayons du dieu Soleil en présence du peuple pour que le rituel soit accompli et pour que l'ordre soit maintenu», souligne Robert Vergnienx. Dès lors, Aménophis IV devenu Akhenaton n'est plus tenu, comme ses prédécesseurs, de rester sur la terre sacrée de Karnak. Il peut, sans craindre de provoquer la fin du monde, aller s'installer ailleurs. Ce qu'il fait en l'an six de son règne en fondant la ville de Tall-el-Amarna, où il sera finalement renversé par les partisans de l'ancienne religion.

Mais ce bouleversement théologique explique aussi une singularité architecturale. Contrairement à tous les autres, le temple des *talatat* n'avait pas de toit, afin de ne pas intercepter les rayons du dieu Soleil. Dès lors, les murs n'étaient plus porteurs, il devenait inutile d'utiliser de gros blocs de grès pesant plusieurs tonnes, comme pour les temples dédiés à Amon. Si bien que le poids des *talatat* n'excédait pas cinquante kilogrammes : un détail pratique qui a dû grandement faciliter la tâche des bâtisseurs ! ■

PREMIÈRE

Un ballon

En inventant *Bulle d'Orage*, un ingénieur français risque de bouleverser l'univers de l'aérostation. Jean-Paul Domen a découvert le moyen de faire voler une montgolfière sans flamme.

PAR PIERRE CHALLIER

Ça marche !

Sans flamme, sans hélium coûteux, sans hydrogène dangereux, avec, tout simplement, de l'air chargé d'humidité, *Bulle d'Orage*, soutenu par l'Aéroclub de France, s'est élevé à 12 186 m. Prochain grand défi : le tour du monde en cinq semaines.

La Lune se couche tranquillement dans la brume. L'air commence à se réchauffer, la rosée monte. La météo est formelle : ciel clair, pas de vent. Il est 6 h du matin sur le terrain du CNES (Centre national d'études spatiales), à Aire-sur-l'Adour. Jean-Paul Domen et son équipe s'activent. Le voyage de *Bulle d'Orage* se prépare très tôt.

«Je m'étais attaché autour de moi quantité de fioles pleines de rosée, et la chaleur du Soleil qui les attirait m'éleva si haut qu'à la fin je me trouvais au-dessus des nuées», écrivait ce rêveur génial de Cyrano vers 1650. Il partait ainsi «voyager dans la Lune». Le temps a passé, les hommes sont effectivement allés sur la Lune, mais, en chemin, le matérialisme scientifique a définitivement banni la poésie et la rosée de l'aventure. En construisant *Bulle d'Orage*, Jean-Paul Domen la réintroduit par la grande porte et, les pieds dans la rosée, part à la conquête de l'espace avec un ballon, de l'eau et de l'air chaud. Mais à l'inverse de Cyrano, c'est tout sauf de l'utopie. Sa montgolfière est révolutionnaire.

Alors que le Soleil se lève, il installe, secondé par Pierre-Louis Vernhes, élève ingénieur de l'ENSICA (Ecole nationale supérieure d'ingénieurs de la construction aéronautique), et Laurent Papiernik, élève à Polytechnique, le ballon au-dessus de sa cheminée de gonflage. Dès que la température extérieure sera fa-

(1) Film polyéthylène noir (fourni par Bolloré Technologies, partenaire technique de l'opération). Il pèse 8 g/m², contre de 35 à 55 g/m² pour les montgolfières classiques, et résiste néanmoins à plus de 500 N/m en traction.



Photos P. Challier

MONDIALE

gonflé à l'orage

vorable et le Soleil assez haut, ils lanceront l'opération, toujours délicate.

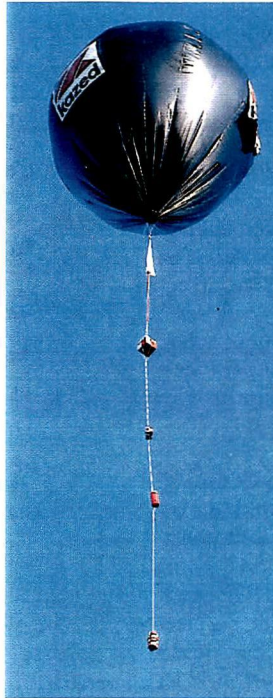
Comme toutes les inventions géniales, *Bulle d'Orage* est confondante de simplicité théorique. Car bien qu'il ait décidé de mettre un orage dans son ballon pour l'expédier dans la stratosphère, Jean-Paul Domen n'est pas un professeur Nimbus pour autant. «Plus c'est simple, mieux ça marche» pourrait lui servir de devise. «Et moins ça tombe en panne», ajoute-t-il en riant. Pour l'heure, le plaisir de gosse qu'il affiche habituellement lorsqu'il évoque son «bébé», ce verbe intarissable quand il s'agit d'inventer et de se projeter dans l'avenir avec des montages visionnaires, eh bien, tout cela est ficelé serré en un petit paquet noué dans sa gorge. La pression est là. Depuis un mois et demi, le vol démonstratif de *Bulle d'Orage* a été reporté de semaine en semaine pour cause de météo défavorable.

8 h à l'horloge du CNES, 6 h au Soleil, plus de tergiversations. Juchés sur des escabeaux de chaque côté de la cheminée, sa sœur Dominique et Pierre-Louis tiennent le ballon grand ouvert. «Brûleur n° 1 ?», «OK». «Brûleur n° 2 ?», «OK». «Brûleur n° 3 ?», «OK». «Pulvérisation ?», «OK». L'air chaud s'engouffre dans l'enveloppe noire, fine de 8 micromètres. Les cinq kilos de film plastique, assemblés avec du ruban adhésif, se déploient rapidement, et le ballon se gonfle dans le ciel bleu (1).

Alors, quelle différence avec une montgolfière classique ? De l'air chaud, un ballon : rien de neuf... Le principe révolutionnaire est ailleurs. L'énergie nécessaire pour maintenir la force ascensionnelle est fournie par la reproduc-

tion en miniature d'un phénomène orageux à l'intérieur du ballon. A l'air chaud, Jean-Paul Domen ajoute de la vapeur d'eau – c'est là toute la différence –, créant ainsi un mélange instable au sens où l'entendent les météorologues : c'est-à-dire prédisposé à s'élever de plus en plus vite.

C'est simple, mais personne n'y avait pensé auparavant. *Bulle d'Orage* représente de fait la première réelle nouveauté concernant les montgolfières depuis 1783. «C'est une montgolfière sans flamme, c'est-à-dire sans propane, sans brûleur, sans point chaud, sans risque de fusion ni d'inflammation de la paroi : le concept même de ballon à air chaud est épuré à l'extrême, la chaleur est fournie par la vapeur d'eau qui se condense, comme dans un orage. De plus, c'est une énergie fiable : à ma connaissance, personne n'a jamais vu un orage tomber en panne», explique ce docteur-ingénieur de Sup'Aéro.



Du principe d'Archimède, *Bulle d'Orage* a retenu également le côté pittoresque de la découverte.

«Au départ, je voulais concevoir un ballon à énergie solaire. J'ignorais que cela avait déjà été réalisé et même diffusé par *Pif Gadget*. Des sacs poubelles pour fabriquer un écran noir, du film plastique d'emballage pour l'enveloppe, je fabrique mon ballon dans ma cuisine... Largage... Et résultats ridicules : tel le cerf-volant de Charlie Brown, mon jouet va s'empêtrer au sommet de l'antenne du voisin... Mais il vole quand même. A partir de là, j'ai extrapolé pour construire un ballon solaire propre à soulever un homme. Calculs... Je m'aperçois que l'énergie nécessaire croît plus vite avec les dimensions du ballon que l'énergie solaire interceptée. Pour résumer, plus le ballon est gros, moins il monte vite. ▶

suite de la page 101

Il me faut donc une énergie proportionnelle au volume. Là, les choses se compliquent. Sachant que je veux faire avant tout du sans-flamme, quelle énergie utiliser ?»

Dans un premier temps, Jean-Paul Domen n'a pas la réponse. Il range son projet dans le tiroir des belles idées avortées. Un matin, en faisant la vaisselle... eureka ! «Je me suis soudain rappelé mon expérience de pilote-instructeur en Guyane, et la violence des orages tropicaux qu'il m'arrivait de côtoyer. A l'intérieur d'un cumulo-nimbus, la vitesse ascensionnelle peut atteindre 100 m/s à cause de la chaleur dégagée par la vapeur d'eau qui s'y condense.»

La suite, on la devine : «Et si je faisais pareil dans mon ballon, en y enfermant un orage ?» Il court chez un ami informaticien, Patrick Labbé, pour vérifier son hypothèse. Bingo ! Les performances envisageables après quelques calculs simples dépassent déjà ce qu'il pouvait espérer de mieux. Ses extrapolations lui permettent même d'envisager de nombreuses applications, de la montgolfière de loisir au lancement de satellite en passant par le ballon-sonde stratosphérique. Reste un point de «détail» à régler : trouver l'argent.

Ce budget surgit inopinément. Jean-Paul Domen a cette particularité de ne se déplacer qu'en stop, par goût des rencontres. Ce jour-là, en septembre 1992, c'est la voiture de Jean-Paul Vérola, directeur commercial de Kazed, qui s'arrête au bout de son pouce. Enthousiasmé par l'idée, celui-ci lui décroche le budget nécessaire pour les premières expérimentations.

Sur le terrain d'Aire-sur-l'Adour, la montgolfière noire rapidement gonflée d'air chaud et humide ne demande plus qu'à décoller. Elle tire sur ses attaches. Pierre-Louis Vernhes donne le signal. Largage ! *Bulle d'Orage* frémit, marque un très léger temps d'arrêt et s'élève, soulevant à sa suite sa première chaîne de vol, une première charge utile de 42 kg (électronique embarquée).

Mais les cris de soulagement s'éteignent presque aussitôt. Ils ont sous-estimé le temps de gonflage... Le ballon noir monte lentement, trop lentement, et redépose sa charge à 500 m de là, en bout de piste. Flottant dans la lumière blanche du petit matin, il attend le verdict. Perplexité de l'équipe. Jean-Paul Domen va le chercher... Image surréaliste de ce scientifique, format armoire normande, qui revient en tenant son ballon au bout d'une ficelle avec la mine d'un gosse dépité traînant son jouet cassé dans un square. *Bulle d'Orage* n'a pas pris son envol pour deux raisons

COMMENT FONCTIONNE

Selon l'expression la plus communément employée, «la chaleur monte». En fait, la vérité scientifique veut que ce soit l'air chaud qui monte, tout simplement parce qu'il est plus léger. Ainsi, au niveau de la mer, l'air a une masse volumique de 1,293 kg/m³ à 0 °C, de 1,225 kg/m³ à 15 °C, et de 1,150 kg/m³ à 33 °C.

Un ballon de 2 000 m³, d'un diamètre de 16 m, rempli d'air à 33 °C, et baignant dans une atmosphère à 15 °C soulève donc 75 g/m³, soit 150 kg en tout, poids de l'enveloppe compris. Jusque-là, rien de nouveau sous le Soleil.

Examinons le comportement d'une bulle d'air à l'intérieur d'un ballon lorsqu'il monte : du fait même de cette ascension, elle refroidit. C'est là une donnée bien connue des météorologues. Une bulle d'air sec qui s'élève dans l'atmosphère refroidit d'environ 10 °C par km. Selon les mêmes observations, l'atmosphère refroidit de 6,5 °C par km d'altitude. Ainsi, lorsqu'une bulle d'air est initialement plus chaude que l'atmosphère dans laquelle elle baigne, elle monte et refroidit plus vite que cette dernière. Elle s'arrête donc très rapidement.

L'atmosphère est naturellement stable. C'est heureux, car autrement nous vivrions dans un ouragan permanent. Les ouragans, les cyclones et les orages correspondent justement à un comportement instable de l'atmosphère dû à la présence de vapeur d'eau mélangée à l'air.

A l'opposé d'une bulle d'air sec, une bulle d'air humide a un refroidissement consécutif à son ascension qui peut être inférieur à 6,5 °C/km. Ainsi, à 37 °C, de l'air humide

saturé en vapeur d'eau (un air moite et lourd), que l'on élève de 0 à 1 000 m, ne refroidira que de 4 °C.

Pourquoi une telle différence de comportement ? Parce que dès que la température diminue, une partie de la vapeur d'eau ne peut plus rester mélangée à l'air (plus l'air est froid, moins il peut contenir de vapeur d'eau). Elle se condense donc en brouillard. Mais chaque gramme d'eau qui se condense restitue les 2 500 joules qui ont été nécessaires pour l'évaporer. De ce fait, il ralentit considérablement le refroidissement de l'air. Ce même phénomène fournit l'énergie aux orages et aux cyclones et leur permet de s'entretenir plusieurs jours.

Il y a autant d'énergie à récupérer dans 20 g de vapeur d'eau qui se condensent que dans un gramme de pétrole qui brûle... et un orage peut contenir jusqu'à 10 millions de tonnes de vapeur d'eau, soit 500 000 tonnes d'équivalent pétrole !

Comparons maintenant le fonctionnement de deux montgolfières identiques de 2 000 m³ chacune (diamètre 16 m), portant toutes les deux 150 kg et emplies toutes les deux d'air à 37 °C. La montgolfière classique ❶ est gonflée à l'air sec. *Bulle d'Orage* ❷ est gonflée à l'air humide saturé en vapeur d'eau (c'est-à-dire qu'il en contient 40 g/m³).

Au décollage, les deux ballons sont de 22 °C plus chauds que l'air extérieur (37° - 15°), leur portance est donc supérieure aux 150 kg qu'ils doivent soulever, ils vont tous les deux commencer leur ascension à la même vitesse.

Qu'en sera-t-il à 1 000 m ?

BULLE D'ORAGE

L'air de la montgolfière classique, de par sa détente (due à la baisse de pression de l'air extérieur) aura refroidi de 10 °C, il sera donc à 27 °C. Pour *Bulle d'Orage*, une partie de la vapeur d'eau contenue dans le ballon va précipiter en brouillard dès que la température va manifester une tendance à diminuer, et chaque gramme de vapeur qui se précipite va ralentir le refroidissement de l'air enfermé dans la bulle : au lieu de 10 °C, *Bulle d'Orage* ne va refroidir que de 4 °C, et donc se retrouver à une température de 33 °C.

A 1 000 m d'altitude, pour maintenir en équilibre 150 kg sous un ballon de 2 000 m³ grâce à la poussée d'Archimède, il faut un écart de 19,3 °C. A l'extérieur, la température est de 8,5 °C : il faut donc une température interne de 27,8 °C.

Il n'y a plus qu'à conclure : la montgolfière classique, à 27 °C, est déjà trop froide pour équilibrer sa charge. Pour la maintenir en l'air son pilote doit déjà la chauffer, sinon elle redescendra. *Bulle d'Orage* qui était, lui aussi, lors du décollage, 4 °C plus chaud que nécessaire, est maintenant 5,2 °C plus chaud que nécessaire. Il va donc monter de plus belle, chauffé qu'il est par la condensation de vapeur d'eau en brouillard.

Les avantages de ce moyen de chauffage sont multiples.

- Tout d'abord, nous l'avons vu, c'est l'ascension qui déclenche le chauffage, automatiquement, donc la puissance de chauffe s'adapte d'elle-même à la vitesse ascensionnelle. Sans qu'il y ait besoin d'aucun mécanisme d'asservissement.

- Ensuite, ce phénomène étant naturel, il ne peut tom-

ber en panne (pas plus que ne tombent en panne la poussée d'Archimède ou la gravité) et ne nécessite aucun matériel (bouteilles, brûleurs, etc.).

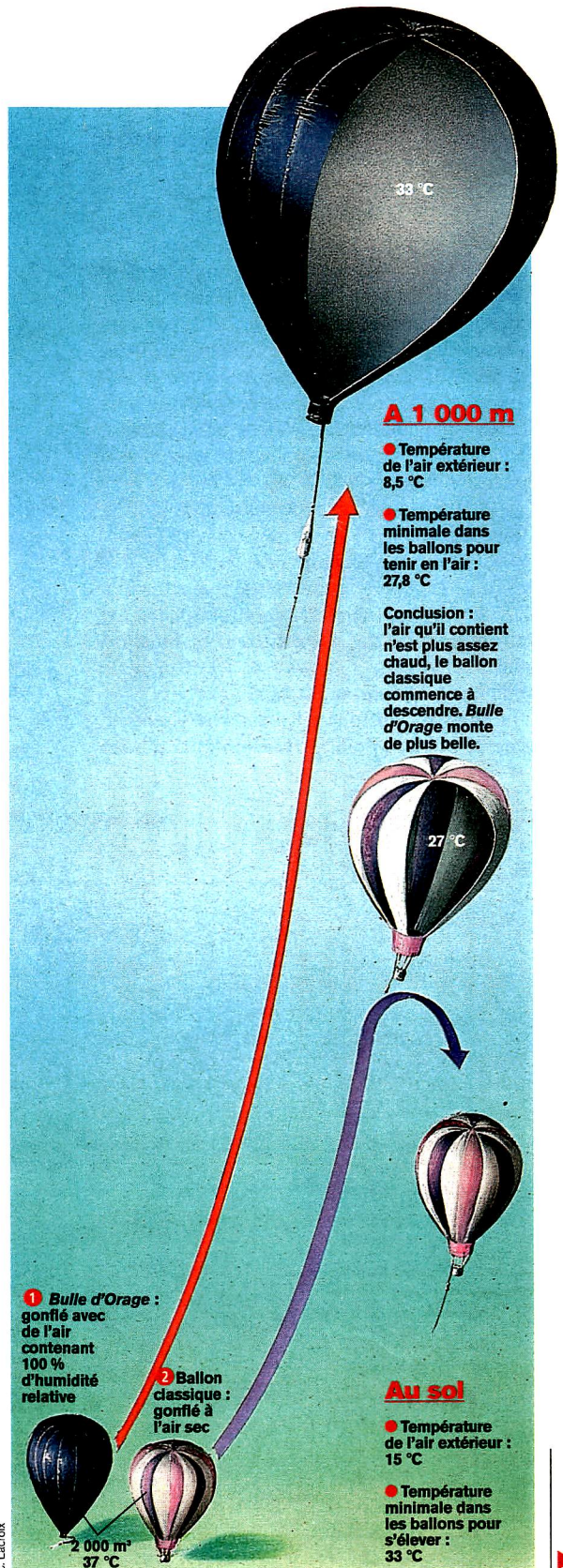
- Par ailleurs, comme c'est un refroidissement qui engendre la production de chaleur (non, ce n'est pas paradoxal), le phénomène ne peut pas s'emballer. Il n'en serait pas de même si on stockait du combustible dans le ballon ; là, l'explosion serait garantie.

- Enfin, la chaleur dégagée est uniformément répartie dans le volume du ballon, il n'y a pas de risque de fusion ou d'inflammation de la paroi comme lorsqu'il y a une flamme, et la convection interne est réduite, limitant les pertes à travers la paroi.

Une dernière précision : dans le raisonnement que nous venons de vous expliquer, nous ne tenons pas compte de la déperdition calorifique à la paroi, pour la simple raison que, cette dernière étant noire, elle est chauffée par le rayonnement solaire et que le chauffage du Soleil compense largement cette déperdition. C'est tellement vrai qu'une fois le ballon dans la stratosphère, alors qu'il n'y a plus de condensation de vapeur d'eau (car la température extérieure ne baisse plus), il continue de monter – jusqu'à 12 186 m –, ce qui prouve que le rayonnement compense même plus que les pertes.

Mais alors, comment descendre ? En effet, tant que le Soleil éclaire le ballon, il le maintient en altitude. On utilisera alors la méthode bien connue des aéroliers, consistant à vider partiellement le ballon à l'aide d'une soupape située au sommet de celui-ci.

Jean-Paul Domen



suite de la page 103

simples : air trop chaud, et pas assez humide. Décision rapide, il négocie en catastrophe un second lancement avec le CNES.

Six minutes de regonflage, le second départ est le bon. 75 % d'humidité relative au décollage, température interne de 30 °C. Dans les locaux du CNES, chacun surveille anxieusement l'évolution du vol et le comportement de l'air enfermé dans le ballon, grâce aux données transmises par l'électronique embarquée. Dans un premier temps, il monte lentement, trop lentement, moins de un mètre/seconde. Mais, vers 2 500 m, l'humidité relative arrive enfin à 100 %, le phénomène orageux s'enclenche et la vitesse ascensionnelle croît de façon significative. «Il y fait du brouillard», annonce Laurent. A 4 500 m, alors qu'il fait - 11 °C dans l'atmosphère, la température interne du ballon est de 17 °C. *Bulle d'Orage* grimpe à la vitesse de 2 m/s jusqu'à 11 500 m, où il pénètre dans la stratosphère. Là, la température de l'air extérieur ne baissant plus, l'orage s'arrête, la vitesse ascensionnelle rediminue. Le concept est démontré.

«Il ne s'agit surtout pas d'un aboutissement, mais d'un point de départ. Maintenant, nous

LA MACHINE À FABRIQUER

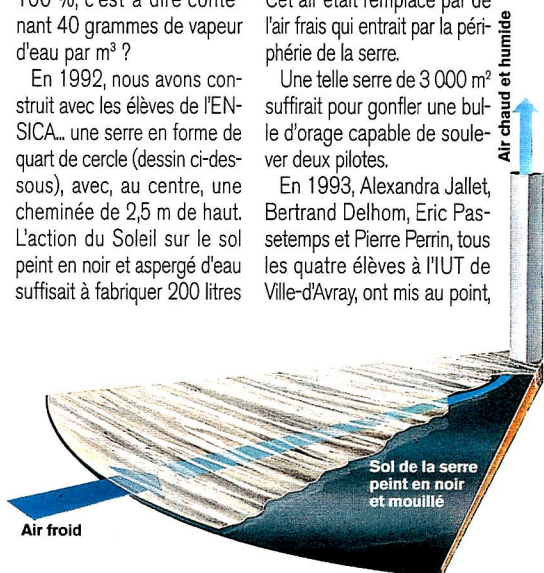
Comment fabriquer de l'air chaud à 37 °C et humide à 100 %, c'est-à-dire contenant 40 grammes de vapeur d'eau par m³ ?

En 1992, nous avons construit avec les élèves de l'ENSICA... une serre en forme de quart de cercle (dessin ci-dessous), avec, au centre, une cheminée de 2,5 m de haut. L'action du Soleil sur le sol peint en noir et aspergé d'eau suffisait à fabriquer 200 litres

d'air "pré-orageux" par seconde à la sortie de la cheminée. Cet air était remplacé par de l'air frais qui entrainait par la périphérie de la serre.

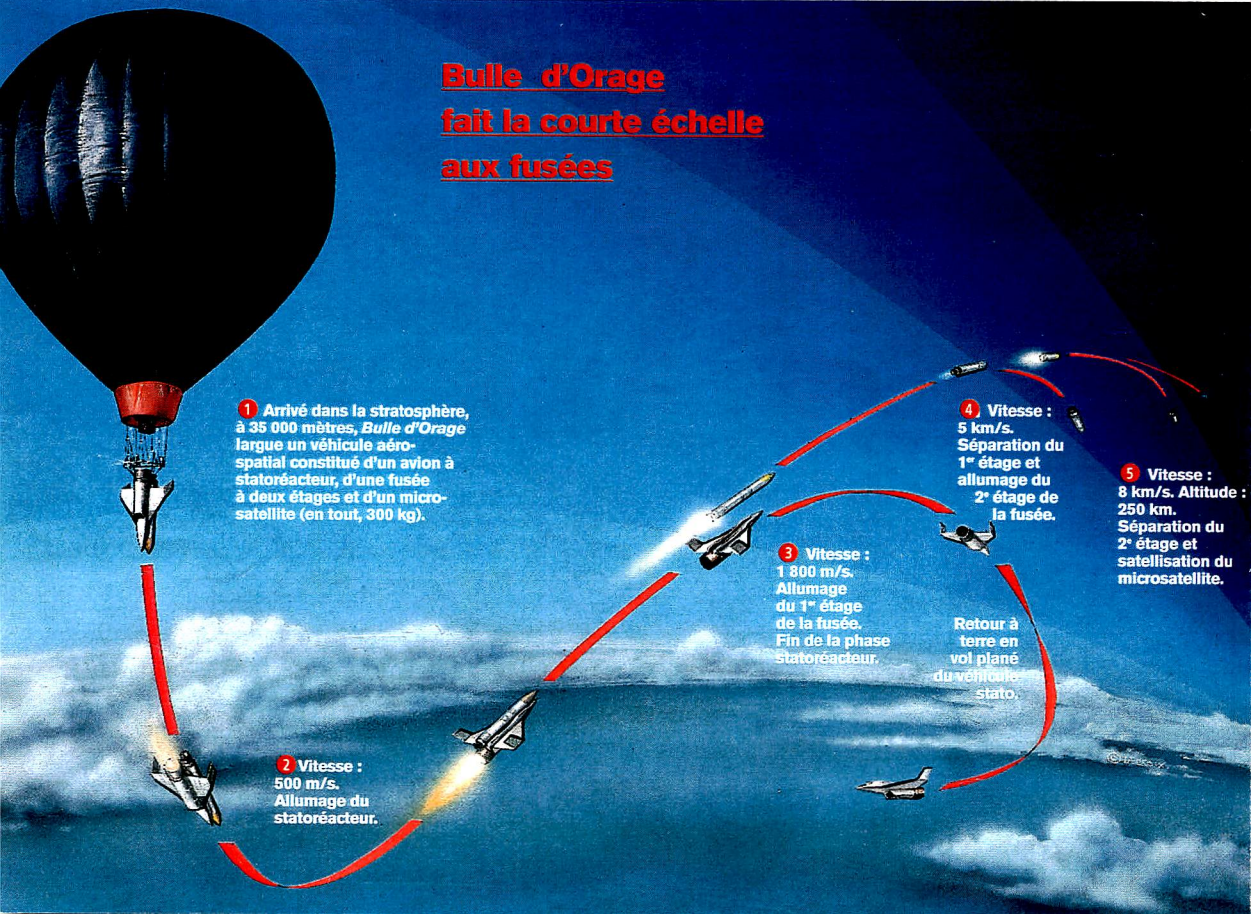
Une telle serre de 3 000 m² suffirait pour gonfler une bulle d'orage capable de soulever deux pilotes.

En 1993, Alexandra Jallet, Bertrand Delhom, Eric Passetemps et Pierre Perrin, tous les quatre élèves à l'IUT de Ville-d'Avray, ont mis au point,



Dessins C. Lacroix

Bulle d'Orage fait la courte échelle aux fusées



1 Arrivé dans la stratosphère, à 35 000 mètres, *Bulle d'Orage* largue un véhicule aérospatial constitué d'un avion à statoréacteur, d'une fusée à deux étages et d'un microsatellite (en tout, 300 kg).

2 Vitesse : 500 m/s. Allumage du statoréacteur.

3 Vitesse : 1 800 m/s. Allumage du 1^{er} étage de la fusée. Fin de la phase statoréacteur.

4 Vitesse : 5 km/s. Séparation du 1^{er} étage et allumage du 2^e étage de la fusée.

Retour à terre en vol plané du véhicule stato.

5 Vitesse : 8 km/s. Altitude : 250 km. Séparation du 2^e étage et satellisation du microsatellite.

L'ORAGE

dans le cadre d'un projet d'étude, une cheminée de gonflage fonctionnant au propane dont le principe est très simple. On pulvérise à l'aide de matériel d'arrosage (pompe et buses) 40 g/s de gouttelettes d'eau sur un tapis de flammes fourni par trois brûleurs de chaudière domestique Saunier-Duval, soit 140 kW thermiques). A mesure de leur descente dans le flux d'air chaud, les gouttelettes s'évaporent, et c'est de l'air chaud et humide qui sort par le haut de la cheminée (photo ci-contre).

D'une manière générale, toute cheminée rejetant dans l'atmosphère de l'air humide est une "machine à



Paré pour le gonflage rapide.

fabriquer de l'orage". Une tour de refroidissement de centrale thermique gonflerait en un quart d'heure une bulle d'orage capable de soulever 100 tonnes.

Avis aux industriels qui rejettent dans l'atmosphère un mélange d'air et de vapeur d'eau, et qui souhaitent voir récupérer ce mélange afin de faire voler une bulle d'orage jusqu'à la stratosphère.

pouvons sérieusement envisager le vol habité sous bulle d'orage», explique un Jean-Paul Domen rasséréiné par ce succès. S'il a la tête dans les nuages d'un point de vue théorique, il n'en garde pas moins les pieds sur terre quant à la pratique. Les projets dont il parle moins aux profanes restent, à terme, les plus intéressants. On les chercherait vainement dans le dossier de presse destiné au grand public. Ils sont dans un autre document, plus confidentiel et réservé aux initiés, qui comprend des pages d'équations et de schémas issus de longues heures de calculs. *Bulle d'Orage* prend alors sa vraie dimension, loin du "jeu d'enfant".

Economique ? C'est une évidence. Ecologique ? Un truisme. Fiable ? Sans problème, il n'y a pas de panne d'orage. Futur successeur des ballons à hélium... pourquoi pas ? Mais la route est encore longue. Au-delà du premier vol habité, prévu avant la fin 1993 (si sponsors), et du record d'altitude envisagé pour l'année suivante, Jean-Paul Domen vise une date précise : le 5 octobre 1997. «A cette date, nous célébrerons le quarantième anniversaire de *Sputnik*, premier satellite artificiel de la Terre. Avec l'association Jonathan, qui soutient *Bulle d'Orage* depuis le début, et l'Aéroclub de France (?), nous aimerions marquer le coup à notre manière. Nous voulons réaliser, grâce à ce ballon, le premier lanceur

amateur de satellite : 2 kg dans l'espace.»

Il dit cela l'air de rien, avec cette jubilation particulière qui le prend chaque fois qu'il s'agit de voler ou de faire voler quelque chose. Rêve-t-il en s'amusant ? S'amuse-t-il en rêvant ? A l'instar des enfants, il n'est personne de plus sérieux qu'un scientifique qui s'amuse.

Et attention, là, ça devient très technique : «En 1958, il fallait une fusée de 12 t aux Américains pour satelliser 1,5 kg. Pourquoi une telle disproportion entre le poids de la fusée au décollage et celui de la charge utile ? Parce que, dans les basses couches de l'atmosphère et à basse vitesse, la fusée est le moins rentable des systèmes propulsifs ; en outre, elle doit emporter son oxygène pour alimenter la combustion de ses moteurs. Imaginez les performances d'une Formule 1 si, en plus des 160 litres de carburant qu'elle consomme durant un Grand Prix, elle devait emmener 500 kg d'oxygène ? Bonjour la remorque !»

Or, il existe un moteur qui fonctionne comme une fusée avec l'oxygène de l'air : le statoréacteur. Ce n'est pas une nouveauté, il a été breveté au début du siècle et expérimenté par M. Leduc dans les années cinquante. Il n'a qu'un inconvénient, il ne fonctionne bien qu'au-delà d'une certaine vitesse : Mach 1,5. N'importe quel objet suffisamment dense largué en chute libre depuis 35 000 m atteindra cette vitesse avant de descendre en dessous des 20 000 m.

«Si on accroche sous une bulle d'orage un avion équipé d'un statoréacteur, qu'on le largue à 35 000 m en lui faisant effectuer une ressource 10 000 m plus bas, les conditions sont réunies pour allumer le statoréacteur et remonter ainsi vers 40 000 m à la vitesse de Mach 6 (voir dessin ci-contre). Largué par l'avion à cette vitesse et cette altitude, une petite fusée à deux étages de 200 kg permet de satelliser 2 kg. *Bulle d'Orage* servira à faire la courte échelle aux fusées. "Y a plus qu'à..."», conclut l'ingénieur avec un sourire qui en dit long. Chacun sait qu'en France, le plus dur n'est pas de trouver la technique, mais de vaincre les technocrates.

S'il ne perd pas trop de temps à traquer le sponsor, à chasser les crédits, à déjouer les pièges des sous-fifres de l'administration qui, en fait de p'tit nuage dans la tête, ont du brouillard dans les yeux, et des oursins dans les poches (c'est la crise, mon bon monsieur !), Jean-Paul Domen, avec Jonathan et l'Aéroclub de France, espère bien réussir à lancer son bip-bip le jour des quarante ans de *Sputnik*. Sinon, personne ne s'étonnera de voir à nouveau une invention française traverser l'Atlantique...

(2) L'association Jonathan, commission événements de l'Aéroclub de France, 6 rue Galilée, 75016 Paris, met à la disposition des inventeurs tels que Jean-Paul Domen une structure leur permettant de démarrer leurs projets.



Avant de partir dans l'espace

Le spationaute français Jean-Pierre Haigneré et sa "doubleure" Claudie André-Deshays à la Cité des étoiles, près de Moscou, au cours d'une séance d'entraînement avant l'envol pour la station *Mir*.

Altair : 12 expériences françaises à bord de *Mir*



CNES/NPO/Energia

Le 1^{er} juillet prochain, le Français Jean-Pierre Haigneré quittera la Terre pour la station orbitale *Mir*. Sa mission, baptisée *Altair*, consistera en une série d'expériences essentiellement biomédicales. Objectif : mieux connaître l'influence sur l'homme de la vie dans l'espace. Le voyage vers Mars reste en ligne de mire.

CNES/Feumy/REA

PAR GERMAIN CHAMBOST

Les vols habités sont aujourd'hui contestés, et l'avenir de l'aventure spatiale russe pour le moins controversé. Et pourtant... la station orbitale *Mir* continue de recevoir des visites de travail. Le 1^{er} juillet prochain, à bord d'un vaisseau russe *Soyouz*, le spationaute français Jean-Pierre Haigneré s'envolera pour le laboratoire spatial en compagnie des deux cosmonautes russes, Vassili Tsiblijev et Alexandre Serebrov. A bord de la station les accueilleront Gennadi Manakov et Alexandre Polechtchouk.

La mission de J.-P. Haigneré, baptisée *Altair*, sera constituée, pour l'essentiel, d'expériences complétant celles effectuées en 1992 (mission *Antarès*), toujours à bord de *Mir*, par un autre spationaute français, Michel Tognini. Il s'agira, cette fois, de parfaire et de préciser, grâce à un séjour plus long en impesanteur (Haigneré rentre le 22 juillet), ce qui a été fait l'année dernière. Cela est particulièrement vrai pour les expériences biomédicales visant à améliorer les connaissances des scientifiques sur tout ce qui se rapporte à l'adaptation de l'homme à la vie en impesanteur. Même après plusieurs décennies de vols spatiaux, il reste en effet beaucoup à apprendre.

Les douze expériences prévues dans le cadre d'*Altair* se divisent en deux grands groupes : biomédicales, et physiques et technologiques. ▶

suite de la page 107

1. L'expérience "Orthostatisme" étudiera les effets de l'impesanteur sur la fonction cardiaque, ainsi que sur les artères et les veines. Elle permettra aussi d'évaluer les conséquences des perturbations qui en découlent lors de la réadaptation de l'homme à la gravité terrestre ("orthostatisme" = "station debout"). On le sait, l'exposition durant plusieurs jours aux conditions d'impesanteur provoque une désadaptation du système vasculaire, qui se traduit par des modifications dues à la disparition de la pression hydrostatique des fluides corporels. La masse sanguine se déplace vers le thorax et la tête. Cela se manifeste par le "gonflement" du visage des cosmonautes, symptôme que l'on voit à la télévision les premiers jours du vol spatial. Par la suite, l'organisme s'adapte petit à petit, et le système cardiovasculaire retrouve un état stable. Cependant, au retour sur Terre, lorsque les cosmonautes retrouvent la position debout, la "désadaptation vasculaire", comme disent les médecins, entraîne une irrigation sanguine insuffisante du cerveau pouvant provoquer des syncopes.

Une échographie Doppler effectuée à bord permettra de visualiser le cœur, les structures abdominales, les vaisseaux superficiels et profonds et d'enregistrer la vitesse du sang et le volume de la circulation sanguine dans ces structures. Parallèlement, des dosages biochimiques et hormonaux seront réalisés à partir de prélèvements d'urine, de sang et de salive, afin d'étudier les mécanismes hormonaux d'adaptation de l'homme en impesanteur. Le but est d'identifier les paramètres vasculaires et hormonaux en jeu, afin de mettre au point et d'optimiser les contre-mesures.

2. "Illusions" sera consacrée aux mécanismes nerveux qui assurent l'adaptation des fonctions sensorimotrices et de représentation du corps en microgravité. En effet, le maintien postural du corps, le contrôle des mouvements, la représentation mentale de ceux-ci par le sujet s'organisent à partir d'informations fournies par le système vestibulaire (oreille interne), la vision et les capteurs du système musculaire. Or, l'impesanteur modifie cette biomécanique corporelle en supprimant ou en désorganisant ces diverses informations sensorielles.

"Illusions", qui avait déjà été expérimentée par Michel Tognini à bord de *Mir* en 1992, vise à comprendre la nature de ces altérations de perception et les processus qui se mettent en place pour répondre à la situation nouvelle. Pour cela, des vibrations sont appliquées sur les tendons de la nuque, des jambes et des bras pour exciter les fuseaux neuromusculaires, pendant que des cap-

teurs en mesurent les effets. On regarde comment le sujet réagit par des mouvements spontanés, quelles illusions posturales il connaît et quels mouvements apparents de cibles lumineuses (illusions visuelles) lui apparaissent.

3. "Viminal" analysera l'influence de l'impesanteur sur la perception de l'orientation du corps dans l'espace. Ainsi, lorsqu'il voit son compagnon dans une position inverse de la sienne, le cosmonaute peut avoir brutalement la sensation que lui-même se trouve la tête en bas. Sensation pour le moins désagréable et qui peut participer au déclenchement de ce que l'on appelle le "mal de l'espace". Autre conséquence : l'homme en impesanteur peut être dans l'incapacité de reconnaître une scène qui, sur Terre, lui est familière (un objet peut sembler étrange parce que vu dans une position inhabituelle). Le système nerveux construit, en effet, des images mentales à partir d'informations visuelles, la mémoire visuelle à court et long terme étant elle-même impliquée dans ce processus. "Viminal" doit donc contribuer à comprendre le contrôle du mouvement, chez l'homme, par le système nerveux. Avec pour objectif d'améliorer à terme l'exécution des tâches de pilotage ou de contrôle d'un bras manipulateur dans l'espace.

4. "Biodose" évaluera les effets biologiques des rayonnements cosmiques et les risques qui en découlent. A la différence des précédentes, cette expérience implique moins directement les cosmonautes en tant qu'expérimentateurs actifs. Elle n'en est pas moins importante pour l'avenir des vols spatiaux. Des fibroblastes humains, des graines et des spores seront embarqués par Jean-Pierre Haigneré, puis analysés au retour. Des échantillons de sang prélevés avant et après le vol permettront d'étudier les dommages éventuels causés par les rayonnements cosmiques sur les chromosomes.

5. "Immunologie" poursuivra de nombreuses études faites sur les cosmonautes en vol, et qui ont permis d'établir de manière irréfutable une relation entre la diminution de l'immunité et les modifications des fonctions des lymphocytes. "Immunologie" doit permettre de mieux comprendre ces perturbations de la réponse immunitaire et d'envisager d'éventuelles mesures préventives. Elle sera réalisée à partir d'échantillons de sang veineux prélevés avant et après le vol, et de sang capillaire prélevés en vol.

A ces expériences déjà effectuées lors de précédents vols s'ajoutent trois études nouvelles spé-



C. Barrou/CNES



Priorité aux expériences biomédicales

A bord de *Mir*, Jean-Pierre Haigneré (ci-dessus lors d'une répétition au sol de l'expérience "Synergies") consacrera le plus clair de son temps à l'étude des réactions de l'organisme à un séjour prolongé dans l'espace. Il poursuivra ainsi les travaux entrepris par ses prédécesseurs dès 1988.

cifiques à la mission *Altair*. Il s'agit de "Synergies", "Tissu" et "Téléassistance".

6. "Synergies" précisera le rôle du système vestibulaire (oreille interne) dans le contrôle de l'équilibre dynamique du corps, et étudiera les synergies qui existent dans la sollicitation des muscles lors de mouvements déterminés au sol et en état d'impesanteur. Le matériel utilisé est constitué d'une partie du matériel de l'expérience "Illusions".

7. "Tissu" portera sur le système cardio-vasculaire. Elle sera réalisée avec un équipement allemand qui se trouve à bord de *Mir* depuis le vol germano-russe de l'année dernière. Il s'agit d'étu-

dier les déplacements de liquides vers la partie haute du corps au cours du vol spatial, en mesurant la variation de volume en fonction de la pression et de l'épaisseur des tissus au niveau du crâne et des jambes du cosmonaute. Cela en corrélation avec l'expérience "Orthostatisme".

8. "Alice" concernera le comportement hydrodynamique et thermique de différents fluides, qu'il s'agisse de fluides purs ou de mélanges binaires, au voisinage de leur point critique (dans certaines conditions de température, de pression et de concentration spécifiques de chaque corps, le point critique est celui où ce corps se trouvera en même temps en phase liquide et gazeuse). Les phénomènes qui se manifestent lorsqu'un fluide ►

suite de la page 109

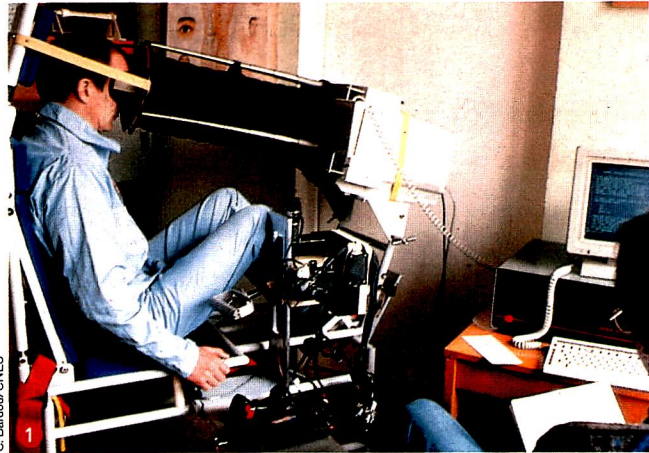
s'approche de son point critique ne peuvent être complètement étudiés au sol, le fluide étant en quelque sorte "écrasé" par son propre poids, par effet de gravité. "Alice" permettra d'étudier une grande variété de fluides au cours d'un même vol.

9. "Téléassistance" supervisera le fonctionnement de l'échographe Doppler utilisé pour "Orthostatisme" par le cosmonaute français, guidé en temps réel depuis le Centre opérationnel de Toulouse. Cette expérience de caractère opérationnel devrait permettre de mieux cerner les difficultés techniques et l'intérêt proprement scientifique du travail en coopération entre la station et le sol. La téléassistance, par le complément d'expertise fourni depuis le sol, est censée déboucher sur une meilleure qualité des résultats. Ce qui sera vérifié en comparant les résultats obtenus avec et sans assistance.

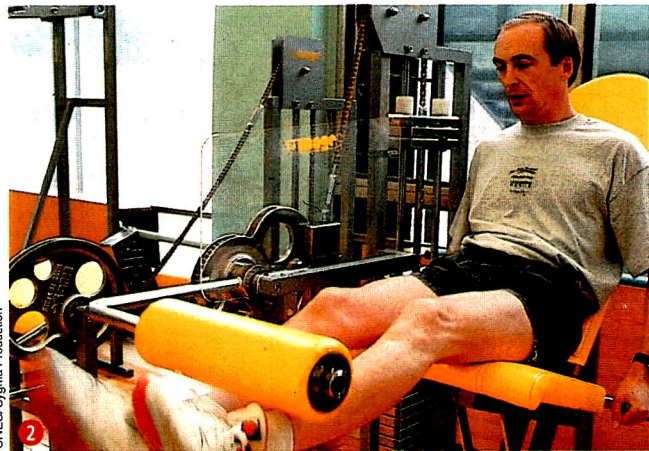
10. "Nausicaa" étudiera la répartition des doses de rayonnement cosmique dans les différents compartiments de *Mir*. Cette expérience se place dans la perspective des vols de longue durée, dont il sera question plus loin. Sa principale originalité réside dans l'utilisation d'un capteur qui simule en temps réel la réponse des tissus humains soumis à des champs de rayonnement. Les données sont transmises au sol par télémesure. "Nausicaa" comme les deux suivantes sont des expériences permanentes que poursuivent les différents équipages qui se relayent à bord de *Mir*.

11. "Exeq" mesurera les flux des ions lourds et analysera leur influence sur des composants électroniques (microprocesseurs et mémoires SRAM et EEPROM). Cette expérience, qui fonctionne à bord de *Mir* depuis le vol de Michel Tognini en 1992, sera débranchée par Jean-Pierre Haigneré, qui rapportera les résultats à son retour.

12. "Microaccéléromètre", enfin, établira une cartographie précise de la micropesanteur (cartographie vibratoire) dans l'ensemble du complexe spatial *Mir*. Sur Terre comme dans l'espace, chaque corps exerce sur les autres une attraction gravitationnelle proportionnelle à sa masse et inversement proportionnelle au carré de la distance qui le sépare des autres corps. La station orbitale *Mir* ne fait pas exception à cette grande loi fondamentale de l'Univers. Il est intéressant de connaître la microattraction qu'exercent sur les objets et les expériences les différents éléments de la station. Un premier modèle de vol du microaccéléromètre a été embarqué en



C. Bardou/CNES



CNES/Sigma Production

Après Tognini, Haigneré

Au centre d'entraînement des cosmonautes, près de Moscou, Jean-Pierre Haigneré se prépare en attendant le jour J. Il s'entraîne aussi bien au maniement des appareillages scientifiques - comme ceux de l'expérience "Viminal", qui étudie l'influence de l'impesanteur sur la perception du corps dans l'espace ① -, qu'à cultiver sa forme physique ②. Sa mission, *Altair*, succédera à *Antarès*, conduite en 1992 par Michel Tognini ③ (ici, au cours de l'expérience "Orthostatisme", consacrée aux effets de l'impesanteur sur la fonction cardiaque).

janvier 1991, lors d'un vol de ravitaillement effectué par un vaisseau-cargo *Progress*. Un second a été apporté par le vol *Antarès* de l'année dernière. Au cours de la mission *Altair*, le matériel servira aussi à caractériser les paramètres dynamiques d'une charnière utilisée dans le déploiement de structures spatiales comme les panneaux solaires. La charnière sera excitée par des coups de marteau, et les deux capteurs microaccélérométriques enregistreront les réponses de la structure. Cette expérimentation se révèle impossible à réaliser au sol, car la structure doit alors être



CNES

soutenue, ce qui modifie totalement les réponses aux excitations auxquelles elle est soumise.

On le voit, la série d'expériences que devra réaliser le cosmonaute français met très nettement l'accent sur la biologie et la médecine, c'est-à-dire sur les conditions de séjour d'hommes dans l'espace. Les expérimentations technologiques ne viennent qu'ensuite. Cette répartition semble refléter la "philosophie" ancienne de la formation des cosmonautes, conçue au départ pour préparer, en particulier, les futurs utilisateurs de l'avion spatial européen *Hermès* (il fallait des pilotes) et

de la station orbitale *Columbus*. Deux programmes en sommeil aujourd'hui. Aussi n'est-ce sans doute pas un hasard si le prochain cosmonaute français qui volera à bord de la station russe (que ce soit le complexe *Mir* actuel ou *Mir 2* qui lui succédera) sera non pas un pilote, mais un médecin. Plus exactement, une femme-médecin, Claudie André-Deshays, suppléante de Jean-Pierre Haigneré pour le vol de juillet prochain.

La formation de pilotes paraît moins urgente. Surtout compte tenu des coûts : pour le vol de Jean-Pierre Haigneré et celui de Claudie André-Deshays, le CNES (Centre national d'études spatiales) a dû verser aux Russes 165 millions de francs, dont 125 millions en devises, le reste étant constitué par des caissons de matériel électronique ou par la cession aux Russes des appareillages d'expérience embarqués à bord de la station *Mir*.

Priorité semble également donnée aux vols de longue durée, qui permettraient à des cosmonautes-techniciens de travailler véritablement en orbite. L'Agence spatiale européenne a ainsi sélectionné, en mai dernier, quatre cosmonautes en vue de deux séjours à bord de *Mir* (septembre 1994 et août 1995) – le premier d'une durée de trente jours, le second de cent trente-cinq jours –, pour une somme globale de 330 millions de francs français (45 millions d'ECU). Le second vol comprendra, par ailleurs, une sortie extravéhiculaire pour le cosmonaute européen.

De leur côté, les Russes mettent à nouveau l'accent sur la durée, les séjours de six mois étant désormais entrés dans une quasi-routine. A la fin de cette année devrait être lancé un médecin-cosmonaute (on parle de Valeri Poliakov) qui séjournera quelque seize mois dans la station orbitale. De toute évidence, et alors même qu'ils tirent actuellement le diable par la queue pour financer leur programme spatial de vols habités, les Russes continuent de rêver à d'autres aventures, et notamment à un vol humain en direction de la planète Mars.

Vladimir Nikitsky, chef du centre scientifique expérimental de NPO-Energia, la société rattachée au ministère russe de l'Industrie et qui a en charge l'organisation des vols habités, reconnaît ainsi que «pour un vol long vers la planète Mars, on ne peut pas extrapoler à partir d'un séjour d'un an, comme nous en avons déjà effectué...». Avant d'ajouter, quand on lui oppose l'ampleur de la tâche et les difficultés de l'entreprise, notamment dans le contexte politique et économique présent : «On peut rêver. Nous sommes tous des rêveurs...» ■

g é o l o g i e



Photos M. Wolff/Saunt/Commas

9 km à la fin de cette année

Dominant le paysage du haut de ses 83 mètres, la tour de forage du KTB (ci-contre) abrite le foret géant (plus de 7 500 mètres aujourd'hui) dont on voit ci-dessus le point de départ. L'ouverture mesure ici près de 60 cm, mais, en réalité, le trépan ne faisait que 45 cm jusqu'à 3 km de profondeur, puis 37 cm jusqu'à 6 km et 31 cm jusqu'aux 9 km qui doivent être atteints à la fin de l'année.



Endoscopie de la Terre

Le trou le plus profond

De quoi est faite notre Terre ? Les réponses actuelles sont en majeure partie le fruit de déductions. Pour y aller voir, le forage scientifique le plus profond à ce jour n'a atteint que 12 km, soit moins de 0,2 % du rayon du globe terrestre. Les Allemands essaient d'aller plus loin.

PAR RENAUD DE LA TAILLE

Le centre de la Terre, on le sait avec certitude, n'est pas très loin sous les pavés : un peu plus de 6 370 km seulement nous en séparent, une distance qu'il serait fort intéressant de parcourir, ne serait-ce qu'une seule fois, pour voir quels matériaux on rencontre tout au long de la descente. Mais les géologues savent bien qu'il s'agit là d'un rêve, car on ne traverse pas un mur dont l'épaisseur se compte en milliers de kilomètres.

Cela n'empêche pas de gratter ce mur pour voir ce qu'il y a dessous, ou plutôt d'y faire des petits trous qui permettront de savoir si les hypothèses concernant la composition de la Terre sont justes. On admet aujourd'hui qu'il y a un noyau central très dense et très chaud, suivi d'un noyau externe, puis d'un manteau intérieur doublé d'un manteau extérieur, le tout étant coiffé d'une mince peau dite écorce ou croûte terrestre.

Jusqu'ici, on a tout juste réussi à percer un peu cette écorce, dont l'épaisseur varie tout de même entre 5 et 8 km sous les océans, et 30 et 70 km au niveau des continents. Le modèle généralement admis pour la croûte continentale comporte trois couches successives : une couche sédimentaire, celle sur laquelle nous marchons, une couche granitique et une couche profonde de basalte. Mais pour être sûr de cette hypothèse, pour connaître avec précision la nature et la composition de ces couches, il faut creuser le sol aussi loin que possible et en rapporter des échantillons.

C'est là un travail incroyablement ardu, dont on aura une juste idée en sachant qu'à peine une demi-douzaine de forages ont dépassé le millième de la distance qui nous sépare du centre de la Terre : le record appartient toujours aux Russes, avec les 12 066 m atteints en 1985 dans la péninsule de Kola. Vient ensuite Bertha Rogers, un trou de 9 583 m creusé en 1974 dans l'Oklahoma. Les Américains ont encore un forage de 8 250 m et les Russes, trois autres trous allant de 6 800 à 8 150 m.

Il faut garder en mémoire que les forages pétroliers dépassent rarement 2 000 m. Au-delà de cette profondeur, il s'agit toujours de forages géo- ▶



Photos M. Wolf/Vsurn/Cosmos

suite de la page 113

logiques à but scientifique, dont le plus récent est celui entrepris en Allemagne dans l'Oberpfalz, au nord de Munich, sous la direction du Pr Rolf Emmermann. Dénommé KTB, pour Kontinentales Tiefbohrprogramm des Bundesrepublik (programme de forage continental profond de la république fédérale), le projet démarra en 1987 avec le percement d'un premier trou de 4 000 m destiné à tester l'appareillage, qui diffère en certains points du matériel utilisé pour la recherche du pétrole ou des minerais.

En effet, le forage russe de Kola avait montré que la première difficulté que rencontre une entreprise de ce type est la même que celle que connaissent bien tous ceux qui ont à faire des fixations dans le béton : percer droit. Les bricoleurs qui ont eu à manier la perceuse à percussion ou même le perforateur savent que la rencontre d'un petit silex rond noyé dans le ciment fait dévier le foret en oblique. Encore doit-on ajouter que, ce foret étant assez raide, le trou part de travers mais reste droit.

Il en va tout autrement avec le forage géologique : les roches à percer sont aussi dures que le béton, mais le "foret", qui ne fait que 40 ou 50 cm de diamètre pour une longueur se mesurant en kilomètres, est aussi souple qu'un mince fil d'acier. Quand la tête, le trépan, commence à dévier, le train de tiges qui la suit fléchit et le forage part en courbe sur le côté, ce qui oblige à de difficiles rectifications et freine la rotation de la colonne. Le forage de Kola accusait ainsi un écart de plus de 800 m par rapport à la verticale.

Les Allemands commencèrent donc par faire un premier trou avec un trépan mis en rotation, non par le train de tiges tout entier comme cela se fait dans la plupart des forages peu profonds, mais par un moteur hydraulique monté dans la massetige (dernier tronçon de la colonne, dont la lourde masse appuie sur le trépan) et alimenté par un fluide sous pression qui permet en même temps de guider l'outil. Ce premier trou avait dévié de 200 m sur 4 km de profondeur, mais l'expérience acquise dans le guidage de la masse-tige permit de serrer la verticale de beaucoup plus près dans le

Des outils de coupe remplacés tous les 100 m

La masse-tige vient d'être remontée (ci-contre) après avoir grignoté le terrain où s'ébrouaient les dinosaures. Le trépan à trois molettes doit être changé souvent, et on voit ci-dessous un lot de tricônes dont les pastilles en carbure de tungstène sont complètement usées et ont perdu tout mordant. Dans les roches métamorphiques, et à la vitesse moyenne de 1,25 m/h, les tricônes peuvent creuser de 70 à 100 m avant qu'il faille les remplacer.



trou principal : sur plus de 7 km atteints actuellement, celui-ci n'a dévié que de 8,5 m, ce qui constitue un record absolu de précision.

Il est à noter, d'ailleurs, que le fluide que l'on injecte dans la colonne de tiges depuis la tour de forage sert non seulement à faire tourner le trépan, mais aussi à assurer les fonctions habituelles de ce qu'on appelle des boues de forage, dont le rôle est analogue à celui des huiles de coupe dans les machines-outils : refroidissement des molettes de fraisage, lubrification, stabilisation du perçage et remontée des déblais. Ici, la pression du fluide est, de plus, modulée par impulsions pour assurer le guidage du trépan.

Mais dans la masse-tige on trouve aussi, outre le moteur hydraulique, une véritable centrale électronique avec quantité de capteurs qui donnent la température, la pression, l'inclinaison par rapport à la verticale ou la dureté superficielle des roches traversées. Toute la colonne est remontée périodiquement, soit pour changer les pointes de carbure de tungstène qui garnissent les fraises, soit pour remplacer le trépan normal par un outil

creux spécial, dit carottier, qui permet de rapporter un échantillon, ou carotte, du terrain traversé.

Inutile de dire que la remontée du train de tiges, cet interminable forêt long de plusieurs kilomètres, n'est pas une mince affaire. Bien entendu, il n'est pas question de le sortir tout droit de la terre car son extrémité culminerait à plus de 7 km, dominant de loin le mont Blanc – en réalité, il pencherait comme une herbe sous le vent avant même d'avoir dépassé 100 m. Il faut donc dévisser tige par tige la longue colonne dès qu'on en a sorti quelques mètres.

Les forages classiques utilisent des tubes de 9 m, mais ici, pour gagner du temps, les ingénieurs ont adopté des tubes de 13,3 m, soit 40 m pour trois tubes. On remonte donc ces 40 m d'un coup dans une immense tour de forage de 83 m ; là, une machine automatique dévisse tour à tour chaque train de trois tubes et le range sur le côté – autant dire que, même vue de loin, l'installation de forage est d'une taille impressionnante.

Il est vrai que le but de l'opération ne l'est pas moins : descendre toujours plus bas, à travers des roches sédimentaires dont on ne connaît encore que fort mal la structure et l'évolution, c'est remonter le temps sur des millions d'années pour retrouver les vestiges de l'ère primaire, le Précambrien et le Dévonien, les débuts du Carbonifère et les fougères géantes. Du fond de ce puits interminable, on remonte les débris du sol que foulaient à l'ère secondaire brontosaures et tyrannosaures.

Les couches traversées ne sont même pas fatalement dans l'ordre chronologique des ères géologiques : la dérive des continents amène les plaques continentales à se fracturer, à glisser l'une sous l'autre ou à se plisser de manière désordonnée. Dans le même temps, les roches sédimentaires, celles qui se sont déposées au fond de l'eau à l'état de sédiments, sont brassées et écrasées contre les roches éruptives, celles venues du magma interne.

Sous l'effet des températures et des pressions considérables qui règnent à des kilomètres de profondeur, et sous l'influence de diverses vapeurs, les roches les plus anciennes se trouvent transformées dans leur structure – mais plus rarement dans leur composition chimique. Elles deviennent alors des roches métamorphiques : c'est ainsi que les argiles donnent des schistes ou des gneiss, ou que le calcaire se transforme en marbre.

En s'enfonçant dans l'écorce terrestre, le trépan va donc rencontrer de nombreux types de roches, dont la nature va permettre de reconstituer l'histoire du terrain traversé, étant entendu que les ►

suite de la page 115

roches sédimentaires et métamorphiques s'arrêtent au-delà d'une certaine profondeur qu'on évalue généralement à 30 ou 40 km. Après, il n'y a plus qu'une couche de roches basaltiques précédant les roches du manteau.

Au cours de son avancée, le forage KTB a surtout rencontré, comme prévu, des métabasites (basaltes ou dolérites modifiées par recristallisation) et des gneiss. Lors du premier forage d'essai de 4 km de profondeur, on prélevait des carottes tous les 100 m ; pour le forage définitif, qui n'en était éloigné que de 200 m, on ne fit aucun prélèvement jusqu'à 4 km ; et, ensuite, le carottier ne fut installé que si l'analyse des déblais remontés par le fluide de forage montrait que le trépan était entré dans une zone intéressante.

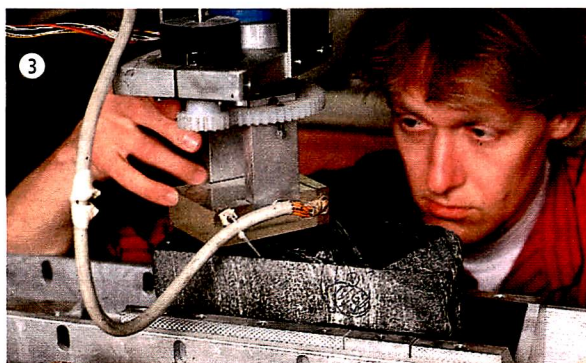
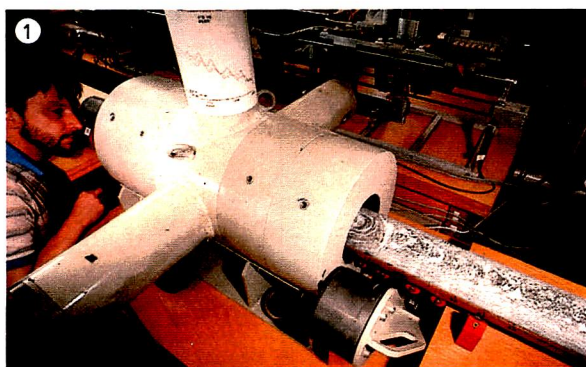
En effet, pour faire un carottage, il faut remonter tout le train de tiges, remplacer le trépan normal par un carottier, puis redescendre le tout. Ces opérations prennent beaucoup de temps et reviennent cher, d'où la décision de limiter la prise d'échantillons. Ceux-ci sont d'ailleurs analysés sur place dans un laboratoire, dirigé par le Dr H.G. Dietrich, qui comporte tous les instruments les plus fins et les plus sensibles. En effet, il faut non seulement déterminer la nature et la structure cristalline des roches traversées, mais aussi analyser toutes les inclusions solides, liquides ou gazeuses que renferment ces roches.

On y trouve donc polarimètres, spectromètres, réfractomètres et diffractomètres de toutes natures – lumière visible, ultraviolet, rayons X, faisceau d'électrons, etc. Ces appareils sont reliés à des calculatrices qui affichent directement le résultat : en moins de deux heures, on connaît la composition chimique et moléculaire ou la structure cristalline de tous les matériaux que vient de fraiser le trépan. Les carottes non seulement passent ces tests au même titre que les déblais rapportés par le fluide de forage, mais sont soumises, de plus, à des analyses physiques pour déterminer leur conductivité électrique, leurs propriétés magnétiques, leur densité, leur élasticité et autres.

Il y a là, d'ailleurs, une difficulté inhérente au fait qu'il s'agit de roches des grandes profondeurs normalement soumises à des pressions qui se comptent en tonnes par centimètre carré ; quand on les remonte jusqu'au sol, elles se détendent et leurs propriétés physiques à la pression ambiante ne sont plus celles qu'elles possédaient à des kilomètres sous terre. Les carottes sont donc soumises à des expériences de relaxation, qui permettent de mesurer la direction dans laquelle elles se détendent, ce qui indique le sens dans lequel s'exerçait la pression en profondeur.

L'histoire et la géologie de la Terre remontées du sous-sol

Des carottes profondes datant de l'ère primaire sont remontées et analysées sur place : spectroscopie aux rayons gamma ①, qui renseigne sur la structure cristalline des roches et sur la répartition de leurs constituants ; décalque de la structure ②, qui révèle la chronologie des événements géologiques tels que plissements, cisaillements des couches sédimentaires ; mesure de la conductivité thermique ③, qui indique la nature et la granulométrie des sédiments. Les déblais ④ sont remontés par les boues de forage, fluide à base d'eau et d'une argile synthétique appelée Dehydril HT. Ils sont tamisés, triés, puis analysés par une série d'appareils commandés par ordinateur pour connaître, entre autres, leur composition chimique et les arrangements moléculaires de leurs composants.





Photos M. Wolff/Visum/Coemios

Celle-ci n'est pas obligatoirement verticale car, à la pression statique due à la masse de matière entassée au-dessus de ces roches, s'ajoute une pression dynamique provoquée par le glissement des couches rocheuses les unes par rapport aux autres. On a constaté, dans le puits KTB, que la direction de la plus forte contrainte variait de 30 degrés d'angle depuis le sol jusqu'à 4 km. Au-delà, jusqu'aux 7 500 m atteints actuellement, cette direction ne change plus beaucoup.

En principe, le forage KTB devait être non seulement le plus profond d'Europe continentale, ce qu'il est déjà, mais le plus grand du monde avec 14 km de profondeur. Il se heurta toutefois, dès le départ, à un premier problème : passé les 500 premiers mètres, la température se mit à croître plus vite que prévu, de 28,5 °C par km en moyenne. A ce rythme, les 300 °C seront atteints entre 10 et 11 km ; or, cette température constitue la limite que s'étaient fixée les ingénieurs, les tubes de forage n'étant pas prévus pour travailler à des températures supérieures.

Mais un second problème se présenta bien avant d'avoir franchi ces 10 km : à la fin de l'année dernière, les derniers douze mètres du train de tiges se sont bloqués alors qu'on approchait des 6 800 m, et aucune des manœuvres habituelles ne permit de les dégager. Une entreprise spécialisée descendit alors une charge d'explosif et fit sauter la partie coincée. Le forage avait à peine repris qu'un nouveau blocage survenait, et de nouveau on dut faire sauter le tube et bétonner le fond du trou (parce qu'on ne peut forer là où restent les éclats de métaux extrêmement durs résultant de l'explosion). Il fallut ensuite contourner la partie bétonnée – 34 m de haut – et reprendre le forage.

Pour le moment, il reste donc à atteindre les 10 km de profondeur, ce qui peut demander des mois, mais une entreprise scientifique de cette envergure a le temps devant elle. Chaque mètre gagné en profondeur correspond à autant de millénaires repris sur un passé où les ères géologiques se comptaient en millions d'années. ■

Le disque compact s'use aussi

PAR HENRI-PIERRE PENEL

Il est vrai que nos bons vieux disques vinyle sont ingrats : plus on les aime, plus vite ils se fanent. A chaque écoute, en effet, le diamant de la tête de lecture, pourtant contrôlé avec soin, vient blesser les bords de leur fragile sillon. Même sur les platines les plus perfectionnées, la mécanique a ses limites et, au fil des écoutes, la qualité sonore de l'enregistrement se dégrade.

Un grand espoir naquit avec l'arrivée du disque compact. Lu par un faisceau laser, sans aucun contact mécanique, il semblait représenter le support idéal. Qui plus est, deux précautions valant mieux qu'une, le CD porte, inscrit dans ses pistes, des informations destinées à compenser d'éventuelles erreurs de lecture. On était donc intimement persuadé, du moins dans les bureaux d'étude, tenir là un support "tout terrain" capable de survivre sans dommage aussi bien aux doigts maladroits et couverts de confiture du petit dernier de la famille qu'au piétinement d'un troupeau de bisons.

Aujourd'hui, avec un recul d'un peu plus de dix ans, il faut se rendre à l'évidence et pondérer quelque peu l'enthousiasme des premiers jours... Les disques compacts vieillissent bel et bien. Pire, ils seraient même quasiment aussi fragiles que les disques vinyle. Simplement, numérique oblige, l'usure est plus insidieuse et ne devient perceptible qu'une fois le mal irréparable. Tout se passe très bien, ou presque, jusqu'au seuil de tolérance ; et là, c'est la Bérézina... Ça ne marche vraiment plus du tout...

Les causes d'usure prématurée d'un enregistrement sur disque compact peuvent être d'origines multiples. Grâce à la collaboration de l'un de nos lecteurs, M. Luengo, de Cachan, responsable des prêts de disques au sein de la discothèque d'une grande entreprise d'informatique, il nous a été

Au départ annoncé comme support inusable, insensible aux poussières et aux rayures, il semble bien que le disque compact ne tienne pas ses promesses de longévité à toute épreuve.

Photos : E. Malmemancie



possible de répertorier la majeure partie des "incidents". Ils vont du défaut de fabrication aux mauvaises manipulations en passant par les dégradations liées aux lecteurs de CD eux-mêmes. Cependant, afin de mieux cerner chaque problème, rappelons brièvement le procédé de fabrication d'un disque compact.

Tout est basé sur la rencontre d'un faisceau laser et de micro-couppelles gravées sur le CD. La matière du disque est une résine synthétique parfaitement transparente, moulée à partir d'une "mère" qui lui imprime de petits reliefs, les micro-couppelles, portant l'ensemble des informations. Pour que ces informations soient "lues" par le passage du laser, c'est-à-dire pour que le rayon détecte la présence des micro-couppelles, il faut rendre ces dernières réfléchissantes. Pour cela, une couche d'aluminium est déposée par évaporation sous vide. Cette technologie de fabrication est des plus classiques, et identique, dans son principe, à celle utilisée pour donner aux pare-chocs des voitures en plastique de nos enfants l'aspect de métal chromé. Enfin, pour protéger cette métallisation, fragile en raison de sa minceur, et pour éviter son oxydation en présence de l'air, une couche de laque est appliquée par-dessus. Côté faisceau laser, c'est la face active du disque.

Côté opposé, c'est la face dorsale, ou "inerte" ; c'est là, sur la couche de laque, que sont inscrits marque, titres et références du disque.

Nous pouvons maintenant aborder les défauts de fabrication susceptibles d'intervenir au cours de ces divers traitements. Curieusement, ils semblent passer sans encombre les divers contrôles de fin de fabrication. Le vice le plus fréquent survient lors de la phase de métallisation du disque. Si la couche déposée sur la résine n'est pas parfaitement régulière, des trous peuvent apparaître. Lors de la lecture, lorsque le faisceau laser les rencontre, il n'est plus réfléchi,

et chaque trou se traduit par des erreurs de lecture. N'oublions pas que, en raison de la très forte densité du codage, un trou d'un diamètre de 1 mm engendre 62 000 erreurs ! Tant que les trous sont peu nombreux et de petite taille, le lecteur sait les corriger : en effet, en plus de celles du son proprement dit, un disque compact comporte une grande quantité d'informations numériques (60 % du total environ) permettant au lecteur de compenser ces erreurs de lecture. A l'audition, le phénomène ne sera pratiquement pas perceptible. En revanche, si le nombre des trous ou leur diamètre augmente (voir photos p. 120), les défauts deviennent parfaitement audibles et compromettent la lecture.

A l'écoute, la présence de trous peut se manifester de manières diverses. Un moindre mal sera la présence d'un "cloc", parasite comparable, à l'oreille, à celui que donne une poussière sur un disque vinyle. Mais ce défaut risque de poser un autre problème. N'oublions pas que, pour que la tête laser suive la piste numérique, la qualité de la réflexion sera prise en compte par les dispositifs d'asservissement du lecteur. Le premier, dit "asservissement de focus", se fait verticalement ; il ajuste en permanence l'espace tête-disque. En effet, pour que la convergence du faisceau, assurée par une lentille, se fasse bien sur les micro-couppelles, cette distance est en permanence contrôlée afin d'ajuster la "mise au point".

Le second asservissement est horizontal : il garantit que la tête est bien centrée au-dessus de la piste en cours de lecture, depuis le centre du disque jusqu'à sa périphérie. La perte de réflexion vient donc fortement perturber le fonctionnement de ces asservissements.

Si c'est le guidage latéral qui est affecté, le problème sera tout de suite perceptible : soit le lecteur saute des pistes, donnant l'impression d'un disque qui "saute", soit, à l'inverse, le CD se comporte comme un disque rayé. Comme le disque tourne plus vite que son grand frère vinyle, le problème se traduit par un son rappelant un effet de réverbération qui se poursuit indéfiniment sur la même séquence sonore.

Lorsque l'asservissement de focus est affecté, les conséquences peuvent être beaucoup plus sournoises. Généralement, les premiers temps le défaut de lecture reste inaudible. Cependant, en tentant de rattraper la mise au point, le dispositif de focus fait varier la distance tête-disque au maximum de ses possibilités. Dans certains cas, cette recherche désespérée de focalisation peut conduire la tête à toucher la surface du



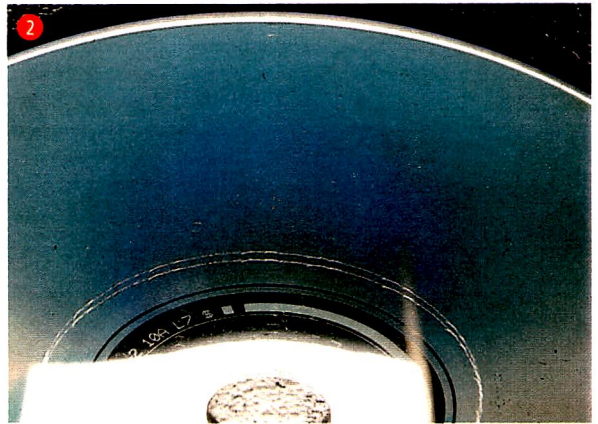
suite de la page 119

disque. D'où une rayure irrémédiable, qui, de surcroît, aggravera progressivement le problème. En effet, le faisceau laser est diffusé par la rayure avant de pouvoir atteindre les micro-couppelles, ce qui équivaut à une absence de réflexion, et tout participe donc à l'aggravation de la rayure. Ce type "d'accident de lecture" finit par se voir à l'œil nu sur un disque compact, qui présente alors des rayures en arc de cercle concentriques à l'axe du disque (photo 1).

Cas extrême, le dérapage peut être dû au dé-



mauvaise répartition ou d'un défaut d'adhérence de la couche de laque destinée à protéger la couche métallique. Le plus souvent, le problème commence à la périphérie du disque, où la laque dépasse de très peu cette couche, alors qu'au centre elle s'étend bien au-delà (voir dessin ci-contre). Qui plus est, le métal oxydé devient à son tour perméable à l'oxygène de l'air, d'où une oxydation progressive de l'ensemble de la surface du disque. Chaque zone touchée par cette "gangrène" – extrêmement



crochage simultané des deux asservissements. Non seulement la tête vient percuter la surface du disque mais, en plus, elle dérive latéralement. Ce double déplacement provoque, le plus souvent, un rebondissement de la tête à la suite du premier impact. Ici encore, les rayures laissées sont typiques de ce type de décrochement. Elles prennent une allure de spirale en pointillé (photo 2).

Notons que, sur un lecteur de salon, de tels problèmes d'asservissement sont rares et essentiellement dus à des imperfections du revêtement métallique. En revanche, ils peuvent survenir avec un disque, au départ parfait, sur un lecteur type baladeur ou sur un autoradio, où chocs et vibrations mettent les dispositifs d'asservissement à rude épreuve (photo 3).

Un autre type de problème lié à la fabrication n'apparaît, lui, qu'au bout d'un certain temps, sans que soient en cause ni l'utilisateur ni le lecteur. Il s'agit de l'oxydation de la couche métallique. Comme nous l'avons dit plus haut, la dernière étape de la fabrication d'un CD est le revêtement de sa face "inerte" par une couche de laque. Sa vocation première est de préserver la couche métallique de l'air afin d'éviter sa dégradation par oxydation. Il arrive que certains disques, que nous n'avons malheureusement pas pu photographier, souffrent d'une

lente, il est vrai – perd son pouvoir de réflexion et devient inexploitable.

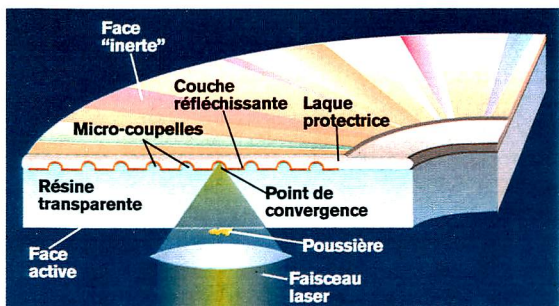
Une précision, pour terminer ce tour d'horizon des défauts de fabrication possibles : curieusement, et contrairement à ce que l'on pourrait attendre, il ne semble pas y avoir de corrélation directe entre le prix de vente d'un CD et ses garanties de qualité. Un enregistrement haut de gamme peut très bien vieillir moins bien qu'une compilation offerte avec un paquet de lessive. Il faut reconnaître, toutefois, que ces vices de fabrication restent relativement peu fréquents comparés aux défauts liés à une mauvaise utilisation.

Qu'en est-il de la vie "domestique" d'un disque laser ?

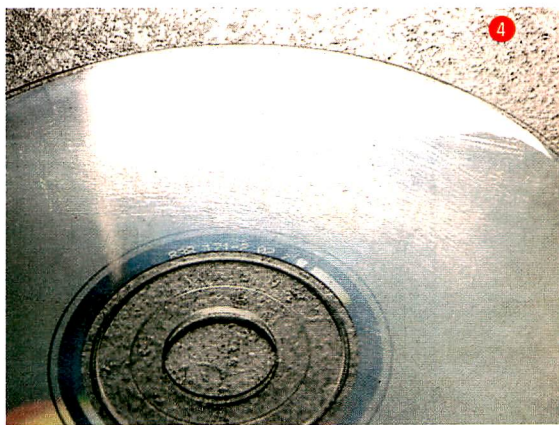
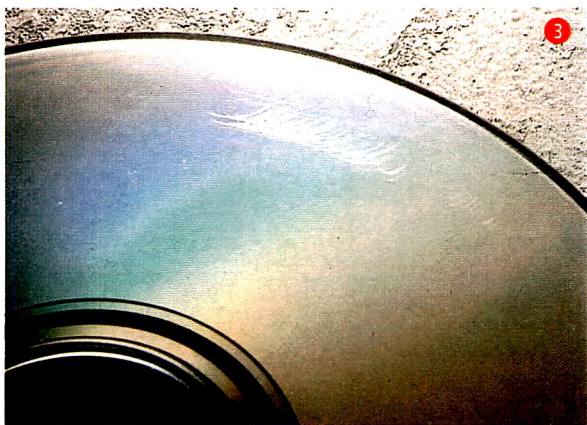
Le successeur du microsillon est à manipuler avec au moins autant d'égards que ce dernier. Bien souvent, une introduction un peu maladroite ou trop rapide du disque dans le lecteur peut occasionner des rayures. La plupart du temps, elles seront moins graves que celles provoquées par la tête de lecture et décrites précédemment. En effet, un tel accident ne coupe des pistes que sur une très courte distance (la largeur de la rayure), et seule une faible quantité de données seront concernées. Sauf cas extrême, la rayure passera inaperçue parce que les informations perdues seront compensées par les dis-

Attention aux traces de doigts !

Pour "lire" un CD, le faisceau laser est focalisé sur le plan de la couche réfléchissante. C'est à ce niveau, en effet, que se trouve la piste, où se succèdent micro-couppelles et espaces plats qui, ensemble, contiennent l'information sonore. En raison de l'épaisseur de la résine du disque, les poussières éventuelles se trouvent très en amont du point de convergence et ne gênent donc pas la lecture. En revanche, une trace de doigts, parce que beaucoup plus large, diffusera entièrement le faisceau laser, interdisant toute lecture.



A. Meyer



Photos : E. Mâlemanche

positifs numériques de correction d'erreur.

Il en est de même pour les poussières si elles sont peu nombreuses. Là aussi, les informations qu'elles masquent sont compensées. De plus, l'épaisseur de la résine du disque fait qu'elles se trouvent bien avant le point de convergence du faisceau du laser sur les micro-couppelles. Tout comme les petites saletés sur l'objectif d'un appareil photo n'apparaissent pas sur l'image, ces poussières – tant que leur taille et leur nombre restent raisonnables – seront ignorées lors de la lecture et resteront imperceptibles.

Les traces de doigts sont les ennemies jurées des disques laser. Il faut donc à tout prix les éviter. Le mieux est de manipuler ces disques en les prenant par leur périphérie. Car une empreinte digitale occupe une surface énorme par rapport à une poussière, et même si elle est nettement moins opaque, elle provoque quand même plusieurs millions d'erreurs en diffusant le faisceau laser dès la surface du disque.

Divers appareils sont disponibles dans le commerce pour le nettoyage des CD.

En général efficaces, leur simplicité d'utilisation varie fortement d'un modèle à l'autre. On peut s'en passer, toutefois, et essayer le disque à l'aide d'un simple mouchoir en papier non pelucheux

imbibé d'alcool à 90°, en prenant soin de ne pas trop appuyer. Autant que possible, il est préférable de le "balayer" dans le sens radial, du centre vers l'extérieur, plutôt que par un mouvement tournant comme on ferait avec un microsillon, toujours pour éviter de créer des rayures parallèles aux pistes. Une précaution, cependant : il est de plus en plus fréquent de trouver de l'alcool contenant en solution du camphre, par exemple, dont l'usage est à proscrire en raison de la pellicule qu'il peut déposer en surface. De même, tous les produits tels qu'acétone, trichloréthylène, White spirit, etc. dissolvent la résine. Leur usage sur un disque laser conduit inévitablement à une catastrophe irréparable (photo 4).

Toujours à propos de nettoyage, nous avons constaté que la quasi-totalité des disques laser neufs sont sales. Certes, nous n'en avons jamais vu qui portaient des traces de doigts ou des rayures importantes, mais la présence de poussière est fréquente. Il n'est donc pas inutile de nettoyer un CD dès son acquisition.

En conclusion, il nous faut donc admettre que, pour conserver une collection de disques compacts en parfait état et préserver sa qualité originale au son numérique, il faut manipuler ce nouveau support avec autant de soin que l'on en réservait à son ancêtre en vinyle. ■

carrefour de L'INNOVATION



T. Martinez

Le "maxi-yacht" *La Poste*, premier grand voilier dont l'installation électrique est entièrement réalisée en fibre optique, prendra le départ de la Whitbread le 25 septembre 1993.

VOILE

Les fibres optiques ont le vent en poupe

Réaliser toute l'installation électrique d'un voilier en fibre optique : cette expérience va être menée à l'échelle industrielle par la société Sea N'Optic sur le "maxi-yacht" *La Poste*.

Le 25 septembre, ce dernier prendra le départ de la Whitbread, la course autour du monde en équipage avec escales, qui ne se terminera, après 27 000 milles autour du globe, qu'en juin 1994.

"Maxi-yacht", l'expression n'est pas trop forte : *La Poste*, un navire de 24,75 mètres de long et pesant 30 tonnes à vide, accueillera 23 équipiers autour de son skipper Daniel Malle.

Le principe de l'installation : au lieu de cheminer dans des torons de câbles ronds, l'énergie électrique nécessaire aux besoins du

bateau – alimentation BLU (bande latérale unique), radio longue portée, fax, ordinateurs, dessalinisateurs, éclairages, etc. – suit un câble plat unique, enfermé dans une goulotte centrale à l'intérieur du plancher et relié à treize boîtiers électroniques.

Ceux-ci sont munis de quatre sorties électriques indépendantes commandées par quatre pupitres. Toutes les informations sont centralisées sur ces pupitres étanches, semblables aux distributeurs de billets à écran tactile de la SNCF. Ils servent à commander les différentes fonctions énergétiques de l'ensemble du bateau.

Avantages essentiels de la fibre optique embarquée : un gain de poids de 75 % par rapport à une installation électrique conven-

tionnelle, un gain de temps substantiel pour le câblage – il n'a pas fallu plus de dix jours à deux personnes pour mettre en place tout le réseau en fibre optique du navire *La Poste* – ; enfin, la possibilité d'une meilleure distribution de l'énergie sur le bateau.

Pour diminuer les coûts de recherche, développement et construction du navire, et optimiser les performances – à deux, on est plus efficace – Daniel Malle, le skipper de *La Poste*, s'est associé à Pierre Fehlmann, skipper d'un autre maxi de la Whitbread, *Merit Cup*.

Résultat : les deux voiliers sont frères jumeaux. Mais, à quelques jours du départ, ils redeviendront naturellement adversaires.

MARIE LESURE

CONSTRUCTION

Un tapis végétal sur votre toit ?

Grâce au procédé Sopranature, planter des végétaux sur une construction non seulement améliore l'environnement, mais contribue à protéger la toiture. Ce procédé, mis au point par la firme SOPREMA (deuxième fabricant français de revêtements d'étanchéité), a remporté le concours de l'innovation du salon Batimat. Sopranature comporte plusieurs couches : vers l'extérieur, une couche végétale adaptée aux conditions locales (climat, pollution, températures, arrosage, etc.), plantée sur un substrat de faible épaisseur ; un support mécanique pour la fixation des racines ; une couche filtrante



Une toiture plantée de graminées, qui s'intègre à la garrigue de la montagne Sainte-Victoire.

empêchant la "fuite" vers le dessous des fines particules du substrat ; et, enfin, un support d'étanchéité, qui empêche également les racines de pénétrer sous la toiture. On peut ainsi obtenir (photo) cette

terrasse "Garrigue" (plantes vivaces et graminées), sur une villa au pied de la montagne Sainte-Victoire, près d'Aix-en-Provence.

A la suite d'incendies, la végétation de cette région est en effet aujourd'hui réduite à une garrigue. Les propriétaires de la villa n'ont obtenu l'autorisation de reconstruire qu'à la condition que la toiture soit végétalisée, pour l'intégrer le mieux possible à l'environnement. La végétation protège la toiture de l'agression des agents atmosphériques (pluie, gel) ; elle régule le ruissellement des eaux et limite, par absorption, les inondations de terrasses dues aux pluies torrentielles ; enfin, elle améliore l'isolation. Bref, la végétalisation des terrasses par ce procédé les renforce et retarde leur vieillissement.

STRATÉGIE

L'informatique, un super-allié pour l'armée

Comme on a pu le voir récemment lors de l'opération Oryx menée par l'armée française en Somalie, l'action militaire sur le terrain ne se conçoit désormais plus sans l'intervention de tonnes de matériel informatique. C'est sur l'abondance et la diversité de ce matériel qu'est fondé SAFARI, ou

Système automatisé de la Force d'action rapide en intervention. SAFARI permet au commandement de connaître à tout instant l'évolution de la situation sur le terrain. C'est une banque de données nourrie en permanence des informations communiquées par les chefs de section de combat : données géographiques (relief, infrastructures...), événements (attaque, explosion...), situation militaire (position des unités), etc.

Ces renseignements sont immédiatement reportés sur une carte. En même temps qu'ils sont exploités par l'état-major local et transmis, via satellite et par liaison protégée, à l'Etat-major des armées en France, ils retournent sur le terrain sous forme graphique. Les commandants d'unité disposent ainsi d'une vue d'ensemble de leur environnement. Le père de SAFARI est un ancien légionnaire, officier de réserve, Jacques Villerot. Ingénieur chez

Alcatel, il a conçu ce système pour la Délégation générale pour l'armement. L'idée lui en était venue en 1983 à Beyrouth, où il avait mis en place une première ébauche de SAFARI. «L'aide informatique au commandement permet de pallier le stress et la fatigue des hommes, explique-t-il. Elle a mis en évidence des phénomènes qui avaient échappé à l'attention humaine.» SAFARI se situe à l'opposé des systèmes élaborés dans le contexte de la guerre froide : il permet de gérer sur place, en temps réel, des interventions imprévisibles, et d'évoluer au rythme de la montée en puissance des forces adverses. «Sa caractéristique essentielle, résume Jacques Villerot, est sa souplesse : il sait répondre aux contraintes du terrain et prouve son efficacité depuis la gestion d'un problème civil, comme un accident... jusqu'à un conflit militaire.»

FLORENTIN COLLOMP

SAFARI informe les militaires en temps réel.



PLANTATIONS

Vive les mauvaises herbes !

S'il est une caractéristique fondamentale des "mauvaises herbes", c'est bien de pousser n'importe où. On les arrache ici, elles reviennent là. On déverse sur elles des tonnes de pesticides, elles s'y accoutument... Pour l'agriculteur, le combat est permanent contre ces parasites qui poussent si bien, si vite, et sont si peu exigeants quant à leurs conditions de vie.

Le plus dur, pour les cultivateurs, c'est, paradoxalement, d'apprendre à lutter contre les nouvelles "mauvaises" herbes, celles qui – blé, colza, luzerne ou trèfle – étaient bonnes jusqu'ici, et qui repoussent spontanément dans les jachères... Bref, le monde à l'envers !

Car voici que, depuis cinq ou six ans, les semences de mauvaises herbes sont recherchées, cultivées, et que leur production se négocie sur un marché dont le chiffre d'affaires est de l'ordre de 10 à 12 000 F l'hectare. C'est que, lorsqu'il s'agit de "revégétaliser", les défauts des mauvaises herbes se transforment en qualités...

Le mouron bleu (*Anagallis arvensis Foemina*) va-t-il quitter champs et friches pour venir décorer le bord des autoroutes ?



Jacana

Revégétaliser ? Louis Oddon, président du syndicat des semenciers de la région de Gap, explique : «C'est remettre en forme les terrains bouleversés par les grands travaux – autoroutes, construction de stations de sports d'hiver, de lignes TGV, etc. Sur les bas-côtés des autoroutes, des canaux, des ponts, sur les ronds-points, sur les sites de ski, les gestionnaires des grands ouvrages se sont en effet aperçus que les gazons employés jusque-là étaient difficiles et coûteux à entretenir, et que rien ne valait les semences de plantes sauvages. Les "mauvaises" herbes, elles, poussent mieux et s'autoreproduisent pour peu qu'on choisisse des variétés adaptées au climat du lieu. Une autre utilisation, qui fait actuellement l'objet d'expérimentations : le réensemencement des zones forestières incendiées.»

Ces nouveaux débouchés ont leurs secrets : on ne divulgue pas le nom des semences. Il y a des concurrents sur ce marché, aujourd'hui prometteur dans toute l'Europe...



D.R.

PROTHÈSE

Voici le bras à piles

Un bras artificiel mu électriquement vient d'être mis au point par une équipe de bio-ingénieurs du centre orthopédique de l'hôpital Princess Margaret Rose, à Edimbourg, en Ecosse.

Les recherches avaient commencé en 1987 : «Les progrès réalisés dans le domaine des moteurs et des piles nous ont décidés à explorer les possibilités de l'électricité, dit Daniel Gow, directeur-adjoint du centre. Aujourd'hui, nous sommes en mesure de mettre une telle prothèse à la disposition de nos patients.»

Des piles, attachées à la taille de l'utilisateur, alimentent un moteur situé dans la partie supérieure du bras, et qui actionne le coude et le poignet. Recouvert d'une "peau" en silicone, cette prothèse peut saisir et soulever des objets pesant jusqu'à 1 kg, grâce à la mobilité du pouce et des deux premiers doigts. Le prototype est composé d'alliages à base d'aluminium, et pèse 2,5 kg – moins qu'un bras en chair et en os ; mais l'équipe cherche à construire un modèle encore plus léger.

ÉLEVAGE

Quand les vaches s'endorment sur le Bottin

API, un éditeur du Michigan spécialisé dans les annuaires téléphoniques, a imaginé de recycler ses vieux annuaires en litière pour le bétail. Ce produit de substitution est utilisé avec satisfaction depuis trois ans par des éleveurs de cinq Etats du nord-est des Etats-Unis.

Selon l'éditeur, les vieux annuaires, une fois déchetés, forment une litière facilement acceptée par le bétail. Ils coûtent beaucoup moins cher que la paille ou la sciure de bois, tout en

présentant une capacité d'absorption supérieure.

De plus, les annuaires, qui se décomposent plus vite que la paille, sont moins "hospitaliers" pour les bactéries, les spores animales et les œufs d'insectes. Mélangés avec du fumier, ils peuvent aussi servir de couverture d'humus pour les surfaces en culture.

Certaines encres et colles se sont révélées irritantes pour le bétail. Mais l'éditeur, pour qui le marché agricole constitue désormais d'importantes rentrées finan-

cières, utilise aujourd'hui exclusivement des encres non toxiques, à base d'huile de soja, et des colles solubles dans l'eau.

En trois ans, plus de 5 640 tonnes de vieux annuaires ont été réutilisées de cette manière, soit l'équivalent de plus de trois millions de balles de litière végétale.

La société API, qui publie chaque année plus de 30 millions d'annuaires neufs, en revend déjà plus de 25 millions d'usagés aux agriculteurs des cinq Etats sur lesquels s'étend son activité.

PROTOTYPE

Le taureau à gène humain

Les députés néerlandais l'ont permis : Herman, le premier taureau au monde à être génétiquement manipulé, aura une descendance. Conçu dans une éprouvette des laboratoires Gene Pharming Europe BV, une entreprise biotechnologique de Leyde (Pays-Bas), et élevé avec une foule de précautions, le brave Herman ne diffère pas physiquement des autres taureaux âgés, comme lui, de 18 mois. Mais il recèle, au plus profond de ses chromosomes, un gène supplémentaire modifié, d'origine humaine.

Ce gène doit permettre à sa descendance femelle de produire une protéine rare, la lactoferrine. Celle-ci possède des propriétés anti-infectieuses, favorise l'absorption du fer chez les enfants, aide à la croissance des cellules et prévient les risques de mammite.

La lactoferrine est présente dans les substances liquides produites par le corps humain, notamment le lait maternel et les larmes, mais en quantité infinitésimale. Pour traiter 1 % des patients concernés, il faudrait, selon le laboratoire, 1 million de litres de lait maternel par an. Or, selon Gene Pharming, un millier de vaches transgéniques issues de papa Herman suffiraient à alimenter le marché mondial.

Si tout se passe comme prévu, les premières "filles" de Herman le taureau fourniront la protéine vers la mi-1995. Mais elle ne sera commercialisée qu'en 1997.

Chaque nouvelle étape du processus sera attentive-



Herman, un taureau néerlandais, a été manipulé génétiquement pour permettre à sa descendance femelle de produire une protéine aux applications médicales très intéressantes. Contre l'avis des écologistes...

ment examinée par les députés néerlandais.

Car le projet, qui a reçu le soutien du ministère néerlandais de l'Agriculture, a entraîné un vote négatif des écologistes et a indigné l'association de protection des animaux.

NUISANCES

Epouvantail à pigeons



Producteurs de salissures, cause de détérioration des monuments, immeubles et terrasses, et vecteurs de maladies, les pigeons n'ont certes pas bonne réputation. Depuis longtemps, les villes, et en particulier Paris, cherchent à se débarrasser de ces volatiles. Or, rien ne vient à bout de leur prolifération, pas même ces graines qui doivent les rendre stériles et qu'on leur distribue abondamment.

A défaut de restreindre la population des pigeons, on peut s'en débarrasser en les éloignant de son balcon ou de son toit. Pour cela, il existait déjà une méthode : hérissier les bâtiments de baguettes plastiques en forme de pointe, invisibles sauf si on a le nez dessus, qui empêchent les oiseaux de se poser. La décision est facile à prendre s'agissant d'un monument public : elle dépend de la mairie. Elle est beaucoup plus problématique au niveau d'un immeuble, où tout le monde doit être d'accord pour son adoption.

L'Ecopic Eye est une nouvelle so-

lution, proposée par la firme SEL (nouvelle, certes, mais qui aboutit, comme la première, à envoyer "vos" pigeons chez les voisins).

Il s'agit d'un petit boîtier (120 x 120 x 70 mm), fonctionnant sur piles (avec une autonomie de deux ans), étanche et ne craignant pas les intempéries, et destiné à être fixé, ou simplement posé, sur les balcons et terrasses (il coûte 595 F).

Dès que l'appareil "repère", grâce à une cellule infrarouge, un oiseau dans la zone qu'il protège (un quart de sphère de 8 mètres de rayon), un disque évoquant l'œil d'un prédateur se met à tourner à vive allure, tandis qu'un petit haut-parleur reproduit, par synthèse numérique, le cri de détresse du pigeon (sans ultrasons, contrairement aux appareils destinés à faire fuir les rats).

Selon le fabricant, la combinaison des deux signaux, visuel et sonore, assure une efficacité maximale, sans accoutumance.

A noter que ce procédé est inof-

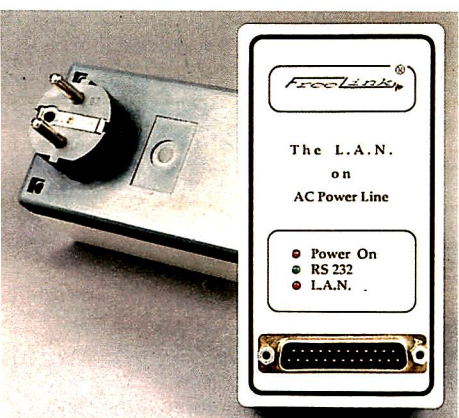
fensif pour les oiseaux – sauf s'ils sont cardiaques ! Les intrus, affolés, n'ont qu'une idée : partir au plus vite. L'appareil fonctionne tant qu'un volatile se trouve dans son champ d'action, et pendant dix secondes après son départ ; puis il se remet en veille.

La technique de l'Ecopic Eye est dérivée de celle utilisée dans les aéroports. Les oiseaux doivent en effet être écartés à tout prix de ces vastes et attirantes zones d'herbes : pas question qu'ils viennent s'écraser sur un pare-brise ou, pire, s'engouffrer dans un réacteur...

Le fabricant de l'Ecopic Eye (qui cherche pour la France des distributeurs – jardinerie, garden centers, sociétés de vente par correspondance, etc., et, pour l'étranger, des importateurs) a introduit dans son appareil les cris d'affolement d'autres oiseaux, ce qui en élargit l'usage. On peut s'en servir pour écarter les mouettes, les goélands, les étourneaux et les vanneaux, volatiles qui se révèlent parfois gênants.

INFORMATIQUE

Un réseau local branché sur le secteur



Freelink, un petit module pour relier jusqu'à 16 machines informatiques.

Le système Freelink permet enfin de ne plus se prendre les pieds dans les fils du réseau... Il suffit de relier chaque machine (micro-ordinateur, imprimante, table traçante...) à une même ligne électrique du secteur (220 V) par un petit module (environ 1 200 F par appareil) qui assure la transmission des données.

Le module Freelink, mis au point par la société civile de recherche Phénix, entièrement française, regroupe trois éléments.

La partie modem secteur comporte un dispositif d'élimination des parasites, associé à une pro-

tection contre les surtensions, garantissant une bonne transmission des données, et ce quelle que soit la qualité de la ligne.

Ensuite, la carte interface qui équipe le modem établit le lien avec la machine.

Enfin, l'optimisation des transmissions est assurée par un module spécialisé, intercalé entre le modem et l'interface.

On peut ainsi relier jusqu'à seize machines, avec une portée d'environ deux cents mètres. Voilà qui devrait faciliter la constitution de réseaux par les petites et moyennes entreprises.

Un ascenseur à deux étages

● La firme japonaise Obayashi installe actuellement dans un immeuble en construction, à Tokyo, un ascenseur à deux étages : deux cabines superposées, l'une desservant les étages pairs, l'autre les étages impairs. Objectif du système, piloté par informatique : améliorer le débit pendant les heures de pointe...

Traduction simultanée par téléphone

● Un Japonais, un Américain et un Allemand viennent de converser au téléphone pendant quinze minutes, chacun parlant sa propre langue. La traduction a été effectuée par... le téléphone ! Un institut de recherche de Kyoto a, en effet, réussi à entrer 1 500 mots d'usage courant dans un ordinateur relié au réseau. En dix secondes,

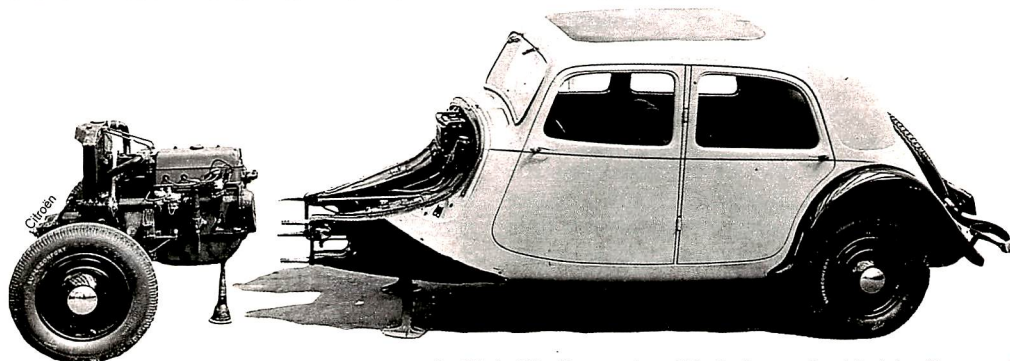
le système assure la traduction et "vocalise" la réponse. Les Japonais estiment que cette performance devrait être offerte au grand public dans "à peine" une dizaine d'années.

Micro-robot

● La firme japonaise Seiko Epson a réalisé le plus petit robot du monde (11 x 12,4 x 10,8 mm), conçu pour animer des jouets.

ANNIVERSAIRE

1933 : la traction avant inventée en trois mois



La 7A de Citroën, premier véhicule de grande série à traction avant.

La traction avant Citroën est née il y a soixante ans de la rencontre de deux hommes : André Citroën, farouchement attaché à ce projet (contre l'avis même de certains de ses plus proches collaborateurs, en particulier de Brogly, le directeur du bureau d'études), et André Lefebvre, diplômé de l'École supérieure d'aéronautique. Ce dernier, ancien collaborateur du constructeur d'avions Gabriel Voisin, rencontre, en mai 1933, André Citroën, qui lui donne les moyens de réaliser le projet d'un véhicule à traction avant qu'il a déjà en tête. Une équipe d'une dizaine d'hommes est rapidement constituée, qui se met au travail d'arrache-pied, nuits et dimanches compris. À peine trois mois plus tard, en août 1933, roulent les prototypes du véhicule qui va bouleverser le monde de l'automobile.

André Citroën, qui a investi toutes ses espérances dans le projet, n'hésite pas à démolir une partie de l'usine du quai de Javel et à la rebâtir en six mois, avec des installations spécifiques et performantes qui remplacent les précédentes, inadaptées à la fabrication de la nouvelle voiture. Et le 3 mai 1934, la traction avant Citroën

baptisée 7A peut être livrée au premier client.

Jusqu'en 1933, tous les véhicules produits en grande série étaient à propulsion arrière, avec des roues avant simplement directrices. Dans la traction avant, l'ensemble moteur-boîte de vitesses repose sur les roues avant, qui sont directrices et motrices à la fois.

Cette disposition n'est pas gratuite, elle n'a pas été retenue pour le seul plaisir de l'innovation. André Lefebvre l'a choisie parce que, en chargeant l'avant et en allégeant l'arrière, on avance le centre de gravité de la voiture ; il en résulte une meilleure tenue de route, et plus de sécurité pour les passagers d'un véhicule de grande série qu'on doit pouvoir mettre entre toutes les mains.

Curiosité de l'histoire : André Citroën et André Lefebvre retrouvaient ainsi la structure de la première "automobile", le célèbre fardier de l'ingénieur lorrain Joseph Cugnot (mis au point entre 1869 et 1870), qui fut réellement la première traction avant, puisque la machine à vapeur qui le propulsait était placée à l'avant et que son unique roue avant était à la fois motrice et directrice.

DES MARCHÉS À SAISIR

Les innovations et les techniques présentées ici ne sont pas encore exploitées sur le marché français. Il s'agit d'opportunités d'affaires, qui semblent "bonnes à saisir" pour les entreprises françaises. Comme l'ensemble des articles de Science & Vie, les informations que nous

sélectionnons sont évidemment libres de toute publicité. Les sociétés intéressées sont priées d'écrire à "Des marchés à saisir" c/o Science & Vie, qui transmettra aux firmes, organismes ou inventeurs concernés. Aucun appel téléphonique ne pourra être pris en considération.

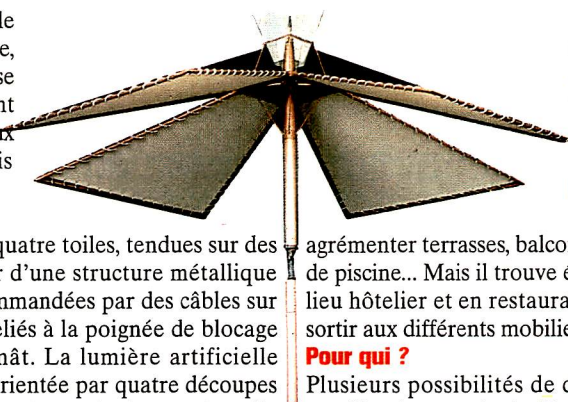
Un parasol qui se transforme en luminaire

Quoi ?

Ce parasol de petite taille se convertit en luminaire, à la tombée du jour, en se déployant verticalement vers le ciel. Dans ses deux fonctions, il est à la fois pratique et décoratif.

Comment ?

Soluze se compose de quatre toiles, tendues sur des cadres articulés autour d'une structure métallique centrale. Elles sont commandées par des câbles sur poulies, directement reliés à la poignée de blocage qui se trouve sur le mât. La lumière artificielle (lampe halogène) est orientée par quatre découpes en verre dépoli, qui protègent également la toile de la chaleur émise par la lampe. Le fil de raccordement se branche tout bonnement sur le secteur.



La manipulation de Soluze est simple grâce au système autobloquant de la poignée, qui permet de choisir la position désirée : parasol ou luminaire.

Marché ?

Soluze est conçu pour agrémenter terrasses, balcons, jardins d'hiver, abords de piscine... Mais il trouve également sa place en milieu hôtelier et en restauration, à condition de l'assortir aux différents mobiliers (tables, fauteuils, etc.).

Pour qui ?

Plusieurs possibilités de distribution se sont déjà manifestées auprès de l'inventrice. Cette dernière cherche donc soit des fabricants, soit des fabricants distributeurs.

Arrosez... sans être arrosé

Quoi ?

Qui ne se trouve régulièrement mouillé en voulant remplir son arrosoir d'appartement, coincé en biais sous un robinet ? Le nouvel arrosoir Odéo (35 x 40 x 20 cm) résout ce problème.

Comment ?

Le bec de cet arrosoir, en jaune sur la photo, est un tube extensible et orientable – on peut même arroser dans les coins. C'est le seul orifice d'Odéo, et il s'adapte parfaitement au robinet quand on ôte son capuchon noir : il sert ainsi au remplissage comme à l'arrosage. Le capuchon est aussi percé de trous, larges (en vissant d'un tour) ou petits (en vissant de deux tours), pour arroser de façon concentrée ou diffuse. On peut encore arroser à flots en enlevant le capuchon. Enfin, dans le prolongement de la poignée, un flotteur rouge sert d'indi-

cateur de niveau d'eau et un petit trou permet l'échappement de l'air.

Pour qui ?

L'inventeur cherche des fabricants distributeurs, ou des distributeurs, pour tous les pays. ■



L'arrosoir Odéo a remporté le 1^{er} prix du concours Objets 2 000 au Salon international des arts ménagers.

Comment passer dans cette rubrique : si vous avez conçu une innovation, adressez-en à "Des marchés à saisir" un descriptif. Inspirez vous de notre présentation. Joignez-y une copie de votre brevet et une photo 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.

AVIATION LES NOUVELLES BATAILLES DU CIEL.

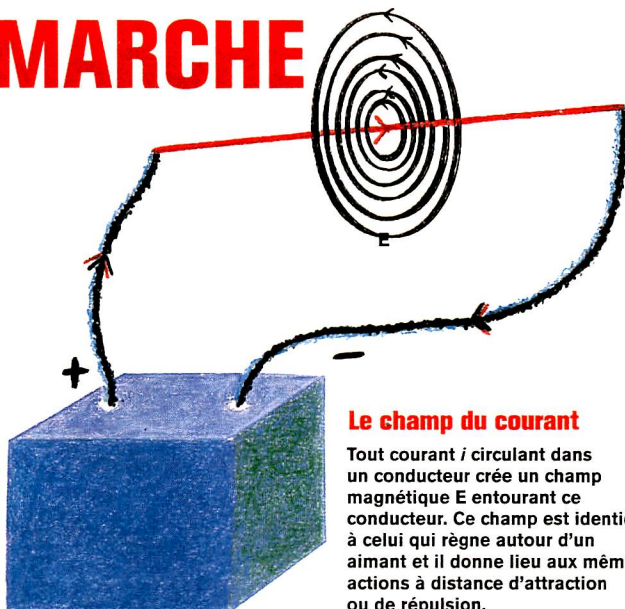
Un numéro hors série de Science & Vie
pour découvrir les nouveautés, les enjeux et les défis
de l'aviation civile et militaire à l'aube de l'an 2000.



EN VENTE PARTOUT

Le voyage fantôme des ondes radio

Téléphone sans fil, télévision, télécommande, radiotélescope, à peu près tout ce qui détecte ou transmet de l'information à distance repose sur les ondes radio. Cela, parce qu'il est tellement plus commode d'utiliser un signal immatériel qu'on module à son idée plutôt que d'assurer la liaison avec un fil conducteur ou un câble d'acier.



Le champ du courant

Tout courant i circulant dans un conducteur crée un champ magnétique E entourant ce conducteur. Ce champ est identique à celui qui règne autour d'un aimant et il donne lieu aux mêmes actions à distance d'attraction ou de répulsion.

Agir à distance : rien de plus simple aujourd'hui ; le jouet à quatre roues qui évolue tout seul sur la pelouse du square, non loin d'un enfant qui le guide de ses mains habiles d'où émerge une courte antenne, en est un exemple quotidien. D'ailleurs, la première action à distance sans levier ni ficelle cachée est vieille comme le monde : c'est celle de l'aimant qui attire un clou sans qu'il y ait le moindre lien matériel entre les deux. De même, la résine fossilisée qui, frottée sur la laine, attire des brins de fil.

Magnétisme dans le premier cas, électricité dans le second. Et la combinaison des deux, électromagnétisme, aboutit justement aux ondes radio, qui permettent de télécommander un jouet à 10 mètres ou une sonde spatiale à 10 millions de kilomètres, de converser avec un navigateur solitaire perdu dans le Pacifique, ou de voir à domicile le match retour Carcassonne-Béziers. Dans tous les cas, entre l'émetteur qui envoie l'information et le récepteur qui la décode, il y a propagation concomitante de deux processus relevant l'un du magnétisme et l'autre de l'électrostatique.

A notre échelle, ces deux processus se manifestent essentielle-

ment par des forces d'attraction ou de répulsion. Les forces électrostatiques sont connues de tous : ce sont les feuilles de plastique mince qui restent accrochées à la manche de la veste quand on veut justement s'en débarrasser, ou les débris de polystyrène expansé qui viennent se coller à tout ce qui se présente au lieu de chuter gentiment dans le panier à papier.

Ces forces électrostatiques, attractives ou répulsives, se manifestent au voisinage de tout corps électrisé ; il règne alors autour de ce corps un champ électrique qui est responsable de ces manifestations – cette notion de champ traduit simplement le fait que certaines forces attractives ou répulsives s'exercent dans l'espace où il s'étend.

Il y a de même un champ magnétique autour de tout aimant, et ses effets sont plus faciles encore à mettre en évidence que ceux des champs électrostatiques : une pièce de 5 F vient se coller solidement sur la fermeture magnétique du placard, et deux aimants de même polarité se repoussent avec une force non négligeable. Dans les deux cas, corps électrisé ou aimant, ces forces agissent à distance, même dans le vide,

mais avec une intensité qui décroît avec le carré de cette distance, donc très vite.

On imagine donc qu'un aimant ou un peigne frotté sur un pull-over en Orlon n'ont plus d'action au-delà de quelques centimètres, ce qui est faux : le champ de forces créé par un corps électrisé ou aimanté s'étend indéfiniment autour de ce corps, et ses effets restent mesurables fort loin, mais avec un instrument qui doit être d'autant plus sensible que la distance est plus grande.

Champ électrique et champ magnétique semblaient n'avoir aucun lien entre eux. Et puis, en 1819, le danois Ørsted découvrit qu'un courant électrique, c'est-à-dire un mouvement de particules électrisées, créait un champ magnétique ; réciproquement, toute variation de champ magnétique au voisinage d'un fil conducteur engendre un courant dans ce fil – il suffit par exemple d'éloigner puis de rapprocher un aimant d'une boucle de cuivre pour faire varier le champ qui traverse cette boucle

et y faire circuler un courant. Une manière courante de réaliser ce mouvement consiste à mettre l'aimant sur un axe et à le faire tourner près d'un bobinage conducteur : la variation cyclique de champ engendre un courant périodique oscillant qui change de sens à chaque fois. Mais ce courant qui circule dans le conducteur engendre à son tour un champ magnétique alternatif qui s'oppose à celui de l'aimant – on ne peut évidemment créer du courant sans dépenser de l'énergie.

Si maintenant on envoie le courant produit par ce générateur dans un autre bobinage, on va créer un autre champ magnétique alternatif qui, à son tour, pourra faire circuler un courant dans toute boucle conductrice placée à proximité. On peut donc transférer le courant produit par le générateur dans un autre circuit n'ayant aucun contact – donc aucun lien matériel – avec lui. Qui plus est, le courant recueilli oscillera à la même fréquence que celui de ce générateur.

Ce phénomène reste valable pour tout courant simplement variable, et non plus strictement périodique. Il est à la base de tous les transformateurs et de ce qu'on appelle le couplage par induction. Si le courant est modulé selon un certain code pour porter une information, celle-ci peut donc être transférée d'un circuit à un autre sans aucun fil de liaison. Notons que le champ magnétique se propageant fort bien dans le vide, ce transfert se fait même sans la présence d'un milieu matériel.

Du moment où il y a un courant, il y a circulation de charges électriques positives ou négatives. Autour de ces charges règne un champ électrique qui pourra, par attraction ou répulsion, déplacer d'autres particules chargées. En fait, ce champ va varier au même rythme que le courant, et, autour de tout circuit qui est le siège d'une tension périodique, va régner un champ électrique oscillant à la même fréquence.

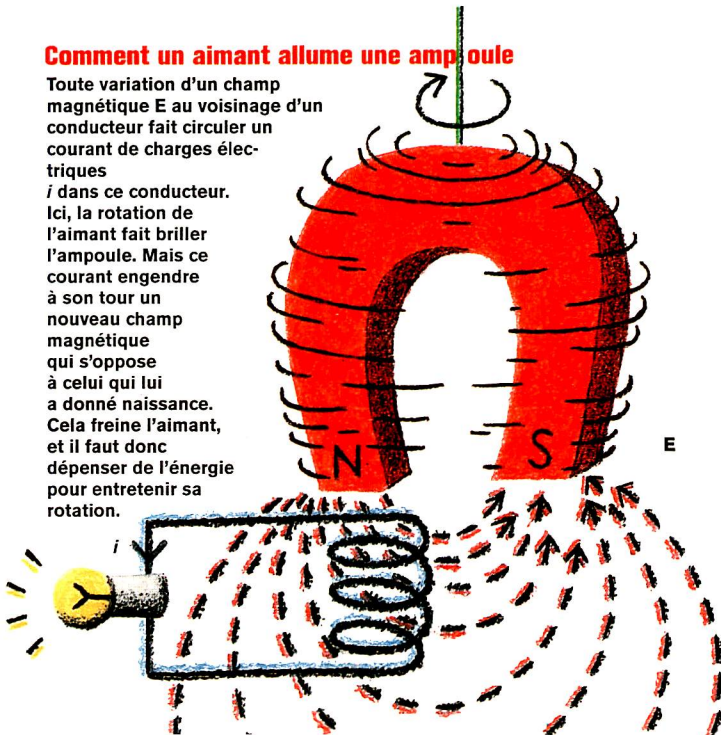
Dans le cas d'un transformateur ou d'un alternateur, les manifestations de ce champ sont faibles par rapport aux forces magnétiques mises en jeu, mais elles n'en existent pas moins. En fait, tout champ magnétique créé par un circuit électrique s'accompagne automatiquement d'un champ électrique : les deux vont de pair, mais pas forcément à parts égales ; c'est tantôt le champ électrique qui domine, tantôt le champ magnétique.

Nous avons mentionné plus haut le couplage de deux circuits par induction magnétique, mais on peut tout aussi bien réaliser un couplage électrostatique. Celui-ci est très souvent utilisé pour lier deux circuits oscillants dont le principe de base est le suivant : si on charge un condensateur fait de deux plaques conductrices placées en vis-à-vis, c'est-à-dire si on accumule des charges électriques ▶

Comment un aimant allume une ampoule

Toute variation d'un champ magnétique E au voisinage d'un conducteur fait circuler un courant de charges électriques

i dans ce conducteur. Ici, la rotation de l'aimant fait briller l'ampoule. Mais ce courant engendre à son tour un nouveau champ magnétique qui s'oppose à celui qui lui a donné naissance. Cela freine l'aimant, et il faut donc dépenser de l'énergie pour entretenir sa rotation.





Ce qui fait courir les ondes

Tout circuit oscillant A formé d'un condensateur c et d'un bobinage b agit à distance sur un autre circuit oscillant B par propagation concomitante d'un champ électrique e, régnant autour des charges circulant dans le conducteur, et d'un champ magnétique E créé par le mouvement de ces charges. Ce couplage est à la base des transmissions par ondes radio.

suite de la page 131

sur ces plaques, et qu'on relie ensuite brusquement ces deux plaques à un bobinage, on va assister à la circulation d'un courant qui va osciller très vite dans un sens puis dans l'autre.

Les charges libérées par le condensateur se vident à travers le bobinage, créant un champ magnétique croissant, donc variable, qui va lui-même engendrer un courant de sens opposé dans les fils de la bobine. Vient un moment où ce courant induit repousse celui qui venait des plaques ; le condensateur se trouve rechargé. Son potentiel finit par dépasser celui du courant induit et la circulation du courant de charges repart dans l'autre sens.

Le processus se répète en diminuant d'intensité à chaque fois à cause des pertes d'énergie par

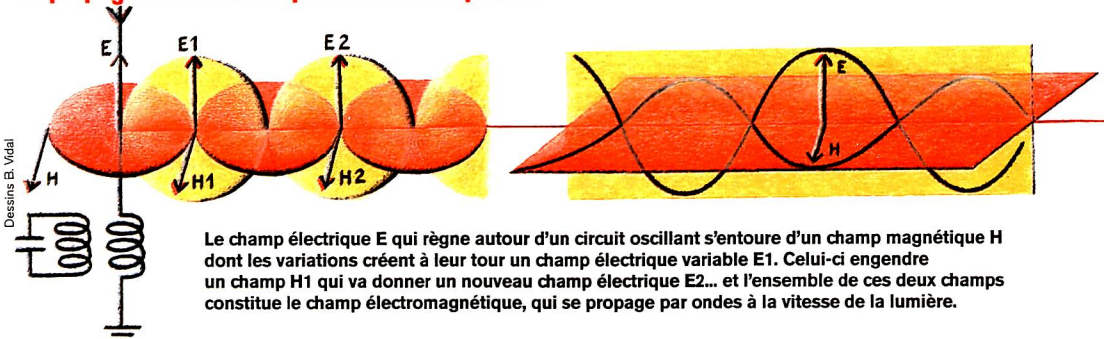
effet Joule ; il est analogue aux oscillations d'un pendule de gravité (balancier d'horloge) ou d'un pendule élastique (masse oscillant au bout d'un ressort à boudin). Si maintenant on lie deux circuits de ce type, formés chacun d'une bobine et d'un condensateur, par un troisième condensateur, tout courant oscillant dans l'un des deux circuits va se trouver couplé à l'autre par le champ électrique créé dans ce troisième condensateur.

Il y a bien sûr aussi un champ magnétique autour de chaque bobine, mais il ne joue pratiquement aucun rôle et, dans un tel couplage, c'est le champ électrique qui règne entre les armatures du troisième condensateur qui est prédominant. Mais il y a encore simultanément champ magnétique et champ électrique. En fait, les

expériences menées avec de nombreux types de circuits oscillants ont montré que le passage d'un courant variable de haute fréquence dans un circuit dit émetteur peut, dans des conditions convenables, faire apparaître un courant variant selon la même loi dans un second circuit, dit récepteur, n'ayant aucun contact avec le premier.

Qui plus est, ce transfert peut se faire à des distances sans commune mesure avec celles qui séparent les montages élémentaires que nous avons cités : ceux-là n'agissaient qu'à quelques centimètres, alors que les émetteurs bien conçus peuvent être reçus à des millions de kilomètres. Mais le principe reste le même, et il y a donc un transfert d'énergie dont le support immatériel est fait d'un champ élec-

La propagation des champs dans l'atmosphère...



Le champ électrique E qui règne autour d'un circuit oscillant s'entoure d'un champ magnétique H dont les variations créent à leur tour un champ électrique variable E1. Celui-ci engendre un champ H1 qui va donner un nouveau champ électrique E2... et l'ensemble de ces deux champs constitue le champ électromagnétique, qui se propage par ondes à la vitesse de la lumière.

trique et d'un champ magnétique oscillants se propageant en ondes depuis le circuit émetteur jusqu'au circuit récepteur.

L'étude mathématique de cette propagation a été faite par l'Écossais J. C. Maxwell dès 1872 ; il avait de plus montré que les ondes engendrées par des circuits électriques oscillants sont de même nature que la lumière et vont donc à la même vitesse (300 000 km/s). Le mécanisme de propagation de ces ondes électromagnétiques réclamerait un développement de calcul vectoriel qui n'a pas sa place ici, et nous ne pouvons qu'en donner une idée très schématique.

Tout mouvement de charges crée un champ électrique variable E , auquel correspond un courant de déplacement dont les lignes s'entourent d'un champ magnétique variable H ; celui-ci crée à son tour un champ électromoteur dont les variations engendrent un nouveau champ magnétique, et ainsi de suite. Cet engendrement réciproque de E et de H conduit donc à la propagation simultanée de ces deux champs par un mécanisme qui est celui de la propagation des ondes transversales.

Les vérifications expérimentales de la théorie de Maxwell ont été faites plus tard, en 1888, par l'Allemand Heinrich Hertz, en utilisant comme seul récepteur un cadre métallique interrompu par une coupure très étroite ; selon la position de ce cadre par rapport

à l'axe de propagation des ondes électromagnétiques, on détecte, par l'apparition d'une étincelle à la coupure, soit la composante champ électrique de ces ondes, soit la composante champ magnétique, soit l'action des deux.

Les récepteurs portatifs dits "transistors" illustrent d'ailleurs bien ce fait : en modulation de fréquence, il faut tirer l'antenne télescopique qui est sensible au champ électrique, mais ne sert pratiquement à rien pour les grandes ondes, qui sont détectées par des bobinages montés autour d'une ferrite à l'intérieur du poste et qui sont surtout sensibles au champ magnétique – il faut une antenne beaucoup plus longue, telle qu'on en utilisait avec les anciens postes à lampes, pour détecter la composante électrique des grandes ondes.

Nous laisserons de côté ici la manière dont on module l'onde de haute fréquence pour lui faire transmettre la voix, la musique, des images ou de simples signaux numériques. Ajoutons que, conformément à la théorie de Maxwell, tout mouvement de charges électriques s'accompagne de l'émission d'une onde électromagnétique ; or, une lampe qu'on allume ou qu'on éteint, un aspirateur qu'on met en marche, un briquet à allumage par étincelle sont autant de cas où la mise en action provoque un brusque torrent de charges.

Ce bref déferlement de charges

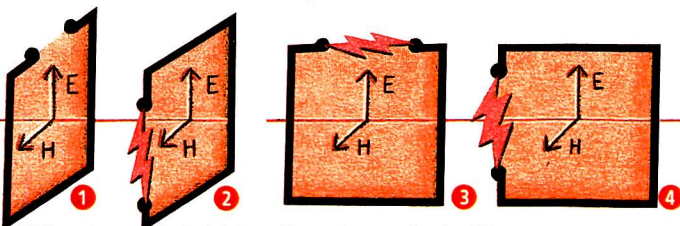
engendre une onde électromagnétique qui est très facilement détectée jusqu'à plusieurs dizaines de mètres par un récepteur ordinaire : "friture", craquements et autres parasites n'ont pas d'autre origine. A plus courte portée, il suffit d'approcher d'un simple transformateur l'antenne d'un petit poste radio pour entendre le ronronnement des ondes émises par les bobinages. Un éclair d'orage, qui met en jeu des chutes de potentiel se comptant en millions de volts, émet une onde qui sera perçue à des centaines de kilomètres.

Rappelons enfin que ces ondes, qui combinent l'action à distance des aimants et celle des corps électrisés, sont non seulement celles de la radio, mais aussi celles des fours à micro-ondes, des rayons X, de la lumière visible, des infrarouges et des ultraviolets. Entre une lampe torche et un radar, il n'y a qu'une différence d'usage : l'une sert à éclairer le fond du couloir, tandis que l'autre va éclairer l'intercepteur caché sous les nuages ; le seul fait qu'on parle dans les deux cas de faisceau montre bien qu'à la base il y a la même entité : des ondes électromagnétiques. De la lumière aux ondes radio, il n'y a pas de différence de nature, mais seulement de fréquence. ■

LE MOIS PROCHAIN :

Quand le ciel nous tombe sur la tête

... et leurs effets dans l'expérience de Hertz



Si l'on place sur le trajet de cette onde un cadre dont l'un des côtés est interrompu par une petite coupure (expérience de Hertz), on va mettre en évidence les effets du champ électrique E , du champ magnétique H , ou des deux à la fois.

❶ Le cadre est perpendiculaire à la propagation avec la coupure vers le haut : les mouvements de charges induits par E se neutralisent et H n'a pas d'action.

❷ La coupure est parallèle à E , qui déplace les charges ; la dissymétrie due à la coupure crée une différence de potentiel ; une petite étincelle jaillit.

❸ Le cadre est parallèle à la propagation, avec la coupure en haut : le champ H traverse la boucle et y induit un courant ; une étincelle se produit.

❹ La coupure est parallèle à E ; E et H agissent simultanément et l'étincelle est plus forte.

Quand le numérique rythme le psychédélique

Après nous être intéressés au son, nous nous préoccupons, ce mois-ci et le mois prochain, de l'éclairage.

La base d'un jeu de lumières, c'est toujours un modulateur psychédélique. Des lampes de couleur scintillent au rythme de la musique : des séries d'ampoules s'allument respectivement en fonction des graves, des médiums et des aigus.

Mais cet accessoire de base,

devenu indispensable pour la moindre surprise-partie, a connu de nombreuses variantes, telles que chenillards, modulateurs avec voies inversées, et bien d'autres. Afin de regrouper en un même boîtier les fonctions de nombreux appareils, ainsi qu'un bon nombre d'options originales, nous appliquerons au signal musical un traitement numérique à partir duquel nous commanderons l'allumage ou l'extinction des lampes. Le passage au numérique nous permet d'obtenir assez simplement des fonctions variées et, surtout, facilement accessibles, voire combinables entre elles.

Précisons cependant que, bien que numérique, ce modulateur est autonome ; nul besoin de le connecter à un ordinateur pour qu'il soit en mesure de fonctionner.

Notre réalisation comporte donc trois principaux groupes de fonctions distinctes : un convertisseur analogique-numérique, l'ensemble de traitement numérique des effets lumineux et, en fin de chaîne, l'unité de commande des spots. Cette réalisation étant relativement lourde, nous la traiterons sur plusieurs numéros.

Voyons tout d'abord le groupe de conversion analogique-numérique. En amont du convertisseur lui-même, nous trouvons un premier groupe de conditionnement du signal. Il s'agit essentiellement d'un adaptateur de niveau. Il comporte en plus une cellule de détection d'enveloppe et un "extracteur de rythme".

● L'adaptateur de niveau est réalisé autour d'une première cellule d'amplificateur opérationnel. Il permet également de transformer le signal stéréophonique issu de l'amplificateur en un signal monocanal.

● La détection d'enveloppe

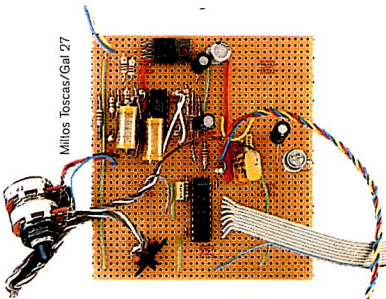
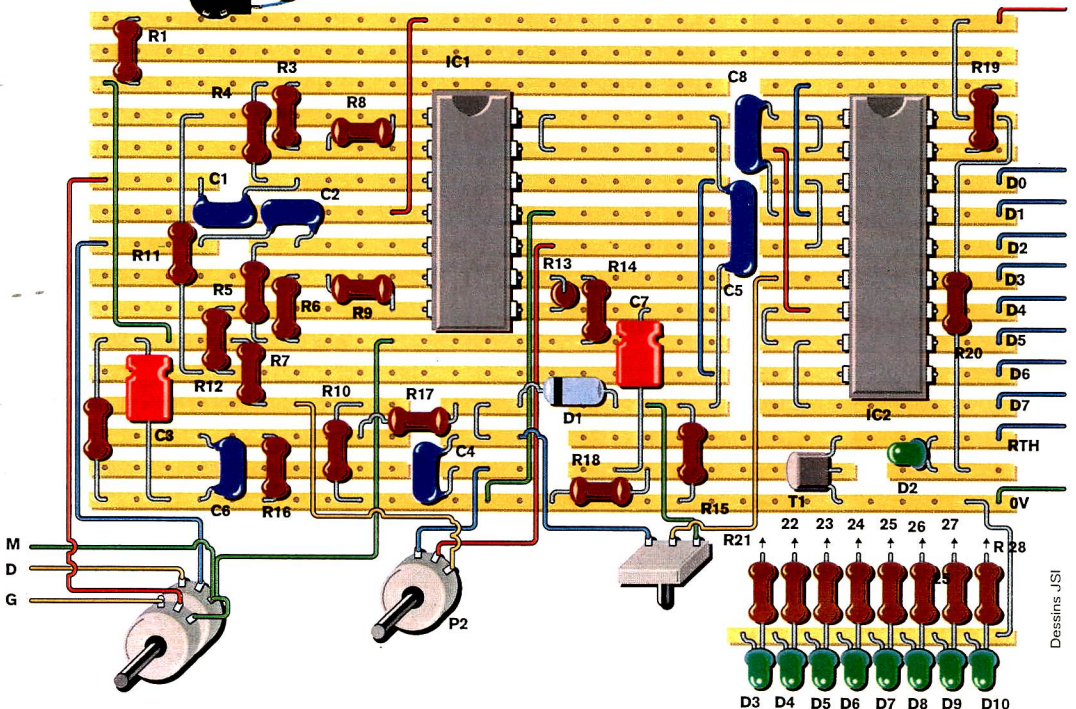


Schéma de câblage



consiste en un redressement, suivi du filtrage du signal. Globalement, à la sortie de cet étage utilisant une seconde cellule d'amplificateur opérationnel, nous disposons d'une tension continue dont la valeur instantanée est fonction de l'intensité du signal sonore.

● Enfin, l'extracteur de rythme détecte les brusques changements de niveau, et génère une impulsion pour chacun d'entre eux. Cela correspond, entre autres, à la détection des coups de grosse caisse.

Nous disposons donc à présent de trois types de signaux différents : le signal monovoie direct, celui correspondant à l'enveloppe et, enfin, l'impulsion issue de l'extracteur de rythme. Cette dernière est utilisée pour assurer la synchronisation de la fonction chenillard. Les deux autres signaux, par l'intermédiaire d'un inverseur de sélection, sont appliqués à l'entrée d'un convertisseur analogique-numérique.

Du type ADC 0804, ce composant délivre un octet dont la valeur est fonction du signal analogique appliqué sur son entrée. Pour des raisons de coût, le circuit que nous avons sélectionné est peu performant. Sa bande passante plafonne à une dizaine de kilohertz. Si ce débit de numérisation ne convient certes pas à une utilisation numérique haute-fidélité, il est suffisant pour notre réalisation ; de plus, son utilisation ne requiert que très peu de composants annexes.

A partir de là, le modulateur tra-

veille donc à partir de signaux numériques. Divers "aiguillages" permettent de les traiter et de les acheminer vers l'étage de commande des spots. Première possibilité : appliquer directement les signaux issus du convertisseur analogique-numérique aux étages de sortie. Dans ce cas déjà, deux modes sont disponibles. Dans le premier, c'est le signal monovoie qui est utilisé comme base de travail ; dans le second, nous utiliserons l'enveloppe comme référence. Il reste que si ces deux fonctions rappellent le fonctionnement d'un modulateur conventionnel, c'est en utilisant le module chenillard que les effets spéciaux les plus originaux sont disponibles.

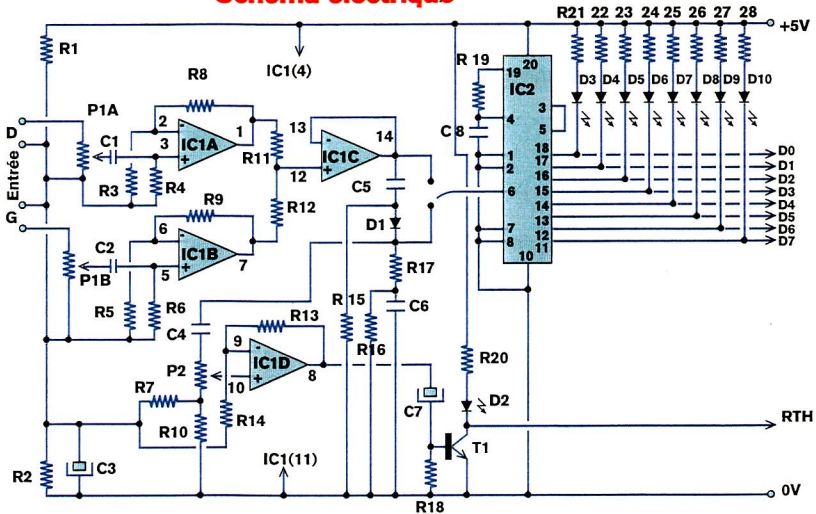
Le cœur de celui-ci est un démulti-

plexeur. Associé à un compteur, le chenillard provoque un défilement régulier de l'allumage des spots. Mais nous étudierons plus en détail cette section le mois prochain.

Nous nous limiterons donc ici à la réalisation du module convertisseur analogique-numérique, et de ses périphériques de traitement. Il est possible de tester directement son bon fonctionnement grâce à la présence des diodes électroluminescentes permettant de visualiser en permanence la palette complète des effets disponibles. ■

**LE MOIS PROCHAIN :
Réalisons le
module chenillard**

Schéma électrique



NOMENCLATURE

R1, R2	=	3,3 K Ω	(orange, orange, rouge, or)
R3, R4	=	47 K Ω	(jaune, violet, orange, or)
R5, R6	=	47 K Ω	(jaune, violet, orange, or)
R7	=	2,2 K Ω	(rouge, rouge, rouge, or)
R8	=	470 K Ω	(jaune, violet, jaune, or)
R9, R10	=	47 K Ω	(jaune, violet, orange, or)
R11, R12	=	22 K Ω	(rouge, rouge, orange, or)
R13	=	470 K Ω	(jaune, violet, jaune, or)
R14	=	47 K Ω	(jaune, violet, orange, or)
R15	=	22 K Ω	(rouge, rouge, orange, or)
R16	=	470 K Ω	(jaune, violet, jaune, or)
R17	=	2,2 K Ω	(rouge, rouge, rouge, or)
R18	=	4,7 K Ω	(jaune, violet, rouge, or)
R19	=	220 Ω	(rouge, rouge, brun, or)

R20 à R28	=	470 Ω	(jaune, violet, brun, or)
P1	=	potentiomètre, 2 x 47 K Ω	
P2	=	potentiomètre, 1 M Ω	
K1	=	inverseur monopaolaire	
C1, C2	=	0,1 microfarad	
C3	=	22 microfarads, 12 volts	
C4, C5, C6	=	0,47 microfarad	
C7	=	4,7 microfarads, 12 volts	
C8	=	10 nanofarads	
IC1	=	LM 324 ou équivalent	
IC2	=	ADC 0804 ou équivalent	
T1	=	2N 3904 ou équivalent	
D1	=	1N 4148 ou équivalente	
D2 à D10	=	diodes électroluminescentes	

OÙ SE PROCURER LES COMPOSANTS

- MAGNETIC FRANCE, 11 place de la Nation, 75011 Paris. Tél. : 1 43 79 39 88.
 - PENTASONIC, 10 bd Arago, 75013 Paris. Tél. : 1 43 36 26 05.
 - TSM, 15 rue des Onze-Arpens, 95130 Franconville. Tél. : 1 34 13 37 52.
 - URSMEYER ELECTRONIC, 2052 Fontainemelon, Suisse.
- Ces composants sont aussi disponibles chez la plupart des revendeurs régionaux.

Pluie de billes

Nous vous proposons de programmer, ce mois-ci, un petit jeu de réflexion. L'ordinateur propose un triplet de billes colorées et les "laisse tomber" depuis le haut de l'écran.

Le joueur peut déplacer le triplet vers la droite ou vers la gauche, et permutter les billes au sein du triplet. En fin de chute, si trois billes – ou plus – de couleur identique sont adjacentes (verticalement ou horizontalement), elles sont éliminées. Le but du jeu est d'éviter la saturation du tableau.

Voyons l'écriture du programme. Il a été développé sous GW Basic Microsoft, mais il est totalement compatible avec le Q Basic. Des lecteurs nous ont reproché de ne pas prévoir de fonction permettant d'interrompre l'exécution

loin, une sous-routine unique pour leur tracé. Vient ensuite la mise en place des tableaux de données. Ils occupent les lignes 60 à 80 du programme. La plupart d'entre eux ont pour mission de mémoriser les billes. Seuls les tableaux TJ, TT, TRS et CHK seront réellement "utiles" pour le déroulement du jeu.

- TJ mémorise, à l'issue de chaque chute, le contenu de l'écran de jeu ;
- TT contient les informations du triplet en cours de chute ainsi que celles de la chute suivante ;
- TRS est utilisé pour déplacer lignes ou colonnes lors de l'élimination de billes ;
- et enfin CHK mémorise le nombre de billes portées par chaque colonne. Il ne reste plus qu'à générer le graphisme de nos billes, opération prise en charge par les lignes 130 à 220. Elles utilisent donc simultanément les informations de couleur portées par les données dont nous avons parlé plus haut, et une unique sous-routine de traçage, logée des lignes 1240 à 1270.

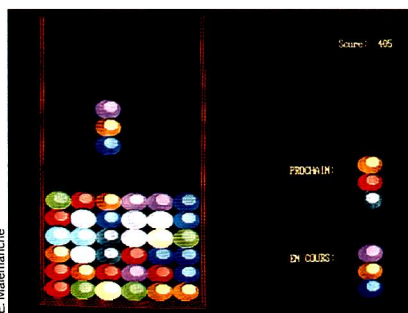
La couleur des billes de chaque triplet est tirée aléatoirement par la boucle des lignes 370 et 380. Il faut d'autre part pouvoir intervenir sur le jeu par l'intermédiaire du clavier. Nous utiliserons pour ce faire la variable K\$ de la ligne 460. Divers tests seront effectués sur cette dernière (lignes 470 à 500) de manière à modifier les paramètres du jeu en fonction de la frappe. Si la touche 5 est tapée, le programme est aiguillé vers la sous-routine de permutation des billes au sein du même triplet. Placée des lignes 900 à 930, cette sous-routine effectue une permutation circulaire des données du tableau TT. S'il s'agit des touches 4 ou 6, la position horizontale du triplet est changée par modification de la variable XJA. Enfin, si la

touche 2 est frappée, la vitesse de chute du triplet s'accroît en donnant à la variable VV la valeur 10. Un nouveau test est effectué par la ligne 520 sur la variable FOND. C'est cette dernière qui permettra au programme de déterminer si un triplet a effectivement atteint la position la plus basse de la colonne où il se trouve.

La sous-routine de contrôle des triplets est alors utilisée. Logée des lignes 680 à 860, elle comporte en fait deux parties : la première effectue les contrôles verticaux, la seconde, les horizontaux. Enfin, avant d'afficher un nouveau triplet en haut d'écran, le programme vérifie que cette opération est possible. En cas contraire, il considère la partie comme terminée et reboucle sur les lignes 620 à 630.

Pour terminer, deux sous-routines annexes sont utilisées. La première concerne le tracé du triplet. Elle se contente d'empiler trois billes dont les couleurs ont été déterminées antérieurement, et de transformer cette pile en un élément graphique unique, plus facile à gérer pour l'ordinateur. La seconde concerne l'effacement des billes. Son but est de décaler verticalement les billes des colonnes concernées.

L'utilisation de ce programme est simple. Après l'avoir entièrement recopié, ou téléchargé, il suffit de demander RUN pour lancer son exécution. Le déplacement horizontal du triplet est obtenu en utilisant les touches 4 et 6. La touche 5 permet de réaliser la permutation des couleurs au sein d'un triplet. Enfin, la touche 2 offre la possibilité d'accélérer la chute. En fin de partie, score et écran de jeu restent présents jusqu'à ce que la touche P soit tapée.



E. Mallebranche

pour revenir au Basic. Mais il s'agit là d'une des fonctions de base du Basic, directement disponible. Pour sortir de l'exécution de tout programme en Basic, il suffit d'appuyer simultanément sur les touches CNTRL et Pause. En premier lieu, nous demandons à l'ordinateur de passer en mode VGA. En ligne 20, nous trouvons une série de données numériques qui correspondent aux couleurs des billes ; leur forme étant identique, nous utilisons, comme nous le verrons plus

LE MOIS PROCHAIN :
Classez vos négatifs

```

10 SCREEN 9:CLS:CLEAR:RANDOMIZE TIMER
20 DATA 1,3,2,10,3,11,4,12,5,13,6,14,7,15,8,7,14,15
30 REM *****
40 REM * CREATION DES TABLEAUX DE MEMORISATION *
50 REM *****
60 DIM A(130):DIM B(130):DIM C(130):DIM D(130):DIM N(460)
70 DIM E(130):DIM F(130):DIM G(130):DIM H(130):DIM J(130)
80 DIM TJ(6,18):DIM TT(2,3):DIM NUL(460):DIM TRS(130):
DIM CHK(6)
90 GET (500,250)-(540,320),NUL
100 REM *****
110 REM * GENERATION DES GRAPHIQUES DU JEU *
120 REM *****
130 READ CA:READ CB:GOSUB 1240:GET (80,10)-(120,30),A
140 READ CA:READ CB:GOSUB 1240:GET (80,10)-(120,30),B
150 READ CA:READ CB:GOSUB 1240:GET (80,10)-(120,30),C
160 READ CA:READ CB:GOSUB 1240:GET (80,10)-(120,30),D
170 READ CA:READ CB:GOSUB 1240:GET (80,10)-(120,30),E
180 READ CA:READ CB:GOSUB 1240:GET (80,10)-(120,30),F
190 READ CA:READ CB:GOSUB 1240:GET (80,10)-(120,30),G
200 READ CA:READ CB:GOSUB 1240:GET (80,10)-(120,30),H
210 READ CA:READ CB:GOSUB 1240:GET (80,10)-(120,30),J
220 GET (80,60)-(120,80),N
230 CLS:COLOR 14:LET SCR=0
240 LOCATE 13,50:PRINT "PROCHAIN:"
250 LOCATE 20,50:PRINT "EN COURS:"
260 FOR I=1 TO 3:LET TT(2,I)=1+INT(RND*9):NEXT I
270 REM *****
280 REM * TRACE DE L'ECRAN DE JEU *
290 REM *****
300 FOR I=1 TO 10 STEP 2
310 LINE (I,330-I)-(I,5),6:LINE(I+252,320+I)-(I+252,5),6
320 LINE (I,330-I)-(261-I,330-I),6:NEXT I
330 LET XJ=500:LET XJA=3:LET VV=1:LET ACC=1
340 REM *****
350 REM * TRACAGE ALEATOIRE DE LA COULEUR DES BOULES *
360 REM *****
370 FOR I=1 TO 3:LET TT(1,I)=TT(2,I)
380 LET TT(2,I)=1+INT(RND*9):NEXT I
390 IF CHK(XJA)>13 THEN GOTO 590
400 LOCATE 3,60:PRINT "Score: ";SCR
410 LET ACC=1+INT(SCR/500)
420 LET YJB=1+LET FOND=0:LET LIB=250
430 GOSUB 970:LET VV=ACC
440 LET XJB=10+(40*(XJA-1))
450 PUT (XJB,YJB),N,PSET
460 LET K$=INKEY$
470 IF K$="5" THEN GOSUB 900
480 IF K$="4" THEN GOSUB 860:XJA=XJA-1:IF XJA<1 THEN XJA=1
490 IF K$="6" THEN GOSUB 860:XJA=XJA+1:IF XJA>6 THEN XJA=6
500 IF K$="2" THEN LET VV=10
510 LET LIB=250-(20*CHK(XJA))
520 IF FOND=1 THEN GOSUB 680:GOTO 370
530 LET YJB=YJB+VV
540 IF YJB>LIB THEN LET FOND=1:LET YJB=LIB
550 GOTO 440
560 REM *****
570 REM * CONTROLE FIN DE PARTIE *
580 REM *****
590 LOCATE 10,10:COLOR 15:PRINT "TERMINE !"
600 LOCATE 12,5:PRINT "Pour une autre partie"
610 LOCATE 13,5:PRINT "veuillez taper 'P'."
620 LET K$=INKEY$
630 IF K$<>"p" AND K$<>"P" THEN GOTO 620
640 GOTO 10
650 REM *****
660 REM * CONTROLE DES TRIPLETS *
670 REM *****
680 FOR M=1 TO 3:LET TJ(XJA,CHK(XJA)+M)=TT(1,M):NEXT M
710 LET CHK(XJA)=CHK(XJA)+3
720 FOR CH=1 TO 6
730 LET CTV=TJ(CH,1):LET TBV=1
740 FOR CV=2 TO 13
750 IF TJ(CH,CV)=CTV THEN LET TBV=TBV+1
760 IF TJ(CH,CV)<>CTV AND TBV=3 THEN PRINT
CHR$(7):CHM=CH:CVM=CV:GOSUB 1310
770 IF TJ(CH,CV)<>CTV THEN LET CTV=TJ(CH,CV):TBV=1
780 NEXT CV:NEXT CH
790 FOR CV=1 TO 15
800 LET PHD=1:LET NBH=1
810 FOR CH=1 TO 6
820 IF TJ(CH,CV)=CTH AND CTH<>0 THEN LET NBH=NBH+1
830 IF (TJ(CH,CV)<=CTH OR CH=6) AND NBH>2 THEN GOSUB 1400
840 IF TJ(CH,CV)<>CTH THEN LET CTH=TJ(CH,CV):PHD=CH:NBH=1
850 NEXT CH:NEXT CV:RETURN
860 PUT (XJB,YJB),NUL,PSET:RETURN
870 REM *****
880 REM * PERMUTATION DES COULEURS *
890 REM *****
900 LET ROT=TT(1,1)
910 LET TT(1,1)=TT(1,2):LET TT(1,2)=TT(1,3):LET TT(1,3)=ROT
920 GOSUB 970:RETURN
940 REM *****
950 REM * TRACE DU TRIPLET *
960 REM *****
970 FOR I=3 TO 1 STEP -1
980 LET YJ1=300-(20*(I-1))
990 LET YJ2=YJ1-100
1000 FOR P=1 TO 9
1010 LET YJ=YJ1
1020 IF P=TT(1,I) THEN ON P GOSUB
1120,1130,1140,1150,1160,1170,1180,1190,1200
1030 LET YJ=YJ2
1040 IF P=TT(2,I) THEN ON P GOSUB
1120,1130,1140,1150,1160,1170,1180,1190,1200
1050 NEXT P
1060 NEXT I
1070 GET (500,250)-(540,320),N
1080 RETURN
1090 REM *****
1100 REM * AFFICHAGE BOULES *
1110 REM *****
1120 PUT (XJ,YJ),A,PSET:RETURN
1130 PUT (XJ,YJ),B,PSET:RETURN
1140 PUT (XJ,YJ),C,PSET:RETURN
1150 PUT (XJ,YJ),D,PSET:RETURN
1160 PUT (XJ,YJ),E,PSET:RETURN
1170 PUT (XJ,YJ),F,PSET:RETURN
1180 PUT (XJ,YJ),G,PSET:RETURN
1190 PUT (XJ,YJ),H,PSET:RETURN
1200 PUT (XJ,YJ),J,PSET:RETURN
1210 REM *****
1220 REM * TRACE DES BOULES *
1230 REM *****
1240 CIRCLE (100,20),20,CA,0,6.28,.5
1250 PAINT (105,20),CA,CA
1260 CIRCLE (104,17),10,CB,0,6.28,.5
1270 PAINT (100,20),CB,CB:RETURN
1280 REM *****
1290 REM * EFFACEMENT DES TRIPLETS *
1300 REM *****
1310 LET HSCR=10+(40*(CHM-1))
1320 FOR ERAV=CV-TBV TO CV+1
1330 LET VSCR=319-(20*ERAV):LET GV=VSCR-(20*TBV)
1340 IF GV>0 THEN GET (HSCR,GV)-(HSCR+40,GV+20),TRS
1350 PUT (HSCR,VSCR),TRS,PSET
1360 LET TJ(CHM,ERAV)=TJ(CHM,ERAV+TBV)
1370 NEXT ERAV
1380 LET CHK(CHM)=CHK(CHM)-TBV:LET SCR=SCR+(45*CHK(CHM))
1390 RETURN
1400 LOCATE 1,1:PRINT CHR$(7)
1410 FOR MH=PHD TO PHD+NBH-1
1420 LET PMH=10+(40*(MH-1)):LET SCR=SCR+(10*CHK(MH))
1430 FOR MV=CV TO CHK(MH)
1440 LET PMV=319-(20*MV)
1450 GET (PMH,PMV-21)-(PMH+40,PMV),N
1460 PUT (PMH,PMV),N,N,PSET
1470 LET TJ(MH,MV)=TJ(MH,MV+1)
1480 NEXT MV
1490 LET CHK(MH)=CHK(MH)-1
1500 NEXT MH
1510 RETURN

```

La membrane cellulaire : le filtre parfait

Un des premiers scientifiques à avoir compris que le fonctionnement des cellules dépendait, en partie, des propriétés de sa membrane cytoplasmique, frontière entre la cellule et le milieu externe, fut René Dutrochet (1776-1847). Il plaidait avec force pour l'unité de la physiologie, dont les lois, pensait-il, devaient s'appliquer aussi bien aux animaux qu'aux végétaux et n'être pas différentes de celles qui régissent la physique et la chimie. Nous savons maintenant que cette idée était juste, et l'application raisonnée de ces lois a conduit aux développements les plus modernes des technologies biomédicales. L'une d'entre elles, qui sauve quotidiennement la vie de milliers de personnes, est le "rein artificiel", dont l'appellation exacte est appareil d'hémodialyse. Cet appareil permet d'éliminer du sang certains déchets toxiques, comme l'urée, tout en conservant les constituants essentiels. Il met en pratique un principe de fonctionnement commun à toutes les cellules vivantes.

Le contenu des cellules est très riche en grosses molécules organiques (macromolécules), qui forment la structure même de la cellule et assurent son fonctionnement. Chaque cellule doit conserver les grosses molécules qu'elle élabore en permanence à partir de petites molécules qu'elle prélève dans son milieu. Parallèlement, les déchets du fonctionnement cellulaire doivent quitter la cellule, qui doit donc en permanence contrôler ses échanges avec son milieu. Dutrochet montra qu'une membrane biologique placée entre deux solutions différentes était capable

d'en séparer les substances dissoutes en fonction de la dimension de leurs molécules et des différences de concentration de part et d'autre de la membrane.

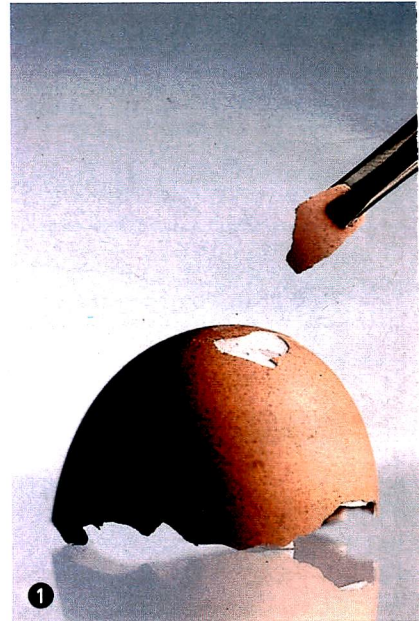
Thomas Graham, physico-chimiste écossais (1805-1869), mitra en application ce principe sur lequel repose l'hémodialyse : une membrane, même artificielle, laisse passer l'urée, petite molécule-déchét du fonctionnement de l'organisme, mais se comporte comme une barrière infranchissable pour les grosses molécules biologiques, comme le fait le rein.

Chaque cellule se comporte en effet comme un microdialyseur : elle conserve les grosses molécules, tandis que les molécules plus petites traversent facilement la membrane. Ce comportement d'une membrane biologique est lié aux lois de la diffusion : lorsqu'une substance est dissoute dans l'eau, elle tend à occuper le maximum d'espace en raison de l'agitation continue des molécules. Si une membrane sépare un volume d'eau pure d'un volume contenant une substance dissoute, les molécules vont tendre aussi à occuper le maximum d'espace, et si la membrane laisse passer ces molécules, elles vont diffuser vers l'eau pure jusqu'à ce qu'il y ait le même nombre de molécules de part et d'autre de la membrane. La vitesse de passage est d'autant plus rapide que la différence de concentration est plus élevée et que les molécules sont plus petites. Ce phénomène s'appelle l'osmose.

Si on a un mélange de grosses et de petites molécules, seules les petites molécules traverseront la membrane et elles se sépareront alors des grosses molécules : c'est la dialyse.

Matériel nécessaire

Œuf, Maïzena, teinture d'iode ou alcool iodé (ou demander au pharmacien de préparer une solution contenant 1 g d'iode et 2 g d'iodure de potassium dans 100 ml d'eau). Pince à épiler et flacon (genre petit pot pour bébé ou flûte à champagne), d'ouverture telle qu'il puisse servir de coquetier.



1. Préparation du dialyseur

Casser un œuf en deux avec un couteau en donnant un coup sec, de façon à obtenir deux moitiés proprement séparées (récupérer éventuellement le contenu pour le manger !). Saisir une pince à épiler par la pointe et taper franchement sur le sommet de l'œuf avec l'autre extrémité de la pince pour y provoquer des cassures. Enlever avec la pince à épiler un ou deux fragments de coquille pour mettre une partie de la membrane à nu sans la léser. Vérifier que la membrane n'est pas percée en mettant un peu d'eau au fond de la coquille. Aucune goutte ne doit couler. Sinon, refaire l'essai sur l'autre moitié de l'œuf.

La membrane des cellules est autrement plus complexe qu'une membrane de dialyseur, pour le moment, nous nous limiterons à l'observation de ses propriétés élémentaires. Nous allons pour cela construire un dialyseur, simple mais efficace, et, par surcroît, équipé d'une membrane garantie biologique (voir photos).

Dutrochet ne s'est pas contenté de mettre en évidence les mouvements des substances dissoutes et de l'eau à travers les membranes

biologiques. Il a inventé un appareil, l'osmomètre, permettant de mesurer la force avec laquelle se font ces flux, et a démontré que la force exercée est d'autant plus forte que les molécules sont de petite taille et qu'elles sont en plus grand nombre. Il a pu de cette manière mesurer les masses des molécules. Ainsi, les lois physico-chimiques, comme celles de la diffusion, auxquelles obéissent les substances en solution, s'appliquent également aux substances constituant les cel-

lules vivantes et expliquent certaines de leurs propriétés. Les membranes sont présentes non seulement à la périphérie de la cellule, mais aussi à l'intérieur où elles séparent divers compartiments aux fonctions bien définies, les organelles cellulaires. ■

LE MOIS PROCHAIN :
Voyage au cœur
de la membrane



Photos E. Maïmanche

2. Mise en marche de l'expérience

Remplir le flacon avec une solution d'amidon après avoir vérifié que son ouverture permet d'y placer l'œuf. Mettre au fond de la coquille une petite quantité de teinture d'iode et diluer éventuellement avec de l'eau pour que le fond de l'œuf reste visible. Poser l'œuf sur le flacon : la membrane doit être en contact avec la solution d'amidon. Au bout de quelques minutes, on voit apparaître une coloration bleue qui s'échappe de l'œuf au niveau où la membrane est en contact avec l'amidon. L'iode réagit avec l'amidon en formant un complexe coloré en bleu foncé (propriété précédemment mise à profit pour colorer les éléments de réserve de certaines cellules riches en amidon ; voir *Science & Vie* n° 909, p. 144). L'iode a donc traversé la membrane et diffuse dans la solution d'amidon.

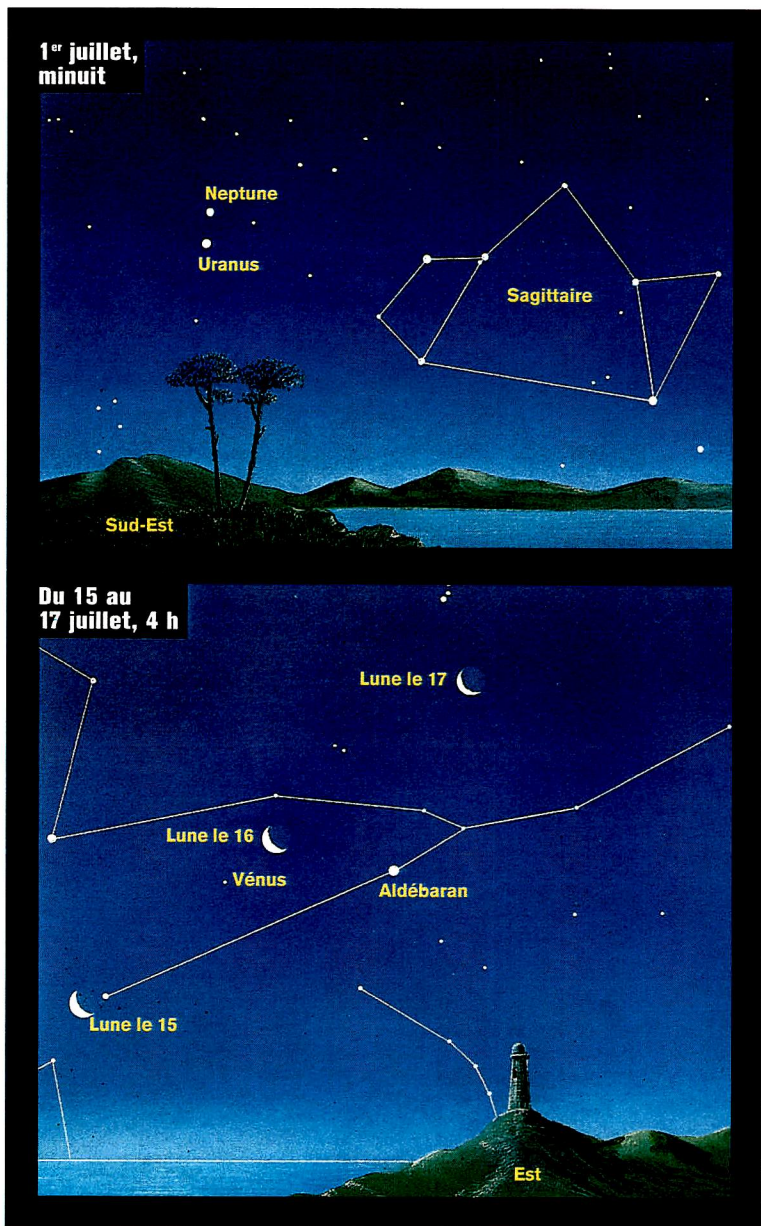
3. A l'intérieur de la coquille, aucune coloration bleue

L'amidon n'a donc pas traversé la membrane et ne s'est pas mélangé à l'iode. La membrane de l'œuf se comporte comme celle des cellules : sa perméabilité est sélective, elle conserve les grosses molécules (comme l'amidon) et laisse passer les petites (comme l'iode). On pourra modifier l'expérience en plaçant la solution iodée dans le flacon et la solution d'amidon dans l'œuf. Prévoir alors ce qui se passera et contrôler qu'il en est bien ainsi...

Préparation de la solution d'amidon

Remplir un verre de table avec de l'eau. En verser les trois quarts dans une petite casserole et porter à ébullition. Mélanger un quart de cuiller à café de Maïzena avec l'eau froide restant dans le verre. Lorsque l'eau bout, éteindre le feu et verser le mélange Maïzena-eau froide dans l'eau bouillante, cuillerée par cuillerée, en remuant. Laisser refroidir.

Les satellites des planètes



Le système solaire compte neuf planètes principales autour desquelles tournent une soixantaine de satellites naturels. Ces derniers sont un champ d'observation supplémentaire pour l'amateur. Voici quelques conseils pour surveiller cette cohorte planétaire.

La répartition des satellites n'est pas égale. Certaines planètes en ont beaucoup, d'autres pas du tout ; certains satellites sont très brillants, d'autres totalement inaccessibles à l'amateur.

Passons en revue la famille solaire. Mercure et Vénus, les deux premières planètes en partant du Soleil, n'ont pas de satellite. Leur proximité de l'astre central, avec son énorme force gravitationnelle, et leur faible masse les ont sans doute empêchées de retenir un compagnon captif.

La Terre est la première planète à posséder un satellite. Il est bien connu de tous : c'est la Lune, le seul des satellites du système solaire à la surface duquel l'amateur puisse observer des détails. C'est aussi l'un des plus importants, avec 3 746 kilomètres de diamètre. Il tient une place à part dans l'observation astronomique et nous nous réservons d'en parler ailleurs plus longuement.

Mars, la fameuse planète rouge, a deux satellites : Phobos et Déimos. Leur magnitude respective de 11,3 et 12,4 les rend inaccessibles à la plupart des télescopes d'amateur, d'autant que leurs orbites sont près de la planète. Cependant, les possesseurs d'un télescope de grand diamètre, 300 mm et plus, devraient s'intéresser à eux lors des oppositions martiennes. A ce moment-là, Mars se trouve au plus près de la Terre et, lorsque le satellite est

Rendez-vous du mois

1^{er} juillet, vers minuit. La période est favorable pour l'observation d'Uranus et de Neptune. Les deux planètes évoluent dans le Sagittaire.

Du 15 au 17, la Lune croise la conjonction Vénus-Aldébaran, le matin vers 4 h au levant.

Dessins M. Roux-Saget

Portrait de deux satellites de Jupiter

Sur cette photo, on distingue nettement deux satellites de Jupiter : Io (flèche noire) et Ganymède (flèche blanche). Un instrument d'amateur permet d'observer quatre des seize satellites de Jupiter (Io, Europe, Ganymède et Callisto).



NASA/Ciel et Espace

à son élongation maximale, l'écartement apparent avec la planète peut atteindre 60 secondes d'arc dans le cas de Déimos, ce qui permet son repérage. Le seul écueil est l'éclat de Mars qui peut gêner la vision oculaire. La solution consiste alors à occulter l'astre en le plaçant en bord de champ.

Cette expérience est à suivre lors de la prochaine opposition en février 1995.

Jupiter est la plus connue des planètes "à satellites". C'est que 4 de ses 16 lunes sont visibles dans tous les instruments d'amateur, leur magnitude étant en moyenne de 5. Il s'agit de Io, Europe, Ganymède et Callisto, par ordre d'éloignement croissant de la planète. Leur révolution rapide, en 1,7 à 16,7 jours, modifie constamment leur configuration par rapport à Jupiter et nous offre une multitude de "phénomènes". Les satellites passent à tour de rôle devant le disque jovien, puis derrière, disparaissent

dans l'ombre de la planète et, certaines années, s'éclipsent mutuellement, sans compter le passage de leur ombre sur la haute atmosphère de Jupiter. Tous ces phénomènes sont observables sans aucune difficulté dans des lunettes et télescopes de 60 mm de diamètre et plus.

Les phénomènes des satellites de Jupiter sont décrits en détail dans les éphémérides astronomiques ou des tableaux indiquant jour par jour ce qui est observable (voir tableau p. 142).

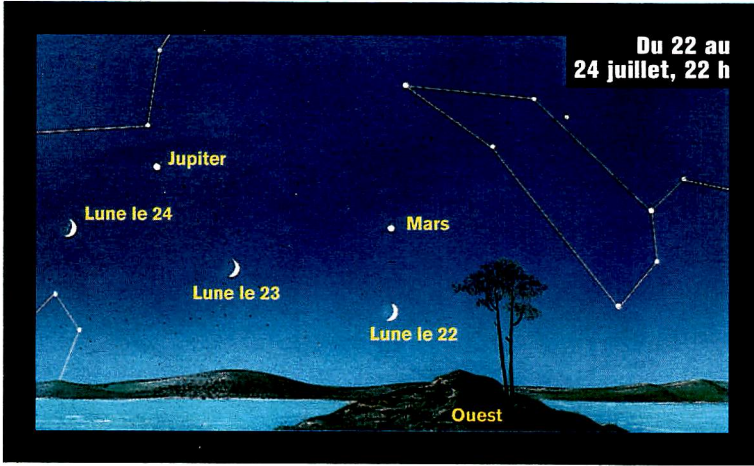
Les possesseurs d'un télescope puissant, de 300 à 500 mm, ne doivent pas oublier que d'autres satellites joviens sont accessibles. Il s'agit de Amalthée (de magnitude 14,1), Himalia (14,8) et Thébé (15,7). Mais il n'existe pas d'éphémérides pour ces satellites. Il faudra pour les identifier avoir beaucoup de chance et de patience.

En cas de doute, des observations à intervalles réguliers permettront de déceler un déplacement

autour de la planète, signature d'un satellite.

Saturne est la mère de la famille la plus nombreuse, avec 17 satellites. Une majorité d'amateurs délaisse leur observation, alors que 7 d'entre eux sont visibles avec des instruments de 60 à 150 mm. En partant de la planète, il s'agit de : Mimas (magnitude 12,9) ; Encelade (11,7) ; Téthys (10,2) ; Dioné (10,4) ; Rhéa (9,7) ; Titan (8,3) ; Japet (11,1).

Les informations à leur sujet se trouvent également dans les éphémérides, mais sous une forme différente de la précédente. On y trouve un dessin de Saturne avec le tracé de l'orbite de chaque satellite. Ces orbites sont graduées en jours. Des tableaux indiquent ensuite, pour chaque satellite, les dates des élongations orientales, autrement dit le jour et l'heure où le satellite se trouve le plus à l'est de la planète. Pour connaître sa position un autre jour, il suffit de le faire ▶



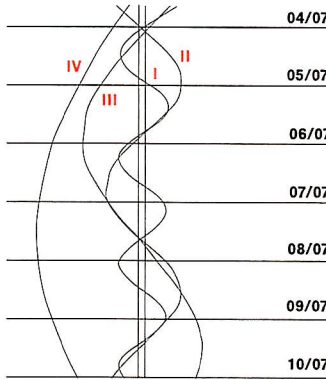
Du 22 au 24, on suivra le rapprochement de Mars et Jupiter avec la Lune, vers 22 h légales à l'ouest.

LES SATELLITES GALILÉENS DE JUPITER EN JUILLET 1993

Juillet	Heure	Satellite	Phénomène
4	0 h 20	I	Pc
4	0 h 42	II	Im
4	1 h 32	III	Pc
4	1 h 34	I	Oc
4	2 h 31	I	Pf
4	3 h 13	II	Em
4	3 h 14	II	Ec
4	3 h 44	I	Of
4	4 h 27	III	Pf
4	5 h 40	II	Ef
4	6 h 46	III	Oc

Source : Bureau des longitudes

Le tableau (à gauche) est extrait des éphémérides des satellites de Jupiter (juillet 1993).
 ● La première colonne indique le jour du mois.
 ● La deuxième donne l'heure du phénomène. Attention, il s'agit de l'heure en temps universel. Pour obtenir l'heure légale, il faut ajouter une heure pendant l'application de l'heure d'hiver et deux heures pendant celle d'été. Autre remarque : n'oubliez pas qu'un phénomène prévu pour 2 h 14 le 6 du mois se déroule dans la nuit du 5 au 6, après minuit. Des distraits ont raté des observations de 24 h pour l'avoir oublié.
 ● La troisième colonne indique le satellite concerné. Le code utilisé est le suivant : I : Io ; II : Europe ; III : Ganymède ; IV : Callisto.
 ● Enfin, la dernière colonne décrit le phénomène. Les abréviations sont :
 Oc : commencement d'éclipse. Le satellite disparaît dans le cône d'ombre de Jupiter, c'est-à-dire qu'il va subitement "s'éteindre" à une courte distance de la planète.
 Ef : fin d'éclipse. Le satellite sort de l'ombre et redevient visible, là aussi à distance du disque planétaire. Im : immersion. Le satellite dispa-



rait mais, cette fois, il est directement occulté par le disque de Jupiter et non par l'ombre.
 Em : émergence. Phénomène inverse du précédent, le satellite réapparaît au bord opposé de celui de sa disparition. Oc : ombre commençant. Cette fois, le satellite passe devant la planète, mais, celle-ci étant beaucoup plus lumineuse que lui, il ne sera pas visible durant le passage.
 Pf : passage finissant. C'est la fin du passage et la réapparition du satellite au bord opposé à celui de sa disparition. Oc : ombre commençant. L'ombre du satellite, visible comme un petit point noir, passe sur le disque. Of : ombre finissant. Fin du passage de l'ombre.
Un graphique (à droite) complète parfois le tableau précédent. En effet, l'identification du satellite concerné peut poser un problème quand le satellite le plus près de la planète n'est pas Io. Ceux-ci se présentent sous forme de sinusoïdes figurant la position des satellites par rapport à Jupiter, jour par jour (sur ce graphique, du 4 au 10 juillet). En plaçant une règle sur le jour considéré, on identifie immédiatement les satellites.

suite de la page 141

“progresser” sur son orbite du nombre de jours en plus à partir de cette date. Cela permet, l'œil à l'oculaire, d'identifier les satellites présents.

Uranus est souvent délaissée par les amateurs. Deux fois plus distante que Saturne et d'un diamètre moindre, elle apparaît dans l'oculaire comme un tout petit cercle sans détail. Elle possède 15 satellites qui, pour la plupart, ont un éclat bien trop faible pour être observés. Cependant, deux d'entre eux, Titania et Oberon, atteignent les magnitudes 13,7 et 13,9 et sont suffisamment éloignés de la planète pour être détectés. Ils ont pu être observés avec un télescope de 150 mm seulement ! En fait, 200 mm nous semble plus “confortable”.

En raison de la rotation particulière de la planète, couchée sur son orbite, et de la forte inclinaison de l'orbite des satellites sur l'équateur d'Uranus, ceux-ci décrivent des cercles autour de la planète. Ils sont donc constamment visibles.

En l'absence d'éphémérides les concernant, il faut observer attentivement et noter la position des points lumineux suspects. Quelques nuits plus tard, ceux qui se seront déplacés seront identifiés comme satellites.

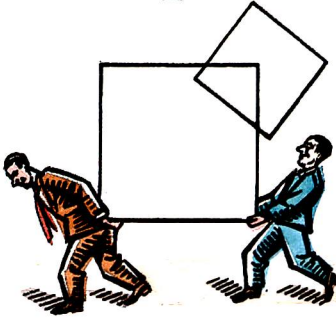
Et à présent, bonne chasse aux satellites !

LE MOIS PROCHAIN :
Quand le ciel nous tombe sur la tête

Planética, un système solaire mobile de poche, vous donne la position, jour par jour, des planètes du système solaire de 1949 à 2019 ! Diamètre 15 cm. En vente à la maison de l'Astronomie, 33 rue de Rivoli, 75004 Paris. Pour les lecteurs de Science & Vie : 290 F franco.

JEUX & paradoxes

Par Pierre Berloquin



A carré, carré et demi

Cette figure est composée de deux carrés. Un sommet du grand est au centre du petit. Les côtés du grand sont une fois et demie ceux du petit et le petit est incliné à 30 degrés. En supposant que le petit carré fait un mètre de côté, quelle est la surface délimitée par l'intersection des deux carrés ?



La logique du verbe

«Aucun doute, cette phrase-ci contient fois la lettre D.»

Savez-vous compter ? Alors, complétez la phrase ci-dessus en remplaçant les pointillés par un mot écrit en toutes lettres, de telle sorte que la phrase résultante soit absolument et rigoureusement vraie.

Auto-digitaux : le compte est beau

Certains nombres ont avec leurs propres chiffres des rapports plus intimes que leurs confrères : leurs chiffres peuvent les exprimer en se disposant dans d'autres configurations que le banal alignement de l'écriture décimale. La simple remarque que 25 peut aussi s'écrire 5^2 ouvre la porte d'un chapitre parfaitement ludique de l'arithmétique : la recherche des nombres auto-digitaux. Ces nombres peuvent s'obtenir comme résultats d'opérations arithmétiques portant exclusivement sur leurs propres chiffres, chacun étant représenté une fois et une seule.

En fait, 25 est un des plus petits auto-digitaux mais il n'est pas un des plus beaux, car, dans son expression arithmétique auto-digitale, l'ordre de ses chiffres est bouleversé. Les auto-digitaux les plus recherchés sont ceux dont l'ordre des chiffres est respecté, comme, par exemple :

- $736 = 7 + 3^6$
- Voici dix-sept de ces privilégiés, situés entre 0 et 500 :
- $24 = (2 \sqrt{4})!$
- $36 = 3! \times 6$
- $71 = \sqrt{7!} + 1$
- $120 = [(1 + 2)! - 0!]!$
- $127 = -1 + 2^7$
- $143 = -1 + (4! \times 3!)$
- $144 = (1 + 4)! + 4!$
- $145 = 1 + 4! + 5!$
- $240 = 2 \times (4 + 0!)!$
- $343 = (3 + 4)^3$
- $347 = 4 + 7^3$
- $354 = 3 \times (5! - \sqrt{4})$
- $355 = (3 \times 5!) - 5$
- $360 = 3 \times (6 - 0!)!$
- $384 = 3! \times 8^{\sqrt{4}}$
- $456 = 4 \times (5! - 6)$
- $468 = 4 + (6!)_6$

Vingt autres au moins sont possibles entre 500 et 1 000 : 595, 660, 693, 713, 715, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 733, 736, 744, 799 et 936. Les trouverez-vous ?

Comme le montrent ces résultats, les opérateurs arithmétiques acceptés sont : l'addition, la soustraction, la

multiplication, la division, la racine carrée, la factorielle ($4! = 4 \times 3 \times 2 \times 1 = 24$; par convention, $0! = 1$) et la base : $(24)_6$ est "24 en base 6", soit $2 \times 6 + 4 = 16$.

Moins purs mais néanmoins intéressants, d'autres nombres acceptent de s'auto-digitaliser, à condition de bouleverser l'ordre de leurs chiffres. Par exemple :

- $64 = (\sqrt{4})^6$
- $119 = [(\sqrt{9})! - 1]! - 1$
- $121 = 11^2$
- $125 = 5^{(1+2)}$
- $126 = 21 \times 6$

$153 = 51 \times 3$
 $128 = 2^{6-1}$
et 7 nombres plus élevés, dont un supérieur à 1 000 : 216, 347, 436, 625, 719, 734 et 1 024.

Certaines de ces expressions sont de véritables créations, particulièrement imaginatives. Sauriez-vous retrouver tous ces nombres et même combler les trous ? Ferez-vous mieux ?



Les solutions du n° 909 p. 149.

Dessins Honoré

Par Roger Bellone et Paule Sully



1 Un téléviseur à une seule touche

A l'intention de ceux qui emportent un téléviseur en voyage, Philips propose un modèle portable, le 14 PT 300 A, à écran de 36 cm. Il mémorise rapidement les émetteurs locaux : des pressions successives sur un seul bouton permettent d'obtenir jusqu'à quarante programmes, que ce soit en France (SECAM) ou ailleurs en Europe (PAL et autres normes SECAM). Ce téléviseur autorise aussi le raccordement à un tuner satellite. Poids : 12 kg.

2 300 F

2 Un autoradio surpuissant

Le Barcelona RCM 83 de Blaupunkt est doté de la recherche automatique et de la mémorisation des stations (FM, PO, GO), d'un lecteur de cassettes, d'un lecteur de CD (avec changeur automatique de disques télécommandable). Mais surtout, il assure une écoute optimale de la musique grâce à son amplificateur puissant : 26 W par canal en stéréophonie, ou 20 W par canal en quadriphonie. Cette puissance situe tous les sons, mêmes les *pianissimi*, au-dessus du bruit de fond d'un véhicule en marche. Le Barcelona est équipé de circuits éliminant les parasites. Le système

RDS assure le passage automatique sur l'émetteur le plus proche diffusant le programme FM choisi, et permet la réception automatique des informations routières. Le système Keycard protège contre le vol. 3 690 F

3 Compacts 24 x 36 à lentilles asphériques

Le zoom des 24 x 36 compacts est relativement simplifié. Il n'en comporte pas moins de 7 à 9 lentilles pour corriger de façon satisfaisante les aberrations aux diverses focales. Ce nombre vient d'être réduit à 4 (d'où un gain de compacité) sur deux compacts lancés par

Minolta : les Riva Zoom Pico et 90EX. Pour ne rien perdre en qualité, les opticiens de Minolta ont fait appel à une lentille dont les deux surfaces sont asphériques, associée à une autre lentille à une seule surface asphérique. Cette asphéricité est obtenue par dépôt d'une mince couche de résine optique sur chaque face des lentilles. Le zoom du 90EX est un 3,5-7,7 de 38-90 mm ; celui du Pico, un 4,3-6,4 de 38-60 mm. Les deux appareils sont à mise au point et à exposition automatiques, y compris au flash. Tous deux possèdent, entre autres, un obturateur programmé de 1 s à 1/500 s, et un retardateur de 10 s. 1 490 F et 990 F



4



6



5

4 Un ampli de 37 kg pour plus de hi-fi

Il faut bien l'admettre : en haute-fidélité, il existe de nombreux degrés de fidélité. Ainsi Sansui affirme-t-il, en lançant l'amplificateur Vintage A-UX 1111, que ce nouvel appareil se situera au sommet de la hi-fi, en assurant un maximum de pureté et de transparence sonores. Pour garantir des performances élevées, les ingénieurs ont utilisé un transformateur d'une telle puissance qu'à lui tout seul il pèse près de 10 kg. L'ampli A-UX 1111, lui, atteint allègrement les 37 kg. Bien que japonais, il a été conçu pour un rendu sonore typi-

quement anglo-saxon, avec une dynamique, une rapidité de réaction aux transitoires et une haute définition dans tous les registres sonores. Pour la partie technique, sa puissance nominale est de 100 W par canal sous 8 ohms sur toute la plage de réponse de 20 à 20 000 Hz, avec des limites d'altération de $\pm 0,3$ dB. Le rapport signal/bruit varie de 88 à 110 dB selon les entrées. Quant à la finition, elle est des plus soignées, jusqu'aux moindres vis, en cuivre comme le châssis, avec une façade revêtue de laque de piano et des côtés en ronce de noyer. **25 000 F**

5 Caméscope pour effets spéciaux

Ultra-compact, le JVC GR-AX62S est des plus perfectionnés. Un circuit électronique assure le montage par mémorisation des séquences (assemblées ensuite automatiquement, puis transférées sur magnétoscope). Cinq modes sont programmés : "sport" pour une prise de vue à vitesse rapide, "portrait" pour détacher le sujet sur un fond flou, "contre-jour" et "projecteur" pour supprimer les excès de lumière du fond et du premier plan, "noir et blanc" pour restituer l'ambiance des vieux films. Le GR-AX62S est équipé d'un zoom 1,8/6-60 mm, d'une

torche intégrée, de la prise de vue en format 16/9 (nouveau format TV) et de l'autofocus.

6 500 F

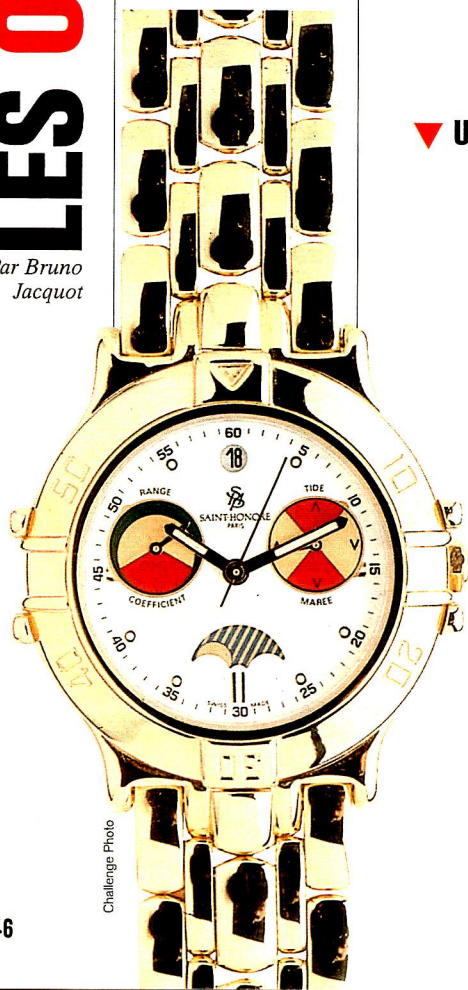
6 Un magnétophone dans votre portefeuille

Format carte bancaire, 6 mm d'épaisseur : le Memo Voice (Texas Instruments), distribué par Eucera technologies, ne pèse que 30 g. Pas de bande magnétique, mais une simple puce pouvant enregistrer de 6 à 8 messages d'une durée totale de 24 s. D'autres puces assurent la restitution sonore des messages par synthèse vocale. Une touche d'effacement permet de libérer la place pour d'autres messages. **240 F**

Par Bruno Jacquot

▼ Marées au poignet

Marée haute ou marée basse ? Cette montre Saint-Honoré à quartz donne la réponse. Le petit cadran de droite indique la progression des marées, et celui de gauche, leur coefficient. A partir de **2 600 F** chez les horlogers-bijoutiers.



Challenge Photo



▲ Un réfrigérateur qui chauffe

Il produit du froid. Normal, pour un réfrigérateur. Mais il peut aussi garder un petit plat à la bonne température : il suffit de sélectionner la position "chaud". L'appareil utilise alors la chaleur de sa résistance. Il se branche sur l'allume-cigare. **995 F** pour 17 litres de capacité, ou **1 295 F** pour 26 litres, au catalogue de l'Homme Moderne.

▼ Un aspirateur-gonfleur



C'est d'abord un aspirateur puissant pour la voiture, qui se branche sur l'allume-cigare. C'est aussi un compresseur-manomètre pour vérifier la pression et regonfler les pneus. Livré avec un lot d'embouts pour chambres à air, matelas pneumatique, ballon... **395 F** au catalogue de l'Homme Moderne.

▲ Un écrase-bouteille

Les bouteilles en plastique prennent trop de place dans les poubelles. Une solution simple – mais bruyante : le Cracbout. On introduit la bouteille entre les lames de cet appareil ménager, on pose le tout sur le sol, on exerce une petite poussée sur le manche et crac ! la bouteille est réduite en un petit tas. Variante pour équilibriste : le Cracbout peut aussi être actionné avec le pied, grâce à sa pédale latérale. Mais il y a plus simple encore que le Cracbout : réserver un sac poubelle aux bouteilles, ou les passer directement par le vide-ordures... **190 F** auprès de la société R. Rohée (La Chapelle-Biche).



▼ Clé à douille électrique

En cas de crevaison, la Mustclé permet de dévisser aisément les écrous puis de les rebloquer. Les conductrices, en particulier, apprécieront, malgré les réactions un peu brusques de l'outil, qui se branche sur l'allume-cigare. **480 F** (avec trois douilles de 17, 19 et 22 mm) chez Eclator, à Dole (Jura).



▼ Un dictionnaire bavard

Cette petite traductrice électronique parle (ou écrit) en anglais, français et... chinois. 10 000 mots sont en mémoire, ainsi que des phrases de la vie courante. La jeune femme qui lui prête sa voix est originaire de Chine, si l'on en juge par son léger accent en français. **2 390 F** à la boutique Link (Paris).



F. Thiebaut/J.L. Aubert

E. Mélanche

LIVRES

James Gleick

Genius The Life and Science of Richard Feynman

Pantheon Books, New York,
27,50 dollars

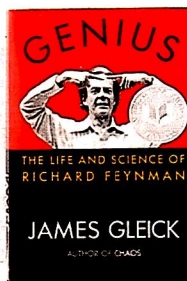
Avant que le prix Nobel de physique lui fût décerné, Richard Feynman pouvait aisément passer – et passa – pour un “fou” : il se moquait des conventions les plus respectables au point de mettre sa carrière de physicien en péril. Il faillit le faire pour de bon, d'ailleurs, lorsqu'il prit la parole à Shelter Island, en Pennsylvanie, en 1948, devant l'un des plus prestigieux parterres qu'on puisse imaginer. Il y avait là, en effet, Dirac, Bohr, Fermi, Bethe, Rabi, von Neumann, Oppenheimer, bref, la fine fleur des atomistes mondiaux, dont la plupart avaient participé comme lui au fameux projet *Manhattan*. Il n'en avait jamais vu autant, même lorsque, à Princeton, il avait discoursé devant Einstein lui-même et Pauli.

Prié, en effet, par quelques-uns de ses amis de mettre finalement en forme les idées plus qu'originales qu'il distribuait au cours des conversations, il exposa là une théorie de la mécanique quantique qui était d'autant plus remarquable qu'il n'avait fait qu'effleurer les textes fondamentaux de ce domaine. L'objet en était d'expliquer les trajectoires des rayons cosmiques enregistrées par les compteurs de Berkeley. Patras, il se mit tout le monde à dos, y compris l'illustre Bohr, qui le tança publiquement : avait-il donc oublié la leçon principale de deux décennies de méca-

nique quantique ? Les trajectoires qu'il décrivait violaient le principe d'incertitude ! Bohr le poussa de l'estrade et poursuivit sa démonstration au tableau. Feynman comprit qu'il avait fait un bide.

Il en réchappa pourtant. La suite des événements devait montrer, en effet, qu'en dépit des lacunes de sa démonstration, Feynman avait renouvelé la mécanique quantique, et qu'il l'avait même recréée. Elle porte encore son empreinte. La conférence avait fait chou blanc parce qu'il l'avait débiter trop vite, sans l'avoir suffisamment préparée, et qu'il y avait énoncé tant de provocations que même des théoriciens aussi puissants que Dirac, Bohr et Fermi en avaient eu le souffle coupé. La dissonance cognitive est un phénomène qui affecte même de grands esprits.

Feynman avait une intelligence exceptionnelle en ce sens qu'elle brillait même dans des domaines dans lesquels il était profane, comme la génétique. Quand son ami le généticien Max Delbrück l'invita à Caltech et lui expliqua certains problèmes de la génétique, Feynman releva ceci : certains bactériophages, ou virus parasites de bactéries, prolifèrent sur certaines espèces d'une bactérie, mutent sur d'autres et ne s'expriment pas du tout sur d'autres encore. Mais si on prélève des mutants et qu'on les place sur les bactéries sur lesquelles ils ne survivent qu'à l'état normal, il se produit un phénomène rare ; c'est une mutation inverse. Le bactériophage “tente” de redevenir normal, mais n'y parvient pas tout à fait, comme s'il ne parvenait pas à annuler entièrement sa mutation.



Feynman raisonna ainsi : lors de sa mutation, l'ADN du virus est lu de telle sorte qu'il s'y ajoute une séquence, ou bien qu'une autre séquence n'est pas lue. C'est ce qui mit, en 1966, Francis Crick sur la piste d'une découverte fondamentale de la génétique : l'ADN est lu de façon linéaire, une base après l'autre. Feynman marqua également les recherches sur la gravité, la technique astronautique, la relativité, la cosmologie, toujours en désaccord avec presque tout le monde, y compris Hawking. Il trouvait l'ensemble de ses collègues trop “classiques”, et estimait que le monde n'est justement pas “classique”, c'est-à-dire rationnel.

C'est là sans doute que réside de la clé du génie de Feynman, comme l'expose l'excellente biographie de Gleick, modèle du genre. C'était un être émotif, sentimental (jusqu'à l'instabilité), provocateur et aventureux. Ses théories procédaient non de raisonnements, mais d'intuitions appuyées sur le raisonnement. Son imagination débordante entretenait en lui un mascaret d'idées contradictoires, qu'il laissait suivre leur cours. Son génie résidait dans le chaos. C'est ainsi qu'il choisissait des approches paradoxales de problèmes qu'on supposait ordinaires ou résolus. Il y a sans doute d'autres che-

mins vers le génie, mais enfin, ce cas-là est exemplaire, et il faut souhaiter qu'un éditeur français fasse connaître ce livre aux lecteurs francophones. G.M.

Alain Lightman Quand Einstein rêvait

Robert Laffont/Pavillons,
124 p., 110 F

Ensemble d'images impressionnistes sur la vie du grand savant quand il menait, à Berne, une vie terne. Ses amitiés, ses liaisons, ses humeurs, des paysages et, pour finir, quelques notions “relativistes” sur le temps et l'existence, qui évoquent d'ailleurs Bergson plus que la physique et la cosmologie. Cela se lit sans difficulté, mais Salman Rushdie a quand même exagéré quand il a qualifié ce livre de «superbement écrit». Mettons plutôt “joliment”. Quant à l'histoire des sciences, ce sera pour une autre fois. G.M.

Pol Chantraine La Dernière Queue de morue

L'Étincelle, à Montréal. Distribué par Quorum-Magnard Diffusion, 5 bd Marcel-Pourtout, 92500 Rueil-Malmaison. 248 p., 100 F

La morue vit longtemps : on en a pêché une de 27 ans sur la côte du Labrador (l'âge se compte au nombre d'anneaux de l'otolithe, un osselet près de l'oreille).

Cette cousine du merlan risque de ne plus vivre longtemps : en 1969, on en pêcha un million et demi de

tonnes. Ses populations se réduisent. Mauvaise idée, on perfectionna les techniques de pêche, on mit au point la sondeuse chromatique et les chaluts semi-pélagiques ; la première renseigne sur la position et la taille des poissons, les seconds vont les chercher beaucoup plus bas que jadis (jusqu'à 1 400 m de profondeur).

Tout se passe comme si la race humaine avait décidé d'exterminer la morue. Ce massacre n'ira pas seul, car les phoques, par exemple, souffrent aussi de la raréfaction de leur plat. Il eût été prudent de réduire les pêches, car le plancton aussi se raréfie du fait de la pollution, les océans tournant, comme on s'efforce énergiquement de l'ignorer, aux poubelles.

Espagnols, Canadiens, Ecosais, Portugais, Français, tout le monde s'y est mis. On a bien réglementé la pêche. Le résultat le plus clair en aura été d'induire chacun à accuser l'autre de surpêche. Il ne restera plus qu'à essayer d'élever la morue, comme on élève (façon de parler) le télé-spectateur.

Pol Chantraine connaît son sujet à fond ; il est donc clair. Il expose les faits ; il est donc convaincant. Mais peut-on rêver qu'un ministre de la Mer trouve le temps de le lire ? Cela vaudrait mieux que de feuilleter d'épais et opaques "dossiers".

G.M.

Dr Jacqueline Renaud Stop tabac

Marabout, 192 p., 33 F

Epouvantable tableau que dresse l'auteur des méfaits du tabac : tous les organes en

pâtissent et le tabac, selon elle, tuerait sept fois plus de gens que la voiture. Peut-être oublié-t-elle de comptabiliser les blessés de la route...

Peut-être aussi oublié-t-elle de préciser que ces chiffres sont approximatifs : il est, en effet, impossible d'établir des données certaines. On ne dispose pas de rapport tabac/morbidité. On ne sait pas non plus quels sont les effets directs de la pollution de l'air sur l'organisme. Il y a ainsi des trajets en ville ou sur autoroute qui valent bien dix paquets de cigarettes. Certes, le tabac n'arrange rien, mais la consommation ordinaire, massive et constante d'oxyde de carbone et d'imbrûlés ne disparaîtra pas quand tout le monde aura cessé de fumer, et il est un peu hâtif de ne considérer qu'un seul facteur. N'importe. Ce que l'auteur vise, à l'évidence, c'est d'en dégoûter le lecteur, et elle y parvient.

Et puis, il existe au moins une certitude, c'est que s'abstenir de fumer ne peut pas faire de mal, si l'on peut dire.

Comment s'en défaire ? Elle propose un programme, tout à fait sensé, d'activités de substitution. On conseillera donc de laisser hypocritement traîner ce livre excellent et peu coûteux dans tous les foyers où il y a une "victime", c'est-à-dire quelqu'un que la consommation de tabac par un autre contrarie.

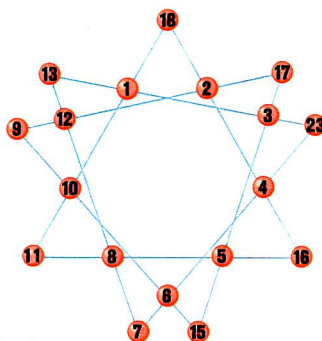
Peut-être l'auteur a-t-il jugé inopportun d'explorer plus profondément les motivations inconscientes de la consommation de tabac. Car il en est. Mais sans doute eussent-elles servi de prétextes à ceux qui ne veulent pas se repentir.

G.M. ▶

Les solutions du n° 909

● Magie sur l'étoile :

Voici l'étoile remplie avec les nombres de 1 à 25, livrant une même somme de 40 sur tous les alignements.



Dessin J.S.

● Le Tétra-simple :

Plutôt que déterminer directement le volume du tétraèdre, il est plus simple de déterminer quel volume il n'occupe pas. Regardons en effet les quatre pyramides qu'il laisse au cube. Chaque pyramide a pour base la moitié d'une face et pour hauteur un côté, donc un volume du tiers de ce produit, soit un sixième de celui du cube. L'ensemble des quatre pyramides totalise ainsi les deux tiers du volume total. Il reste un tiers du volume pour le tétraèdre.

DECouvrez LE NOUVEAU CATALOGUE DE L'OUTILLAGE CREATIF !

36 pages tout en couleurs !



05 00 90 16
NUMERO VERT
(sans service)

Pour ceux et celles qui ont des idées au bout des doigts : bricoleurs, modélistes, passionnés de micro-mécanique... Voici le nouveau Catalogue TEC'LOISIRS !

Tec Loisirs
L'outillage créatif

1, rue Lamarine 67460 SOUFFELWEYERSHEIM

Veuillez m'envoyer gratuitement le nouveau catalogue TEC'LOISIRS

Nom
Prénom
Adresse complète
Tél.

S.V. 07-93



**D'APRES VOUS,
COMMENT
VOTRE VENDEUR
PEUT-IL
VOUS CONSEILLER
DANS LE CHOIX
D'UN CAMESCOPE
A MOINS DE
6000 FRANCS ?**

**IL LIT SCIENCE & VIE
HIGH TECH.**

**11 CAMESCOPIES
A MOINS DE 6000 FRANCS
AU BANC D'ESSAI.**

RESONNANCES Ayou

**SCIENCE & VIE
HIGH TECH**

**LE MAGAZINE DE L'IMAGE
ET DU SON.**

LIVRES

suite de la page 149

Philippe Breton **L'Utopie de la communication**

La Découverte, 152 p., 89 F

Il est bien connu que, lorsqu'on parle de communication, c'est, le plus souvent, qu'on n'a rien à communiquer. Comme le relevait l'ethnologue Georges Balandier, l'expression "société de communication" est une redondance, car, s'il y a société, il y a communication.

Philippe Breton garnit heureusement cette tarte à la crème qu'est "la communication" de belle et bonne confiture. Le mot ne veut plus rien dire, note-t-il enfin. Mais comment naquit-il ? A ce propos, l'occasion s'offrait de rendre hommage au concepteur original de l'utopie de la communication, le célèbre Norbert Wiener, père de ce qu'on appelait, il y a quarante ans, la cybernétique. Dans l'idée générale de Wiener, il fallait dire tout et tout de suite au plus possible de gens pour empêcher le retour de la barbarie dont le monde venait d'avoir le spectacle : les camps et les goulags, qui n'avaient pu perdurer que grâce au secret.

La partie la plus originale de ce livre est celle où l'auteur dénonce les dangers d'une médiatisation totale des événements, pinacle de la communication comme l'avait entrevue un McLuhan et comme la défend en politique un Ross Perot, candidat malheureux à la présidence des Etats-Unis : Perot propose, en effet, de gouverner par un forum électronique continu, où tout le monde pourrait s'exprimer, ce qui permettrait aux hommes

Philippe Breton

**L'utopie
de la
communication**



La Découverte *essais*

politiques de gouverner au plus près des *desiderata* populaires (ce référendum donnant ainsi le coup de grâce au système électoral et à la démocratie, supplantée par la démagocratie).

La présence incontournable des médias a donné naissance à un voyeurisme qui est à l'information ce que la pornographie est à l'amour. La mise en scène permanente grossit exagérément les effets de la crise des valeurs, et elle entraîne une confusion alarmante entre la réalité et sa représentation, thème bien exploré par Lucien Sfez. Le consensus érigé en système politique prend allure de terrorisme, antagoniste de la démocratie, et le plus bas commun dénominateur s'instaure dans le niveau général, comme on le voit de nos jours avec la télévision : il devient "incorrect" d'y tenir des propos complexes, parce que le public les comprendrait moins bien et moins vite que des simplifications outrancières.

On aboutit ainsi au double dévoilement suivant : le matraque d'informations donne l'illusion du libéralisme, alors qu'il incite à des réactions viscérales, propices au sectarisme, et il se produit une confusion entre information et savoir, déjà relevée par Denis de Rougemont.

La communication a alors abouti au contraire de ce qu'elle se proposait. Voilà un livre facile à lire et long à digérer, émétique, mais bénéfique. G.M.

Jean Costentin

Les Médicaments du cerveau

Odile Jacob, 335 p., 140 F

Commer ses peines avec une pilule, stimuler une pensée défaillante en inhalant des fumées de ceci ou de cela est une façon de lutter contre la tristesse ou la fatigue. Qu'on ne s'y méprenne pas : le désir ou le besoin d'absorber des produits modifiant l'activité du cerveau n'est pas nouveau ; depuis fort longtemps, les Chinois et les Indiens des Amériques utilisent l'opium, le café ou la coca pour calmer la douleur ou s'assurer des réconforts artificiels.

Au XIX^e siècle, c'est dans cette optique qu'un pharmacien inventa un breuvage aujourd'hui mondialement célèbre, le Coca-Cola. Mais ces recettes anciennes furent bouleversées au lendemain de la Deuxième Guerre mondiale par l'essor de la pharmacologie. Dès les années cinquante, de nombreux médicaments furent inventés ; appelés psychotropes, car ils agissent sur le fonctionnement psychique, ils comprennent notamment les neuroleptiques, les antidépresseurs, les antiparkinsoniens, les anxiolytiques et les somnifères.

Grâce à leur facilité d'emploi et à leur efficacité, leur consommation augmente, au point qu'on s'alarme parfois d'une pharmacodépendance. Mais comment utiliser ces mé-

dicaments ? Pour corriger une pathologie, ou bien pour répondre au souhait d'un confort maximal vis-à-vis des aléas quotidiens qui causent stress et insomnie ? Et comment agissent ces médicaments ? Jean Costentin, professeur de pharmacologie, n'entre pas dans le débat sur la place des psychotropes dans notre société, mais explique les mécanismes d'actions telles que l'anxiété, la dépression, l'insomnie ou la maladie d'Alzheimer. Il détaille les propriétés du Rohypnol, du Témesta, du Prozac, de l'Anafranil, de l'Isoméride et d'autres produits plus ou moins célèbres.

Trop nombreux dans certaines pathologies, les psychotropes efficaces sont en revanche trop rares pour le traitement du vieillissement cérébral, comme la maladie d'Alzheimer, ou démence sénile, qui sera la grande maladie du siècle prochain.

Dans l'explication de la chimie de l'esprit et des médicaments qui l'orchestrent, l'auteur reste simple, et le lecteur qui buterait sur tel ou tel terme technique trouvera un glossaire en fin d'ouvrage. Il ne précise sans doute pas si la lecture de son ouvrage serait plus euphorisante avec un peu de Valium, ou bien si certaines pages seraient plus rapidement mémorisées avec quelques pilules à base de caféine ou d'amphétamines, mais c'est qu'il se veut avant tout scientifique et pédagogique.

Pour des recettes d'utilisation des médicaments du cerveau, qui ne sont d'ailleurs délinquables que sur ordonnance, il faudra chercher ailleurs.

NICOLAS POSTEL-VINAY



Madeleine Ghertman,
Directrice de Ion International

Mettez toutes les chances de votre côté pour réussir vos rencontres

Votre solitude n'est pas un mal irrémédiable. Forcer le hasard, c'est vous donner le maximum de chances de rencontrer la personne dont le caractère et le tempérament sont compatibles avec les vôtres.

Forcer le hasard, c'est profiter du savoir faire qui est à la base de notre notoriété depuis 40 ans ; cela passe par l'expérience de notre équipe de psychologues et de graphologues particulièrement compétents.

De plus nous vous assurons d'un suivi personnalisé et renouvelons vos contacts jusqu'au succès complet.

Des questions ? N'hésitez pas à venir nous voir, à nous téléphoner ou à consulter le 3615 code Ion.

Ion International

La liberté de bien choisir ...

94, rue Saint-Lazare, 75009 Paris - Tél. : (1) 45.26.70.85

Pour recevoir une documentation complète, gratuite, faites 3615 code Ion sur votre Minitel ou retournez ce coupon :

M., Mme, Mlle

Prénom Age

Adresse.....

.....

.....

- BORDEAUX AQUITAINE (33420) Grezillac - Tél. 57.74.96.65
- TOULOUSE (31300) 16, rue Nungesser-et-Coli - Tél. : 61.59.48.58
- BRUXELLES - Tél. : (02) 645.09.91
- GENEVE - Tél. : (022) 46.84.88 ■ POLOGNE - USA

SV43

suite de la page 151

Andrée Valadier

Le Grand Bluff taumomachique

Société nationale pour la défense des animaux, BP 30, 94301 Vincennes Cedex, 80 p., 70 F franco de port, sur commande

Nous connaissons des gens fort civilisés qui sont passionnés de corrida, mais cela ne change rien à l'horreur de ce spectacle, et l'on nous permettra d'être partiaux à son égard. Les photos atroces qui parsèment ce pamphlet, comme celle des tortures infligées aux taurillons, ou celle du cheval encorné et dont les intestins pendent sous lui font justice d'on ne sait quelle mytho-

logie du risque viril et autres prétextes accrochés aux basques de tel écrivain ou de tel "artiste". G.M.

Josef Reichholf

L'Emergence de l'homme

Flammarion/Champs, 356 p., 39 F

Réédition à signaler pour sa richesse et la clarté de ses informations sur tous les aspects de l'homínisation. Un seul point a changé depuis la première publication de ce livre, en allemand et en 1990 : le postulat un peu affirmatif selon lequel l'homme ne serait né qu'en Afrique.

G.M.

Denis Buican

Mendel et la Génétique d'hier et d'aujourd'hui

Critérian, 206 p., 98 F

Ce livre raconte la découverte, au XIX^e siècle, des lois de l'hérédité par le botaniste et moine Gregor Mendel, à partir de croisements répétés de petits pois. Une découverte qui eut des retombées importantes en agronomie, avec la création de nouvelles variétés de plantes, et qui continue d'en avoir, puisque le génie génétique promet le traitement des maladies héréditaires dans les décennies à venir.

Au terme d'un travail de bénédictin sur une masse de do-

cuments, l'auteur est parvenu à établir que le père de la génétique est en fait le poète latin Lucrèce qui, avec une intuition surprenante, écrit : «S'il arrive que, lors du mélange de deux semences, la femelle dans un élan d'énergie soudaine triomphe de l'énergie de l'homme, qu'elle surprend et devance, les enfants issus dans ce cas de la semence maternelle naissent semblables à leur mère ; comme ils ressemblent à leur père, si l'élément paternel domine.» Dans cette assertion, on trouve l'idée de dominance chère à Mendel.

Autre intuition géniale du poète latin : «Parfois aussi il peut se faire que les enfants ressemblent à un aïeul, parfois

E=M6, dimanche à 10h30 et mercredi à 15h.

**Deux fois par semaine,
votre poste de télévision
va vous paraître
singulièrement intelligent.**



**SCIENCE
& VIE**

Souriez, vous êtes sur M6.

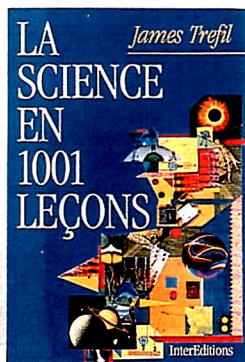
même ils reproduisent les traits d'un bisaïeul, car le corps des parents renferme une quantité d'éléments divers, provenant de la souche primitive et transmis de père en fils.» Bref, Lucrèce avait considérablement mâché le travail à Mendel. Dommage qu'il n'ait pas été botaniste. Mendel concrétisa donc les intuitions de Lucrèce. Car, entretemps, rien de notable ne s'est vraiment passé. Les idées de Diderot sur la diversité génétique des espèces, les hypothèses de Maupertuis sur l'hérédité et les observations de Sageret et Naudin sur les hybrides ne font que reprendre en les approfondissant les idées déjà ébauchées par Lucrèce. Les lois de Mendel pas-

sèrent à l'époque totalement inaperçues. Ce n'est qu'en 1900 qu'elles furent redécouvertes par de Vries en Hollande, Correns en Allemagne et Tschermak en Autriche, qui travaillaient de manière tout à fait indépendante.

Professeur à l'université de Paris X-Nanterre, Buican, qui est d'origine roumaine et qui sait trop ce qu'est le communisme, n'oublie pas que les lois de Mendel furent sciemment ignorées en URSS pendant des décennies. Pour Lyssenko, biologiste favori de Staline et du régime, elles étaient contraires aux dogmes du marxisme-léninisme, qui postulait que la transformation d'une espèce en une autre doit se faire par

bonds. C'est ainsi que Lysenko affirmait être parvenu à transformer du seigle en blé. Ses idées ineptes devaient être ensuite appliquées à l'espèce humaine, en vue de créer un homme nouveau : l'*Homo sovieticus*...

Un livre tonique, documenté, qui dit des choses qu'on ne trouve nulle part ailleurs et qui remet bien des pendules à l'heure. P.R.



James Trefil
La Science en 1001 leçons

InterEditions, 291 p., 139 F

Pas mal du tout ! Les données sont à la fois originales et bien expliquées.

Comment apprendre sans larmes la différence entre le ferromagnétisme et le paramagnétisme, le principe d'incertitude et l'impossibilité de déterminer exactement la structure des protéines. A recommander chaleureusement. G.M.■

Abonnez-vous à Science & Vie



BULLETIN D'ABONNEMENT

à retourner sous pli affranchi avec votre règlement à **SCIENCE & VIE**
1, rue du Colonel Pierre Avia 75503 Paris Cedex 15
OUI, je m'abonne à SCIENCE & VIE et je choisis la formule suivante

- CGEE **1 AN + 4 hors série (16 N°) :**
295 F au lieu de 364 F*
- CGEF **2 ANS + 8 hors série (32 N°) :**
590 F au lieu de 728 F*
- CGEB **1 AN / 12 N° : 220 F**
au lieu de 264 F*
- CGEC **2 ANS / 24 N° : 440 F**
au lieu de 528 F

Cochez SVP
Nom _____
Prénom _____
Adresse _____
Code postal _____ Ville _____

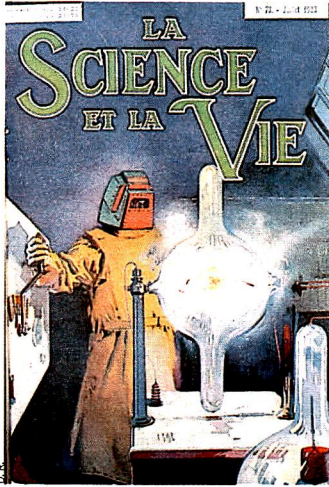
Conformément à la législation en vigueur, vous disposez d'un droit d'accès et de rectification pour toute information vous concernant sur tout fichier à usage commercial de notre société.
OFFRES VALABLES JUSQU'À FIN 1993. ET RESERVEES A LA FRANCE METROPOLITAINE.
ETRANGER: NOUS CONSULTER Tel 46 48 48 48
RC PARIS B 572 134 773
*Prix de vente chez votre marchand de journaux
Vous pouvez aussi vous abonner sur Minitel en tapant 3615 ABON

S&V 910

Science & Vie ILYA...

Par Bruno Jacquot

... 70 ANS

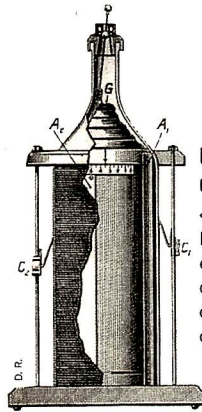
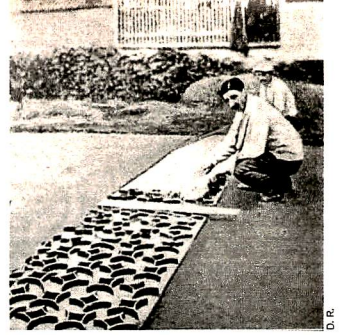


Juillet 1923

«Sur cette couverture, une expérience réalisée à l'université de Chicago : un fil de tungstène fut converti en hélium par une explosion électrique qui développa 50 000 degrés de chaleur.»

Un nouveau mode de revêtement des chaussées

«Aujourd'hui, la circulation des poids lourds s'est ajoutée dans une si grande proportion à celle des véhicules légers de tourisme, sans cesse croissante aussi, que le revêtement ordinaire des chaussées n'y peut résister. (...) Ce nouveau mode de revêtement consiste à disposer en quinconce, sur une assise de béton maigre, des armatures en fonte dans lesquelles, et entre lesquelles, on coule du ciment.»



Un poste récepteur de TSF dans une bouteille

«Un de nos lecteurs, habitant Paris, nous signale qu'il a pu écouter les radio-concerts de la tour Eiffel au moyen d'un petit poste qu'il a construit dans une bouteille.»

... 30 ANS



Juillet 1963

«Les joies de la plage au milieu des raffineries de pétrole sur la Côte d'Azur : simple montage photographique aujourd'hui, mais vérité demain.»

L'homéopathie sort de la clandestinité

«L'an prochain, pour la première fois dans son histoire, un chapitre consacré aux médicaments homéopathiques figurera dans le *Codex*, répertoire officiel des remèdes agréés par le ministère de la Santé. (...) Dans cette lutte pour la santé, le bien-être, la joie de vivre, l'homéopathe a conquis un terrain peut-être mal défini (...) mais que nul autre praticien n'est aujourd'hui en mesure de lui disputer.»

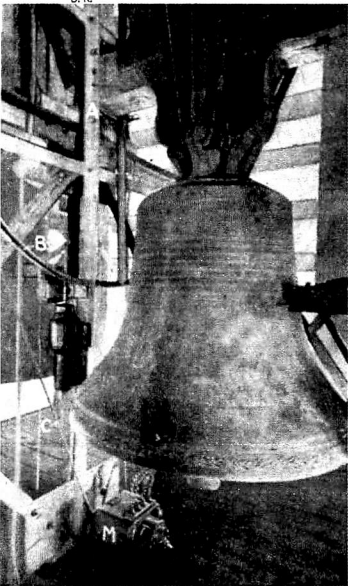
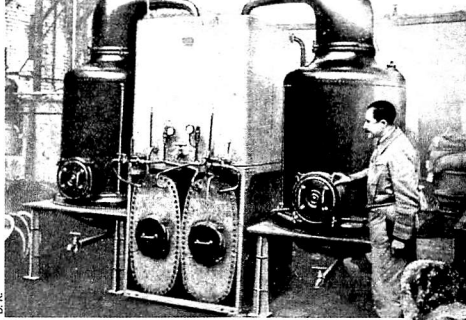


Injection de vitamines pour les vieux manuscrits

«Ce procédé unique en son genre a l'avantage d'arrêter la décomposition du papier due à la perte de protéines et de substances sucrées des fibres naturelles. C'est un prêtre bénédictin, Don Mario Pizutti, qui a découvert ce traitement et l'a appliqué dans son abbaye romaine.»

La préparation de la cocaïne

«Appareil perfectionné pour l'extraction, en une seule opération, de la cocaïne brute en traitant l'eau de macération des feuilles de coca, dans les établissements Poulenc frères. Cette cocaïne entre dans la composition d'un analgésique, la stovaine.»



L'électricité sonne les cloches

«La vieille profession de sonneur de cloches disparaît et, avec elle, le personnage pittoresque immortalisé par Quasimodo et par le sonneur de cloches de Séville. Ainsi veut le progrès (...), qui s'attaque à nos plus chères traditions, pour les emporter en un tourbillon de tempête. L'électricité avait déjà pénétré dans nos églises (...). La voici au clocher sous la forme rigide d'un moteur qui tire sur les cloches pour qu'elles chantent nos joies et nos douleurs.»



Un bureau vraiment pratique pour dactylographe

«Le but des Burodactyls est de permettre de se débarrasser sans effort de l'instrument lourd et encombrant qu'est la machine à écrire, de la faire disparaître d'un geste et, d'un autre geste, de la remettre à portée de la main. La machine à écrire peut être escamotée aussi facilement que l'on jette un crayon dans un tiroir.»

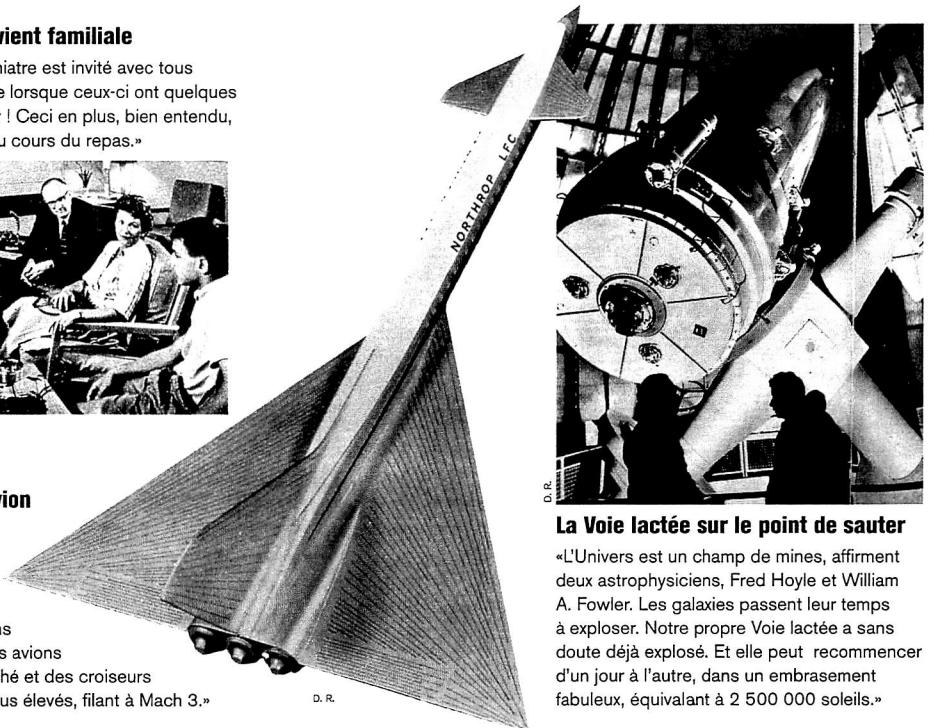
La psychanalyse devient familiale

«Aux Etats-Unis, le psychiatre est invité avec tous les membres de la famille lorsque ceux-ci ont quelques difficultés à se supporter ! Ceci en plus, bien entendu, des tranquillisants pris au cours du repas.»



Deux idées pour l'avion de demain

«Il n'est pas impossible que, d'ici vingt ans, deux catégories complémentaires d'avions de lignes coexistent : des avions subsoniques à bon marché et des croiseurs supersoniques à tarifs plus élevés, filant à Mach 3.»



La Voie lactée sur le point de sauter

«L'Univers est un champ de mines, affirment deux astrophysiciens, Fred Hoyle et William A. Fowler. Les galaxies passent leur temps à exploser. Notre propre Voie lactée a sans doute déjà explosé. Et elle peut recommencer d'un jour à l'autre, dans un embrasement fabuleux, équivalant à 2 500 000 soleils.»

AGENDA

Expositions & Événements

Le festival des fleurs du monde.

La tulipe est originaire de Perse, le bégonia et le pétunia viennent d'Amérique, le géranium d'Afrique du Sud, et le rhododendron et l'azalée sont nés dans l'Himalaya. Elles sont toutes, et bien d'autres encore, exposées du 2 au 5 juillet au Palais des congrès, 2 place de la Porte-Maillot, 75017 Paris. De 10 h à 20 h. Tél. : 1 40 68 24 00.

Hymne au parfum : de passions en mystères, merveille des fragrances... Une exposition organisée par le Comité français du parfum. Du 6 juillet au 8 septembre, au Manège royal, place Royale, 78100 Saint-Germain-en-Laye. Tél. : 1 39 73 83 27.

Fleurs de tabac : un mini-jardin botanique réalisé par l'Institut du tabac de Bergerac. Jusqu'au 25 septembre, au musée-galerie de la Seita, 12 rue Surcouf, 75007 Paris. Entrée libre. Tél. : 1 45 56 60 17.

Planète coquillages : 5 000 coquillages sont présentés par famille : spondyles, latiaxis, peccets, volutes... Ou par origine : Russie, Australie, Japon, Polynésie... Jusqu'au 19 septembre, au musée de la Marine, place du Trocadéro, 75116 Paris. Tél. : 1 45 53 31 70.

Autour du monde : en hommage au géographe Jean Brunhes, un regard sur les réalités du monde. Jusqu'au 27 mars 1994, à l'espace Albert Kahn, 14 rue du Port, 92100 Boulogne. Tél. : 1 46 04 52 80.

Espaces en quatre dimensions : exposition d'hologrammes géants, pour plonger sans vais-



seau spatial dans la Voie lactée. Jusqu'au 4 juillet, à la Casemate, place Saint-Laurent, 38000 Grenoble. Tél. : 16 76 44 30 79.

Rencontres internationales de la photographie : expositions, stages... Du 6 au 10 juillet, 10 rond-point des Arènes, 13600 Arles. Tél. : 16 90 96 76 06.

Fenêtre sur la ville : une exposition consacrée à l'écologie urbaine : espaces verts, faune, flore, pollutions et nuisances de la ville. Jusqu'au 31 janvier 1994, à la Maison de la nature, 9 quai du Quatre-Septembre, 92100 Boulogne. Tél. : 1 46 03 33 56.

VIII^e Festival nature et montagne dans tous les villages de Haute-Maurienne pendant le mois de juillet. Renseignements : District de Haute-Maurienne. Tél. : 16 79 05 90 78.

L'été à la Villette. Les 55 hectares du parc de la Villette s'animent et proposent une autre manière de vivre l'été parisien : expositions, cinémas, ballades et concerts. Du 7 juillet au 30 septembre, 30 avenue Corentin-Cariou, 75019 Paris. Renseignements : 1 40 03 75 03 ou 40 05 80 00, et 3615 Villette.

Congrès international de la biomécanique et ses applications dans le domaine médical. Du 4 au 8 juillet, Convergences, 120 avenue Gambetta, 75020 Paris. Tél. : 1 40 31 01 65.

A la Radio

FRANCE-CULTURE :

Perspectives scientifiques. Du lundi au vendredi de 19 h 30 à 20 h.

– Le 5 juillet : Fibonacci et les plantes, par Michèle Chouchan.

– Les 6 et 13 juillet : L'enjeu des ressources génétiques végétales, par Marie-Odile Monchicourt.

– Le 7 juillet : Les portes de Thanatos, par Emile Noël.

– Le 12 juillet : Le crayon en plastique, par Michèle Chouchan.

– Le 19 juillet : La peau, par Marie-Odile Monchicourt.

– Le 21 juillet : Du radar au micro-ondes, par Anne-Catherine Souchon.

La science et les hommes. Le mercredi de 9 h 05 à 10 h 30.

– Le 7 juillet : La philosophie de l'alchimie, par Pierre Thuillier.

– Le 14 juillet : La cosmogonie est-elle une science ? par Emile Noël et Philippe Boulanger, avec Jean-Pierre Luminet,

chercheur au CNRS, et Christian Magnan, astrophysicien au Collège de France.

Archipel médecine, par Antoine Vial. Un mardi sur deux de 20 h 30 à 21 h 30.

– Le 6 juillet : La thérapie génique.

– Le 20 juillet : Amour et biologie.

RADIO SUISSE ROMANDE

Les choses de la vie. La science à la portée de tous. Emission scientifique animée par Xavier Bloch. Le samedi de 9 h à 11 h.

FRANCE-INTER

Sciences-Inter, chronique scientifique animée par Marie-Odile Monchicourt. Du lundi 5 au vendredi 9 juillet de 15 h 45 à 16 h : Notre peau, reflet de notre intériorité, avec le professeur Jean-Paul Escande et François Dagogner, philosophe et historien des sciences.

BFM - 96.4

Chronique scientifique de Katherine Cooley. Le mardi à 6 h 56, 9 h 23 et 15 h 12.

FRANCE INFO - 105.5

Aujourd'hui l'an 2000, de Bruno Rougier. Le samedi de 8 h 48 à 0 h 48.

Info-science, de Marie-Odile Monchicourt, du lundi au jeudi de 9 h 20 à 0 h 50. Le vendredi de 9 h 10 à 0 h 50. Le dimanche de 5 h 57 à 0 h 57.

A la Télévision

FRANCE 3

Français, si vous parliez, par André Bercoff, à 13 h 30.

– Le 24 juin : Demain, j'arrête de fumer.

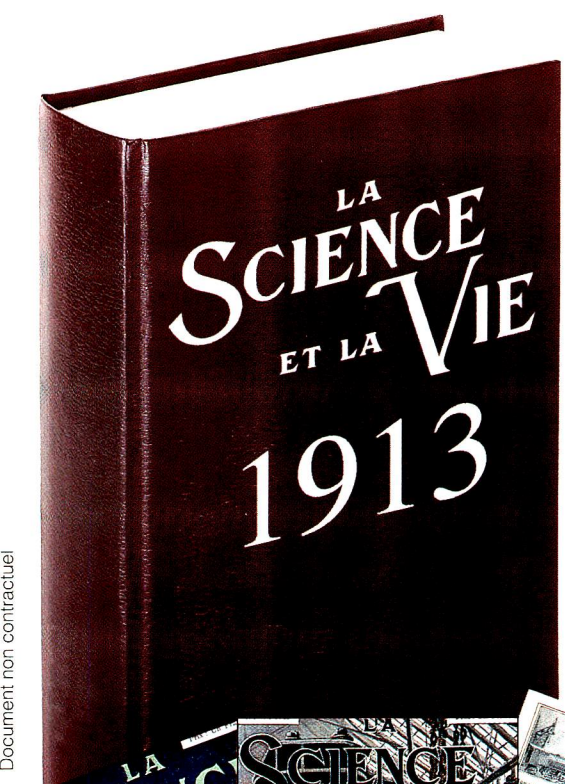
1913-1993 SPÉCIAL ANNIVERSAIRE : OFFREZ-VOUS LA COLLECTION DE TOUS LES NUMÉROS DE 1913 DE LA SCIENCE ET LA VIE ENFIN RÉÉDITÉE EN ÉDITION RELIÉE.

LES 9 PREMIERS NUMÉROS : 1400 PAGES

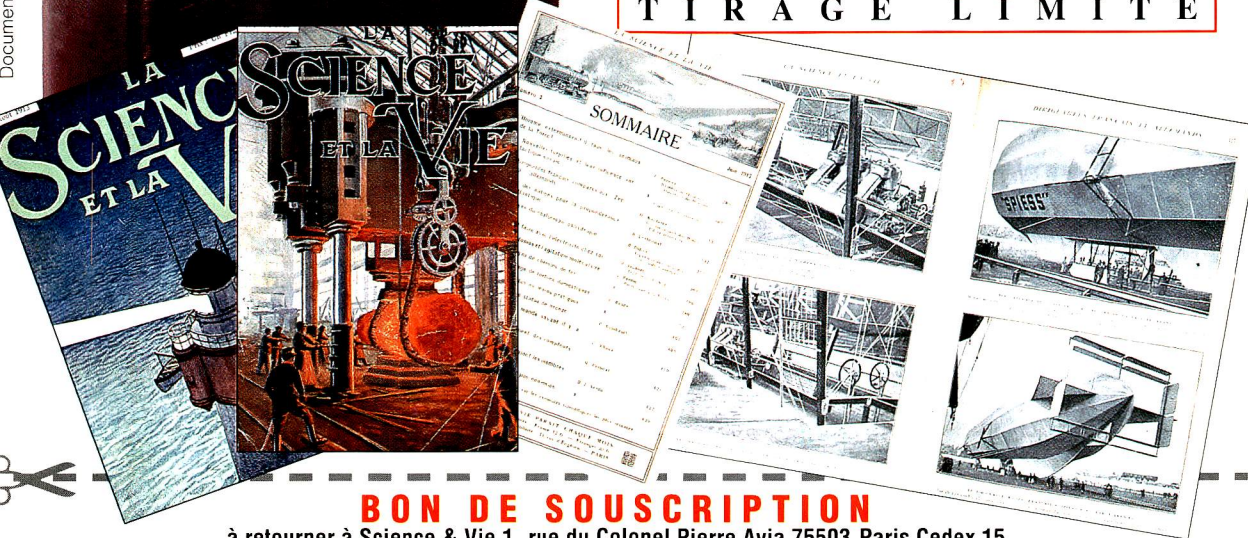
370 F SEULEMENT !

A l'occasion de son 80^{ème} anniversaire, Science & Vie réédite en tirage limité les neuf premiers numéros de LA SCIENCE ET LA VIE parus en 1913. Cette réédition exceptionnelle réunira, en un superbe volume relié façon cuir, 9 couvertures couleurs et 1400 pages de l'actualité scientifique et technique d'une année charnière de notre histoire. Véritable témoin du temps passé cet ouvrage vous passionnera par sa richesse et vous étonnera par l'intérêt historique de ses analyses. Tiré en nombre limité, il vous sera livré, avec son certificat d'origine, directement à votre domicile dès septembre.

TIRAGE LIMITÉ



Document non contractuel



BON DE SOUSCRIPTION

à retourner à Science & Vie 1, rue du Colonel Pierre Avia 75503 Paris Cedex 15

OUI je désire recevoir la réédition en un volume relié plein cuir des neuf premiers numéros de LA SCIENCE ET LA VIE (année 1913) au prix de 370 F (TVA à 5,5%) + 25 F de port.

● Ci-joint mon règlement total d'un montant de 395 F TTC.

J'ai bien noté que la livraison interviendra courant septembre 1993.

Nom _____ Prénom _____
 Adresse _____
 Code postal _____ Ville _____

Si vous êtes abonné à SCIENCE & VIE, merci de nous indiquer votre numéro d'abonné : _____

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.

S&V 910
RC PARIS B 572 134 773



On sert Kronenbourg Aux Bons Amis*



*Aux Bons Amis, 78 rue d'Esquermes 59000 Lille.

L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR LA SANTÉ. A CONSOMMER AVEC MODÉRATION.