MENSUEL • N° 923 • AOÛT 1994

SCIENCE & VIE

LA CORSE EN 3 H

Le TGV des mers

■ La mafia infiltre les réseaux informatiques

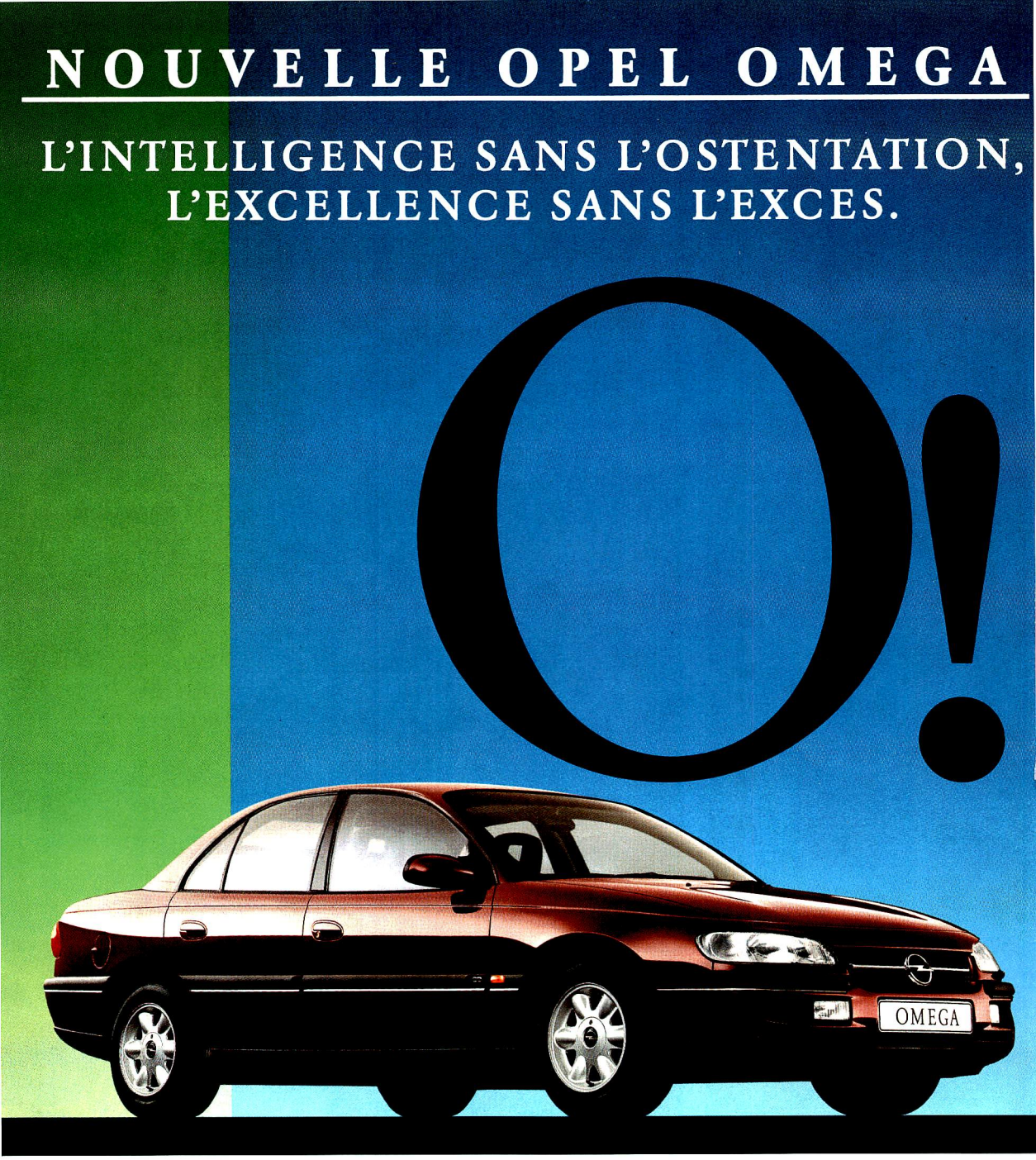
■ Découverte sur l'origine de la vie

SIDA : la nouvelle sexualité des Français

T 2578 - 923 - 22,00 F

NOUVELLE OPEL OMEGA

L'INTELLIGENCE SANS L'OSTENTATION, L'EXCELLENCE SANS L'EXCES.



La nouvelle Opel Omega redéfinit quelques idées qui font oublier l'excès et consacrent l'excellence.

SÉCURITÉ. Deux Grands Airbags Opel* et ceintures actives à l'avant - Doubles barres dans les portières - Freinage ABS.

PROTECTION CONTRE LE VOL. Coupe circuit anti-démarrage - Verrouillage centralisé avec fonction anti-effraction et télécommande.

SILENCE. Nouvelle génération de moteurs - Isolation phonique calculée par ordinateur.

CONDUITE. Système exclusif de suspension multibras - Direction assistée - Boîte de vitesses automatique 4 rapports disponible sur toute la gamme.

VOITURE PROPRE. Gamme de motorisations ECOTEC 2.0i 16v, 2.5i V6, 3.0i V6, conforme aux normes qui entreront en vigueur en 1996.

L'ENGAGEMENT OMEGA.

1. Assistance pendant 3 ans.
2. Voiture de remplacement prêtée en cas d'immobilisation (se reporter aux conditions chez votre concessionnaire Opel).

CHOISIR SON OPEL OMEGA. Berline ou break. Essence ou Turbo Diesel 6 cylindres. 3 niveaux d'équipements. De 149 500 F à 257 500 F.

POUR EN SAVOIR PLUS : 36 68 03 33 (2,19 F la minute).

INFORMATION CONSOMMATEUR :
* Marque déposée - Coussin gonflable de sécurité. Prix publics clé en main maxima conseillés au 02/04/94 - AM 95.

OPEL VOITURE PROPRE — OPEL SÉCURITÉ INTÉGRALE

WorldCup USA94 Partenaire Officiel

OPEL

Des bébés triés sur le volet

Le 22 juin dernier naissait à l'Hôpital américain de Neuilly, Audrey, le premier bébé français issu de la microinjection d'un spermatozoïde dans un ovule (technique ICSI : *Intracytoplasmic Sperm Injection*). Les pouvoirs publics, pourtant prévenus de l'expérience, n'ont pas manifesté la moindre réserve. Les textes de loi sur la bioéthique, définitivement adoptés le jour même de la naissance d'Audrey, n'en touchent mot.

Pourtant, des spécialistes de l'assistance médicale à la procréation, relayés par le Comité national d'éthique, mettent en garde contre les dangers d'une telle technique, malgré son efficacité. Ils réclament une extrême vigilance envers ces méthodes qui tendent à se substituer aux méthodes classiques de fécondation *in vitro*.

Employée couramment aux Etats-Unis et en Belgique, la technique ICSI présente, en effet, la particularité d'utiliser un seul spermatozoïde, déficient, puisqu'il provient d'un homme stérile. Dans les conditions naturelles de concurrence avec des centaines de milliers d'autres, ce spermatozoïde n'aurait jamais pu rencontrer l'ovule. Or, jusqu'à présent, toutes les techniques de fécondation artificielle utilisées en France laissaient jouer les mécanismes de la sélection naturelle.

Mais le véritable danger se profile déjà. Les progrès scientifiques aidant, dans un futur proche, il sera certainement possible d'écarter tout hasard, en sélectionnant les spermatozoïdes fécondant en fonction de critères génétiques, morphologiques, voire raciaux. Quel avenir, dès lors, pour l'homme de demain, façonné selon le bon vouloir de certains ?

Si le rêve du spermatozoïde est bien de rencontrer un ovule, il est à craindre qu'il ne se transforme, pour l'humanité, en cauchemar. Il est encore temps de se réveiller. **S&V**

Au-delà de la naissance d'Audrey, une technique dangereuse pour l'avenir ?

E. Durand

SCIENCE & VIE

Publié par Excelsior Publications SA
Capital social : 11 100 000 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 :
Yveline Dupuy, Paul Dupuy.

DIRECTION, ADMINISTRATION
Président-directeur général : **Paul Dupuy**. Directeur général : **Jean-Pierre Beauvalet**. Directeur général-adjoint : **François Fahys**. Directeur financier : **Jacques Béhar**. Directeur marketing et commercial : **Marie-Hélène Arbus**. Directeur marketing et commercial-adjoint et directeur des ventes : **Jean-Charles Guérault**. Directeur des études : **Roger Goldberger**. Directeur de la fabrication : **Pascal Rémy**.

RÉDACTION
Rédacteur en chef : **Jean-René Germain**, assisté de **Marie-Anne Guffroy**. Rédacteur en chef-adjoint : **Gerald Messadié**. Rédacteur en chef-adjoint : **Gérard Morice**, assisté de **Monique Vogt**. Rédacteur en chef-adjoint : **Jean-François Robredo**. Secrétaires de rédaction : **Françoise Sergent, Nadine Raguet, Agnès Marillier**. Rédacteurs : **Renaud de La Taille, Pierre Rossion, Marie-Laure Moinet, Roger Bellone, Jean-Michel Bader, Didier Dubrana, Henri-Pierre Penel, Marc Mennessier, Isabelle Bourdial, Thierry Pilorge**. Secrétaire : **Paule Darconnat**. Premier rédacteur graphiste : **Gilles Moine**. Maquette : **Lionel Crooson, Elisabeth de Garrigues**. Service photo : **Anne Levy**. Correspondante à New York : **Sheila Kraft, PO Box 1860, Hemlock Farms Hawley PA, 18428 Etats-Unis**.

ONT COLLABORÉ À CE NUMÉRO
Françoise Blondeau, Germain Chambost, Alexandre Dorozynski, Jean-Luc Glock, Hélène Guillemot.

RELATIONS EXTÉRIEURES
Michèle Hilling, Guylaine Brehin.

SERVICES COMMERCIAUX
Abonnements et marketing direct : **Patrick-Alexandre Sarradeil**. Marketing : **Pierre Wavrant**. Chef de produit : **Marie Cribier**. Téléphone vert : **05 43 42 08 (réservé aux dépositaires). Belgique AMP, 1 rue de la Petite-Isle, 10 70 Bruxelles.**

PUBLICITÉ
Excelsior Publicité Interdéco, 23 rue Baudin, BP 311, 92303 Levallois-Perret Cedex, tél. : 1 41 34 82 08. Directeur commercial publicité : **Yves Langlois**. Directrice de la publicité : **Sophie Netter**. Directrice de clientèle : **Isabelle Sommet**.

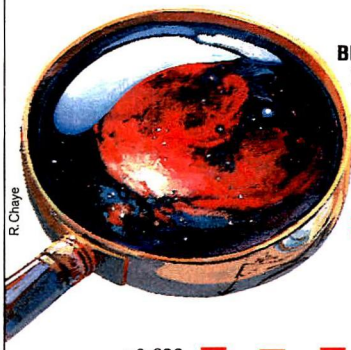
À NOS LECTEURS
Renseignements : **Monique Vogt, tél. : 1 46 48 48 66.** Commande d'anciens numéros et de reliures : **Chantal Poirier, tél. : 1 46 48 47 18.**

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). Tarifs : un an, douze numéros, 242 F ; un an, douze numéros + quatre hors-série, 317 F. Au Canada : Periodica Inc. – C.P. 444, Outremont, Québec, Canada H2V 4R6. En Suisse : Naville, case postale 1211, Genève 1, Suisse. Autres pays : nous consulter.**

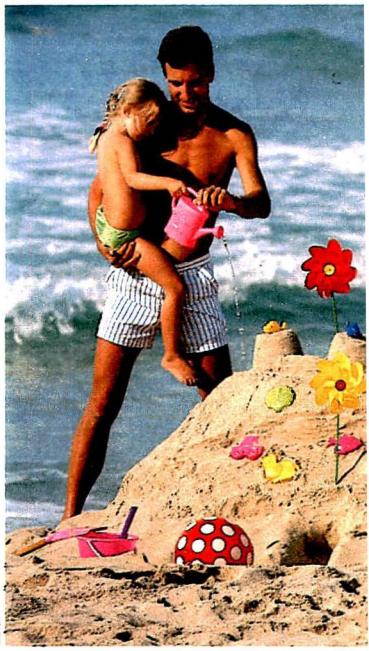
A NOS ABONNÉS
Pour toute correspondance relative à votre abonnement, envoyez-nous l'étiquette collée sur votre dernier envoi. Changement d'adresse : veuillez joindre à votre correspondance 2,80 F en timbres-poste français ou règlement à votre convenance. Les noms, prénoms et adresses de nos abonnés sont 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. La rédaction ne reçoit que sur rendez-vous.
Copyright 1989 *Science & Vie*.

SUPER-DISQUE COMPACT
Un million de pages imprimées : le laser bleu donne au nouveau CD une mémoire d'éléphant !
p. 110

P. Plailly/Eurelios


R. Chaye

BIG BANG OR NOT BIG BANG ?
On a confié l'affaire à Sherlock Holmes.
p. 38


Zefa

n° 923
août
1994

SOMMAIRE

Le TGV des mers est né **32**
Jean-Michel Bader et Gérard Cayeux

ORIGINE DE L'UNIVERS
La dernière enquête de Sherlock Holmes **38**
Ludwik Celnikier

On sait maintenant mesurer les étoiles **50**
Renaud de La Taille

PHYSIQUE À LA PLAGE
Le sable dans tous ses états **56**
Hélène Guillemot

DÉCOUVERTE
Comment la vie est apparue sur Terre **62**
Alexandre Dorozynski

L'ÉTRANGE AFFAIRE DE PHINEAS P. GAGE
Il existerait un "centre moral" dans le cerveau **74**
Gerald Messadié

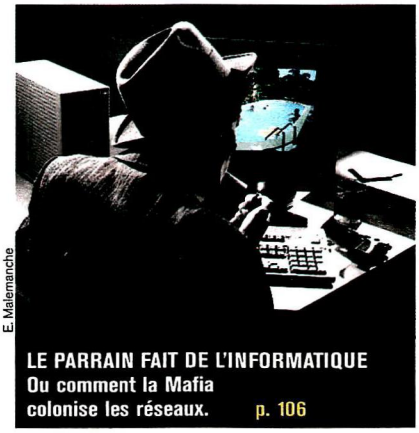
HORMONE SANGUINE
Comment la France gagne... et perd **76**
Pierre Rossion

Dessin de couverture : Claude Lacroix

Recevez Science & Vie chez vous. Votre bulletin d'abonnement est en pages 48-49. Vous pouvez aussi vous abonner par minitel en tapant 3615 ABON.

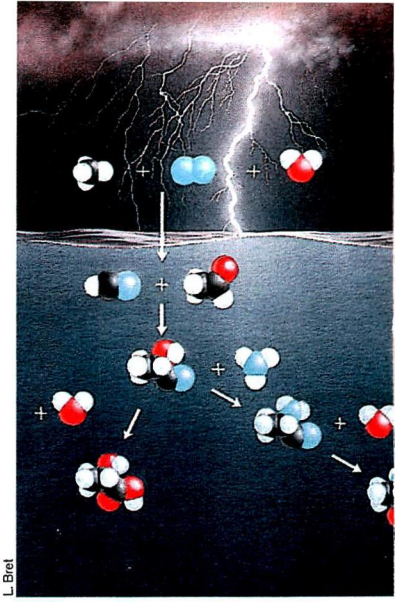
36 15 SCV
Votre journal en direct sur minitel.

JOUEZ AVEC LA SCIENCE
Le sable est une énigme scientifique. Quelques expériences à réaliser sur la plage vous en convaincront. p. 56



E. Malemanche

LE PARRAIN FAIT DE L'INFORMATIQUE
Ou comment la Mafia colonise les réseaux. p. 106



L. Bret

D'OÙ VIENS-TU, LA VIE ?
Du ciel, de l'air, du fond de l'eau ou des entrailles de notre Terre ? p. 62

SIDA
La nouvelle sexualité des Français **78**
André Langaney

Des bactéries dévoreuses de nitrates **86**
Marc Mennessier

MARAIS D'ORX
La nature reprend ses droits **92**
Didier Dubrana

GOLF
Une épave précise son histoire **94**
Robert Sténuit

Un statofusée rustique **100**
Serge Brosselin

TRAVAUX PUBLICS
Le pont des records **102**
Gérard Morice

PRIORITÉ À DROITE
Un archaïsme meurtrier **104**
Arcady Kouznetzoff

La Mafia infiltre les réseaux numériques **106**
Henri-Pierre Penel

CD MULTICOUCHE
Dix fois plus d'informations **110**
Roger Bellone

Le radioguidage européen, ça roule ! **114**
Frédérique Chapuis

L'événement du **MOIS** **1**

FORUM **6**

RECHERCHE **12**
Rubrique dirigée par Gerald Messadié

ENVIRONNEMENT **24**
Rubrique dirigée par Didier Dubrana

INDUSTRIE & INNOVATION **118**
Rubrique dirigée par Gérard Morice

comment **ÇA MARCHE** **126**
Renaud de La Taille

ELECTRONIQUE *amusante* **130**
Henri-Pierre Penel

INFORMATIQUE *amusante* **132**
Henri-Pierre Penel

BIOLOGIE *amusante* **134**
Didier Pol

journal de **L'ASTRONOME** **136**
Yves Delaye

ECHECS *& maths* **140**
Alain Ledoux et Louis Thépault

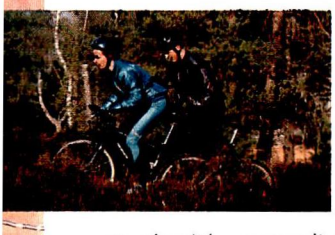
QUOTIDIEN **142**
Rubrique dirigée par Roger Bellone

LIVRES **151**

Science & Vie **IL Y A...** **156**
Marielle Véteau

- Mais qu'est-ce qui me gratte
- Un VTT Décathlon Rockrider

Rockrider 700, Rockrider 700,... ne serait-ce pas le VTT Rockrider de Décathlon conçu pour le raid et la compétition, Abraham ?



Tout à fait, George, c'est celui qui associe résistance et sécurité, commodité et confort d'utilisation.

Est-ce bien celui avec le cadre en acier Columbus EL haut de gamme, léger (10,7 kg*) et nerveux, procurant un meilleur rendement pour une conduite pleine de sensations, Abraham ?

Encore exact, George et pour supporter les pilotages les plus exigeants et les descentes les plus vertigineuses, la fourche est en cromo renforcé.

Très intéressant Abraham, mais sais-tu que le Rockrider 700 est équipé du tout nouveau groupe Shimano Deore XT 94, 24 vitesses, permettant un passage de vitesse souple et précis. Et grâce aux manettes "Rapid Fire Plus", le changement de vitesse s'effectue à l'aide du pouce et de l'index, ce qui permet de sélectionner le rapport de vitesse adapté au terrain, tout en gardant la main sur le frein pour plus de sécurité.

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

Là George, je suis pétrifié d'admiration.

Attends Abraham, ce n'est pas fini. Léger et facile à régler, le jeu de direction Aheadset est en aluminium pour plus de résistance et traité anti-corrosion. Le guidon du VTT est muni de bar ends pour adopter, soit une position aérodynamique dans une descente, soit une position de repos dans un passage plat.

En aluminium ultra léger, cintre du guidon et tige de selle assurent une grande résistance sans pour autant ajouter de poids superflu au VTT. De plus, légère et confortable, la selle est

*10,7 kg sans bar ends et cale-pieds.

PIX / VCL

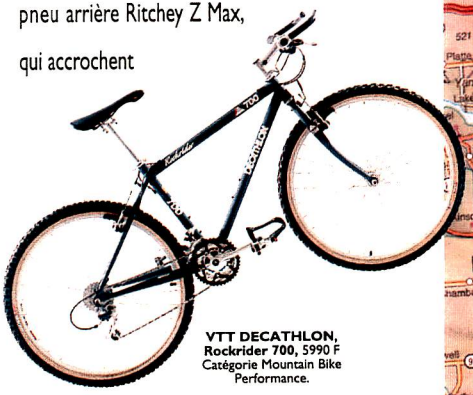
DDB TRADE K + G Kreno + Grafik GmbH Hildebrand's Urlaubsziele USA, Südwestwüste

la tête comme ça, Abraham ? 700, George !

une "Flite Titanium".

Mais aussi, le Rockrider 700 a un boîtier de pédalier étanche à roulements annulaires pour te permettre de traverser des cours d'eau sans avoir à le porter sur l'épaule.

Et enfin, la solidité et la rigidité particulières des roues sont dues aux jantes soudées AT 400 ; de plus direction et propulsion sont différenciées pour une meilleure conduite ; pneu avant Maxxis directionnel et pneu arrière Ritchey Z Max, qui accrochent



VTT DECATHLON, Rockrider 700, 5990 F Catégorie Mountain Bike Performance.

toutes les surfaces comme mon crâne a pu le constater.

Des qualités qui font du Rockrider 700 Décathlon un VTT très performant, idéal pour les vrais passionnés de VTT.

Décathlon fabrique des VTT pour apporter le maximum de performance en fonction de l'usage, sans aucun artifice inutile. Test après test, chaque détail est perfectionné pour améliorer encore résistance et confort d'utilisation.

Décathlon propose également 11 modèles de VTT de l'usage "balade" à l'usage "performance", de 990 F à 7 490 F. Assemblés en France, tous les VTT Décathlon sont livrés avec une notice d'utilisation et d'entretien, une garantie de 5 ans sur le cadre et 2 ans sur les pièces et la main-d'œuvre, et une révision gratuite dans les 3 mois qui suivent l'achat.

VTT

DECATHLON

A FOND LA FORME

FORUM

Mais non, Nessie n'est pas morte, elle vit heureuse à Monaco

Furieuse bordée de reproches de M. M.B., de Monaco, à propos de notre information sur le blurg phénoménal que fut le monstre du loch Ness, Nessie pour les intimes. Nous y rapportions que l'auteur de la farce perpétrée en 1934 finit par l'avouer sur son lit de mort.

«Je ne suis pas un homme de science, mais passionné de cryptozoologie, travaillant depuis 1977 avec cet immense homme de science, que vous ignorez trop souvent, qu'est le Dr Bernard Heuvelmans. Lorsque j'ai lu votre minuscule article paru dans votre revue de mai dernier, j'ai ressenti une immense tristesse. Ne croyez pas que ce soit à l'encontre d'animaux mystérieux peuplant le loch Ness [?], *mais à votre égard. Vous allez là où le vent souffle, vous persévérez dans votre obscurantisme scientifique et statique, et ce n'est pas avec des gens comme vous à la rédaction que les derniers mystères de la vie animale seront percés.»*

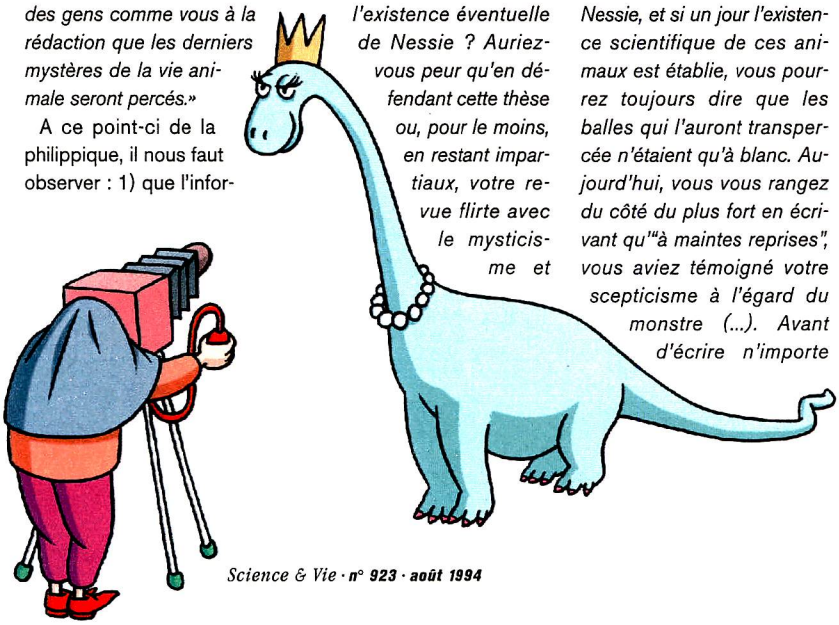
A ce point-ci de la philippique, il nous faut observer : 1) que l'information a fait l'objet de très nombreux articles dans la presse britannique ; 2) que nous ignorons sincèrement ce que pourrait être l'«obscurantisme scientifique» ; "science" signifie "savoir", et si ce lecteur veut dire que le savoir enténèbre l'esprit, nous lui laissons l'entière responsabilité de ses assertions ; 3) que nous ne parvenons pas à imaginer comment «les derniers mystères» de quoi que ce soit pourraient être percés.

«Cette photographie [celle de Nessie, prise en 1934] *est un faux, et alors ? Si vous aviez quelque peu étudié en profondeur l'historique des apparitions de Nessie, vous vous seriez rendu compte que, par le passé, de nombreuses mystifications furent révélées sans pour autant mettre de côté toutes les observations de témoins dignes de foi et qui permettent de croire en l'existence d'animaux lacustres inconnus dans cette région du monde, comme dans bien d'autres du reste. Quel déshonneur serait pour vous de défendre des thèses en faveur de l'existence éventuelle de Nessie ? Auriez-vous peur qu'en défendant cette thèse ou, pour le moins, en restant impartiaux, votre revue flirte avec le mysticisme et que votre raisonnement scientifique soit ébranlé ?»*

1) La photo de 1934, celle qui se révèle donc être un faux, est la principale pièce du dossier de ceux qui croient à Nessie ; 2) des témoins de bonne foi peuvent être abusés dans leurs interprétations et prendre, par exemple, un grand animal marin ordinaire pour un monstre ; 3) nous avons à maintes reprises, depuis des années, expliqué notre scepticisme à l'égard d'animaux tels que Nessie, qui ne pourraient survivre dans un milieu clos comme le loch Ness sans qu'il y ait un nombre suffisant d'individus pour en perpétuer l'espèce. Il existe une science, dite dynamique des populations, qui démontre qu'au-dessous d'un seuil de densité donné, une espèce s'éteint. Il aurait donc dû exister au strict minimum une douzaine de plésiosaures ou autres dans le loch Ness pour que l'espèce survécût. Or, une douzaine de Nessie dans le loch, cela se serait vu.

«Avec ce misérabilisme dont vous faites preuve dans votre article, vous abattez Nessie, et si un jour l'existence scientifique de ces animaux est établie, vous pourrez toujours dire que les balles qui l'auront transpercée n'étaient qu'à blanc. Aujourd'hui, vous vous rangez du côté du plus fort en écrivant qu'"à maintes reprises", vous aviez témoigné votre scepticisme à l'égard du monstre (...). Avant d'écrire n'importe quoi, avant de salir le travail de grands experts en la matière, réfléchissez dorénavant sur la portée de vos papiers.»

1) Nous ne voyons pas en quoi la publication d'un aveu officiel est «misérabiliste» ; 2) ce correspondant reconnaît explicitement que «le plus fort», c'est l'évidence de la fraude ; 3) visiblement, ce lecteur porte une affection considérable à Nessie, et nous regrettons vivement de l'avoir blessé (il parle lui-même de son «immense tristesse»). Nous lui assurerons donc que Nessie se porte bien et vit quelque part du côté de Monaco.



Dessins Finzo

Feuilles vertes contre piqûres d'insectes ?

Question de M. G., de Tulle : *«Ma femme a été piquée à un doigt par un insecte, sans doute une guêpe ou un frelon. Une amie qui travaillait auprès d'elle lui a aussitôt conseillé d'aller cueillir trois feuilles de végétaux quelconques, mais différents, et d'en frotter l'endroit de la piqûre. Aussitôt qu'elle l'eut fait, la douleur s'est estompée et la peau n'a manifesté aucun des symptômes habituels à ce genre d'agression, gonflement, rougeur, démangeaison. Il n'est demeuré de la piqûre qu'une légère trace à peine visible. Comme il ne s'agissait pas de plantes spécifiques, faut-il en déduire que la chlorophylle serait un antidote ?»*

Si elle l'était, il faudrait savoir contre quoi. Le remède que voilà, l'auteur de ces lignes peut en témoigner, est

totalement inopérant contre les piqûres de taons, par exemple. Cela étant, on attribue au suc de nombreuses plantes communes dans nos régions, asphodèle, chèvrefeuille, sureau, lys martagon, sarriette, balsamine, persil, plantain majeur, joubarbe, etc., des propriétés anti-inflammatoires, et il est possible que, par chance, l'épouse du lecteur que nous venons de citer soit tombée dessus. Mais il est bien d'autres plantes qui, en dépit de leur teneur en chlorophylle, risqueraient d'entraîner des réactions pénibles ou graves, l'ortie, la coronille, le laurier-rose, le mouron, le streptote, le muguet, la belladone, la vigne blanche, etc. On n'ose penser à ce qui adviendrait si un profane se frottait une plaie causée par une piqûre d'insecte avec les feuilles d'une plante aussi banale que la parisette...

A la recherche du nombre d'or

M. H.J., de Boulogne, écrit, à propos de notre article "Les spirales aspirées par le nombre d'or" (*Science & Vie* n° 920, p. 48) : *«Vous indiquez que le nombre d'or est la limite de la série convergente de Fibonacci, mais aussi la valeur $\tau = (1+\sqrt{5})/2$. Puis-je vous poser quelques questions concernant ce nombre d'or ? Sur un ordinateur, j'ai poussé ces deux valeurs jusqu'à la treizième décimale avec une concordance absolue (voir feuille jointe). Pouvez-vous expliquer ce qui ne semble qu'une coïncidence fortuite ? Vous indiquez aussi que le nombre d'or a été utilisé dans les cathédrales, à Khéops, par Phidias. En l'appliquant à quoi, et comment intervient-il ?»*

M. A.B., d'Avignon, lui, relève dans l'encadré du même article, page 53, la phrase suivante : «Le nombre d'or s'écrit aussi (entre autres...) : ...» *et pour la quatrième égalité $\sqrt{\tau} + 1$, si l'on retient pour $\tau = 1{,}618\ 033\ 989$ et pour $\sqrt{\tau} = 1{,}27\ 201\ 965$; en calculant $\tau = 1 + \sqrt{\tau}$, on obtient $1 + 1{,}27\ 201\ 965 = 2{,}27\ 201\ 965$ au lieu de $1{,}618\ 033\ 989$, et l'égalité, sauf erreur de lecture ou d'interprétation, n'est pas vérifiée. De même pour la cinquième égalité.*

»Vous écriviez dans votre n° 914, p. 58 : "Ce procédé est fort ancien, et le célèbre nombre d'or $(1 + \sqrt{5})/2$ est ainsi égal à la fraction continue (1,1,1...)", etc. Si possible, et pour pouvoir utiliser cette fraction, je désirerais en connaître quelques termes.»

Rectifions tout de suite l'erreur relevée par M. A.B. : si N est le nombre d'or, on a $N = \sqrt{(1 + N)}$, et non $N = 1 + \sqrt{N}$.

A l'origine, le nombre d'or était lié à la géométrie : c'est le rapport entre les deux côtés d'un rectangle dont les proportions étaient idéales aux yeux des Grecs. On part d'un carré ABCD, et on joint le milieu M de la base AB au sommet C. Le cercle de centre M et de rayon MC coupe AB en E. On complète en F le demi-rectangle DAE. Les relations classiques de Pythagore montrent que les rectangles AEFD et BEFC sont tels que le rapport entre le grand côté et le petit côté est égal au nombre d'or $(\sqrt{5} + 1)/2$. Ces deux rectangles sont des rectangles d'or – bien entendu, on peut partir du milieu de n'importe quel côté du carré de départ pour bâtir les deux rectangles.

Le lien qui existe entre ce nombre d'or, qui est la racine positive de l'équation $x^2 - x - 1 = 0$, la suite de Fibonacci et la fraction continue (1,1,1...) découle de considérations algébriques dont l'exposé nous entraînerait très loin. Bornons-nous à en montrer les aspects les plus simples. La suite de Fibonacci 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21... est telle que chaque terme est la somme des deux termes qui le précèdent, les deux premiers étant ici 1 et 1. Le quotient de deux termes consécutifs de cette suite tend vers le nombre d'or, mais il ne s'agit nullement d'une coïncidence fortuite comme le pense le premier lecteur, M. J. : cela découle de l'équation du terme général de cette suite, comme l'a démontré le mathématicien Jacques Binet en 1815.

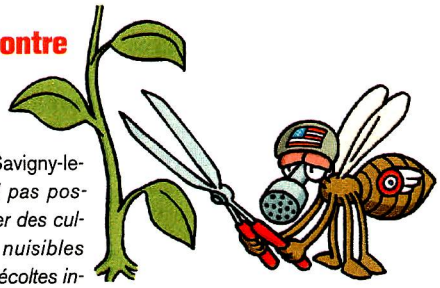
On va d'ailleurs retrouver cette suite avec le développement en fraction continue du nombre d'or sur lequel M. B. aimerait avoir des précisions. Cette fraction continue (1, 1, 1, 1...) est égale à 1+1/(1+1/(1+1/(...+1/(1+1/1)...))). Autrement dit, on part de 1, on en prend l'inverse, on lui ajoute 1, on prend l'inverse du résultat, on lui ajoute 1, on reprend l'inverse et ainsi de suite. On vérifie sans peine qu'on a alors la suite de fractions 2/1, 3/2, 5/3, 8/5, 13/8, 21/13,... On reconnaît là la suite des quotients de deux termes consécutifs de la suite de Fibonacci.

Pour évaluer ces quotients, le plus simple est de prendre une calculatrice programmable. Il suffit d'une quinzaine d'itérations pour avoir le nombre d'or avec six décimales ; avec 27 boucles on en a le double.

En Basic le programme s'écrit X=1 : For i=1 to 15 : X=1+1/X : Next i : Print X.

En Pascal : Program NbOR; Var A:Real ; J:Integer ; Begin A:=1 ; For J:=1 to 15 Do A :=1+1/A; Write(A:0:6) ; Re- ▶

Insectes contre cultures de coca



De M. X.B., de Savigny-le-Temple : *«N'est-il pas possible de développer des cultures d'insectes nuisibles pour détruire des récoltes indésirables, comme celle de coca ?»* Les autorités américaines avaient trouvé le nuisible spécifique du coca : les cultivateurs locaux s'en sont débarrassé avec des pesticides !

36 15 SCV
Vos remarques et suggestions ?
Ecrivez-nous dans la rubrique FORUM.

peat until keypressed; End.

En Hewlett-Packard 28 ou 48 : « 1 1 27 START INV 1 + NEXT ».

Rien n'empêche bien sûr les mordus de pousser ces programmes en multiprécision pour avoir le nombre d'or avec cent ou mille décimales. Pour ce qui est des cathédrales, de la pyramide de Khéops ou du sculpteur Phidias, nous avouerons être incompétents. Nous savons seulement que le Parthénon s'inscrit dans un rectangle d'or.

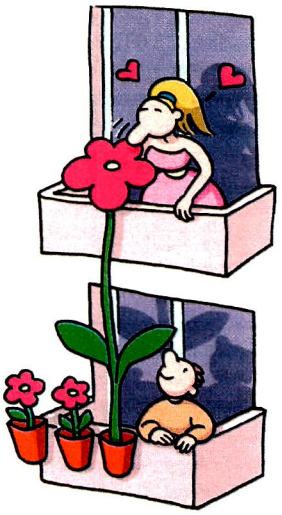
Un cyclamen vraiment singulier

«Voici deux ans, j'ai récolté les graines d'un plant de cyclamen qui m'avait été offert», écrit Mme A.V.L., de Bruxelles.

«Ne connaissant absolument rien à la culture des cyclamens, j'ai semé ces graines "pour voir". Elles ont germé, poussé, et je les ai transplantées quatre fois dans des pots de plus en plus grands. L'année dernière, j'ai eu le plaisir, de juillet à octobre, de voir fleurir magnifiquement onze de mes douze plants. Après la floraison, je les ai mis au repos. Mais il y avait le douzième plant qui, malingre, semblait avoir stoppé son développement. J'ai continué à l'arroser et, il y a un mois, il a repris son activité. A ma grande surprise, il a formé des feuilles d'un diamètre de 15 cm au bout de tiges longues de 35 à 40 cm et quatre fois plus grosses que les tiges habituelles. J'ai actuellement, sur une longue tige, une seule fleur, plus importante et d'un coloris plus appuyé que les fleurs typiques.

»N'étant ni scientifique, ni jardinière, en regardant cette plante bizarre qui n'est arrivée à sa maturité qu'un an après les autres, j'ai constaté qu'elle a développé une forme différente de la plante mère, et je me dis, après avoir relu votre article sur les chaînons manquants (n° 915 p. 58), que j'ai peut-être là une modeste illustration de la théorie des Prs Gould et Chaline.»

C'est, en effet, possible. Toutefois, le fait que ce plant ait mal engagé sa croissance évoque aussi la possibilité que la graine ait été défectueuse ou endommagée, et que l'année de retard ait été consacrée par lui à réparer son ADN. Ce serait alors du fait d'un ADN imparfait qu'il présenterait des caractéristiques anormales. Si ce plant avait été un mutant, il est davantage probable qu'il aurait engagé sa croissance normalement et témoigné immédiatement sa singularité.



L'enfant de 1 800 000 ans qui chambarde l'histoire humaine

De M. M.L., de Paris, à propos de l'enfant de Mojokerto (*Science & Vie* n° 919, p. 90) :

«Dans un premier temps, j'ai pensé que cette nouvelle datation pourrait remettre en cause l'origine unique de l'homme en Afrique... Mais j'ai voulu relire ce que disait il y a dix ans Yves Coppens, dans "le Singe, l'Afrique, l'Homme" : "Lorsqu'on passe la barre des 2 millions d'années, ce sont tout à coup les trois continents de l'Ancien Monde qui répondent aux paléoanthropologues." Et, page 124 : "Les plus anciens restes africains attribués à ce stade morphologique sont sans doute ceux de l'est Turkana ; ils sont datés de 1 600 000 ans ; les quatre dents du comté de Chienshih et les deux dents de Ynannou auraient respectivement deux millions d'années et 1 700 000 ans, la mandibule dite C de Sangiran, à Java, 1 800 000 ans, et les galets taillés de Chilhac, 1 900 000 ans. Et n'oublions pas qu'à raison de 50 à 100 km par génération il ne faut pas plus de 15 000 ans pour aller d'Afrique orientale en Extrême-Orient."

»Or, dans son livre, Coppens défend l'hypothèse d'une origine unique de l'homme en Afrique ; simplement celui-ci ne serait pas parti il y a un million d'années comme beaucoup le disaient récemment (cf. Lewin, "l'Evolution humaine", p. 271), mais il y a deux millions d'années comme le soutenait Coppens.»

Il se pourrait que M. Coppens ait eu raison... sur de mauvaises bases. En effet, la datation du fossile de Mojokerto, ainsi que celle d'un autre fossile à Sangiran, trouvés tous deux à Java, effectuée par la méthode potassium-argon, était entachée d'une très large marge d'erreur (1,9 + 0,5 million d'années). Ces deux datations furent très vivement contestées et, en 1992, par l'étude de la polarité géomagnétique, on leur attribua un âge d'environ un million d'années. Les nouvelles datations, effectuées par la méthode argon 40-argon 39, sont beaucoup plus précises : 1,81 + 0,04 million d'années et 1,66 + 00,4 million d'années. *A priori*, ces estimations paraissent nettement plus fiables. Reste à s'assurer que ces âges sont bien ceux des fossiles et pas seulement des terrains volcaniques dans lesquels ils ont été découverts.

Ces précisions devraient répondre aux questions relatives au même article de M. A.M.P., de Meyzieu.

Placebo : le cerveau qui guérit

De M. T.E., de Royan : *«Votre article a le mérite d'exposer un problème que semblent esquiver la majorité des ouvrages de médecine, spécialisés ou non. Toutefois, il soulève plus de questions qu'il n'offre de réponses. A-t-on répertorié les systèmes organiques sur lesquels le cerveau agit ? A-t-on tenté de*

NOUVEAU MICHELIN 4X4. UNE TENUE DE VILLE POUR COUPER A TRAVERS CHAMPS.

Pour profiter pleinement de votre Tout Terrain, Michelin a conçu le 4x4. Un pneu aux qualités équilibrées pour un meilleur comportement sur routes comme sur chemins.

UNE CONCEPTION NOUVELLE POUR PLUS DE SÉCURITÉ SUR SOL SEC.

Le 4x4, qui associe un nouveau mélange de gomme à une sculpture transversalement plus souple, vous prévient en virage quand d'autres pneus décrochent brutalement. La rigidité de sa structure et de ses pavés aux épaules assure une excellente précision de conduite.

PLUS DE 15 MÈTRES DE LAMELLES POUR AFFRONTER LA NEIGE.

Le 4x4 ne se laisse pas surprendre grâce à sa sculpture à fort taux d'entaillement (360 pavés) et très lamellisée (la plus dense du marché) qui s'inspire de la technologie des pneus hiver mise au point par Michelin.

Le 4x4 est un des quatre pneus de la nouvelle gamme Tout Terrain Michelin. Pour choisir celui qui vous convient, n'hésitez pas à demander conseil à votre revendeur spécialisé.

DISTANCE DE FREINAGE DE 40 À 0 KM/H SUR SOL HUMIDE : -5%*.

Le Michelin 4x4 est conçu pour que vous vous sentiez en parfaite confiance sur routes comme sur chemins, même sous la pluie. Il "assèche" la route grâce à ses canaux qui s'élargissent de son centre à ses épaules et à sa forte densité d'arêtes.

+40% DE PAINS DE GOMME AU SOL POUR MIEUX ADHÉRER DANS LES CHEMINS*.

Le 4x4 vous permet une évasion sans contrainte : 25 pains de gomme en contact permanent avec le sol vous donnent une motricité optimale, même dans une ornière imprévue, grâce à leurs décalages aux épaules.

MICHELIN 4X4. CONÇU POUR VOUS SUIVRE 365 JOURS PAR AN.

*toutes les comparaisons ont été faites par rapport au XM+S 244. ***36 15 MICHELIN*** 1,27F TTC/minute.

suite de la page 8

traiter des tumeurs par cette méthode ?»

Il n'existe pas, à notre connaissance, d'étude systématique des effets dits placebo, ou psychiques, sur le corps. Il n'existe pas non plus d'expériences dirigées sur des tumeurs. Enfin, nous n'envisagions pas de publier un traité sur cette question, qui demeure étonnamment floue et mal explorée, en dépit de phénomènes bien réels enregistrés.

Un clavier intelligent : droit de réponse

Se référant à notre article "Un clavier intelligent", paru dans notre n° 918, p. 127, M. Jean-Charles Lemasson, directeur général de la Sténotypie Grandjean, excipe du droit de réponse pour nous adresser le texte que voici, parce que l'article en question contiendrait, selon lui, *«des erreurs ou des manques de précisions,»* et *«parce que, en voulant faire une comparaison entre le Vélotype et la sténotypie, il tente de discréditer cette dernière par des affirmations gratuites et visiblement non vérifiées.*

»Première ligne de l'article : notion "vitesse de parole", dans cette expression, on peut tout mettre... Il serait plus exact de parler de "vitesse de secrétariat" (30 à 140 mots/minute) nécessaire à la saisie d'un courrier ou d'un article sous la dictée ou en recopie, et de "vitesse de conférence" (210 à 240 mots/minute) nécessaire à la notation in extenso de ce qui se dit dans une réunion (...). Dixième ligne de l'article : notion de "vitesse en dactylographie". Il est indiqué que les meilleurs dactylographes atteignent une vitesse de 300 à 400 signes à la minute, soit 50 à 67 mots/minute selon la méthode officielle de décomptage. On peut donc en déduire que la vitesse moyenne d'une dactylographe se situe plutôt autour de 35 à 45 mots/minute, ce qu'on peut constater facilement en faisant faire un test auprès de quelques secrétaires.

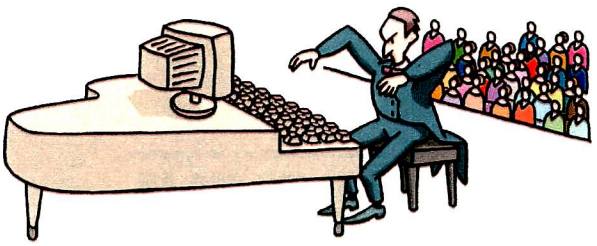
»Seizième ligne : gain de productivité. Etant indiqué que la vitesse de dactylographie peut être doublée, voire triplée, on en déduira que le Vélotype permet d'atteindre une vitesse de saisie de 105 mots/minute pour les moins performants à 201 mots/minute pour les "champions". On est donc loin de la vitesse dite "de conférence" que l'opérateur serait censé atteindre grâce au Vélotype. Huitième ligne avant la fin de l'article : durée de la formation. L'article indique 5 jours pour maîtriser le clavier... Mais il omet d'indiquer le temps nécessaire à l'acquisition de la vitesse de frappe sur Vélotype. Si on se base sur la documentation fournie par la société commercialisant le Vélotype (...) ce temps d'apprentissage n'est quand même pas négligeable : 12 mois pour atteindre 100 mots/minute, 24 mois pour atteindre 120 mots/minute.

»Quant à la vitesse dite "de conférence" (au-delà de 210 mots/minute), toujours en se basant sur la documentation du Vélotype, on voit bien qu'elle ne pourrait (peut-être) être atteinte qu'au bout de nombreuses années d'entraînement, sachant que la seconde année de formation ne permet à l'opérateur que de gagner 20 mots/minute (...).

»Comparaison hasardeuse avec la sténotypie. Première ligne du dernier paragraphe de l'article : fiabilité. Nous ne pouvons laisser dire que la sténotypie n'est pas fiable puisqu'elle permet depuis le début du siècle de noter in extenso la parole à très grande vitesse (210 mots/minute et plus) à la satisfaction des entreprises, organisateurs de colloques, collectivités locales, institutions et tribunaux qui font appel aux sténotypistes de conférence pour produire leurs procès verbaux. Cela voudrait dire que les sténotypistes sont incapables de relire leur saisie sténotypique et qu'elles remettent en plus des travaux truffés d'erreurs. Ce n'est acceptable ni pour cette profession, ni pour l'image que cela donne de la sténotypie. Si l'auteur a voulu faire allusion à la transcription de la sténotypie assistée par ordinateur (TSAO), d'une part il aurait dû le préciser et de l'autre, se renseigner sur les "nombreuses fautes d'orthographe" que la TSAO introduirait selon lui.

»Il serait donc plus honnête de dire que le Vélotype est un excellent outil de saisie sous la dictée ou en recopie, permettant de doubler ou tripler les performances d'un dactylographe moyen.»

Il nous semble que voilà une argumentation considérable pour contester, en fin de compte, une comparaison qui, dans notre article, tenait en trois lignes, les seules où il fut question de la sténotypie. Le droit de réponse pouvait prêter à discussion, le signataire de la lettre et la firme qu'il dirige n'ayant nulle part été mis en cause, mais enfin, nous n'eussions pas voulu être taxés de taire les critiques qu'on nous adresse. Il va de soi que les considérations exprimées dans cette lettre n'engagent que son auteur.



36 15 SCV
Les forums de *Science & Vie*.
Les grands débats de notre société.
Exprimez vos opinions.

Erratum

M. J.F., de Haisnes, signale une erreur dans notre n° 913, p. 18, dans l'article "Le centre de la Terre serait moins chaud que prévu" : *«... "2 000 000 de bars, soit 2 000 hectopascals", écriviez-vous. C'est faux, car 1 bar = 10^5 pascals, donc, 2 000 000 bars = 2. 10^9 hectopascals = 2 milliards ou 2 giga-hectopascals.»*

Comment ça marche : la dynamo terrestre

M. P.P., de Thionville, s'étonne de la permanence du champ magnétique terrestre, entretenu par la circulation du fer en fusion dans le noyau de notre planète (*Science & Vie* n° 918, p. 50). *«J'admet bien volontiers qu'une fois lancée, cette gigantesque "dynamo", comme vous l'appelez, ait une inertie tout à fait colossale, mais les forces de frottement ne peuvent pas être négligées (...). De plus, puisqu'il y a circulation de courant et champ magnétique, il apparaît des forces de Laplace.»* Or, estime notre lecteur, ces forces auraient dû dissiper l'énergie de la dynamo, alors que *«nous assistons à un mouvement qui s'éternise, qualifiable de perpétuel, ce que l'expérience scientifique interdit... »*

La dynamo terrestre est alimentée par une source d'énergie bien connue et qui n'a rien de perpétuel : la chaleur interne de la Terre. Celle-ci provient d'abord de la chaleur résiduelle de la formation de notre planète, mais aussi de sa radioactivité ainsi que de la cristallisation progressive de son noyau, dont la partie solide (la "graine") grossit peu à peu aux dépens de la partie liquide, ce qui dégage une "chaleur latente de cristallisation".

Toute cette chaleur doit s'évacuer du centre de notre planète vers l'extérieur : elle est transportée dans le métal en fusion du noyau par d'immenses courants de "convection thermique". Ces flots de fer en fusion sont la source du magnétisme terrestre : il a suffi d'un faible champ magnétique initial, au moment de la formation de notre planète, pour y créer par induction des courants électriques. La dynamo était amorcée : ces courants induits ont engendré un champ magnétique induit, qui a entretenu les courants électriques, et ce pendant des milliards d'années. Comme le remarque justement M. P.P., la présence de courants électriques et de champs magnétiques engendre des forces électromagnétiques (dites de Laplace) qui s'ajoutent aux forces de convection – et il ne faut pas oublier non plus la force de Coriolis, due à la rotation terrestre. Mais il se trouve que le champ magnétique terrestre existe, et depuis fort longtemps : c'est donc que toutes ces influences se combinent dans les mouvements du fluide métallique, pour précisément entretenir ce champ. Les calculs montrent que ce n'était nullement obligatoire : le champ magnétique aurait pu, dans d'autres conditions, disparaître assez vite (certaines planètes du système solaire n'en possèdent d'ailleurs pas) ; mais le fait qu'il ait subsisté n'a rien d'exceptionnel non plus.

Quant aux forces de frottement, elles sont bien trop faibles pour freiner significativement les mouvements du fluide en fusion : à la température du noyau terrestre, la viscosité du fer est à peu près égale à celle de l'eau, et ne s'oppose guère à la puissance colossale des courants de convection.

A nous, Vitry !

M. G.M., de Vitry-le-François, nous adresse copie d'un texte qui a été lu à l'assemblée générale des anciens élèves des collèges et lycées de Vitry, et également lu et commenté au cours de la réunion publique de la Société des sciences et des arts de cette ville. *«Approuvant l'action inlassable et obstinée que votre revue mène contre les fausses sciences, je crois que vous serez contents d'apprendre que vous n'êtes pas seuls dans ce combat...»*

Le texte, en effet, fait plaisir. Il commence ainsi : *«En 1666, Colbert supprime l'enseignement de l'astrologie à la Sorbonne. Longtemps avant lui, Pétrarque (1304-1374) avait écrit : "Pourquoi, nous qui sommes libres, nous faire esclaves d'un ciel inanimé ?" Kepler (1571-1630) a écrit : "De quoi vous plaignez-vous, philosophe, si une fille que vous jugez folle (l'astrologie) soutient et nourrit une mère sage, mais pauvre (l'astronomie) ?" A cette époque, en effet, l'astrologie nourrissait les astronomes.»*

Nous en appellerons à Vitry, donc, quand nous subirons l'assaut des obscurantistes.

Génétique et racisme

«Vous mettez l'accent sur l'"égalité génétique" de tous les humains,» écrit M. E.H., de Nice ; *«théorie qui, dans l'état actuel de la science, ne peut être mise en doute. Mais qu'en sera-t-il plus tard ? Stephen Jay Gould, dont l'autorité en la matière n'est pas contestée, écrit dans "le Sourire du flamant rose" : "Il se peut, en effet, que des conclusions fondées sur l'observation auxquelles nous sommes parvenus soient un jour remises en cause, comme c'est souvent le cas en science. Nous nous verrions obligés de justifier préjugés et apartheid"...»*

Nous n'avons pas retrouvé cette citation, qui eût dû figurer, nous semble-t-il, dans le chapitre "L'égalité des hommes est accident de l'histoire" de l'ouvrage cité. Elle s'accorde avec le thème de Stephen Jay Gould, selon qui «l'évolution de la vie sur Terre a été modelée par des circonstances fortuites et n'est pas le résultat inévitable et prévisible de lois naturelles simples agissant en dehors de l'histoire». Rien ne permet d'exclure, en effet, qu'on découvre un jour que les Blancs sont inférieurs aux Jaunes, par exemple, selon certains critères. ■

RECHERCHE

Dirigé par Gerald Messadié

V. Hopé et G. Oakley

Aussi charmants que des animaux en peluche quand ils sont jeunes, les hybrides chien-loup peuvent retourner au loup s'ils reviennent à l'état sauvage. En vignette, la "bête des Vosges" telle qu'elle est apparue à la télévision.

Alcoolémie idéale au volant

● Le taux d'alcoolémie maximal tolérable en France a été abaissé, ce mois-ci, de 0,80 g/l, soit 17,4 micromolécules par litre de sang, à 0,70 g/l. Mais des études anglaises indiquent que, pour de larges groupes de conducteurs impliqués dans des accidents, les taux moyens étaient de 8,7 µmol/l, soit 0,40 g/l. Telle est la raison pour laquelle les Anglais envisagent d'abaisser le taux maximal à 0,50 g/l, tout en admettant qu'on ne connaît pas de taux minimal qui n'influencerait pas les réflexes des automobilistes...

Zoologie

Les loups épousent bien les chiens...

La "bête des Vosges" a fait le tour de France à la télévision. Est-ce un loup ? Une louve pleine ? Un chien redevenu sauvage ? Un demi-loup ?

Il faut rappeler que chaque année, aux Etats-Unis, les éleveurs mettent sur le marché 250 000 hybrides de chiens et de loups. La fascination pour ces bêtes est, en effet, très grande. Et mal venue : si ces animaux sont capables de fidélité et d'affection, ils entendent par ailleurs, et cela dès l'âge tendre, imposer leur rang dans la maisonnée – fût-ce à coups de dents – aux humains tout aussi bien qu'aux malheureux chiens qui seraient déjà là.

C'est toujours, en effet, le loup qui prédomine dans l'hybride. Et l'on peut se demander si la "bête des Vosges" ne serait pas un de ces hybrides qu'un voyageur aurait ramené imprudemment en Europe, puis auquel, excédé, il aurait fini par donner la clé des champs.

ET VOICI LE MICRO-SATELLITE ! 60 cm de diamètre ! Il devrait être lancé dans un avenir proche par des bricoleurs de l'université Stanford.

Le plancton, chef du climat ?

● Si l'atmosphère est trop riche en gaz carbonique, les mers se réchauffent et le plancton marin absorbe moins de ce gaz. Ce qui enclenche un cercle vicieux, car le gaz carbonique augmente et l'atmosphère se réchauffe encore plus. Une mission du conseil britannique pour l'environnement (NERC), équipée d'un sous-marin construit par la firme britannique GEC Marconi, l'Archerfish, se propose d'étudier le rôle exact de ces micro-organismes.

Le vin-aspirine

● Une étude du journal médical britannique *The Lancet* avance que l'effet protecteur du vin sur le système cardiovasculaire est dû à ce que cette boisson contient de l'acide salicylique et ses dérivés, 2,3 hydroxybenzole et 2,5 DHB. C'est le vin blanc qui en possède le plus : 30 mg d'acide salicylique par litre, soit le double de la dose quotidienne recommandée contre les accidents cardiovasculaires, dont l'infarctus. Ce n'est pas une raison pour exagérer, évidemment.

36 15
SCV
Plus facile, plus rapide :
abonnez-vous
sur minitel !
(Mot clé ABO, puis ENVOI.)

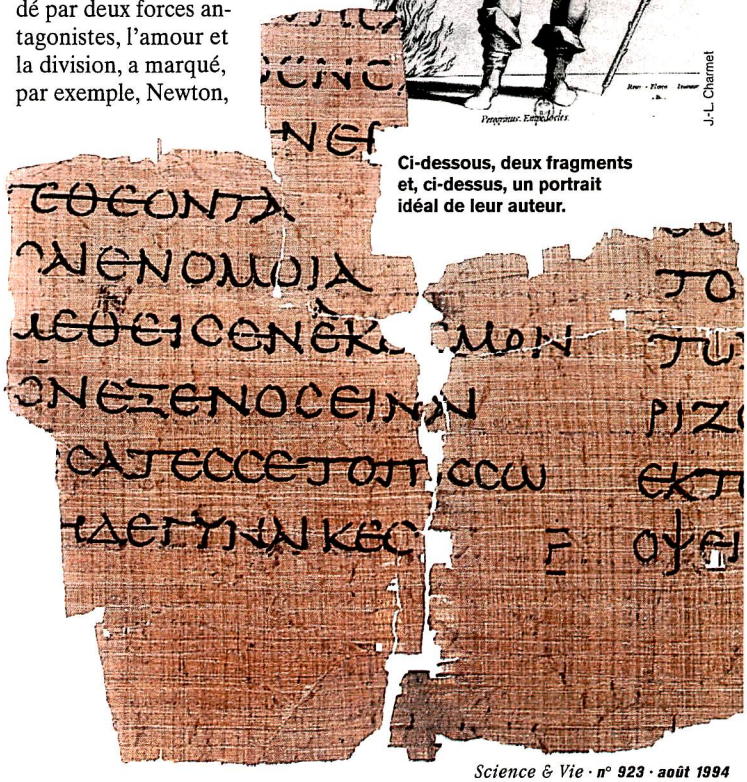
Epigraphie

Quelques vers vieux de vingt-cinq siècles, et les hellénistes frémissent !

Cinquante-trois fragments de papyrus dormaient à la bibliothèque universitaire de Strasbourg. Un épigraphiste belge, Alain Martin, les y retrouve et, au bout de quatre ans d'études, les assemble et les identifie : les textes qu'ils portent sont soixante-dix vers incomplets, dont soixante inédits, du philosophe grec Empédocle (490-430 avant notre ère). Une partie appartient à son poème *Peri physeos* (de la nature), le reste à un autre poème, *Katharmoi* (les purifications). On ne disposait jusqu'ici que de 450 vers d'Empédocle.

La découverte permet d'affiner la connaissance d'un philosophe dont de nombreuses idées ont influencé la pensée occidentale jusqu'au Moyen Age. Sa théorie selon laquelle le monde est commandé par deux forces antagonistes, l'amour et la division, a marqué, par exemple, Newton, qui s'engagea dans ses recherches sur la gravitation universelle avec la conviction secrète que c'était la sympathie qui expliquait l'attraction des corps, fussent-ils célestes.

J.-L. Charmet



BNUS

Ci-dessous, deux fragments et, ci-dessus, un portrait idéal de leur auteur.

Ethique

Cinq milliards de drogués ?

En proposant, il y a trois mois, d'interdire totalement la distribution et la consommation de cigarettes sur le territoire des Etats-Unis, la Food and Drug Administration, équivalent américain du ministère de la Santé, posait une grande question d'éthique médico-sociale, qui intéresse directement tous les gouvernements du monde.

La FDA ajoutait à l'arsenal des arguments déjà connus (dont les risques de cancer) un nouveau point de vue : la nicotine serait assimilable à une drogue suscitant une pharmacodépendance et, comme telle, elle devrait être bannie. Argument que semble conforter l'expérience des fumeurs qui veulent renoncer à leur herbe, et qui n'y parviennent pas en raison de troubles de l'humeur et d'une assez évidente dépendance, mais que l'industrie des tabacs avait toujours récusé.

Coup de théâtre : le 31 mars dernier, le représentant au Congrès Henry Waxman révélait que des expériences sur l'animal, remontant à 1983, avaient bien indiqué la réalité de la pharmacodépendance. Pis : le compte rendu de ces expériences, réalisées par Victor De Noble, alors employé par la firme de tabacs Philip Morris, avait été accepté par la revue *Psychopharmacology*, puis retiré sous l'autorité de l'employeur, Philip Morris, donc. Mauvais coup pour l'industrie des tabacs, dont on venait d'apprendre par ailleurs que les taux de nicotine et de goudrons qu'elle indiquait (et indique encore) sur ses paquets n'ont que des rapports lointains avec la réalité. En effet, les taux en question sont calculés d'après ce qu'en mesure une "machine à fumer", qui aspire la fumée pendant deux secondes une fois par minute jusqu'au bout. Or, d'une part, la machine en question aspire beaucoup d'air avec la fumée, ce qui la dilue, et, de l'autre, même si le papier de la plupart des nouvelles cigarettes et de leurs filtres est percé de micropores qui induisent en principe une aspiration plus abondante, ceux-ci, en réalité, sont souvent obturés par les doigts des fumeurs, ce qui fait que ceux-ci absorbent une fumée plus dense.

H.Deutsch/Slipa Press

La cérémonie du *"five o'clock"* en 1910, une réunion de "shootées" ?

Bref. Les expériences citées plus haut montraient que le rat auquel on donne accès, par une seringue directement implantée dans son corps, à des sources de nicotine, en appuyant sur un levier, actionne celui-ci jusqu'à sept fois de suite pour obtenir une dose correspondant à 30 microgrammes par kilogramme corporel. Mais il s'avère que les conclusions de ce compte rendu n'étaient pas aussi nettes que cela : le nombre de fois que le rat appuie sur le levier diminue aussi bien si le rat a plus de ces 30 mg par kilogramme corporel que s'il en a moins. Le rat opère donc de manière incohérente, il est donc difficile d'extrapoler à l'homme.

Des chercheurs canadiens ([1]) qui avaient fait les mêmes expériences en avaient déduit que la nicotine chez le rat stimulerait un circuit nerveux, dit système mésolimbique.

Mais, en vérité, ces travaux ne surprennent pas grand monde : il y a plus de quarante ans que les études se sont multipliées sur l'effet neurotrope de la nicotine, et des travaux anglais ([2]) ont montré en 1968 que les fumeurs augmentent le nombre de bouffées tirées d'une cigarette si celle-ci est constituée avec un tabac pauvre en nicotine. Incidemment, les accusations de certains selon lesquelles les fabricants

Ce qu'on appelle un clin d'œil !

● Des chercheurs de l'université de Californie ont montré que la première étape de la vision, l'absorption d'un photon par la rhodopsine, se déroule en 200 femtosecondes, soit 200 millionièmes de milliardième de seconde (*Proceedings of the National Academy of Sciences*, décembre 1993).

de tabac ajouteraient de la nicotine à leurs cigarettes semblent fragiles, car ces fabricants ont, au contraire, tout intérêt à ce que les fumeurs fument beaucoup et, donc, à leur donner peu de nicotine. Philip Morris a d'ailleurs intenté un procès demandant la somme faramineuse de cinq milliards de dollars pour faire justice de ces accusations.

Cinq milliards, c'est aussi à peu près le nombre d'habitants de la planète, dont il faut se résoudre à demander si elle n'est pas peuplée de drogués. Car la majeure partie d'entre eux consomme régulièrement soit du thé soit du café, qui contiennent tous deux des substances neurotropes voisines, la théine et la caféine. La caféine, par exemple, a des effets bien connus sur la neurochimie humaine : elle accroît la concentration de la sérotonine dans certaines régions cérébrales (raphé, cortex, cervelet), elle augmente la synthèse de noradrénaline, elle agit sur la sécrétion et le renouvellement de la dopamine, comme la nicotine, elle exerce un effet à la fois stimulant et sédatif, en foi de quoi la dépendance au café apparaît rapidement.

Reste donc à se demander si, en fonction des mêmes critères exactement que ceux que la Food and Drug Administration entend appliquer au tabac, il ne faudrait pas réglementer la vente du "petit noir" et de l'*orange pekoe*. Sans parler, évidemment, des vins et spiritueux. La question n'est pas académique, l'Europe témoignant d'une tendance bien connue à emboîter le pas aux Etats-Unis dans beaucoup de domaines...

On ne peut non plus ignorer que les quatorze années (1919-1933) de la prohibition américaine de l'alcool aient été un échec cuisant et particulièrement néfaste : elles ont surtout servi à développer le gangstérisme, qui, lui, a survécu jusqu'à aujourd'hui. Car on peut craindre que, sur la lancée d'une nouvelle vague d'épuration, les Américains et le reste du monde n'envisagent d'interdire de nouveau l'alcool : il est établi que le métabolisme de celui-ci donne, en effet, naissance à un précurseur de la morphine (la tétrahydropapavéroline). Il nous faudrait donc, après avoir prohibé le cigare, la pipe et la cigarette, détruire nos vignobles, aussi bien qu'il faudra contraindre les savants étrangers qui viennent assister à nos congrès à ne s'exprimer que dans notre langue.

Le ridicule est sûr, et le risque de fabrication de cigarettes clandestines, autrement plus lourdes en goudrons, l'est tout autant. Veut-on réellement en arriver à une société où l'on vend la drogue dans les rues, mais où l'on ne s'exprime que dans sa langue ?

---

(1) William Corrigall et Kathleen Coen, de l'Addiction Research Foundation de Toronto.
(2) Armitage, Hall et Morrison, *Nature*, vol. 217, 1968.

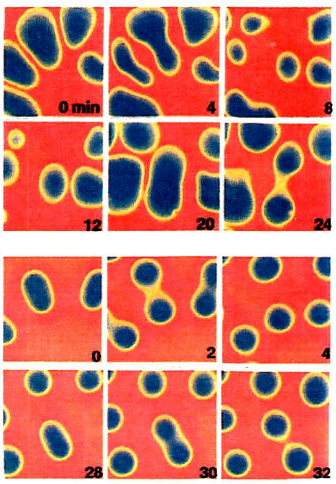
Biochimie

Des réactions chimiques qui se poursuivent toutes seules à l'infini

Prenez un milieu très acide (en rouge sur notre document) et injectez-y des substances de faible acidité : du ferrocyanure, de l'iodat, un sulfure (première image en haut à gauche). Elles vont se réunir et se concentrer et faire des poches, de faible acidité, donc. Elles vont normalement réagir les unes avec les autres, mais, si la tache qu'elles forment est trop grande, la réaction ne pourra pas être entretenue, ces substances étant trop éloignées les unes des autres. La poche va donc se rompre (8e minute). A partir d'un certain moment, il n'y aura plus que de petites poches, qui vont réagir entre elles (20e minute), ce qui entraîne une élongation de ces poches, puis se fragmenter à nouveau, à la manière des cellules vivantes qui se divisent (24e minute). Et ainsi de suite, quasiment à l'infini.

Ces réactions rappellent évidemment des systèmes biologiques vivants. Elles vérifient une théorie d'un mathématicien mort il y a plus de quarante ans, Alan Turing, selon qui les mécanismes biologiques suivaient des schémas mathématiquement prévisibles. De fait, Kyoung-Jin Lee, de l'université d'Austin, au Texas, a reconstitué ces réactions sur ordinateur (deuxième série d'images) et il en établit actuellement les structures mathématiques. Ce chercheur entend démontrer expérimentalement, dans un proche avenir, que les bactéries, quand elles se constituent en colonies, suivent des structures géométriques.

Tout cela n'est pas exactement la vie, et les substances de faible acidité n'ont pas encore donné naissance à du tissu vivant. Mais enfin, il faut relever que les ressemblances sont troublantes.



J. Pearson/ Los Alamos Nat. Lab.

Des gouttelettes inorganiques qui imitent la vie.

Biologie

La protéine de l'immortalité...

Pourquoi les cellules cancéreuses se multiplient-elles indéfiniment, *in vitro*, comme si elles ignoraient la mort ? Cette immortalité serait liée à la synthèse d'une enzyme particulière, la télomérase, une protéine absente dans les cellules normales, comme viennent de l'établir des chercheurs de l'université McMaster (Ontario, Canada), dirigée par le Dr Calvin Harley.

Normalement, les cellules saines ne peuvent se diviser qu'une cinquantaine de fois, après quoi, elles meurent. Cette mort programmée serait liée à la structure particulière des extrémités des chromosomes, appelées télomères. Ceux-ci contiennent, en effet, une série de gènes identiques, dont le rôle est analogue à celui des bouts métalliques qui terminent les lacets de chaussures pour les empêcher de s'effilocher. Au fur et à mesure des divisions cellulaires, les gènes des télomères sont progressivement éliminés, et, quand il n'y en a plus, la lignée cellulaire meurt. C'est ce que les biologistes appellent la sénescence cellulaire.

Selon nos chercheurs, la télomérase empêcherait les gènes des télomères d'être éliminés ; aussi envisagent-ils d'inhiber la synthèse de cette enzyme, pour obliger les cellules cancéreuses à mourir.

Un médicament contre les attaques

● Quand un caillot de sang bloque un vaisseau sanguin cérébral, il interrompt l'alimentation des cellules voisines en oxygène ; celles-ci meurent et lâchent du glutamate, neuromédiateur qui induit d'autres cellules, non affectées par le caillot, à absorber trop de calcium, ce qui les tue également. C'est ainsi qu'une attaque cérébrale cause tant de dommages et finit par tuer. Un nouveau médicament, encore expérimental, copiant l'action d'une drogue très dangereuse, la "poudre d'anges" ou phencyclamine, bloque, lui, l'action du glutamate en saturant ses récepteurs, ce qui limite beaucoup les dégâts. Appelé Selfotel et financé par la firme Ciba-Geigy, ce médicament présente les mêmes inconvénients que la drogue, hallucinations et paranoïa, mais ils sont bien secondaires, cette fois, étant donné l'enjeu.

... et du gène de l'horloge de la vie

L'homme, comme tous les mammifères, est soumis à des rythmes, dits circadiens, qui l'obligent à dormir et à s'éveiller de façon régulière. On a déjà découvert chez la drosophile le gène gouvernant cette horloge interne. Reste à le trouver chez l'homme. L'équipe de Joseph Takahashi (université Northwestern, Washington) l'a déjà détecté sur la cinquième paire de chromosomes de la souris, mammifère relativement proche de l'homme.

Ce gène, chef d'orchestre virtuel d'autres gènes, a été découvert en plaçant en permanence dans l'obscurité profonde un lot de trois cents souris, qui, normalement, sont des animaux nocturnes. Les chercheurs ont alors constaté que 299 d'entre elles manifestaient une activité intense, toutes les 23,7 heures, en moyenne, alors que l'une d'entre elles ne s'activait que toutes les 24,8 heures. Cette souris avait un rythme circadien plus lent, lié à la mutation d'un gène qui s'est avéré être celui des rythmes circadiens.

En renouvelant l'expérience avec d'autres souris, on a pu sélectionner des animaux présentant cette même particularité. Après les avoir croisés entre eux, on a obtenu des individus possédant le gène mutant en double exemplaire (homozygotes). Etonnant : le rythme circadien de cette lignée de souris, placée dans des conditions normales, est de quatre à cinq heures plus lent que celui des souris au gène normal. En revanche, quand ces souris-là étaient confinées dans l'obscurité, elles n'avaient plus de rythmes circadiens du tout, comme si leur horloge interne s'était tout à fait détraquée.

Ce gène de souris correspondrait à un gène situé sur la quatrième paire de chromosomes de l'homme. Il serait vraisemblablement impliqué dans l'insomnie et dans certaines formes de dépression. Cette découverte pourrait conduire, selon Takahashi, à la mise au point de médicaments capables de remettre à l'heure l'horloge interne. P.R.

36 15 SCV
Questions/réponses à la rédaction.
(Sous 24 h ou 48 h, selon complexité.)

Cosmologie

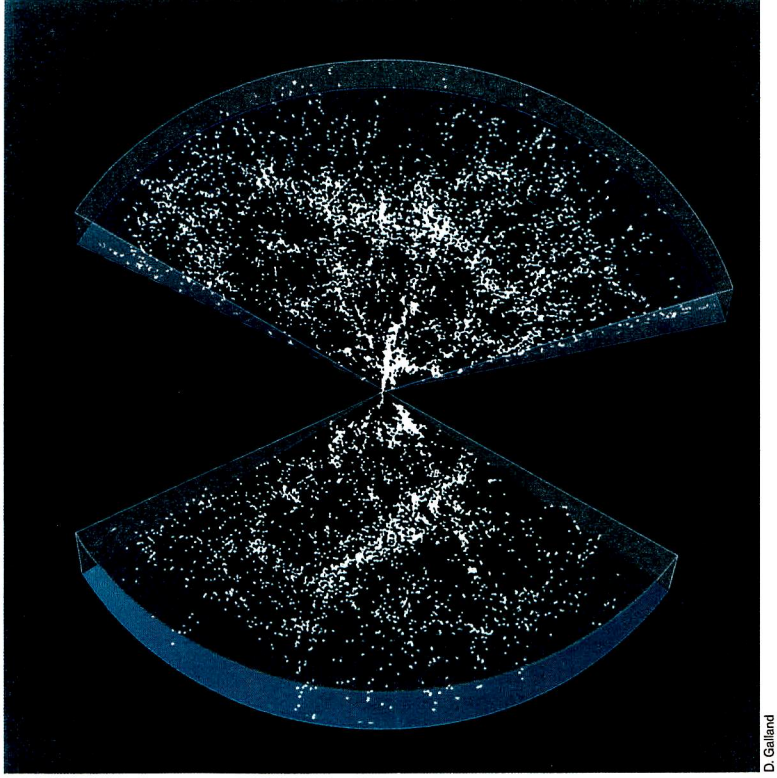
L'Univers est parcouru de grands murs

Selon un des principes de la cosmologie, l'Univers est homogène à grande échelle. Or, plus on regarde loin dans le ciel, plus les structures sont disparates et surprenantes. En 1986, une équipe franco-américaine avait révélé que les objets visibles depuis l'hémisphère Nord s'agençaient à la manière d'une éponge ou de bulles de savon (des vides entourés de galaxies). Une particularité avait retenu leur attention : une enfilade sur 150 millions d'années-lumière d'une structure uniforme baptisée le Grand Mur. Restait à jeter un coup d'œil de l'autre côté du ciel, depuis l'hémisphère sud.

C'est ce qu'a fait une équipe d'astronomes dirigée par le brésilien Luis da Costa, depuis l'observatoire de Cerro Tololo, au Chili, en piquant méticuleusement dans le ciel près de 3 600 galaxies. La technique qui consiste à mesurer la distance de chaque objet en fonction du décalage vers le rouge de sa lumière (plus le spectre est décalé, plus la source est lointaine) a permis de mettre au jour un Grand Mur du sud aussi long et imposant que son vis-à-vis du nord. Question : comment de telles structures ont-elles pu se former ? Réponse : on n'en sait rien.

En effet, à supposer que la soupe originelle de matière ait été relativement homogène et que les structures agglomérées que l'on connaît bien (étoiles, galaxies, amas et super-amas) aient eu le temps de se former par regroupements successifs (attraction gravitationnelle), les quinze milliards d'années de l'Univers ne sont pas suffisantes pour laisser se bâtir les Grands Murs.

Moins on comprend, plus on explore : de nouvelles cartographies, plus précises et profondes, sont déjà en cours de réalisation. En espérant que, par accumulation, l'explication s'imposera d'elle-même ou qu'une idée lumineuse surgira entre-temps. J.-F.R.



D. Galland

Des milliers de galaxies alignées constituent deux grands murs (dans l'hémisphère Nord et dans l'hémisphère Sud) dont la formation est inexplicable.

Quel journal lisez-vous ?

«La margarine tue !» - «Comment pouvez-vous raconter de telles bêtises ?»

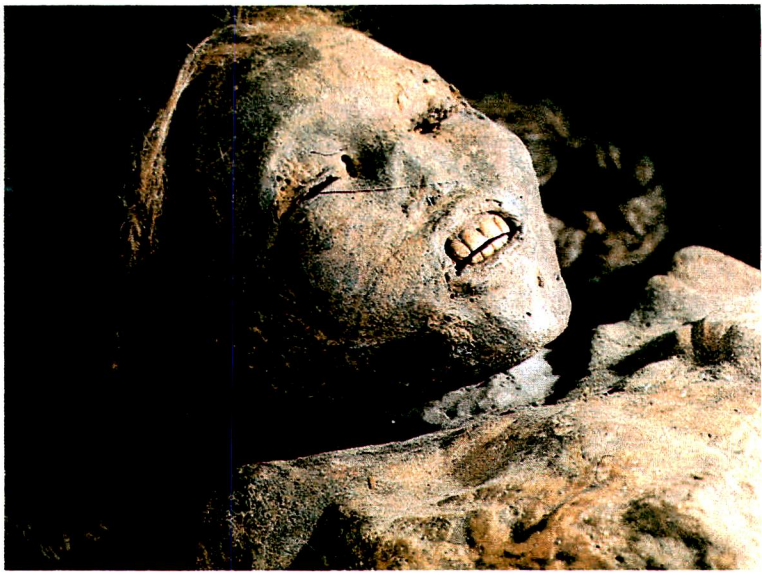
La margarine fut longtemps conseillée à ceux qui voulaient éviter une surcharge en cholestérol. Puis, tout change, et, il y a quelques semaines, des chercheurs de l'université Harvard rapportent qu'on y trouve des acides transgras qui seraient responsables d'une trentaine de milliers de morts par an, à la suite d'accidents coronariens. Ces acides sont présents, disent-ils, dans les graisses végétales hydrogénées. L'*American Journal Public Health* publie rapidement un article demandant aux producteurs de margarine et autres graisses végétales d'indiquer sur leurs emballages les taux d'acides transgras de leur marchandise.

Colère de Nancy Ernst, responsable de l'alimentation au National Heart, Lung and Blood Institute de Washington : «On ne sait pas combien les Américains consomment en moyenne d'acides transgras et, de toute façon, on sait que leur consommation de ces éléments est irrégulière. Comment peut-on donc proférer de telles accusations ?»

On en est donc au même point, sauf que le discrédit a été jeté sur la margarine.

Anthropologie

Les Chinois blonds du Xinjiang



Xinhua/Chine nouvelle/Gamma

Chinoise à coup sûr, et mystérieusement blonde.

Quatre sites funéraires de Chine entre le Tian Shan et le désert du Taklimatan, dans la province occidentale du Xinjiang, donc, ont livré depuis 1978 cent treize momies en excellent état de conservation. Ces momies remontent à 3 200 ans avant J.-C., soit 1 200 ans avant notre ère. Ensevelies dans des vêtements de vives couleurs, elles étonnent les anthropologues, parce que leurs cheveux sont blonds ou châtains. Les crânes dolichocéphales (allongés), les yeux non fendus et les lèvres relativement charnues sont des caractéristiques d'individus d'origine caucasoïde.

L'absence de textes de quelque sorte que ce soit laisse les anthropologues perplexes. Les hauts couvre-chefs coniques retrouvés sur les momies évoquent les récits guerriers de Darius 1er qui, en 520 avant notre ère, remporta une victoire sur "les Sakas aux chapeaux pointus". Les textiles, tissés en chevrons, ont été définis comme réalisés selon des techniques spécifiquement européennes. Des fragments de roue en bois indiquent que la civilisation à laquelle appartenaient les momies savaient construire des chariots. Etant donné que la domestication du cheval et son emploi comme bête de trait est originaire de l'Oural, il semble, pour le moment, raisonnable de penser que la population à laquelle appartenaient ces momies venait elle aussi de l'Oural.

Leur présence aux confins de l'actuelle Europe n'a rien d'extraordinaire en elle-même : la région où on les a trouvées coïncide avec les anciens itinéraires de la Route de la soie.

Nomades ou semi-nomades, il reste à leur trouver une place dans les populations connues du monde préhistorique. Certains chercheurs évoquent à ce propos l'existence d'une langue indo-européenne disparue, le tokharien, qui survécut jusqu'au IIIe siècle de notre ère. Parlé dans le Turkestan chinois pendant le premier millénaire, il comporta deux branches, le tokharien A, ou tourfanien, sorte de langue morte de l'époque dont les monastères bouddhistes de Tourfan ont conservé des textes, et le tokharien B, ou koutchéen, parlé dans les régions du Tourfan et de Koutcha.

Sakas, Scythes, Cimmériens, Mèdes ou Tokharoi, le choix finira par se rétrécir.

Médecine

Tête de cochon, mais cœur d'homme...

Voici une parenté inattendue : des chercheurs de l'université de Cambridge ont réussi, par manipulation génétique, à créer des porcelets dont les cœurs sont recouverts de protéines d'origine humaine. Dans trois ans, lorsque les cochons auront atteint leur taille adulte, leur cœur ainsi que d'autres organes pourraient être greffés sur l'homme, sans provoquer le rejet du greffon qui se produit après la transplantation de tissu d'une espèce à une autre.

Cette nouvelle source d'organes viendrait à point : en Angleterre comme en France, le nombre de prélèvements a sensiblement baissé depuis trois ans. En France, le nombre de transplantations effectuées a atteint un maximum de 3 572 en 1991, pour s'abaisser à 3 220 en 1992 et 3 180 en 1933. L'année dernière, 195 patients en attente d'un cœur, d'un poumon, d'un foie ou d'un rein sont morts avant qu'un organe compatible ait été trouvé. Le premier trimestre 1994 accuse une baisse encore plus prononcée : un tiers en moins que pendant la même période de l'année précédente.

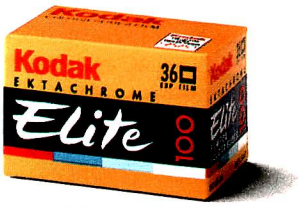
Il y a des choses qui ne se font pas. Comme forcer un éléphant à faire des pitreries. Ou imprimer une diapositive Kodak Elite dans un magazine. Parce qu'il n'y a vraiment qu'une projection sur écran pour rendre justice aux étonnantes qualités de la diapositive Kodak Elite. Et ce n'est certainement pas dans les pages d'un magazine que vous vous rendrez compte de la finesse de grain, de la saturation des couleurs et de la précision que permet la technologie Grain T appliquée au film inversible. Car le film Kodak Elite redéfinit tout simplement les normes de qualité en matière de diapositive couleur, tant en 50, 100, 200 qu'en 400 ISO.

MONTRER LES QUALITÉS D'UNE DIAPO KODAK ELITE SUR CETTE PAGE SERAIT AUSSI ABSURDE QUE D'Y FAIRE TENIR UN ÉLÉPHANT.

Photo TYEN - Photothèque ANA.

Et ce serait faire injure aux qualités du film Kodak Elite que de prétendre les montrer sur support imprimé. Essayez le film Kodak Elite. Projetez-le. Vous verrez, la différence est énorme. Eléphantesque, oserions-nous dire.

Kodak. Toujours un déclic d'avance.



Film Kodak Elite : la diapositive ne sera plus jamais la même.

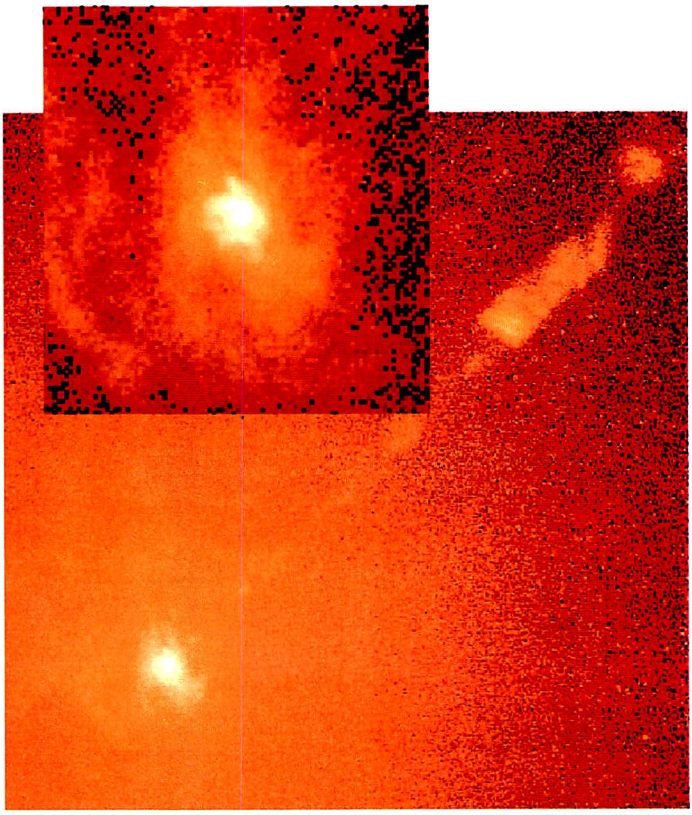
Astronomie

Un trou noir, enfin !

On le cherchait par ici, il est apparu par là. Le trou noir, ce monstre du Loch Ness cosmique, a enfin montré le bout de son nez. Si l'on en croit les astronomes de la NASA, le télescope spatial *Hubble* en a formellement identifié un, tapi au centre de la galaxie M 87, à 52 millions d'années-lumière de nous, dans la constellation de la Vierge. En fait, ici encore, l'observation est indirecte puisqu'un trou noir a pour particularité de ne pas rayonner mais, au contraire, d'avaler tout ce qui passe à sa portée (matière, lumière). Seulement, cette fois, *Hubble* a permis de mesurer avec précision la dynamique physique de l'environnement proche du point suspecté.

L'objet étudié est en réalité un disque de gaz chaud (10 000 degrés kelvin) et ionisé. Grâce aux mesures du décalage spectral des particules du gaz, il a été mis en évidence qu'une extrémité de ce tourbillon s'éloigne de la Terre à la vitesse de 550 km/s et que l'autre s'en rapproche à la même vitesse. Or, pour faire tourner aussi vite un tel nuage de gaz, il faut que l'attracteur central soit équivalent à quelque 3 milliards de Soleils.

Une place toute chaude pour le trou noir, puisque ces objets, véritables cannibales cosmiques, sont proprement insatiables et ingurgitent sans espoir de retour tout ce que leur attraction gravitationnelle leur permet d'attirer. La machine accroît ainsi sa masse, son champ d'action, tout en accélérant et chauffant les particules environnantes. Ainsi l'ionisation du nuage d'hydrogène (la perte de son seul électron) peut s'expliquer par les effets du rayonnement très énergétique de ses couches les plus proches du trou noir, très accélérées juste avant de tomber dans le gouffre sans fond.



NASA

Un nuage de gaz (ici, vu par *Hubble*) tournant à plus de 550 km/s autour du cœur de la galaxie M 87 est un indice très fort en faveur de la présence d'un trou noir dont la masse atteindrait quelque trois milliards de fois celle du Soleil.

Cette première confirmation de la prédiction phare de la relativité générale (la théorie de la gravitation) n'est pas à proprement parler une surprise. Depuis 1917, les astronomes ont remarqué l'intense activité du cœur de M 87. La découverte, en 1950, d'un jet de matière propulsé depuis le centre (que l'on voit aussi sur l'image de *Hubble*) avait mis les enquêteurs sur la piste du trou noir. Il s'agirait du "champ du cygne" de la matière qui juste avant d'être avalée produit un jet d'électrons spiralés s'enfuyant à des vitesses proches de la lumière.

D'autres candidats trou noir existent dans le ciel. Il reste à *Hubble* à pointer sa toute nouvelle optique dessus pour dresser enfin la carte des monstres de l'Univers. J.-F.R.

L'eau potable dangereuse pour les sidéens ?

● Un grand nombre de malades du sida présentent une infection opportuniste singulière causée par une mycobactérie, *Mycobacterium avium*. Une étude récente (*The Lancet*, 7 mai 1994) révèle qu'on a trouvé la souche de cette mycobactérie dans l'eau potable qu'utilisaient les malades. Cette eau provenait de canalisations d'eau chaude en milieu hospitalier. Le mode d'infection évoque de près celui de la *Legionella pneumophila*, responsable de la maladie des légionnaires.

Un distributeur de préservatifs, pour les rencarts tardifs, un comptoir en zinc, patiné par les ans c'est l'Adelscott au Piston Pélican.

préservatifs

Au Piston, 15 rue de Bagnolet à Paris. On y sert aussi l'Adelscott.

ADELSCOTT

UNE BIERE UNIQUE AU MALT A WHISKY

L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR LA SANTÉ.

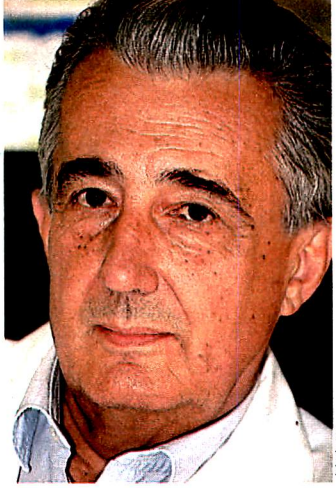
Pharmacologie

Le BP100, un faux remède contre le sida ?

Le Pr Beljanski avait un remède contre le sida. Il ne l'a plus. Nous avons exposé l'affaire (*Science & Vie* n° 914, p. 74), aussi objectivement que possible. Ancien "pastorien", Beljanski fabriquait le PB100 à base d'extraits d'écorce de *Pao pereira*, un arbre du Brésil, auquel il attribuait des vertus curatives de cette maladie. Mais il refusait de se plier aux règles que doit subir tout produit pour obtenir le statut officiel de médicament. Et, jusqu'ici, le PB100 était vendu sous le manteau.

Une expertise effectuée en aveugle par le Pr Jean-Marie Andrieu, directeur du laboratoire d'immunologie des tumeurs à l'hôpital Laennec, à Paris, avait fait l'objet de deux rapports, datés du 5 mai et du 24 novembre 1992. Le Pr Andrieu concluait le second en ces termes : «Dans le premier rapport, nous avions observé l'inhibition par le produit H [nom de code du BP100] de l'infection de cellules humaines contaminées par le virus du sida VIH 1. Dans cette seconde étude, nous avons démontré que la multiplication du VIH 1 a été inhibée avec un pourcentage de 60 à 100 µg/ml du produit H. Cette concentration est de deux à quatre fois inférieure à celle qui tue les cellules.» Joint au téléphone, le Pr Andrieu nous avait alors dit textuellement : «Les effets de ce produit sont vraiment remarquables.» A l'époque, le Pr Andrieu ignorait que le produit H était le PB100 du Pr Beljanski.

Afin de tirer l'affaire au clair, le 10 décembre 1993, le directeur général de la Santé demandait à l'ANRS (Agence nationale de recherche sur le sida) de procéder à l'expertise du PB100, afin de déterminer s'il était doté d'une activité antivirale contre les virus du sida. Les études conclurent à la toxicité cellulaire du produit et à une activité antivirale non spécifique, à des doses toxiques. Elles firent l'objet d'un rapport de la direction générale de la Santé, publié le 16 juin 1994.



J. Lebeau

Le Pr Beljanski a mis au point un produit anti-sida... très contesté.

Là où le bât blesse, c'est que le rapport dit que ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par le Pr Andrieu, ce qui est inexact.

Mais ce qui est encore plus déconcertant est que ce dernier, ne craignant pas de se contredire, va lui aussi dans ce sens, quand il écrit dans ce même rapport : «Il a été observé un effet d'inhibition direct sur les virus incubés avec le produit. Cet effet inhibiteur est observé à des concentrations de 60 µg/ml, proches malheureusement de la dose toxique.» Enfin, on rappellera que l'AZT n'est pas lui non plus dénué de toxicité, puisqu'il entraîne des effets secondaires non négligeables comme l'anémie.

Quand on sait combien Beljanski sent le soufre, on déplore que les études menées par l'ANRS n'aient été faites en aveugle. On nous permettra quelque réserve. P.R.

Automobile

Les lauréats du concours *Science & Vie* - Mondial de l'Automobile

Le vendredi 17 juin dernier, le jury du concours "Imaginez la voiture de vos rêves", organisé par *Science & Vie* et le Mondial de l'Automobile, tenait ses délibérations finales. Vingt-six dossiers avaient été retenus par Laurent Rossi (PSA), Marc Pinson (Citroën), Antony Grade (Renault), Eric de Pauw et Thierry Hesse, commissaire général du Mondial de l'Automobile.

Y participaient également notre président-directeur général Paul Dupuy, Marie-Hélène Arbus, directeur marketing et commercial de notre journal, le pilote Jean-Pierre Beltoise, le couturier et créateur André Courrèges, son attachée de presse Marie-Dominique Barbier, les directeurs de la communication de Citroën, Renault et Peugeot, respectivement Nathalie Doutraleau, Jean-Marie Montoriol et Arnaud de Minvielle, ainsi qu'Alain Thomas, représentant de la Fédération des équipementiers.

Les trois heureux lauréats sont Claude Yviquel, technicien dans un bureau industriel, Pascal Fouquereau, agent administratif à Météo-France, et Francis Metzger, illustrateur en publicité.

En plus des projets des lauréats, d'autres ont été retenus pour être exposés à l'appréciation du public. Nous en rendrons compte dans notre prochain numéro. ■

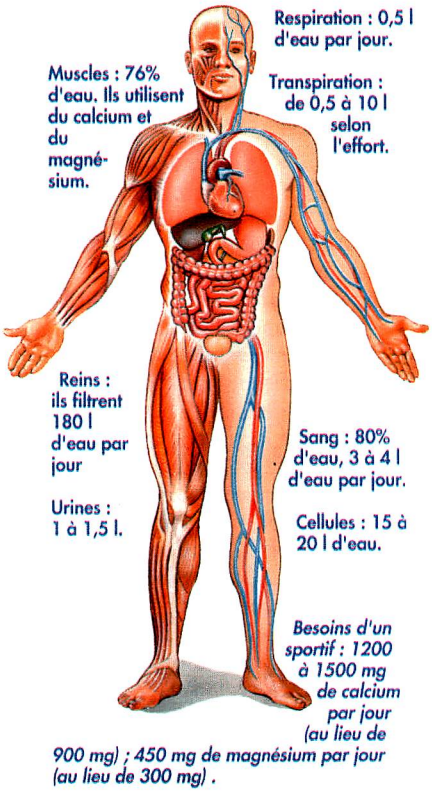
Ont collaboré à cette rubrique : Pierre Rossion et Jean-François Robredo.

Un corps qui bouge, des muscles tendus... L'être humain est une étonnante machine. Ses ressources : un mélange d'eau et de nutriments.

Le beach volley
Le plaisir du jeu, le bien-être de l'eau minérale naturelle. Depuis 4 ans, Contrex est le partenaire officiel de la Fédération Française de beach volley, un sport plein de punch et de rebondissements.

Muscles, action, ligne, 3 raisons de boire de l'eau.

LE CORPS HUMAIN EST COMPOSÉ DE 60 % D'EAU (environ 36 l)



A silhouette élancée, corps qui fonctionne bien. Rien d'étonnant, car faire du sport est bon pour la santé et inversement, pour améliorer ses performances, il faut bien entretenir son corps. Si l'alimentation joue son rôle dans la préparation d'un sportif, il est un autre élément majeur : l'eau. Le corps humain en est composé à 60%. Elle est présente partout dans l'organisme, y véhicule les nutriments, les sels minéraux, les vitamines et en draine les impuretés. Elle contribue aussi, par la sudation, à maintenir le corps à température régulière.

L'eau est indispensable au travail musculaire

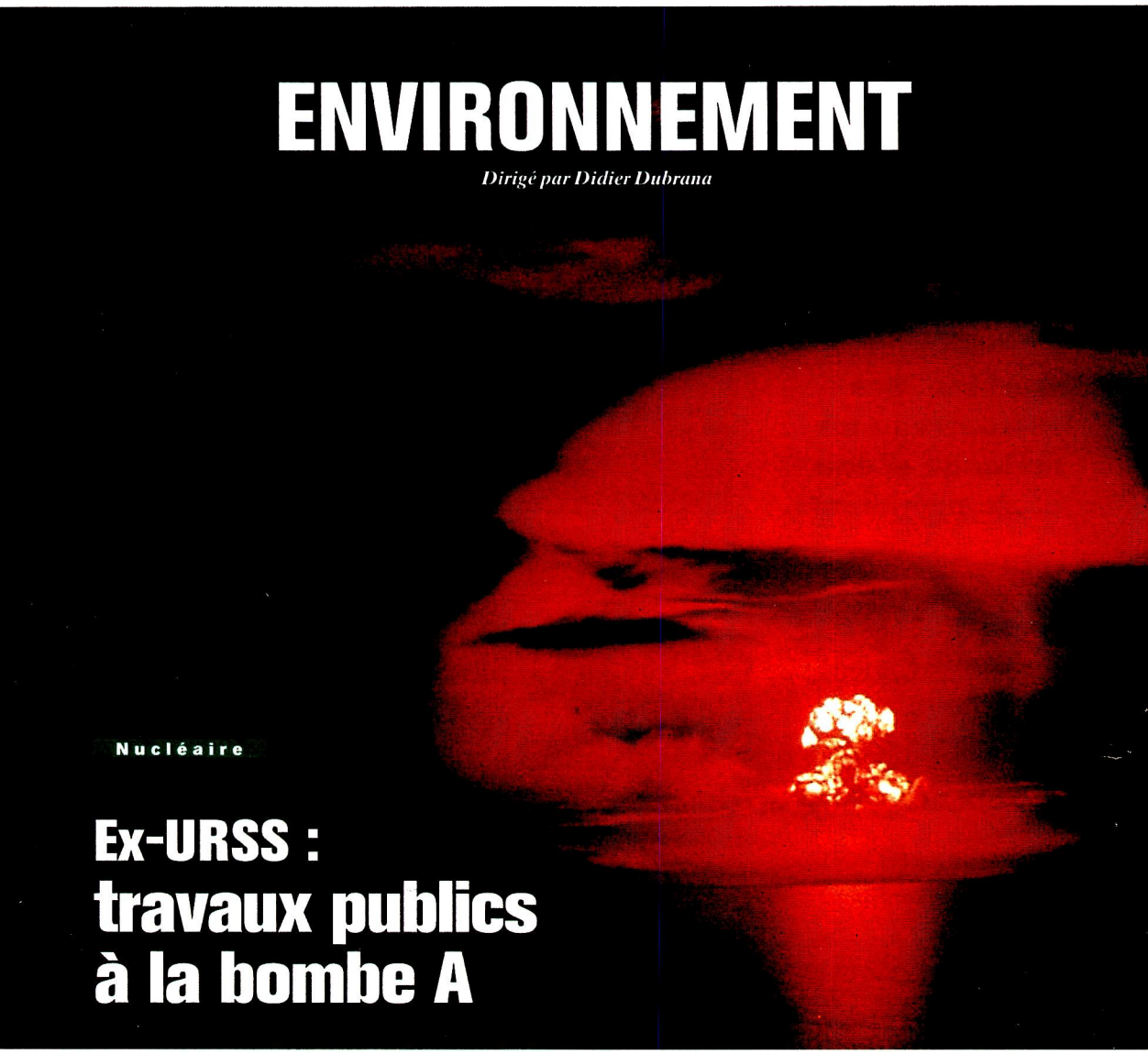
Dans l'action, la production d'énergie, donc le dégagement de chaleur, peut être multipliée par 15 ! Une mauvaise hydratation provoque des crampes, voire, une réduction des performances (une perte d'eau de 2% par rapport au poids du corps, 1,4 l pour 70 kg, diminue de 20% la capacité de travail). Il est donc primordial de boire de l'eau : avant l'action, pendant et, surtout après. Mais une eau bien adaptée. Contrex est l'eau idéale de ceux qui veulent être bien dans leur corps : riche en calcium et en magnésium, elle facilite le travail musculaire ; diurétique, elle aide l'organisme à se débarrasser de ses résidus. C'est pourquoi les joueurs de beach volley, sport d'endurance et à risque de déshydratation par excellence, ont choisi Contrex comme partenaire officiel. Il suffit de regarder leur silhouette tonique et élancée pour se convaincre des bienfaits d'une pratique sportive régulière, d'une alimentation équilibrée et d'une bonne hydratation.

L'eau minérale naturelle : un label de qualité
Contrairement à l'eau de source, l'eau minérale naturelle est la seule à posséder des propriétés favorables à la santé, reconnues par l'Académie de Médecine et le Ministère de la Santé, et à devoir garantir une composition stable.

Réalisation CMC PubliStory - Photos : F. Seguin - Illustration : B. Rocamora.

ENVIRONNEMENT

Dirigé par Didier Dubrana



Nucléaire

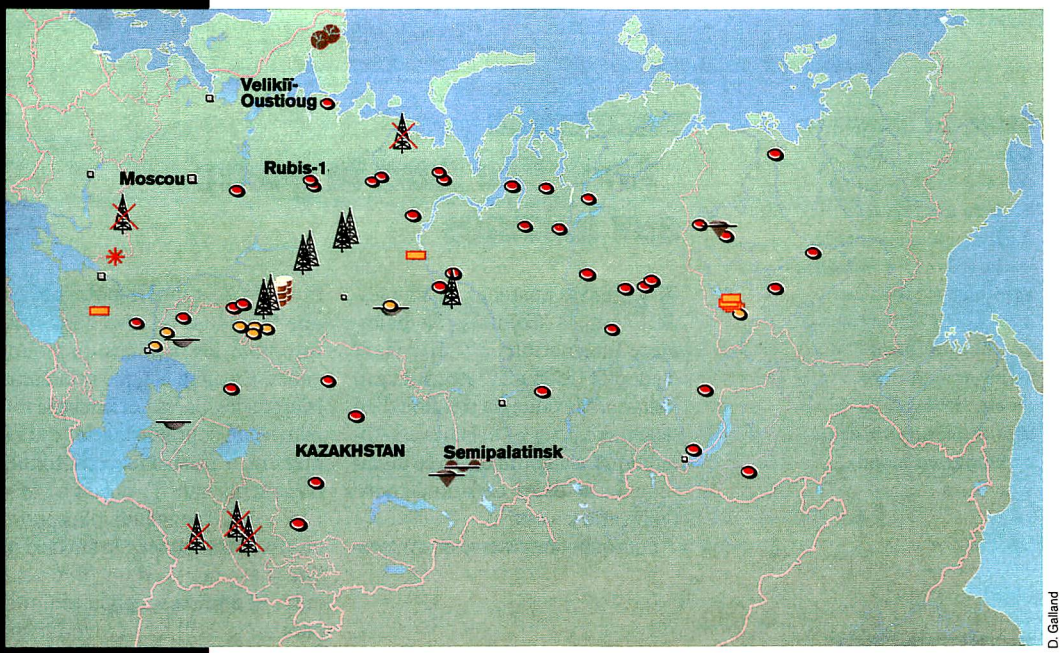
Ex-URSS : travaux publics à la bombe A

« La fin justifie les moyens», telle était la devise des aparatchiks soviétiques, qui ont utilisé pendant un quart de siècle les bombes atomiques comme de vulgaires bâtons de dynamite. Entre 1962 et 1988, les Soviétiques ont fait exploser 115 bombes atomiques pour les besoins de l'industrie – donc à des fins pacifiques !

Ici, on éteignait un puits de pétrole en feu avec une charge nucléaire, là, on créait des réservoirs de gaz souterrains... La première explosion eut lieu au polygone d'essais de Semipalatinsk (Kazakhstan) le 15 janvier 1965 (voir carte ci-contre). Une charge de 150 kt fut placée à une profondeur de 175 m afin de créer un réservoir artificiel. Résultat : l'explosion creusa une excavation de 90 m de profondeur. Le 14 octobre suivant, une deuxième excavation plus petite fut créée dans la même région.

Le coup d'envoi d'une véritable propagande de "l'atome pacifique" était donné. Elle avait pour nom de code Programme-7. D'après un rapport des experts du centre russe d'information publique pour l'énergie atomique ([1]), la Russie fut la terre de prédilection des explosions nucléaires pacifiques. Pas moins de 81 charges y furent utilisées. Les autres républiques ont eu aussi leur part : trente explosions au Kazakhstan, deux en Ukraine, deux en Ouzbékistan, et une au Turkménistan.

Si, au départ, ce type d'explosion devait être décidé à titre exceptionnel, on sait maintenant qu'il s'agissait d'un véritable outil de travail au service du développement industriel du pays. En effet, ces "cas exceptionnels" permirent d'intensifier l'extraction du pétrole et du gaz (22 explosions), le sondage des couches profondes (39 explosions) et la création de réservoirs souterrains pour le gaz (25 explosions), ou de stopper les jets de gaz (5 explosions), etc. (voir carte). Enfin, la dernière explosion eut lieu le 6 septembre 1988, dans la région d'Archangelst, à 160 km de la ville de Velikiï-Oustioug. Ce fut la fin du Programme-7, sur une cible au nom



D. Galland

Le nucléaire à usage industriel

- Sondages profonds de l'écorce terrestre
- Création de réservoirs souterrains
- Intensification de l'extraction de pétrole
- Extinction de puits de pétrole
- Stimulation du flux de pétrole ou de gaz des nouveaux gisements
- Enfouissement de déchets toxiques liquides
- Pulvérisation ou concassage de minerais
- Arrêt d'éruptions de gaz
- Créations d'excavations
- Ameublissement du sol

Science & Vie l'annonçait dès 1956 (n° 463, p. 66), on le découvre aujourd'hui : la bombe atomique a été utilisée pour l'industrie de puissances nucléaires telles que l'URSS et les Etats-Unis. Entre 1962 et 1988, les Soviétiques ont ainsi fait exploser 115 bombes atomiques pour les besoins de l'industrie (carte ci-dessus).

US Navy/Science Photo Library/Cosmos

de code de Rubis-1. Elle permit de réaliser des sondages sismiques profonds de la croûte terrestre. Quelques temps auparavant, le 22 août, l'avant-dernière explosion, d'une charge de 20 kt, avait secoué le district autonome de Jamal-Nenetsk, situé à 32 km de Novo-Ourengoï.

Quelles peuvent-être les conséquences écologiques d'une telle folie nucléaire ? Les scientifiques de la Russie sont formels : «Tout est en ordre ! Et les sites où la situation n'est pas tout à fait contrôlée ont été bétonnés...» En fait, aucune information fiable ne permet d'évaluer l'importance des retombées radioactives sur l'environnement. Les populations, les nappes phréatiques et les rivières sont-elles contaminées ? Sans aucun doute, l'ex-URSS paye aujourd'hui un lourd tribut à l'atome. Car, aux explosions dites "pacifiques", il faut ajouter les 715 explosions de charges nucléaires et thermonucléaires faisant partie du programme de recherche militaire (215 champignons nucléaires ont ainsi pollué l'atmosphère, et 385 expériences souterraines).

Lors de la course aux armements, les Etats-Unis se sont également lancés dans la bataille, mais ils ont vite abandonné l'utilisation de l'arme atomique à des fins industrielles. La première explosion atomique pacifique mondiale eut d'ailleurs lieu dans le désert du Nevada, le 6 juillet 1962, afin de creuser une excavation. La dernière date de 1973. Entretemps, les Américains avaient eux aussi utilisé l'arme nucléaire pour stimuler l'exploitation des gisements de gaz. Mais l'Amérique n'est pas l'URSS, et, faute de place, les Etats-Unis ont dû arrêter leur programme.

La Russie pourrait bien relancer le Programme-7 qui, selon certains scientifiques, est «un outil surpuissant pour la créativité et que six ans d'immobilisme n'ont pas rouillé. Il est nécessaire que les savants et l'opinion publique décident ensemble de l'opportunité de son utilisation», lit-on dans les colonnes du quotidien moscovite *Troud* (20 mai 1994).

La Russie envisage de réutiliser le nucléaire pour détruire les stocks d'armes chimiques et bactériologiques. Tout un programme... qui fait froid dans le dos.

(1) En Komi, Kalmoukie, Bachkirie, Jakoutie et dans les régions d'Arkangelsk, Mourmansk, Grenbourg, Perm, Kémérovo-Tioumen, Jztoutsk, Tchita, dans le district de Krasnodar et de Stavropol.

Usine de biogaz

● En 1995, un quart des 400 000 tonnes de déchets organiques récoltés dans les foyers, les fermes et les industries agro-alimentaires de la province hollandaise de Noord-Holland seront transformés en électricité, dans la plus importante usine de biogaz du monde.

Protection

Armistice dans la guerre aux baleines

Durant sa quarante-sixième session, la Commission baleinière internationale (CBI) vient d'adopter (le 26 mai 1994, à Puerto Vallarta, Mexique) la création d'un sanctuaire pour les baleines en Antarctique. Sa limite est fixée au niveau du 40e degré de latitude nord (voir carte ci-contre).

Pourquoi une réserve en Antarctique ? C'est que le pôle Sud est une fabuleuse réserve de nourriture pour les baleines du monde entier. En effet, chaque printemps, la fonte des glaces déclenche la formation de courants marins qui ramènent à la surface des tonnes d'éléments nutritifs puisés au fond de l'océan (potassium, phosphore, etc.). Conséquence : la surface de l'océan se tapisse d'une fine pellicule d'animaux planctoniques comme le krill, ces crevettes qui composent l'alimentation de base des baleines.

La victoire des baleines ne doit pourtant pas nous faire oublier que l'avenir de ces mammifères reste incertain. D'autant que l'industrie baleinière a longtemps exterminé les cétacés au mépris de toutes les lois... Dans l'ex-Union soviétique, les campagnes de chasse à la baleine ressemblaient à de véritables manœuvres militaires, révèle un récent rapport établi par Ernest Tchornii, ancien collaborateur scientifique de la flotte baleinière soviétique : les équipages des expéditions baleinières dans l'Antarctique étaient truffés non seulement d'informateurs mais surtout d'agents du KGB. «Avant de faire escale dans les ports étrangers, les équipages recevaient des consignes sur ce qu'ils pouvaient déclarer en cas d'interrogatoire», rapporte Ernest Tchornii. Toutes les communications radio entre bateaux étaient codées par le KGB, et les flottilles pouvaient ainsi lancer des messages du style «attention, avion inconnu», ou bien «faites couler les baleines interdites» (stockées sur le bateau). Tous les rapports concernant les infractions à la loi envoyés à la Commission internationale de l'industrie baleinière (CIIB) par les inspecteurs soviétiques étaient fal-

Transports

Aéroflot pique du nez

Il y a sept ans encore, les passagers d'Aéroflot couraient autant de risques d'être victimes d'une catastrophe aérienne que les clients d'une compagnie aérienne américaine. Aujourd'hui, la sécurité s'est tellement détériorée sur les lignes de l'ex-URSS que la quantité de morts pour un million de passagers transportés est dix fois plus importante qu'il y a sept ans. L'aviation civile de la CEI parle pudiquement d'une «sensible diminution de la sécurité des vols»...

Selon les données du Comité intergouvernemental de l'aviation civile, la barre critique des catastrophes a été dépassée en raison de la baisse de la discipline et des exigences les plus élémentaires dans la préparation des vols. Il suffit de savoir que plus de 80 % des accidents sont dus au facteur humain et que 20 % sont d'origine technique pour apprécier l'état de désorganisation d'Aéroflot.

Nombre de victimes par million de passagers.

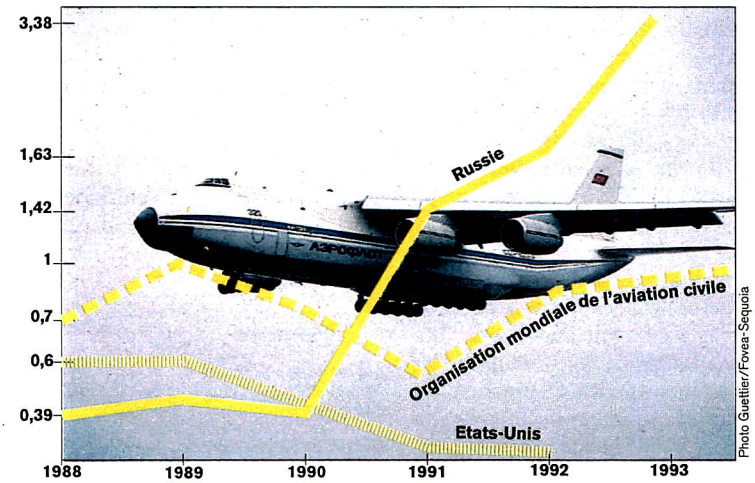
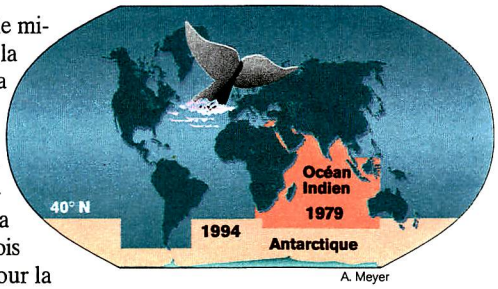


Photo Guettier/Fovea-Sequoia

M. Hoshino/Zefa-Minden

Dans l'océan Indien, les baleines sont protégées depuis 1979 (zone foncée sur la carte). Désormais, elles peuvent nager tranquilles dans l'Antarctique aussi (zone claire).

sifiés, et pour cause : c'était le ministère de la Pêche qui faisait la liste des infractions. Pour la seule saison de pêche 1961-1962, la flottille "Russie soviétique" a pêché 1 568 baleines à bosse en Antarctique. Le rapport remis à la CIIB en signale près de six fois moins (soit 270 baleines). Pour la même période, la flotte d'Ukraine extermina près de 1 200 baleines franches le long des côtes argentines. Aucune trace du massacre à la CIIB. Durant la saison 1965-1966, un troupeau entier de baleines à bosse fut exterminé près des côtes australiennes et néo-zélandaises. Toujours rien à la CIIB…

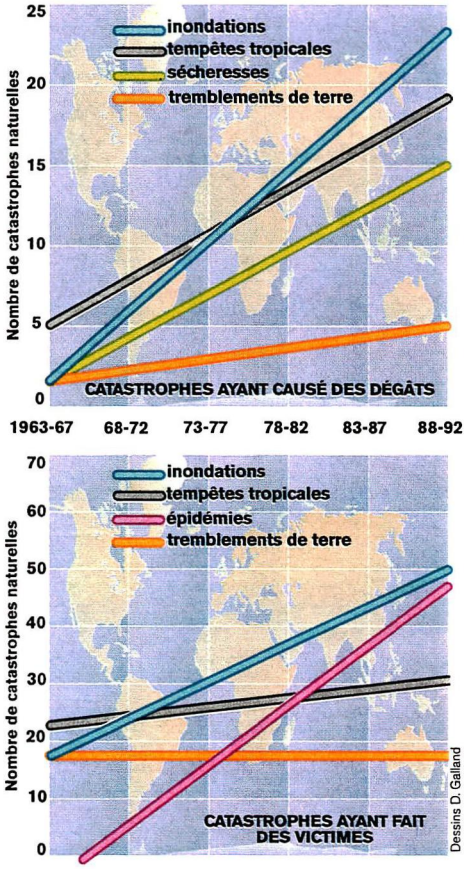


A. Meyer

Aujourd'hui, de nombreux scientifiques russes demandent à ce que le comité des pêches soviétique interdise la destruction des documents classés "secret Défense" de l'industrie baleinière soviétique. Ceci permettra d'évaluer avec plus de précision le stock mondial de baleines.

Héritage encombrant

● Une équipe de chercheurs écossais, de l'Atomic Energy Authority, vient de mettre au point un processus permettant de neutraliser les armes chimiques jetées en haute mer au cours des soixante-dix dernières années. Un bâtiment de la Royal Navy décontaminera la mer Baltique, qui contient depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale 65 000 tonnes d'armements chimiques (cyanure, hypérite…).



Risques majeurs

Mauvais temps sur la planète

L'ONU a choisi les années quatre-vingt-dix comme «la décennie internationale pour la réduction des désastres naturels». Un récent rapport (1) prouve en effet que le nombre de personnes tuées, blessées ou déplacées par les catastrophes naturelles a augmenté de 6 % par an durant les trente dernières années. Charles Kerpelman, auteur du rapport, déclare que, «bien que le nombre de catastrophes naturelles soit globalement resté constant, c'est l'augmentation de la population mondiale qui a démultiplié le nombre de victimes à travers le monde». D'après son analyse, les inondations sont les plus meurtrières : 26 % des morts, tous types de désastres confondus. Elles sont également les plus coûteuses : 32 % du total des dégâts. Enfin, il existe des zones à risques. L'Asie du Sud et l'Afrique du Sud comptabilisent le plus de morts. Tandis que les Caraïbes, l'Amérique centrale et l'Amérique du Sud ont été relativement épargnées.

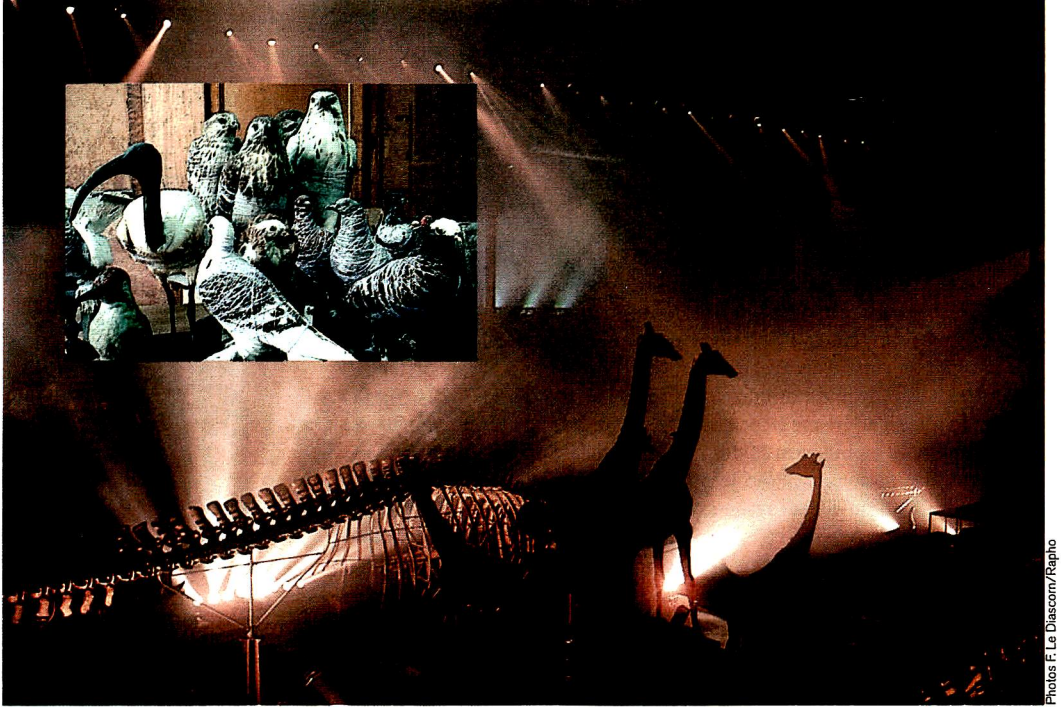
(1) *Disasters Around the World : a Global and Regional View,* Nations unies, département des Affaires humanitaires, 1994.

Sperme de poisson au frigo

● La première banque de gènes de poissons au monde vient d'être créée à Victoria, en Colombie-Britannique (Canada). Pour ce faire, le sperme de différentes espèces de poissons menacées de disparition sera congelé.

Aucune région du monde n'est épargnée par les catastrophes naturelles, qui font de plus en plus de victimes. Ci-dessous, les dégâts causés par le tremblement de terre de San Francisco en janvier dernier.

R. Ressmeyer/Starlight/Cosmos



Photos F. Le Diascorn/Rapho

Patrimoine

L'évolution en un clin d'œil

Inaugurée en 1889, fermée au public en 1965, la Grande Galerie du Muséum national d'histoire naturelle de Paris renaît cet été, transfigurée et consacrée au thème de l'évolution. La nouvelle entrée fait face à la maison de Buffon, de plain-pied avec le jardin : le détail a son importance, car l'ancien plancher, qui se trouvait à 2,50 m au-dessus du jardin, est aujourd'hui découpé, suspendu dans la superbe nef centrale et foulé par la majestueuse caravane des grands animaux de la savane. Entre ce plancher et l'étage consacré aux expositions temporaires, on a creusé sur dix mètres, mettant au jour les superbes fondations en meulière qui, à elles seules, valent le détour. A l'opposé, s'élançant vers la somptueuse verrière, restaurée, s'élève l'arbre des animaux de la forêt tropicale. Du deuxième balcon, où se joue la généalogie du vivant, le regard plonge ainsi sur vingt mètres de dénivelé : sensations fortes assurées, parents, tenez-bien vos enfants !

Huit mille spécimens rares, du rhinocéros offert à Louis XV au narval à la dent de deux mètres, ont été sortis des collections du Muséum, bichonnés par les taxidermistes et éclairés par dix mille points de lumière de fibres optiques. Ils sont présentés ici sans autre protection que notre simple respect ! Ainsi, on se promène dans le monde marin, dont l'entrée est gardée par deux squelettes de cétacés géants, rorqual et cachalot, comme à l'intérieur même d'une vitrine, au milieu des poissons naturalisés.

Juste au-dessus, la mise en scène des espèces terrestres est à voir de près et de haut, pour saisir les différentes échelles et... le regard que s'échangent une girafe de la nef centrale et sa congénère du deuxième balcon. Ce dernier étage "revisite" les êtres vivants à la lumière de l'évolution, à travers différentes approches, de l'anatomie comparée à la biologie moléculaire. Au premier balcon, l'homme intervient : chasse, pêche, domestication des plantes et des animaux. Une incursion dans l'ancienne galerie des Oiseaux montre, dans un décor historique superbe, les espèces disparues ou menacées. La Terre est un îlot de vie dans l'Univers, et des écouteurs à différentes hauteurs émettent, pour qui veut l'entendre, des réflexions sur cette fragile réalité.

L'accumulation, la volonté d'être exhaustif a fait place à la mise en scène, au désir de séduire. Pari gagné, trois ans après l'ouverture du chantier. A la rentrée scolaire, deux salles de laboratoire (cinq paillasses chacune) s'ouvriront. Un espace de découverte animera pour un public plus jeune des notions comme le temps, l'espace, ou les cycles de vie à travers des élevages. En descendant la "tour du temps", on pourra toucher des vestiges du temps passé, jusqu'aux âges géologiques les plus anciens. M.-L.M.

A dos d'animaux disparus

● Appelez-le pour vos enfants le Dodo-manège... Le manège du Jardin des plantes fait désormais tourner des animaux disparus ou menacés : dinosaure (*Triceratops*), lion de l'Atlas, loup de Tasmanie, panda, dodo, glyptodon, tortue à cornes, etc. Cette création originale est l'œuvre du sculpteur animalier Monique Valton.

Commerce

Marchands de nature

Les recettes du tourisme international ont été multipliées par dix-huit en vingt-trois ans, passant de 18 milliards de dollars à 324 milliards. Le tourisme dépasse ainsi le pétrole au hit-parade des échanges internationaux. Pour les experts, le tourisme écologique capterait environ 5 % de ce marché. Une véritable manne financière pour les réserves naturelles du monde entier et, au premier chef, pour les 98 sites naturels classés "patrimoine mondial" par l'UNESCO.

Une récente enquête réalisée conjointement par le Programme des Nations unies pour l'environnement et l'UNESCO ([1]), sur 70 sites de la liste du patrimoine mondial, a déterminé les sources de revenus des populations locales. Résultat : le tourisme arrive en tête, devant l'agriculture et l'élevage (voir l'histogramme ci-dessous). Toujours avides de chiffres, les économistes tentent même de proposer des modes de calcul du "capital-nature". La «valeur d'attraction en visiteurs par an» d'un lion d'Afrique de l'Est a ainsi été évaluée à 27 000 dollars. Celle d'un troupeau d'éléphants, à 610 000 dollars. Plus globalement, on estime à 200 millions de dollars par an les recettes touristiques captées par la Grande Barrière de corail qui borde la côte orientale de l'Australie sur 2 000 kilomètres de long, dans l'Etat de Queensland.

Cependant, l'éco-tourisme affiche déjà des limites, frappées au coin du bon sens : l'arrivage massif de touristes sur des sites naturels détériore l'environnement. Le mont Everest est ainsi devenu la plus haute décharge d'ordures du monde, et l'environnement des îles Galapagos, chères à Darwin, se dégrade dangereusement... ■

(1) *Sources* UNESCO n° 55.

36 15
SCV

Avec l'ADEME*, tous les chiffres sur les économies d'énergie, le bruit, la pollution, les voitures, les déchets, les énergies nouvelles, etc.

* Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie.

Poubelle nucléaire

● Nos voisins britanniques se lancent dans une étude des aspects scientifiques du stockage souterrain des déchets radioactifs. L'étude tentera de décrire la migration des radionucléides dans le sol sur une période allant jusqu'à un million d'années !

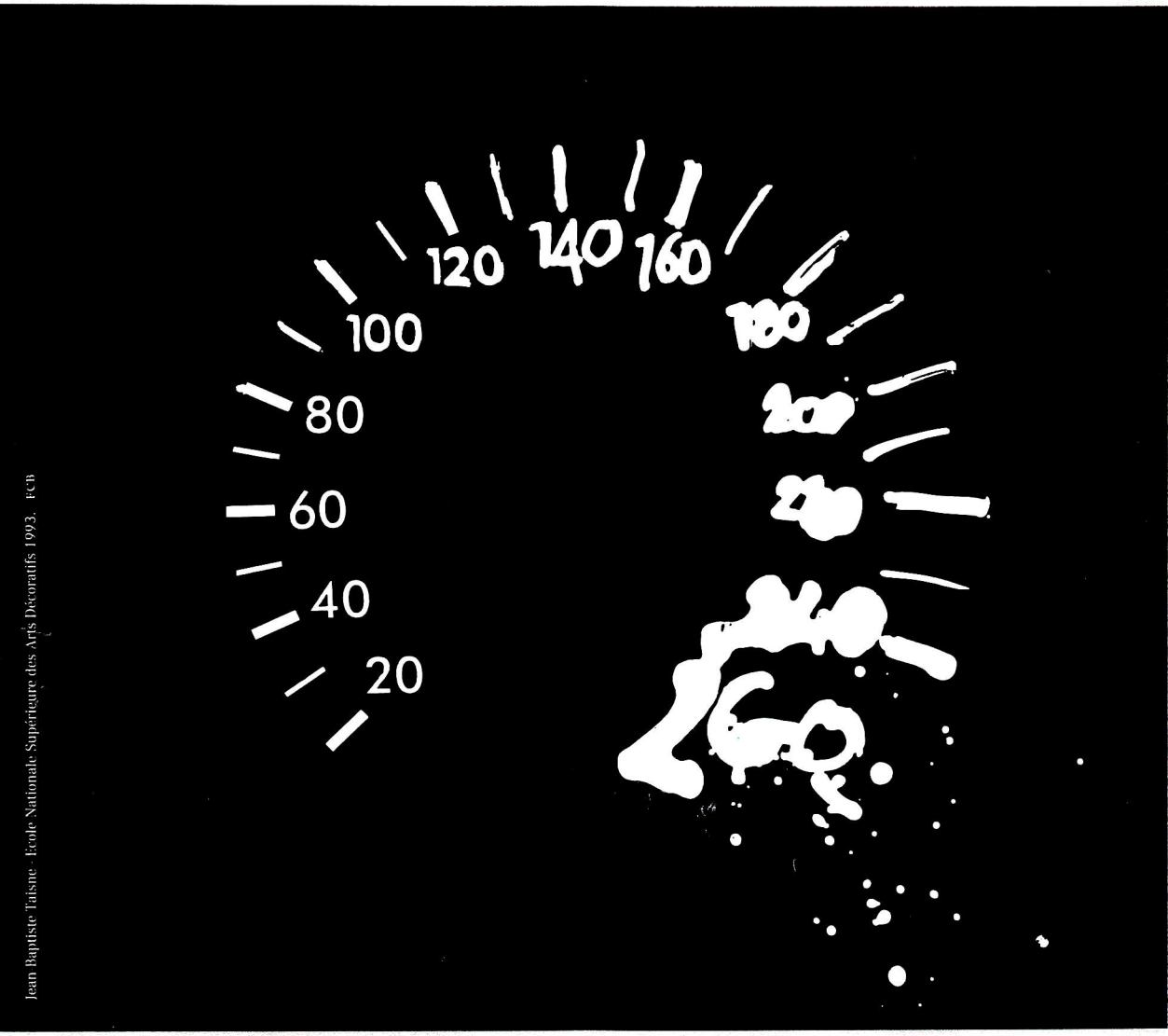
A collaboré à cette rubrique : Marie-Laure Moinet.

Parmi les sept grandes activités présentes sur les sites naturels classés "patrimoine mondial" par l'UNESCO, le tourisme vient en tête.

A. Froissardey/Explorer

Dessins D. Galland

1er Prix du concours Sécurité Routière de la Fondation Mercedes-Benz France.



Jean Baptiste Taisne - Ecole Nationale Supérieure des Arts Décoratifs 1993. FCB

Ralentissez, parce qu'une brève rencontre bouleverse souvent toute une vie.

Mercedes-Benz et l'Association pour la Promotion de la Presse Magazine dédient cette annonce à tous ceux qui prendront leur voiture aujourd'hui, demain et après-demain. Cette année, le Grand Prix de l'APPM a été décerné à la campagne Mercedes pour la Classe C réalisée par l'Agence de publicité FCB. Mercedes-Benz a décidé d'utiliser ce prix pour promouvoir la sécurité routière. Vous aurez donc plus de 100 occasions de revoir cette annonce et d'en découvrir d'autres à travers les pages publiées dans tous les titres APPM. Mercedes-Benz vous souhaite à tous bonne route. **3615 - 3616 Mercedes.** *0,12 F puis 1,27 F/min.*

A.P.P.M.

Mercedes-Benz

Le TGV des mers est né

PAR JEAN-MICHEL BADER
ET GÉRARD CAYEUX

L'*Emeraude*, un monocoque transbordeur de voitures et de passagers, sans gouvernail ni hélice, fait des pointes de 70 km/h. Il met Saint-Malo à soixante-dix minutes de Jersey et, bientôt, la Corse à trois heures du continent.

«Mesdames et Messieurs, bienvenue à bord de ce Corsaire 6 000, le nouveau monocoque de la compagnie Emeraude Lines. Notre destination est Saint-Hélier, le port de Jersey, que nous atteindrons dans soixante-dix minutes. La vitesse de croisière sera de 30 nœuds, malgré la houle formée et un vent de force 4. Nous vous souhaitons un agréable voyage.» Suivent la démonstration classique par les hôtesses de l'utilisation des gilets de sauvetage et l'indication des issues de secours. Tout ici évoque

l'avion ou le TGV. Oubliez toutes les croisières effectuées sur des ferrys classiques : il n'y a pas de pont promenade, une seule grande cabine embarque les 400 passagers comme dans un gros porteur aéronautique. Et un ascenseur permet de remplir la soute à voitures.

C'est le seul bateau commercial au monde capable de maintenir ces performances par une mer formée. Car aller vite sur l'eau n'est pas simple : sur un bateau à coque traditionnelle, la résistance à l'avancement provoquée par les molécules d'eau d'un important volume immergé croit exponentiellement avec la vitesse. La limite de 30 nœuds environ (56 km/h) est rapidement atteinte. Pour aller plus vite, plusieurs solutions s'offrent aux architectes. Par exemple, celle d'un bateau très long, qui va percer la houle avec une ou plusieurs coques fines et profondes. Les grands catamarans "perceurs de vagues" ont des performances intéressantes par mer calme (entre 30 et 40 nœuds, soit entre 56 et 75 km/h), mais sont contraints de réduire l'allure dès que les éléments se déchaînent.

On peut aussi faire décoller la coque de l'eau, avec des navires à effet de surface. Les anciens véhicules à coussin d'air de la British Hovercraft ont longtemps assuré la liaison entre l'Angleterre et les îles ou la France, mais avec le même type d'inconvénient que les perceurs de vagues : lorsque la houle se forme, l'étanchéité du coussin d'air s'altère, des fuites se créant au bord des jupes installées directement sur la coque. La solution intermédiaire consiste à faire un catamaran à effet de sol. L'espace compris entre les deux coques est rendu parfaitement étanche par la ligne d'eau sur les côtés ; et, grâce à des jupes sur les tableaux avant et arrière, on constitue un coussin d'air performant. Une soufflerie dirigée vers l'eau permet même de soulever la coque. Inconvénients : là encore la mer détruit peu à peu ▶

C. Lacroix

La bataille des coques rapides

Certes, les navires "perce-vagues", comme le catamaran Hoverspeed, dépassent les 30 nœuds. Certes, les bateaux à foils, en décollant de l'eau, battent des records de vitesse. Mais, pour ne pas tout casser, les uns comme les autres doivent ralentir dès que la mer se creuse. Pour les liaisons transManche ou transMéditerranée, les armateurs réclament aujourd'hui des monocoques semi-planants, comme les Corsaire 6 000 ou 11 000 (pour les longs trajets), qui ne réduisent pas leur vitesse malgré les creux et la houle. Attention toutefois à la concurrence !

les jupes, et la houle casse le coussin d'air.

Toutefois, la Marine nationale a commandé un prototype de bateau à effet de sol, Agnes 200, totalement nouveau. Les jupes ne sont plus installées sur la coque, mais sur un boudin mobile qui la ceinture et amortit mieux les mouvements agressifs des vagues. Ce navire a déjà emmené des passagers à plus de 50 nœuds (93 km/h). Mais la Marine ne souhaite pas que les civils s'emparent trop vite de leur joujou !

Les chocs des vagues diminuent aussi les performances des bateaux à coque planante, qui "volent" au-dessus de l'eau. Ces navires-là esquivent partiellement le principe d'Archimède, familier aux écoliers : la poussée exercée sur le liquide par une masse est égale au volume de liquide déplacé par cette masse. Si des appendices ou une carène bien étudiée permettent de soulever la coque hors de l'eau, c'est autant de masse, donc de volume, qui n'est plus freiné. Naturellement, il faut "surmotoriser" les navires pour leur permettre ce décollage : comme en ski nautique, c'est sortir de l'eau qui consomme le plus d'énergie. Et pour faire décoller des unités de plus de 50 m, il faut une puissance motrice supérieure à 40 000 ch, très gourmande en fuel ou en gasoil.

Il existe de rares prototypes à grande coque planante, comme le monocoque *Destriero*, qui a battu deux fois le record de l'Atlantique avec une vitesse de pointe de 60 nœuds, grâce à une puissance motrice totale de 50 000 ch, ou des ferrys de liaison en eau calme sur des lacs, qui transportent 400 passagers à 40 nœuds.

Citons encore les navires qui utilisent les foils, sortes de skis nautiques installés à la proue du bateau et orientés obliquement par rapport à la coque ; ces équipements font déjauger tout l'avant du navire et seul le tableau arrière et l'hélice trempent dans l'eau. Le frottement de la coque s'effectue alors contre l'air, ce qui est nettement moins pénalisant en énergie que contre l'eau. Ces navires ont eu un succès commercial indéniable, du fait de la vitesse atteinte ; ils autorisent, en effet, des temps de traversée inférieurs de moitié à ceux d'un navire "classique". Mais eux non plus n'aiment pas la grosse mer. Par ailleurs, les foils sont fragiles, et même les voiliers de course multicoques les ont délaissés : la mer casse tout ! On a imaginé des foils orientables, comme les volets des ailes d'avion : munis d'un système de capteurs de houle et d'une électronique satisfaisante, ils pourraient réagir instantanément aux torsions latérales imposées par la mer, compenser l'assiette, etc. Mais de tels systèmes sont aussi fragiles et chers !

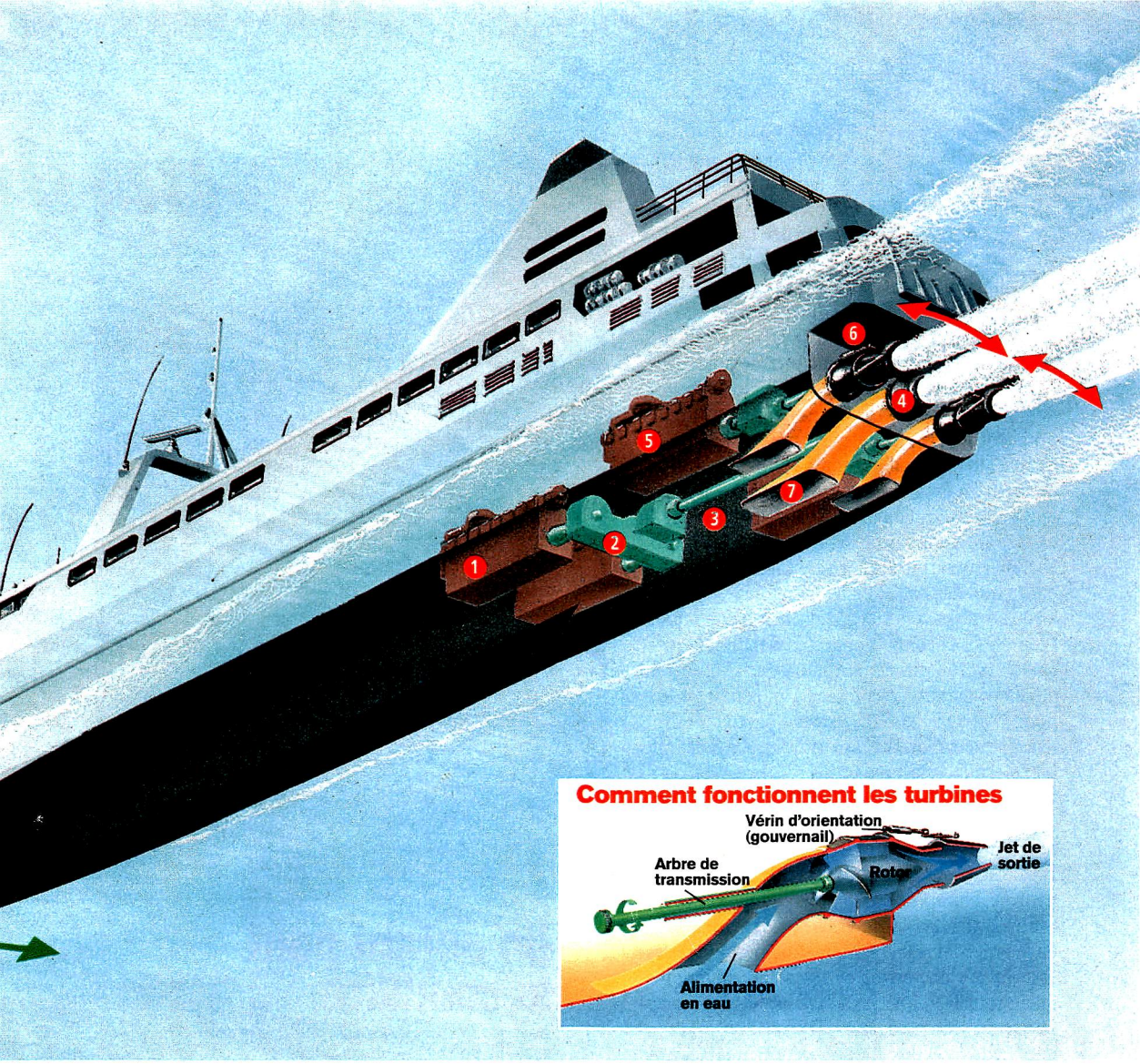
Un scooter des mers de 400 tonnes

Pour que le ferry Corsaire 6 000, avec ses 400 passagers et ses 45 voitures, navigue à la vitesse de 35 nœuds et atteigne même 40 nœuds, il lui faut 12 200 ch : deux moteurs Diesel principaux 1 sont donc couplés par un réducteur 2 à un arbre de transmission central 3 ; celui-ci alimente une turbine 4 exactement comme sur un scooter de mer. A droite et à gauche, deux moteurs latéraux 5 sont également liés chacun par un arbre à une turbine dont l'extrémité est orientable par des vérins 6. Comme sur un Canadair, une écope sous la coque 7 alimente en eau les trois turbines. A l'avant, un propulseur d'étrave 8 pour les manœuvres (flèches vertes).

C. Lacroix

Il faut donc beaucoup réduire la vitesse de croisière, soit pour des raisons techniques soit pour le confort des passagers. Voire pour les deux à la fois ! Une solution élégante a bien été trouvée par les bureaux d'étude : l'hydroptère, navire à foil intégral. Là, des ailerons transversaux sont disposés à l'avant et à l'arrière de la coque et soulèvent en totalité le bateau hors de l'eau. Les ailerons sont installés au bout de bras et ils sont orientables, comme les volets d'ailes d'avion. Toutefois, ces foils rendent le bateau très instable, et des capteurs, des accéléromètres et des gyroscopes informent en temps réel un ordinateur sur les variations d'assiette, la prise de roulis, le tangage. Cet ordinateur corrige alors constamment les mouvements du navire par l'entremise des volets immergés des foils.

Des hydroptères de transport de passagers ef-



fectuent la liaison entre l'Espagne et le Maroc ; leurs performances sont appréciables : un de nos confrères de *Science et Avenir* les a vus tenir leurs 60 nœuds dans des creux de 3 m. Leurs seules limitations sont leurs coûts d'acquisition et de maintenance ainsi que leurs caractéristiques de fret : ce ne sont que des transporteurs de passagers, alors que les armateurs demandent de plus en plus des navires mixtes transbordeurs d'autos. On recherche donc des unités commerciales qui puissent transporter des voitures en toute sécurité et dont la vitesse moyenne soit garantie quelles que soient les conditions de mer, sans pour autant sacrifier le confort des passagers.

Pour convoyer quelque 200 000 passagers par an entre le continent et les îles anglo-normandes, il y a actuellement les sept catamarans d'Emeraude Lines (30 nœuds, 200 passagers), deux Condors (des catamarans rapides pour passagers) et deux bateaux classiques de la Sealink, mais aucun transbordeur de véhicules.

On voulait donc faire mieux. Et c'est ainsi que les chantiers Leroux et Lotz et l'armateur Emeraude Lines se sont lancés ensemble dans l'aventure du TGV des mers. Le cahier des charges était simple : réaliser un car-ferry permettant quatre rotations quotidiennes, quel que soit l'état de la mer, grâce à une vitesse élevée et à une grande maniabilité portuaire. De fait, en moins de trente minutes, les 400 passagers et leurs 45 voitures sont débarqués, et le même volume est réembarqué.

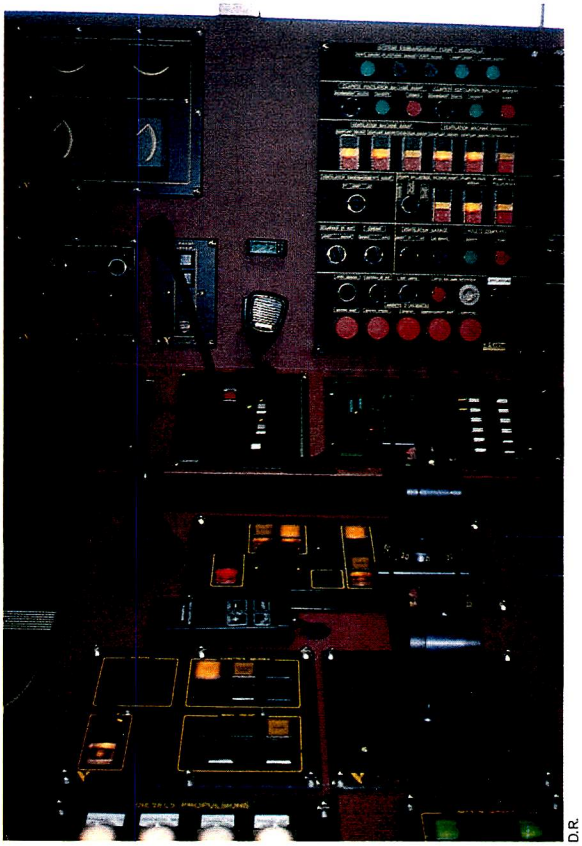
Le choix d'un long et fin monocoque, évoquant un bateau de course off-shore, s'est imposé : la légèreté est garantie par l'emploi quasi exclusif d'un alliage d'aluminium, 280 t à vide ▶

pour 66 m de long. La carène semi-planante ne limite pas la vitesse : les multiples bouchains (nervures longitudinales) sont munis de guides d'écume permettant de contrôler le trajet de la vague d'étrave. La coque, s'appuyant sur ces bouchains, monte et se met à surfer.

On avait prévu que le roulis serait limité par ces dispositifs. Les essais en situation ont, à la grande satisfaction de l'armateur, démontré que l'objectif vitesse était atteint. Reste le confort des passagers, dont nous pouvons témoigner qu'il était perfectible... Aussi, l'adoption de quatre ailerons stabilisateurs s'imposait. Un ordinateur analyse désormais les données fournies par des capteurs de mouvement. Et, lorsque la norme de roulis admissible est dépassée, on charge les ailerons de corriger l'assiette. Ce n'est pas le seul dispositif d'aide au pilotage. La barre à roue a disparu au profit d'un manche à balai (voir photo ci-contre), et la commande "en avant toute" est remplacée par un clavier couplé à un afficheur digital. Le commandant programme le point d'arrivée, visualisé sur un écran, et l'ordinateur détermine la route à suivre. Ce n'est plus un "merbus", c'est un airbus !

La propulsion est assurée par trois hydrojets (des turbines) suédois activés par quatre moteurs allemands d'une puissance totale de 12 200 ch, assurant une poussée de 30 t ; les deux hydrojets latéraux sont munis de tuyères orientables qui servent de gouvernail (voir dessin page précédente). L'alimentation des tuyères est assurée par une écope en forme de cuillère installée sous la coque (exactement le système appliqué au scooter de mer). Le résultat est étonnant : des gerbes d'eau sortent des tuyères latérales, la vitesse ne faiblit pas malgré la mer formée, les autres embarcations sont dépassées avec une facilité déconcertante, et l'on oublie qu'on se trouve à bord d'un car-ferry. Ce Corsaire 6 000 mis en service par Emeraude Lines sert de laboratoire pour la réalisation du Corsaire 11 000, qui vise le marché continent-Corse. Le trafic intéresse, en effet, 1 233 000 passagers et 421 000 voitures par an, ce qui représente 3 275 rotations. Le Corsaire mettra Calvi à moins de trois heures de Nice, pour les 500 passagers et les 148 autos embarqués, à 37 nœuds de vitesse de croisière. Mais ce sont surtout ses qualités de confort et de tenue à la mer qui ont séduit la Société nationale maritime Corse Méditerranée (SNCM).

Avec sa gamme de Corsaires, Leroux et Lotz remporte donc deux marchés convoités en satisfaisant à des exigences souvent antagonistes. Vitesse d'un côté, confort de l'autre. Concurrents



D.R.

Un enfant peut le conduire

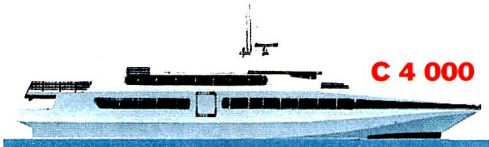
Avec ses multiples aides au pilotage et son système de navigation automatisé, ce ferry se conduit comme un jeu vidéo. En outre, il peut débarquer et embarquer voitures et passagers en moins de trente minutes.

D.R.

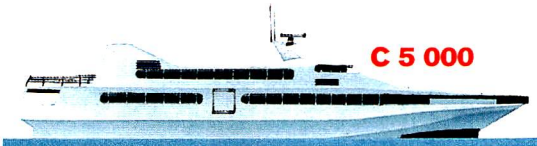
À CHAQUE MER SON CORSAIRE

Le ferry à tout faire

400 passagers, 42 autos, 35 nœuds. Il relie le continent aux îles anglo-normandes en effectuant quatre rotations quotidiennes.



Le moins cher...

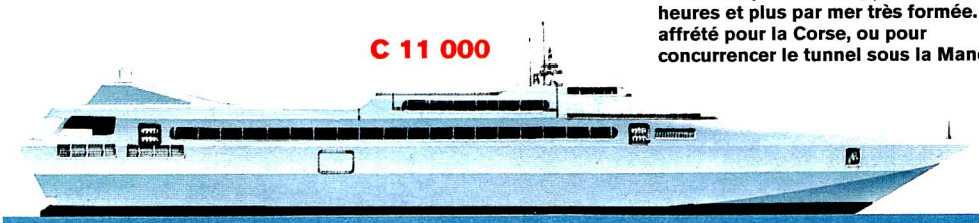


... et le plus rapide

En projet. Ils transporteront uniquement des passagers. Par mer forte, le C 5 000 naviguera à 40 nœuds. Leur marché : les pays nordiques.

Le gros porteur

550 passagers, 148 autos, 24 000 chevaux, 37 nœuds pour des trajets de trois heures et plus par mer très formée. Il sera affrété pour la Corse, ou pour concurrencer le tunnel sous la Manche !



Dessins C. Lacroix

principaux : l'italien Guizo, qui dispose pour la traversée Sardaigne-Italie d'un Aquastrada monocoque de 1 000 t, muni de quatre turbines à gaz transportant 100 voitures et 400 passagers à 41 nœuds. Mais les turbines à gaz sont fragiles, et gourmandes en carburant ! Il y a également Corsica Ferries qui va acheter un engin monocoque à hydrojets, motorisés par des diesels (150 voitures et 500 passagers). Bref, les monocoques reviennent en force sur ce marché.

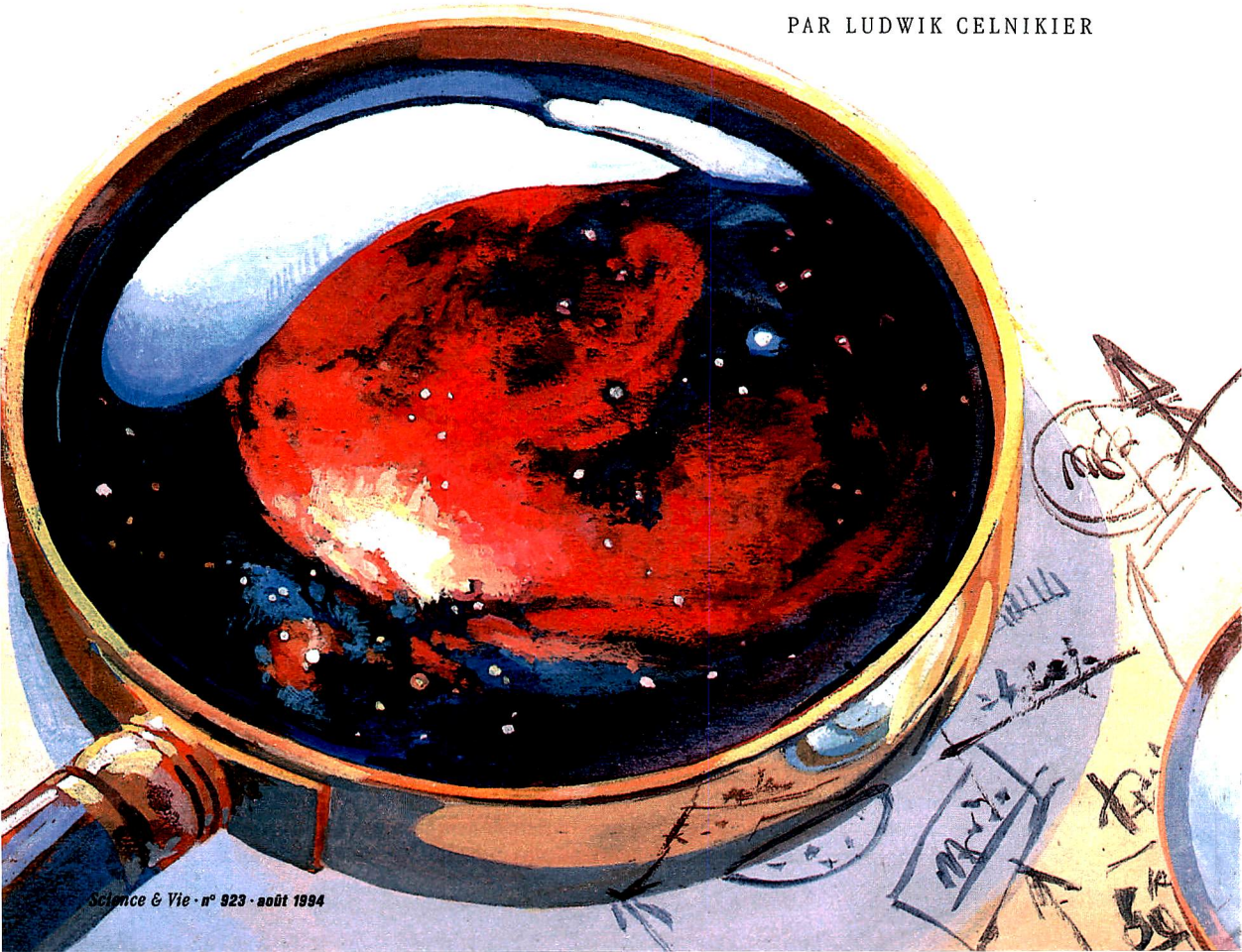
La concurrence fait rage dans ce type d'appel d'offres. Les arguments ne sont pas seulement commerciaux, et les chantiers norvégiens, notamment, n'hésitent pas, afin d'être concurrentiels, à faire largement appel aux subventions gouvernementales. Le principe est simple : pour toute proposition, certains chantiers étrangers reçoivent systématiquement une aide à la compétitivité (même si le chantier n'est pas retenu dans l'appel d'offres). Cela permet de créer un réservoir financier dans lequel le chantier n'hésite pas à puiser lorsque le besoin s'en fait sentir. De vive, la concurrence se fait... rude. Pour se défendre, le chantier Leroux et Lotz a droit à une aide de l'Etat de 9 % du prix du bateau (un Corsaire 6 000 vaut environ 80 millions de francs). A cela s'ajoute une convention étude et développement couvrant de 30 à 50 % des frais de recherche. On croit savoir que 5 millions de francs auraient été consacrés à l'étude du Corsaire 6 000, et 10 millions de francs à l'étude de sa stricte extrapolation, le Corsaire 11 000. Il faut donc que l'étude de ce dernier ait coûté plus du double du bateau-étalon... ■

ORIGINE DE L'UNIVERS

La dernière enquête de Sherlock Holmes

L'Univers est-il éternel ou a-t-il commencé par un big bang originel ? Comment s'y retrouver dans une nuée d'indices scientifiques parfois contradictoires ? Le plus grand détective de tous les temps revient pour mener à bien la plus difficile de ses enquêtes.

PAR LUDWIK CELNIKIER



Illustrations Rémi Chayé

Un jour maussade de décembre, poussé par une impulsion aussi irrésistible que mystérieuse, je suis allé m'installer près d'une fenêtre dans un petit café loin des grands boulevards. En cette saison, les jours sont courts ; les réverbères s'allumaient graduellement, jetant une lueur étrange sur la rue, transformant les rares piétons en objets de mystère. Ecoutant distraitement le bruit de fond où se mêlaient quelques voix et les sons d'un instrument, un violon, je crois, je me divertissais, en attendant je ne sais quoi, à deviner d'un coup d'œil l'histoire et la profession des gens qui passaient devant la vitre.

Activité parfaitement puérile, me disais-je, car les indices sont faibles, et la possibilité de mettre mes conclusions à l'épreuve, inexistante, quand j'aperçus assis devant moi un personnage qui m'était familier par maints films et récits. La casquette, la grande cape d'Inverness, la pipe... Le visage fin et nerveux de Sherlock Holmes me scrutait avec son sourire narquois. «Les indices sont là, mon ami, dit-il, et ils parviennent toujours à renseigner le chercheur compétent... Mais vous êtes surpris par cette intrusion dans vos pensées ? Voyons, vous connaissez mes ▶

«Les galaxies sont en fuite. Or, il

méthodes, c'est élémentaire !»

Il avait raison ; grand admirateur de Sherlock Holmes, je connaissais ses méthodes, et c'était, en effet, élémentaire. Mais sa présence m'étonnait grandement. «Je vous croyais parti...», commençai-je.

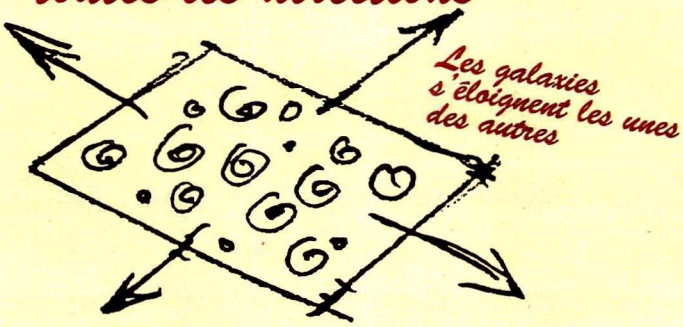
«Pour l'au-delà ?» dit Sherlock avec une grimace. «En effet, j'étais parti, mais depuis un siècle je m'ennuie "immortellement". Il n'y a rien à faire là-haut, il n'y a rien à boire, et on ne peut même pas fumer sa pipe tranquillement – c'est une zone non-fumeur, figurez-vous. Et pour ce qui est de l'art de la détection, n'y pensez pas : le problème le plus ardu que j'ai eu à résoudre concernait le vol d'une harpe... qui d'ailleurs n'avait pas été volée, mais mal rangée. Vous trouveriez ça amusant, vous, traquer une harpe à travers les nuages ?»

«Enfin, continua-t-il, j'ai lu dans le *Daily Telegraph* une histoire qui m'intrigue – là-haut ils ne savent évidemment rien de rien, si ce n'est comment passer archange au concours général. Les galaxies sont en fuite, dit-on ; or, selon le vieux dicton des détectives, il n'y a pas de fuite sans crime. Cela me paraît très louche.»

L'incongruité de la rencontre ne me frappa que plus tard ; dans l'instant, l'idée d'éclairer un homme du siècle dernier sur la cosmologie moderne me paraissait être la chose la plus naturelle du monde, et je me suis mis à parler de fluctuations quantiques et de big bangs universels, de la nucléosynthèse... mais Sherlock m'arrêta d'un geste impérieux. «C'est une erreur capitale, énonça-t-il, que d'échafauder des théories sans informations. Recommençons, s'il vous plaît. Décrivez-moi d'abord le lieu de cet événement inouï et ses acteurs principaux.»

Je réfléchis quelques instants ; Holmes ignorait tout de l'astronomie de son époque, et s'en vantait, d'ailleurs, mais, au fond, son ignorance était peut-être un atout car ainsi il n'avait rien à "désapprendre". En fait, le mettre "au parfum" se révéla être un véritable plaisir ; avec grand intérêt, il accueillit l'information que l'outil de base qui allait secouer le savoir du XXe siècle avait été inventé avant même sa naissance et avait été exploité de son vivant pour extraire des spectres stellaires la composition chimique de l'Univers.

L'espace s'étend dans toutes les directions



Très curieusement, l'astronomie infrarouge et la radioastronomie, pierres angulaires de l'astronomie de ma génération, étaient implicites dans les travaux de la sienne. Et même l'outil théorique (dont Sherlock ne voulait rien savoir) – la géométrie non euclidienne – constituait déjà un domaine mathématique fort honorable, quoique marginal. «Mais les galaxies, parlez-moi de ces gredines ; pourquoi fuient-elles ?»

La génération de Holmes avait quelque peu méprisé les galaxies. Appelées d'abord nébuleuses spirales d'après la forme des plus célèbres, diversement interprétées comme systèmes planétaires en formation ou petits groupes stellaires, satellites de la Voie lactée, leur importance ne s'imposa que vers les années vingt de mon siècle, quand on connut la véritable nature stellaire et la distance énorme des galaxies ; c'est ainsi qu'émergèrent les premiers indices d'un problème profond. Dans les spectres galactiques, expliquai-je à un Holmes presque caché par un énorme nuage de fumée, les raies des éléments connus se trouvent décalées vers le rouge par rapport aux mêmes raies observées au laboratoire ; ce décalage est d'autant plus important que l'éclat de la galaxie est faible.

«Faible, cela, je comprends, ces galaxies brillent d'autant moins qu'elles sont lointaines», m'interrompit Holmes. «Mais le rougissement des spec-

La preuve par la fuite

n'y a pas de fuite sans crime !»

Y. Watabe/Ciel et Espace

Tout l'espace se dilate

En découvrant que plus une galaxie a un spectre de lumière décalé vers le rouge plus elle est lointaine, Edwin Hubble a constaté que toutes les galaxies semblent nous fuir. Puisqu'il n'y a pas de direction privilégiée, il ne peut s'agir de mouvements propres : c'est l'espace lui-même qui se dilate.

tres, en voilà une curieuse affaire... l'énergie de leur lumière serait-elle donc volée en cours de route ? Cela change tout : les galaxies ne sont pas les auteurs d'un crime, mais ses victimes.» Il fallait l'avouer : Sherlock intégrait les nouveaux éléments d'enquête à une vitesse surprenante, même si de temps à autre ses conclusions étaient teintées d'une certaine couleur professionnelle. «Voilà un indice : l'espace n'est pas innocent, il se met quelque chose dans la poche, pour ainsi dire. Mais comment ? Le fait-il tout seul, ou a-t-il des complices ? Cette affaire a des ramifications insoupçonnées, mon ami ; continuez.»

Que l'espace prélève une sorte d'impôt sur la lumière qui le traverse semblait clair ; mais le mécanisme de ce "vol de grand chemin" l'était beaucoup moins. Dès la découverte du décalage spectral des galaxies, on avait proposé l'existence d'un "complice", un "champ" ubiquite dont l'unique fonction aurait été de "fatiguer" la lumière avant qu'elle arrive chez nous. Cependant, aucun complice imaginable ne peut opérer sans se trahir en diffusant la lumière : les objets lointains seraient non seulement peu lumineux, mais brouillés. On allait jusqu'à décréter être en présence d'un phénomène entièrement nouveau...

«Evidemment, on peut toujours tout expliquer à l'aide de forces en dehors des lois courantes de la nature ; mais alors, à quoi bon ? L'enquête s'arrêterait aussitôt. Nous devons d'abord éliminer toute autre hypothèse», m'interrompit Holmes.

«Très juste, acquiesçai-je. L'espace doit donc prendre son dû d'une autre manière. Je sais que vous n'appréciez guère les propos théoriques ; regardez donc... vos supports-chaussettes. Tout au long du caoutchouc est dessiné un trait en zigzag ; tirez les deux bouts, et vous voyez que le zigzag s'aplatit, car chaque zig et chaque zag se rallonge. Or, une onde lumineuse n'est qu'une sorte de zigzag aux coins arrondis imprimé sur l'espace, et un rougissement n'est rien que son étirement... »

«Et donc, si l'espace tout entier s'étale, la lumière des galaxies est rougie ; plus la galaxie est loin, plus l'étalement est grand... et plus le rougissement est important. Ainsi, les galaxies nous apparaîtraient en fuite ; or, il n'en est rien, car de partout elles sembleraient partager la même fuite. Excellent ; voilà déjà un point de départ. Mais avant de continuer, éclaircissons un petit détail ; si l'espace s'étale comme mes supports-chaussettes, et si nous ne sommes pas dans un endroit privilégié de l'Univers, le décalage spectral des galaxies doit être proportionnel à leurs distances ; qu'en disent les faits ?»

Diable, qu'il était perspicace, ce revenant du XIXe siècle. J'ai dû admettre que le rougissement varie en raison directe de la distance des galaxies, avec cependant quelques fluctuations autour de la ▶

«Il faut trouver le coupable, big

tendance moyenne, dues au fait que les galaxies ont leurs propres vitesses qui se superposent à l'étalement général, et dues aussi au fait que la mesure des distances extragalactiques est très difficile et donc entachée d'erreur.

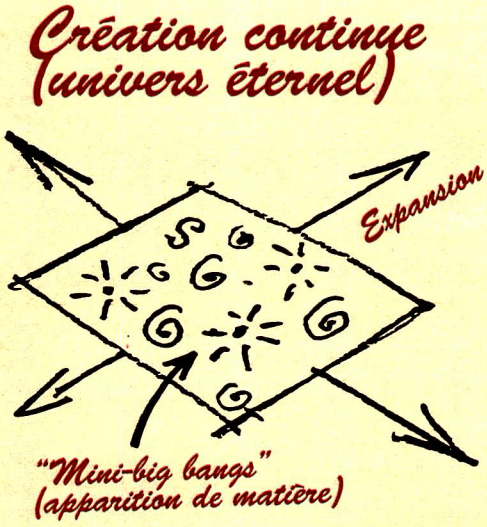
«Pour l'instant, dit-il, tout concorde. La distance entre les galaxies augmente avec le temps ; donc, elles étaient plus rapprochées dans le passé. Je me flatte de ne point avoir de préjugés et de suivre une piste jusqu'au bout. Et cette piste semble nous mener vers la conclusion qu'il y a un certain nombre d'années, sans doute grand mais fini, toutes les étoiles et les galaxies de l'Univers étaient renfermées dans un point mathématique, qui d'ailleurs devait aussi constituer tout l'espace. Un exploit digne de Moriarty, il me semble.»

Il est évidemment hasardeux de supposer que les objets dont l'Univers est rempli existent depuis toujours : à l'époque où les galaxies devaient se recouvrir, on doit supposer que ces objets n'étaient pas encore formés, l'Univers étant alors un gaz, d'autant plus dense que l'époque est loin de nous. Rien n'exclut un état encore plus reculé, composé uniquement de rayonnement sans matière qui peut alors être comprimé presque indéfiniment ; d'ailleurs, le physicien moderne nie la possibilité physique d'un point parfait, car tout est toujours entaché d'un certain flou quantique...

Holmes m'arrêta de nouveau. «D'une goutte d'eau un logicien pourrait inférer la possibilité d'un océan Atlantique ou d'un Niagara, sans jamais avoir vu ni l'un ni l'autre ; les décalages spectraux des galaxies nous suggèrent un événement insolite dans la nuit des temps : la création de l'espace et du temps à partir de rien. Et, puisque l'énergie apparaît spontanément, une des lois les plus sacrées du cosmos, celle de la conservation de l'énergie, est violée.» Il se frotta les mains. «Voilà enfin un crime à ma hauteur.»

Mais s'agissait-il réellement d'un crime ? Cette origine hypothétique a pu être datée dès les années trente... avec un résultat paradoxal : le big bang, comme on a pris l'habitude de l'appeler bien plus tard, semblait être plus jeune que le système solaire et même que les roches les plus anciennes sur la Terre. Un alibi se profilait pour éliminer le big bang de l'affaire.

Puis, n'en déplaise à Sherlock, la théorie elle-même avait son mot à dire. L'expansion cosmique variant en raison de la distance, on pouvait conclure qu'elle est pareille partout ; d'ailleurs, dans quelque direction que l'on regarda, on trouvait le même phénomène décrit par les mêmes paramètres. Donc, à chaque époque, la structure sous-jacente de l'Univers devait être homogène et isotrope. Pour pouvoir appliquer la physique à



l'Univers, on suppose explicitement que les lois sont partout les mêmes (sinon, par exemple, la spectroscopie serait impuissante comme méthode d'analyse chimique cosmique) ; il est tentant alors de supposer que ces lois ne changent pas non plus au cours du temps, ce qui mène directement à l'idée d'un Univers dont l'aspect global ne change jamais. L'Univers, selon ce schéma, existerait depuis toujours, et contiendrait une infinité d'étoiles et de galaxies : d'un coup de main magistral, le problème de nos origines, problème à la fois scientifique et religieux, est éliminé... car il n'y en a pas.

«Donc, dans quelque direction que l'on regarde, la ligne de visée croiserait inéluctablement une étoile, ou une galaxie ; on ne verrait point d'astres brillants sur un fond sombre, mais un ciel uniformément éclairé», murmura Holmes. «Mais», continua-t-il après quelques instants de réflexion, «l'expansion cosmique rendrait la plupart de ces sources totalement invisibles. Subtil, très subtil, mais l'échappatoire qui sauve les apparences me semble avoir une faille : pour qu'un univers en expansion garde toujours le même aspect, il faut créer en permanence et partout de la matière, et toujours à partir de rien. Si je ne me trompe, nous voici toujours devant le même crime, mais au lieu d'un suspect on en a deux, dont les méthodes sont différentes.»

Un siècle "au chômage" n'avait pas tempéré le flair de Sherlock. Cependant, d'un point de vue purement esthétique, le nouveau schéma plaisait assez, car il avait besoin seulement d'une petite violation, de l'ordre d'un gramme de matière par litre par trillion d'années... une violation indiscernable au laboratoire (seul arbitre des lois), et que l'on pouvait d'ailleurs masquer en introduisant dans la nature une sorte de réservoir d'éner-

bang ou création continue.»

gie négative, dans lequel l'Univers puiserait pour créer l'énergie positive qu'il lui fallait. Ainsi, l'énergie du réservoir devient plus négative, et l'énergie totale ne change pas : plus aucune loi n'est violée, et aucun créateur invoqué. Ce schéma de la création continue devint populaire aux alentours des années cinquante.

ROE/AAO/D.Malin/Ciel et Espace

D'où vient la matière ?

L'Univers n'est pas vide, il est composé d'amas de galaxies (ici, celui de Virgo). Si l'espace s'aggrandit, soit il y a création continue de matière dans un univers éternel, soit le cosmos n'existe que depuis un temps relativement court (environ 15 milliards d'années).

«Je n'aime pas vos mœurs contemporaines : un crime est un crime, qu'il soit grand ou petit, grommela Holmes, et vos propos esthétiques n'ont de place que chez un tailleur. Si une loi a été violée, il faut trouver le responsable, qu'il s'appelle big bang ou création continue ou Moriarty ou autre chose encore ; mais il nous faut d'autres indices. Y a-t-il quelques cendres sur le lieu du crime ? Que de fois la clé d'une énigme apparemment insoluble était un mégot écrasé par terre… Saviez-vous que chaque tabac est reconnaissable par la qualité et la quantité de ses cendres ?»

Les cendres, ou plutôt les restes d'une cuisson, remplissent le cosmos… à moins de supposer que tout – arbres, savonnettes, ordinateurs, éléments chimiques – a été créé sous sa forme actuelle. D'où viennent au juste les éléments ? Depuis presque le début du siècle, nous savons que tous les éléments ont en commun deux particules fondamentales – les électrons et les protons ; on peut donc imaginer des schémas de synthèse, certes plus ou moins indirects, où à partir de protons et d'électrons sont "fabriqués" pas à pas les éléments. Et rien n'interdit la création de protons et d'électrons à partir de rayonnement, véritable matière première de l'Univers.

Les conditions nécessaires à la nucléosynthèse sont simples à exprimer, sans être pour autant faciles à réaliser : la matière de base doit être suffisamment chaude (pour surmonter la répulsion des particules) et suffisamment dense (pour que le taux de production soit intéressant). Nous savons aujourd'hui qu'un lieu propice à la nucléosynthèse est l'intérieur d'une étoile ; cependant, comme une étoile consomme une grosse partie de sa production avant de mourir, on ne s'attend pas à ce que les Cocottes minute stellaires restituent à l'environnement beaucoup des éléments légers du départ.

Pour créer les éléments les plus légers, la cuisson doit être certes chaude, mais elle doit être rapide, et elle doit se terminer assez brusquement, un peu comme on fait… les soufflés. A l'inverse donc des Cocottes minute stellaires, qui évoluent en s'échauffant de plus en plus, il faut plutôt un four initialement très chaud qui se refroidit.

«Ah, ah ! Comme je vous disais, ne négligez pas les cendres. La répartition des éléments trahit le processus : vous voyez un certain mélange d'éléments légers, hélium, deutérium, sans doute aussi de choses comme le lithium, et vous avez piégé le big bang ; un mélange caractéristique des éléments lourds, et vous savez que les étoiles sont passées par là.»

En effet, après un certain nombre de tâtonnements et d'errements, l'importance de cet indice s'est imposée au cours des années cinquante ; par ailleurs, après une révision de l'échelle des distances extragalactiques, le big bang a cessé d'être ridiculement jeune – ainsi, non seulement son alibi s'est révélé fragile, mais il apparaît comme parfaitement apte à avoir créé la quantité d'hélium observée, car il se présente sous la forme d'un champ de rayonnement excessivement chaud qui se refroidit, réunissant toutes les conditions pour la nucléosynthèse des éléments légers. ▶

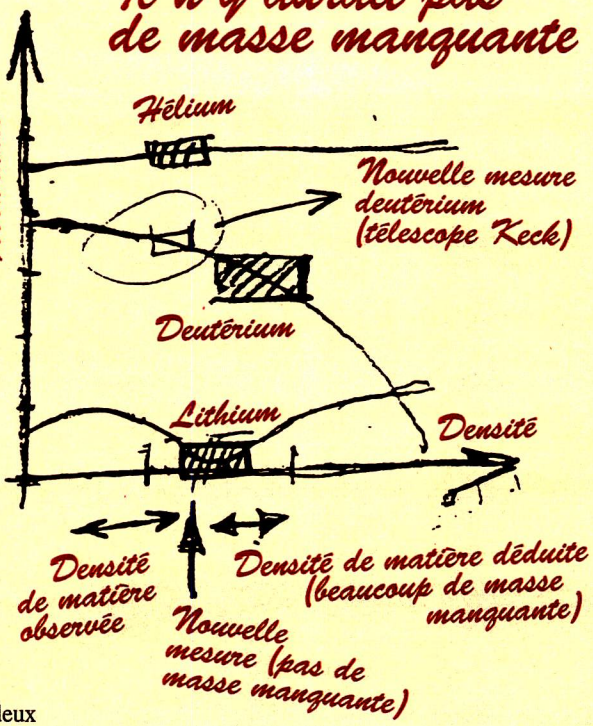
«Pour les indices, il faut toujours

«Mais l'autre suspect, la création continue, me demanda insidieusement Holmes, n'avait-il pas aussi la possibilité de parsemer le terrain d'éléments légers avant que les étoiles ne soient nées ?»

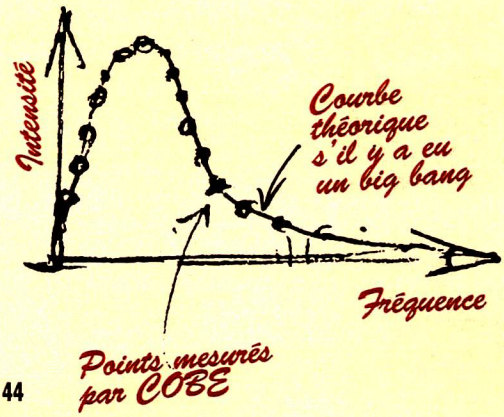
A l'origine, il semblait que non ; on croyait que la création spontanée ici et là, de temps à autre, d'une particule quelconque n'aboutirait pas à la production d'une quantité bien déterminée d'hélium. Mais, en passant au peigne fin les informations, les enquêteurs se sont rendus compte que le témoignage de la création continue était assez ambigu : rien en fait ne s'opposait à l'existence de "centres" de création (certaines galaxies d'aspect tourmenté, par exemple), sortes de "little bangs" d'où surgirait la nouvelle énergie, puisée toujours dans les réservoirs négatifs, certes moins souvent que dans le schéma initial mais en quantités plus grandes. Et cet intense champ de rayonnement chaud se condenserait en atomes au cours du refroidissement ultérieur. Création continue ou big bang : blanc bonnet ou bonnet blanc ?

«Un instant, m'interrompit Holmes. Nos deux suspects procèdent différemment, et ils laissent derrière eux des empreintes différentes. La quantité d'hélium dont le big bang serait responsable dépend étroitement de la densité de l'Univers à cette époque, qui se mesure à partir de la densité actuelle *via* l'expansion cosmique ; en revanche, la productivité en hélium de vos little bangs dépend uniquement de la masse des centres... et donc n'a aucune raison d'avoir le même rapport avec la densité actuelle. Au fait, le même raisonnement ne s'applique-t-il pas au deutérium et aux autres éléments légers ?»

Il n'y aurait pas de masse manquante



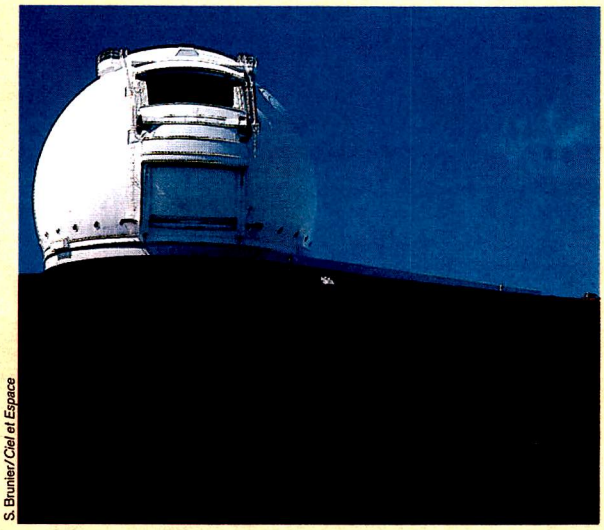
Le rayonnement du début de l'Univers



Fin limier, cet Holmes ; il venait de mettre le doigt sur un point critique. L'hélium est un élément relativement abondant dans l'Univers : on l'observe même dans certaines galaxies assez primitives, et son abondance actuelle est un bon reflet de son abondance au moment de sa formation. Mais le deutérium est une autre paire de manches : il y en a très peu, et, donc, avec les télescopes de la génération actuelle, on ne peut l'étudier que dans le voisinage du Soleil, où son abondance a été fortement modifiée par les processus stellaires. Voilà deux pistes qui doivent se croiser, comme aurait dit Holmes, la vérité étant au point de rencontre ; or, une piste était très brouillée. La quantité d'hélium concordait avec la densité actuelle de l'Univers dans le schéma du big bang ; le deutérium, en revanche, incitait à croire à un univers bien trop dense par rapport à toute la matière déjà répertoriée. Laquelle de ces deux pistes était la bonne ? «Cherchez la matière manquante» était la devise d'astronomes-limiers à l'affût de nouvelles sensations.

«Il faut toujours avoir une bonne loupe sur soi», prononça laconiquement Holmes. Une nouvelle génération de télescopes commence à faire ses preuves, et les premiers résultats, à en croire les enquêteurs, clarifient au moins la piste du deutérium : observé pour la première fois dans un nua-

avoir une bonne loupe sur soi.»



S. Brunier/Ciel et Espace

Le verdict du ciel

Le plus puissant télescope du monde, le Keck d'Hawaï, vient d'effectuer une mesure de l'abondance du deutérium dans l'Univers, selon laquelle l'éventuelle matière manquante de l'Univers serait pour l'essentiel de nature inconnue (non baryonique). Le schéma ci-contre montre, sur les courbes théoriques, les vraies mesures et leurs conséquences cosmologiques.

ge extragalactique relativement lointain, son abondance, interprétée comme due au big bang, mène à la même densité de la matière cosmique que la piste de l'hélium... «C'est-à-dire, à la densité observée ; voilà les indices qui se resserrent autour du big bang... à moins qu'il n'y ait encore une erreur quelque part. Avez-vous vraiment bien regardé les cendres ? Le moindre petit détail serait utile.»

Déjà, à la fin des années cinquante, les chasseurs du big bang avaient remarqué qu'il passe inéluctablement par un stade où le rayonnement est étroitement mélangée à la matière, et qu'il a donc la distribution spectrale très caractéristique de corps noir, comme disent les spécialistes. Mais, dans ce schéma, l'Univers s'étale et se refroidit, de sorte qu'à partir d'un certain moment le rayonnement est libre : avec cet étalement cosmique, sa température baisse, mais même si l'interaction avec la matière est de plus en plus marginale, la distribution spectrale caractéristique est maintenue. Depuis la deuxième moitié des années soixante, ce rayonnement "du fond du ciel" a pu être observé et mesuré ; sa température est d'environ 2,7 degrés au-dessus du zéro absolu. Le big bang semblait être pris en flagrant délit.

Cependant, l'ambiguïté même du témoignage de la création continue incitait les enquêteurs assidus à rechercher des incidents suspects de sa vie. Le rayonnement de chaque little bang, au moment d'être libéré, correspond à un milieu dont la température atteint quelques milliers de degrés ; il faut le refroidir, et l'étalement cosmique ne peut pas jouer pleinement ce rôle. En revanche, rien n'exclut l'existence, dans l'espace intergalactique, de petits grains qui pourraient dégrader ce rayonnement pour le ramener à une température bien plus froide. Certes, il faut imaginer des grains très petits, de forme très particulière, et en densité relativement faible pour que l'Univers reste assez transparent, mais enfin... pourquoi pas ?

«Avec de la mauvaise foi, mon ami, même vous et moi, nous pourrions être inculpés ; l'idée est franchement tirée par les cheveux... mais, au fond, vous avez raison, pourquoi pas ! Seuls les faits peuvent trancher. Je vois deux alibis qui pourraient disculper la création continue une fois pour toutes. D'abord, si une superposition de little bangs, tous différents, est responsable du rayonnement cosmologique, il n'a aucune raison de ressembler exactement au rayonnement de corps noir, et un appareil suffisamment sensible devrait pouvoir repérer les écarts. Ensuite, la distribution spatiale des astres très lointains, donc très anciens, doit être identique à la distribution actuelle pour que la création continue soit coupable.»

Mesurer le rayonnement du fond du ciel avec une grande précision est difficile, car c'est un rayonnement thermique, et il faut donc savoir prendre en compte les effets de toutes les autres sources thermiques, locales et lointaines. Au-delà de l'atmosphère terrestre, la tâche est plus simple, car, au moins, on s'affranchit des sources locales ; les dernières mesures ainsi faites révèlent une distribution spectrale incroyablement semblable à un milieu ayant une seule température. Et il y a (peut-être) encore mieux à faire : avec le même télescope géant qui a fourni les renseignements si intéressants sur le deutérium, on a essayé de sonder la température du rayonnement cosmologique à une époque reculée. La mesure est nécessairement indirecte, et la possibilité d'erreur n'est pas encore exclue, mais les résultats préliminaires suggèrent que la température était bien plus élevée dans le passé, conformément au déroulement du big bang.

A vrai dire, cette dernière mesure confirme un travail qui date de la fin des années cinquante, quand on a commencé à compter le nombre de sources radio extragalactiques par unité de volume pour des distances de plus en plus grandes, et donc pour des époques de plus en plus reculées. Si l'on croyait à la détermination des distances, l'Univers était plus dense dans le passé qu'aujourd'hui, disculpant ainsi la création continue ; mais pouvait-on se fier à des mesures aussi difficiles, concernant des objets dont nous ne comprenions pas le fonctionnement ? ▶

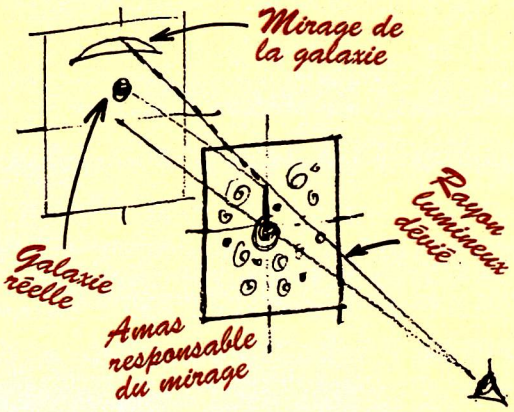
"Matière sombre, cachée : des

«Il est de la plus haute importance dans l'art de la détection, dit Holmes, de savoir sélectionner, d'un ensemble de faits, ceux qui sont essentiels. Revenons aux points qui semblent être les pivots de tout ce mystère.»

«Premier point : nous observons un univers rempli d'objets mortels – galaxies, groupes de galaxies et tout le reste ; rien ne dure indéfiniment, car les sources énergétiques stellaires sont limitées. Il y a donc nécessairement création. Deuxième point : le décalage vers le rouge extragalactique est d'autant plus grand que l'objet est loin ; si nous éliminons toute explication arbitrairement basée sur des phénomènes inconnus, on conclut que tout l'espace s'étale, emportant ainsi les galaxies (ou plutôt, leurs groupes).»

«Donc, de deux choses l'une : ou bien tout a commencé par un événement ponctuel – une fluctuation quantique, un acte surnaturel, que sais-je... à défaut de mieux, appelons cela big bang –, avec la création de toute l'énergie cosmique, de sorte que l'Univers se dilue en se dilatant ; ou bien l'expansion dure depuis l'éternité, ce qui implique un processus de création continue pour éviter un cosmos aujourd'hui vide. Je passe sur l'aspect purement philosophique de ces deux schémas, car avec ce genre de "bla-bla" on peut démontrer une proposition et son contraire ; j'admets (sans comprendre) les mathématiques qui rendent plausible une expansion ayant lieu dans un substrat mal défini ; mais je souligne que dans les deux cas il y a violation de la loi de la conservation d'énergie. Violation masquée habilement par les partisans du big bang en introduisant des fluctuations quantiques et des champs de force que personne ne comprend ou, dans le cas de la création continue, par l'invention de réservoirs d'énergie négative dont nul ne connaît davantage les détails.»

Un mirage cosmique



«Rien, ai-je dit, n'est éternel ; donc, tout s'use, et cette usure laisse ses traces, qui sont au nombre de trois. Les éléments, d'abord : ceux qui sont lourds n'ont que peu d'intérêt pour nous, car ils sont relativement tardifs, formés par les étoiles. En revanche, les éléments légers doivent être formés dans un champ de rayonnement intense qui se refroidit rapidement – conditions par excellence du big bang, mais aussi (après toutefois quelques adaptations) de la création continue.

»Mais le big bang a le tort de relier l'abondance des éléments légers de façon automatique à la densité de la matière que l'on voit dans l'Univers – la corrélation est vérifiée (en admettant les derniers résultats), disculpant ainsi la création continue, car une coïncidence pareille serait impensable. Et puis, le rayonnement dans lequel baignaient ces éléments lors de leur formation se dégage tôt ou tard de la matière ; le big bang assure sa distribution spectrale et le refroidit – ce rayonnement froid est observé, et il ressemble étonnement à un corps noir.

»Ce n'est pas cela qui peut disculper complètement la création continue, car, moyennant un peu de poussière intergalactique (rajout arbitraire, certes, qui sent le bricolage, mais qui n'est pas exclu par la physique), elle aurait pu aussi transformer son rayonnement en une superposition de corps noirs, difficilement discernable de ce que l'on observe ; en revanche, la très forte présomption selon laquelle le rayonnement cosmologique était plus chaud dans le passé est un indice capital sur la nature évolutive du cosmos, à ranger avec le comptage des objets extragalactiques lointains.»

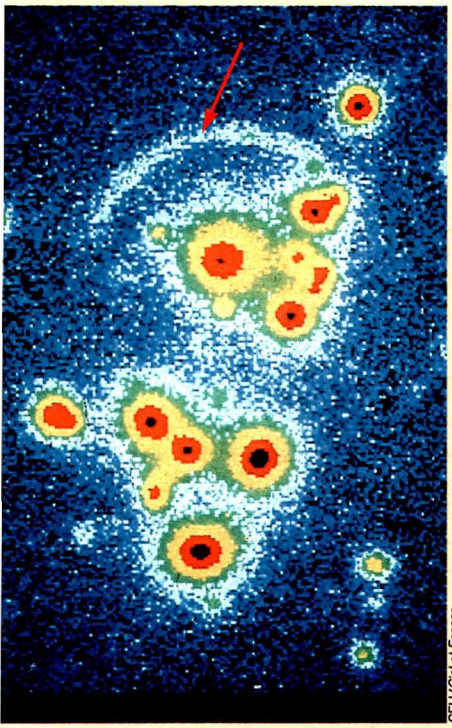
«Le big bang est donc coupable», dis-je.

«Attendez, mon ami, sourit Holmes, l'innocence de l'un n'implique pas nécessairement la culpabilité de l'autre. Il y a trois indices, vous ai-je dit. Pour le troisième, revenons à ces pauvres galaxies dont les mouvements me paraissaient au début si suspects. Ne trouvez-vous pas suspecte leur existence même ? En clair, comment sont formées les grandes structures de l'Univers ?

»La gravitation universelle peut, certes, encourager la matière à se rassembler, mais encore faut-il avoir des grumeaux relativement durables. Cependant, tant que le rayonnement domine, toute condensation naissante est déchirée aussitôt ; et, quand le rayonnement n'interagit plus avec la matière, la température est si faible que les structures les plus favorisées sont beaucoup moins massives que les galaxies, car l'échelle de temps requis pour leur formation dépasse l'âge de l'Univers.

»Voici donc le dilemme : le big bang, mis en accusation infailliblement par tous les autres indices,

mots pour masquer l'ignorance."



CFH/Ciel et Espace

L'illusion perdue

Les arcs de l'Univers (flèche) sont des images déformées d'objets lointains passant à travers une masse interposée qui agit comme une lentille gravitationnelle. Son interprétation est des plus délicates.

ne peut pas faire la moindre galaxie, sans parler des structures plus importantes ; et la création continue, qui peut les faire, car la matière qui surgit dans notre Univers est associée aux centres discrets – little bangs –, n'est compatible avec les autres informations qu'au prix de rafistolages incessants et, dans l'ensemble, peu crédibles. Toutes les possibilités de cosmogenèse sont ainsi éliminées : ce que nous croyons observer n'existe donc pas.»

«Mais, Holmes, protestai-je, cela est impossible !» «Admirable, dit-il. Voilà une très bonne remarque. En effet, comme je l'ai exprimé, c'est impossible, et donc il y a une erreur quelque part. Pourtant, vous avez suivi mon raisonnement ; voyez-vous une faille ?»

Un sentiment de vertige commençait à m'envahir. Le big bang serait-il innocent au moins de la naissance des structures ? Devrait-on renoncer à imputer la création de galaxies et autres grandes structures aux processus présents à l'origine ? Mais alors, qui en était responsable ? Pouvait-on trouver un mécanisme pour accélérer le rassemblement de la matière après le big bang ? Avait-on, en effet, exploré toutes les perspectives ouvertes par la physique ? Etait-ce là une faille, vouloir que toute l'évolution de l'Univers dans les moindres détails soit imprimée dès sa création, à l'image des mythes de l'Antiquité ?

Se pourrait-il que tous les schémas soient erronés, que le vrai coupable reste encore à découvrir, que les indices accumulés avec tant de peine soient des leurres ? Et si Holmes avait raison, si tout était illusion ? Sa voix surgit du nuage de fumée qui s'épaississait de minute en minute : «Mon cher ami, vous connaissez ma vieille maxime : quand on a éliminé l'impossible, ce qui reste, aussi improbable soit-il, doit être la vérité. Si ce que l'on voit n'existe pas, peut-être existe-t-il ce que l'on ne voit pas.»

Les bricoleurs le savent bien : avec de la bonne colle, tout peut se faire. Une nouvelle matière, constituée de particules jusqu'alors inconnues, peu sensibles au rayonnement, aurait pu s'agglutiner même aux premiers instants d'un big bang quelconque, emportant la matière ordinaire avec elle malgré l'intensité du rayonnement. Voyait-on, en effet, les traces des structures primitives dans les dernières mesures du rayonnement cosmologique ? Cette matière hypothétique était-elle aussi responsable de certains mouvements fantaisistes des galaxies et de la déformation optique de quelques galaxies très lointaines ?

En introduisant ces particules mystérieuses au sein du big bang, on arrive certes à reproduire certains aspects de l'Univers observé, mais encore faut-il plusieurs types de particules, aussi inconnues les unes que les autres. "Matière sombre", "matière cachée", "matière manquante... chaude et froide" – autant de mots, peut-être autant d'épicycles qui ne servent qu'à sauver les apparences ; tant que ces particules restent à l'état de théorie, en quoi le big bang est-il meilleur candidat que, par exemple, la création continue ? Chaque schéma nécessite des rafistolages pour rester compatible avec les faits ; peut-on décréter quel rafistolage est admissible ? Et de quels faits faut-il tenir compte, au juste ?

Dehors, une pluie fine tombait sans cesse, et chaque réverbère était auréolé d'une pâle lumière. Un homme au visage anguleux à moitié caché sous une casquette, emmitouflé dans un énorme imperméable, me dévisagea un instant derrière la vitre, pour repartir aussitôt dans la brume. Je n'entendais plus les sons du violon, mais de loin je croyais distinguer une voix moqueuse : «Elémentaire, mon cher...» ■

L'auteur, Ludwik Celnikier, astrophysicien à l'observatoire de Paris-Meudon, tiendra une conférence à l'occasion du Xe Festival de l'astronomie de la Haute-Maurienne-Vanoise, qui se déroulera du 6 au 13 août à Lanslebourg (73). Renseignements : tél. : 16 79 05 91 57, fax : 16 79 05 80 96.

1994 sera l'année

A votre avis qui fait la meilleure affaire ?

des économies:

Jean-Charles G. a découvert qu'il disposait chaque année d'un budget jusqu'à 69 Francs supérieur à celui de Patrick S. qui n'est pas encore abonné 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 dès aujourd'hui à Science & Vie et je choisis la formule suivante :

❒ **1 an couplé**
12 N^os + 4 hors série :
295 F seulement au lieu de 364 F*

❒ **1 an simple**
12 N^os :
220 F seulement au lieu de 264 F*

Cochez SVP

*Prix normal de vente des magazines chez votre marchand de journaux

RC PARIS B 572 134 773

Nom
Prénom
Adresse
Code postal
Ville

Je choisis de régler par :
❒ chèque bancaire ou postal à l'ordre de SCIENCE & VIE
❒ carte bancaire

N°

expire à fin ____ mois ____ année

Date et signature obligatoires

Conformément à la loi Informatique et Libertes du 06/01/1978, vous disposez d'un droit d'accès et de rectification aux données personnelles vous concernant. Par notre intermédiaire, vous pouvez être amené à recevoir des propositions d'autres sociétés ou associations. Si vous ne le souhaitez pas, il vous suffit de nous écrire en nous indiquant vos nom, prénom, adresse et, si possible, votre référence client.

OFFRES VALABLES JUSQU'À FIN 1994 ET RÉSERVÉES À LA FRANCE MÉTROPOLITAINE.
ETRANGER NOUS CONSULTER, TÉL. (33-1) 46 48 48 48

Vous pouvez aussi vous abonner par Minitel en tapant 3615 ABON

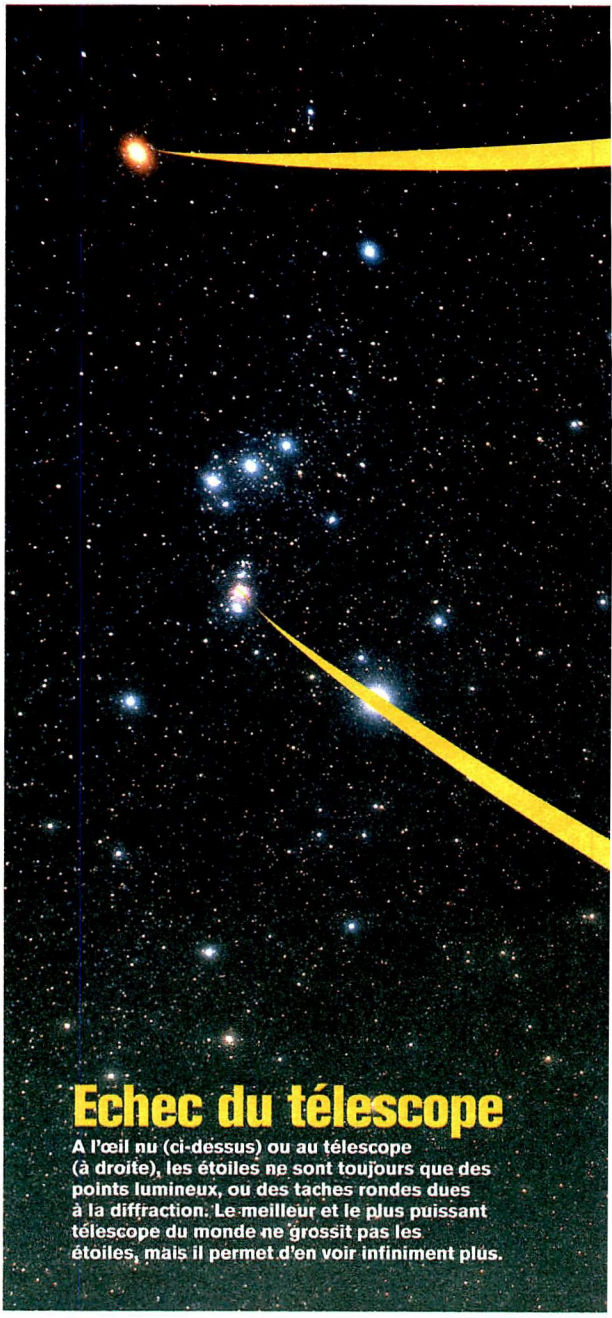
On sait maintenant mesurer les étoiles

Pour mesurer la taille d'un astre, on utilise la nature ondulatoire de la lumière et les interférences qui en résultent. Une technique incroyablement fine qui consiste à raccorder au millième de milimètre près des distances se comptant en milliards de kilomètres.

PAR RENAUD DE LA TAILLE

Pendant des siècles, les prêtres astrologues chaldéens, sumériens, égyptiens ou grecs ont rêvé de décrocher la Lune : non pas pour la mettre sur l'autel du temple, mais pour la mesurer. Rien de plus irritant pour un esprit scientifique que cet astre tout rond qu'on devine proche de nous sans arriver à savoir s'il est plus grand que la mer ou pas plus gros que la colline voisine.

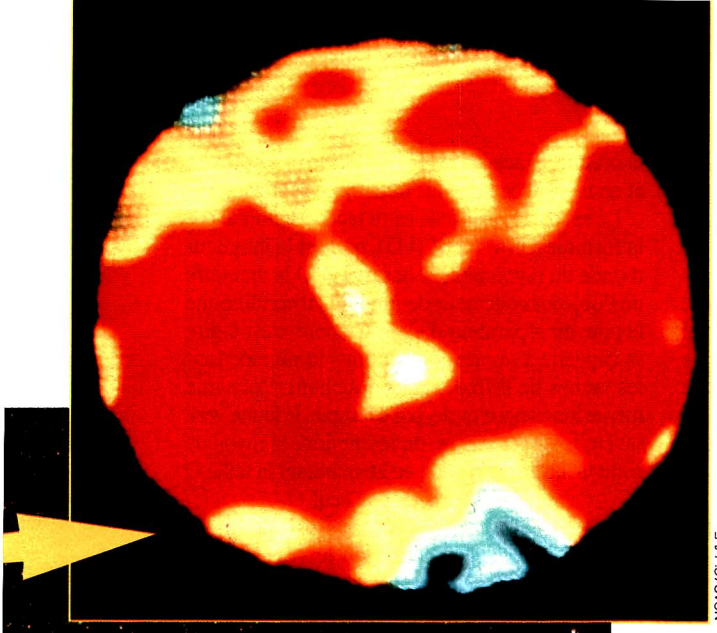
Il faudra attendre l'avènement de la géométrie, puis de la trigonomètrie – étude des rapports entre la longueur des côtés et la mesure des angles dans les triangles – pour avoir une idée du diamètre de la Lune (3 472 km). Celle-ci dessine un gros disque clair dans le ciel nocturne, ce qui rend assez facile la mesure de l'angle sous lequel on la voit : c'est l'angle que formeraient deux fils rectilignes allant de l'œil de l'observateur aux bords droit et gauche de la pleine lune.



Echec du télescope

A l'œil nu (ci-dessus) ou au télescope (à droite), les étoiles ne sont toujours que des points lumineux, ou des taches rondes dues à la diffraction. Le meilleur et le plus puissant télescope du monde ne grossit pas les étoiles, mais il permet d'en voir infiniment plus.

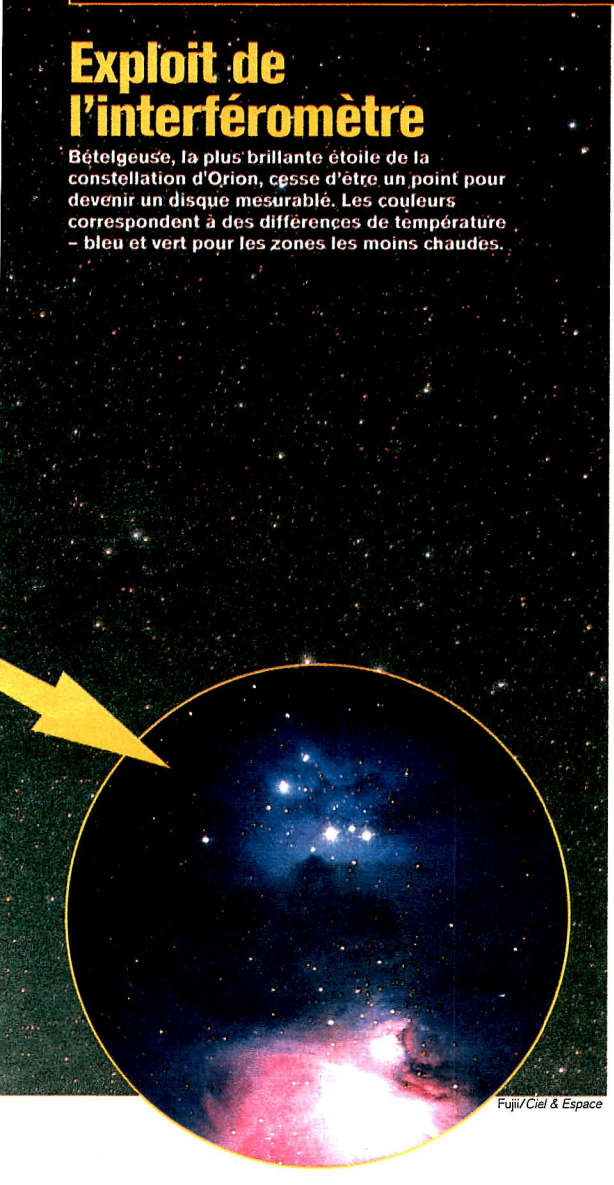
Fujii/Ciel & Espace



NOAO/Ciel & Espace

Exploit de l'interféromètre

Bételgeuse, la plus brillante étoile de la constellation d'Orion, cesse d'être un point pour devenir un disque mesurable. Les couleurs correspondent à des différences de température – bleu et vert pour les zones les moins chaudes.



Fujii/Ciel & Espace

Or, une simple ligne de visée, genre carabine, matérialisée par un cran de mire et un guidon, permet un pointé en direction dont la précision est de l'ordre de la demi-minute d'angle. C'est déjà bien si l'on se rappelle que l'angle droit est divisé en 90 degrés, chaque degré étant divisé en soixante minutes de soixante secondes.

En allongeant la distance entre les deux repères, une petite fente côté œil et un fil fin à l'autre bout, et en ajoutant des cercles gradués (quadrants, sphères armillaires et autres), on pouvait encore affiner la mesure et viser tour à tour avec une bonne précision le bord droit puis le bord gauche de la Lune – en faisant vite, toutefois, car la Lune se déplace dans le ciel. On en déduisit assez tôt le diamètre angulaire apparent de la Lune, 31' 5", soit environ un demi-degré, et, connaissant sa distance à la Terre, les relations trigonométriques donnèrent son diamètre.

La même méthode s'appliqua aussi au Soleil, dont le diamètre apparent est voisin de celui de la Lune, mais s'arrêta là en vision directe, car les étoiles ou les planètes apparaissent comme de simples points lumineux sans dimension, et donc dépourvus de bord droit et de bord gauche. L'invention de la lunette par les Hollandais, puis son perfectionnement par Galilée et, surtout, Kepler, allait changer les choses : les étoiles restèrent toujours des points lumineux, mais les planètes devinrent de petits disques dont on pouvait évaluer le diamètre angulaire.

Le réticule, cette croix de fils fins qu'on peut voir dans toute lunette de pointage en mettant l'œil à l'oculaire, permettait des mesures angulaires infiniment plus précises que celles faites à l'œil nu : on passait de la demi-minute d'arc à moins de la demi-seconde, soit un gain en précision de cent fois. De plus, le réticule peut être muni de graduations qui permettent une évaluation directe du diamètre angulaire.

S'il fut relativement aisé de mesurer la taille des planètes proches comme Vénus ou Mars, les planètes lointaines offrirent plus de difficultés et les étoiles s'avérèrent totalement rebelles à la méthode : quelle que soit la taille de l'instrument, elles apparaissaient toujours comme des points lumineux sans diamètre visible.

Les astronomes s'étaient pourtant donné un mal fou pour faire des objectifs de plus en plus grands, mais on se heurtait là à un triple problème : l'immense distance qui nous sépare des étoiles (en comparaison, les planètes sont à portée de main), la diffraction qui limite la finesse des images données ▶

par un objectif, et la turbulence atmosphérique, qui brouille et agite sans cesse cette image.

Commençons par le problème de la distance ; les étoiles sont des centaines ou des milliers de fois plus grosses que les planètes, mais elles sont des millions ou des milliards de fois plus lointaines : au total, on perd au change, et l'angle sous lequel on voit une étoile n'atteint même pas le dixième de seconde d'arc dans le meilleur des cas, alors que les planètes proches ont des diamètres apparents de plusieurs secondes – jusqu'à 67" pour Vénus, mais pas plus de 0,2" pour Pluton.

En fait, la plupart des étoiles visibles à l'œil nu ont des diamètres angulaires inférieurs au centième de seconde d'arc ; pour les autres, celles qui ne sont visibles qu'avec une lunette, on tombe en dessous du millième de seconde ou à une valeur plus minuscule encore. Toute étoile peut donc être considérée comme un point lumineux situé à l'infini, et la nature ondulatoire de la lumière, découverte par Huygens en 1678 et complètement analysée dès 1820 par Augustin Fresnel – un vrai génie de l'optique –, fait que l'image de ce point n'est pas un point au foyer de l'instrument, mais une tache un peu floue.

Cette tache de diffraction, aussi appelée disque d'Airy, du nom de l'astronome anglais qui l'avait spécialement étudiée, forme un petit rond brillant entouré d'un anneau noir, lui même suivi d'un second anneau clair, puis d'un troisième cercle sombre, et ainsi de suite. En pratique, sauf montage optique destiné à les mettre en évidence, les anneaux alternativement obscurs et brillants entourant la première tache claire sont à peine perceptibles, et on ne tient compte que de la tache centrale.

Le rayon angulaire de cette tache est donné par la formule $\sin(a) = 1{,}22(l/D)$, où l est la longueur d'onde du rayonnement observé et D le diamètre de l'objectif collecteur de lumière ; il conditionne le pouvoir séparateur d'un instrument, c'est-à-dire sa capacité à séparer deux points lumineux dont les taches de diffraction se touchent. Pour une même longueur d'onde, par exemple, le jaune vert, où l = 0,55 micromètre, on réduit donc le rayon de cette tache de diffraction en augmentant la taille D de l'objectif.

Superposer les images pour mieux les distinguer

C'est ainsi qu'on admet qu'un objectif de 10 cm aura un pouvoir séparateur de 1,4" ; celui de 20 cm descendra à 0,7". On a ensuite 0,14" pour 1 m, 0,04" pour 3,5 m et 0,017" pour 8 m. Or, si un objectif peut séparer deux points d'une même étoile (bords gauche et droit, par exemple), il va en donner une image qui ne sera plus limitée à la tache de diffraction – on dit alors que l'objectif résout l'étoile. Les grands instruments auraient donc pu, en principe, résoudre les quelques astres proches dont le diamètre angulaire est supérieur à 0,04".

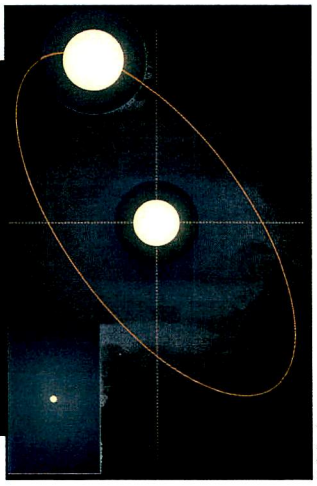
C'était compter sans le scintillement des étoiles, qui séduit les cœurs poétiques mais pas les astronomes ; ce scintillement est dû à la turbulence atmosphérique qui agite et déforme à tel point les rayons issus de l'étoile que l'image donnée par le meilleur télescope est semblable à celle, multiple et dansante, d'une pièce de monnaie au fond d'un bassin dont l'eau est agitée par le vent.

Il en découle en pratique qu'on ne gagne plus en résolution, sauf nuit et site exceptionnels, au-delà de... 20 cm – mais, bien sûr, on gagne énormément en luminosité, sinon il n'y aurait aucun intérêt à faire des objectifs de plusieurs mètres. Cette limite théorique fut connue dès les travaux de Fresnel, donc vers 1821, et pendant près d'un siècle les astronomes purent croire qu'il était à jamais impossible de connaître la taille d'une étoile.

On pouvait, certes, faire des évaluations en comparant spectre, éclat et distance, mais le facteur d'incertitude restait de l'ordre de deux à quatre fois, ce qui est beaucoup. Et puis, en 1921, le physicien Michelson mit en pratique une méthode proposée en 1868 par H. Fizeau, et ouvrit du même coup une voie complètement nouvelle en utilisant justement les phénomènes d'interférence responsables des taches de diffraction. Mais le montage, avec deux miroirs mobiles écartés de plusieurs mètres, était si délicat à mettre en œuvre que personne d'autre que lui ne put reprendre les

9 fois la taille du Soleil

L'interférométrie a permis de connaître la taille des astres qui constituent le système double Capella : leurs diamètres valent 7 et 9 fois celui du Soleil (en insert).



D. Galland

D.Runacher/*Ciel & Espace*

Le pionnier

Antoine Labeyrie, le père de l'interférométrie, vient de vérifier l'écart entre les deux télescopes boules, mobiles sur rails, qui lui ont permis de mesurer le diamètre d'un grand nombre d'étoiles.

essais, et l'interférométrie optique retomba dans l'oubli pendant un demi-siècle.

C'est Antoine Labeyrie, physicien de premier plan et expérimentateur de grand talent, déjà inventeur de la tavelographie, qui allait lui redonner vie en 1974 : avec deux télescopes mobiles installés à Grasse, il put mesurer directement le diamètre de nombreuses étoiles. L'interférométrie repose sur une idée simple : dans l'absolu, un miroir de télescope peut être considéré comme la juxtaposition d'une multitude de petits miroirs dont toutes les images sont envoyées au même point focal.

La résolution d'un miroir, nous l'avons vu, est liée à son diamètre : plus celui-ci est grand, plus la tache de diffraction est petite. Or, celle-ci est due à la composition de toutes les franges d'interférence données par tous les couples diamétralement opposés de miroirs élémentaires fictifs formant le miroir réel. Si on limitait celui-ci à deux petits miroirs placés aux deux extrémités d'un diamètre, on retrouverait ces franges si l'étoile visée ne peut être résolue avec le diamètre utilisé ; en revanche, elles disparaîtraient si ce diamètre permettait de résoudre l'étoile.

Autrement dit, on ne va plus chercher à obtenir l'image d'une étoile donnée, mais seulement à savoir quelle taille de miroir permettrait de la résoudre, et on en tirera alors son diamètre angulaire. Pour cela, on utilise deux petits miroirs mobiles dont l'écartement va simuler le diamètre d'un grand miroir concave. On superpose alors les deux images d'une même étoile données par les deux miroirs, et on observe les franges d'interférence tout en faisant varier l'écart entre ces miroirs. Ces franges disparaissent quand cet écartement correspond au diamètre du miroir qui résoudrait l'étoile.

On sait alors que le rayon angulaire de la tache de diffraction correspondant à ce diamètre vient de tomber en dessous du rayon angulaire de l'étoile étudiée. En ce point limite, le diamètre angulaire de l'étoile est égal au diamètre angulaire de la tache de diffraction. Or, celui-ci est lié à la taille du miroir par la formule donnée plus haut : l'écart des deux petits miroirs au moment où les franges disparaissent va donc donner le diamètre angulaire de l'étoile.

Tel est le schéma simplifié de l'interférométrie optique, également appelée synthèse d'ouverture puisque l'on simule le diamètre – que les astronomes dénomment ouverture – d'un grand miroir sphérique habituel. Dans la pratique, les choses sont beaucoup moins simples à mettre en œuvre du fait que les interférences doivent être faites à une fraction de micromètre (millième de millimètre) près avec des miroirs mobiles.

Pour commencer, il y a interférence quand deux phénomènes cycliques de même fréquence agissent en une même zone – on utilise d'ailleurs souvent le terme pour dire qu'un processus en perturbe un autre de même nature. Quand on lance simultanément deux petits cailloux dans l'eau, on voit des ronds s'élargir autour de chaque point de chute ; là où ils se rencontrent, l'eau est agitée de manière confuse, une vague venue d'un point y heurte celle ▶

venue de l'autre, et les ondulations peuvent se contrarier ou, au contraire, se renforcer.

Comme il n'y a pas, sauf hasard miraculeux, cohérence dans le temps et dans l'espace entre les deux ondes, la composition des deux oscillations forme des dessins irréguliers à la surface de l'eau. Mais, si les cailloux tombaient au même instant et à la même vitesse, les deux ondes auraient la même fréquence, et on verrait se dessiner comme une série d'arcs apparemment immobiles se faisant face : les ondes stationnaires résultant de l'interférence de ces deux ondes progressives.

Les interférences sont un processus propre aux phénomènes ondulatoires, dont font partie aussi bien les vagues sur l'eau que le son et la lumière, à savoir l'annulation réciproque de deux ondes de même fréquence et même amplitude se rencontrant avec une différence de marche d'une demi-longueur d'onde – longueur d'onde : distance entre deux maxima, ou minima, successifs d'un phénomène périodique ; par exemple, distance entre deux crêtes (ou deux creux) de vagues sur l'eau. D'une manière plus générale, on appelle d'ailleurs interférence le phénomène résultant de la superposition de deux mouvements périodiques de même fréquence.

En un point où ces deux mouvements ont une différence de marche d'une demi-longueur d'onde, l'un arrive en crête de vague, l'autre en creux. A ce moment, les deux phénomènes oscillants se superposent en opposition de phase, c'est-à-dire que l'un d'eux croît au moment où l'autre décroît, et la somme des deux est nulle. Il se passe en somme la même chose que lorsqu'un enfant tente de monter un escalier mécanique qui descend : chaque fois qu'il grimpe d'un pas, l'escalier descend d'une marche, et au total il ne bouge pas ; les deux mouvements contraires s'annulent.

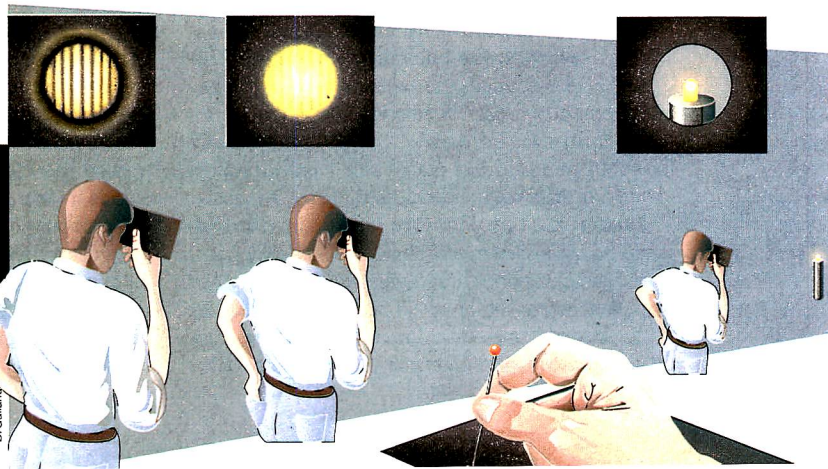
Il en va de même avec deux rayons d'une même source réfléchis par deux miroirs : tout au long d'une ligne où les ondes ont une différence de marche d'une demi-longueur d'onde, le creux des vagues lumineuses du premier rayon arrive au même instant que la crête des vagues du second rayon ; si l'on peut dire, la crête tombe dans le creux, et réciproquement. Au total, l'oscillation s'arrête, et il n'y a plus de rayon lumineux : toute cette ligne est noire.

Inversement, il est des points où les deux rayons arrivent ensemble en crête ou en creux : tout au long de cette ligne où leur différence de marche est nulle, les deux mouvements sont en phase et s'ajoutent pour donner une oscillation double. Entre les deux, on passe progressivement du clair à l'obscur. Ainsi s'explique la succession de lignes alternativement brillantes et sombres qui forment ce qu'on appelle les franges d'interférence. La théorie précise est en réalité beaucoup plus complexe, puisqu'elle fait appel à la composition des fonctions sinusoïdales et aux intégrales de Fresnel. Enfin, il existe aussi des franges de diffraction dues à la composition d'une infinité de rayons de même fréquence (et non plus de deux seulement).

Nous n'insisterons pas sur ce côté théorique pour nous pencher plutôt sur un montage pratique qui illustre fort bien comment fonctionne un interféromètre. Ce montage classique nous a été proposé par M. Coudé du Foresto, spécialiste de l'interférométrie à l'observatoire de Meudon. Il consiste à construire un interféromètre dont le prix ne se compte pas en mégafrancs comme ceux des observatoires, mais en minifrancs, autrement dit, en centimes.

Il suffit, pour le réaliser, d'un morceau de papier opaque et d'une épingle ; inutile d'aller chercher loin : un carré de papier découpé dans une couverture de magazine comportant une plage noire et une épingle à tête de verre coloré conviennent très bien. Au milieu du papier, avec la pointe de l'épingle, on fait deux trous aussi petits et aussi rapprochés que possible ; en deux ou trois essais on réussit très bien deux trous minuscules séparés d'un demi-millimètre : l'interféromètre est fini.

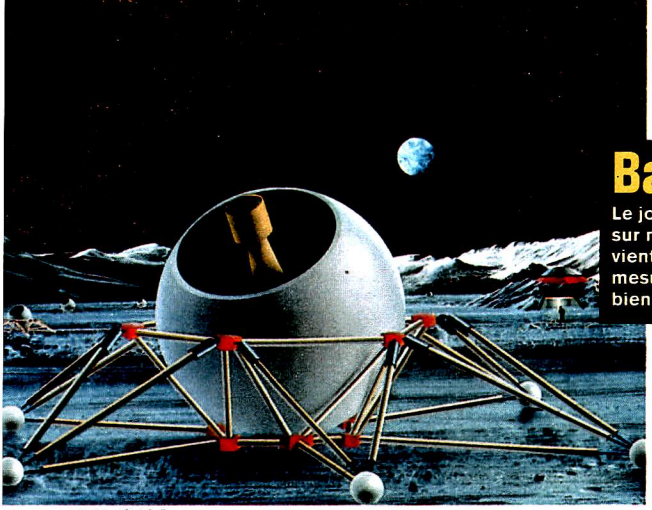
On observe ensuite les environs à travers ce



En pratique

Deux petits trous dans un papier noir font un interféromètre parfaitement utilisable pour avoir, par exemple, le diamètre d'une mini-ampoule (voir texte).

D. Galland



J. M. Joly/*Ciel & Espace*

Base idéale, la Lune

Le jour où l'on aura installé un interféromètre sur notre satellite, où nulle atmosphère ne vient troubler l'observation du ciel, on pourra mesurer avec une haute précision aussi bien les grandes étoiles que les toutes petites.

somptueux instrument en le tenant tout contre l'œil : on voit très bien à travers les deux trous (qui semblent n'en faire qu'un, à peine dédoublé, quand ils sont bien dans l'axe de l'œil) la maison en face, les voitures dans la rue ou le chat de la voisine. Nous dirons que notre interféromètre résout la maison, la voiture et le chat, qui, vus de la fenêtre, ont un diamètre angulaire qui se compte en dizaines de degrés – toutefois, notons-le tout de suite, on voit bien la forme générale, mais pas les petits détails.

On simule ensuite une étoile avec la plus petite ampoule de lampe de poche qu'on puisse trouver : l'ampoule taille grain de blé des mini Mag-Lite américaines est parfaite, mais on peut aussi prendre celle des toutes petites lampes Varta ou similaires. La nuit venue, on enlève le réflecteur pour n'avoir que l'ampoule seule que l'on place, bien sûr allumée, au fond d'un couloir obscur.

En se plaçant à quelques mètres, on observe alors cette ampoule à travers l'interféromètre, et là, surprise : on ne voit pas l'ampoule, mais une tache claire bordée de sombre et barrée de plusieurs hachures noires, comme si la tache lumineuse était derrière une grille. Cette fois, notre interféromètre ne peut plus résoudre l'objet dont le diamètre angulaire, à cinq mètres, est inférieur à une minute d'arc : l'ampoule est indécelable, et ce que l'on voit, ce sont des franges d'interférence sur une tache de diffraction.

On reprend alors l'expérience en se rapprochant progressivement : vient un moment où les franges s'estompent, puis disparaissent ; encore plus près et on commence à discerner le verre de l'ampoule, puis le filament. La distance à laquelle les franges disparaissent est liée à l'écartement des deux trous et à la dimension du filament ; si on étalonnait l'outil, on pourrait donc s'en servir pour connaître la taille d'un filament à partir de la distance d'extinction des franges.

On pourrait aussi garder une distance fixe et faire varier l'écartement des deux trous. C'est ce que l'on fait en astronomie, puisqu'il est tout à fait exclu (l'odyssée de l'espace n'a pas encore vraiment commencé) de s'éloigner ou de se rapprocher d'une étoile, mais on remplaçe les trous par des miroirs mobiles. On peut alors utiliser de simples miroirs plans ou, mieux, se servir de deux télescopes dont les grands miroirs concentrent la lumière stellaire.

Reste à relier optiquement deux télescopes éloignés de plusieurs mètres, ce qui peut se faire encore avec des miroirs plans, ou avec des fibres optiques, une technique prometteuse essayée avec succès par M. Coudé du Foresto et un astronome américain, S. Ridgway. A noter qu'une seule entreprise au monde est capable de faire des fibres monomodes de 6,5 micromètres de diamètre adaptées à l'infrarouge : il s'agit de la société Le Verre Fluoré, en Bretagne.

L'interférométrie, voie royale pour le ciel profond

Le couplage par fibres optiques offre de très grands avantages, en particulier celui de limiter les effets de la turbulence atmosphérique. Le contraste des franges d'interférence est enregistré par des détecteurs après numérisation. A première vue, l'interférométrie est donc une technique assez simple dans son principe. En pratique, il en va tout autrement, car les trajets optiques doivent être réalisés avec des tolérances inférieures aux longueurs d'onde de la lumière, qui sont de l'ordre du demi-micromètre.

Comme ces trajets se mesurent en mètres, on doit faire face à des contraintes extrêmement sévères en stabilité mécanique, en précision d'ajustage et en métrologie. Mais il n'y a pas d'autre voie pour qu'une étoile cesse d'être un éternel point lumineux et devienne un disque mesurable. L'interférométrie optique est donc, sans le moindre doute, la technique d'avenir la plus fine pour l'exploration du ciel profond ; mais, comme tout ce qui relève de l'optique ondulatoire, c'est aussi l'une des plus difficiles à mettre en œuvre. ■

PHYSIQUE À LA

Le sable dans tous

Le sable en tas a la particularité de ne ressembler à aucun des aspects connus de la matière. Un mystère qui attise la curiosité de nombreux physiciens.

PAR HÉLÈNE GUILLEMOT

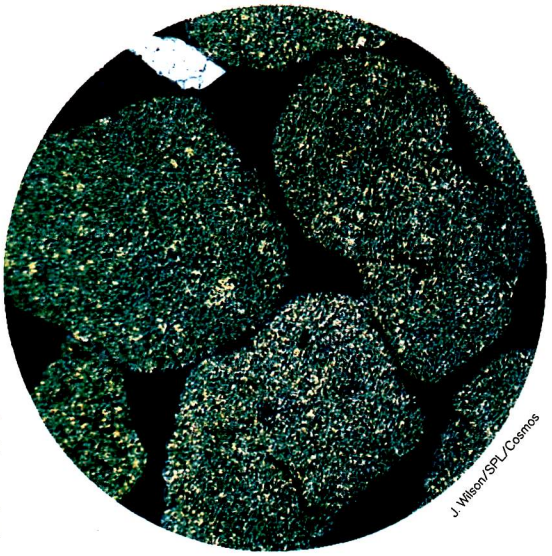
Qu'est-ce qui de château médiéval se métamorphose en animal fabuleux, sert de matelas ou de couverture, est le jouet préféré des enfants et le lieu rêvé des plus grands ? Le sable, bien sûr. Chacun s'est un jour demandé comment les chefs-d'œuvre éphémères qu'on expose sur les plages, en été, peuvent tenir debout, prendre des formes inimaginables avant de disparaître sous les vagues ou le vent ? Les physiciens en ont fait l'expérience : répondre à cette question n'a rien d'un jeu d'enfant...

Et pour cause : le tas de sable ne ressemble

PLAGE
ses états

à aucun des états connus de la matière. Ni liquide, ni solide, ni gazeux : les pâtés des enfants sont l'un des plus étonnants mystères de la nature. En effet, un grain de sable, pas de doute, est un solide ; mais un tas de sable, lui, ne l'est pas : si on le verse dans un récipient, il en prend la forme. Ce n'est pas non plus un liquide, puisqu'il ne se dépose pas horizontalement, mais en cône. Ni encore un gaz, bien sûr. A croire qu'il faut inventer un quatrième état de la matière, qu'on pourrait appeler "granulaire".

Or, depuis une dizaine d'années, de nombreux physiciens se sont pris d'un soudain intérêt pour cette matière en grains, sur un plan à la fois théorique et expérimental. Il est vrai que les matériaux granulaires se rencontrent partout, en particulier dans les activités industrielles. Dans le bâtiment et les travaux publics, dans l'agro-alimentaire, en pharmacologie (pour ne citer que ces exemples), toutes sortes de grains – sable, gravier, céréales, sucre, matières premières diverses – sont manipulés, transportés et stockés.



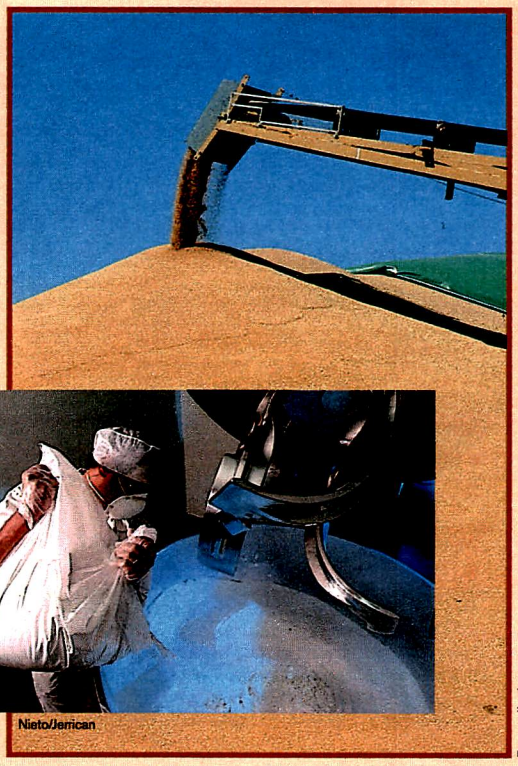
J. Wilson/SPL/Cosmos

Comment ça tient ?

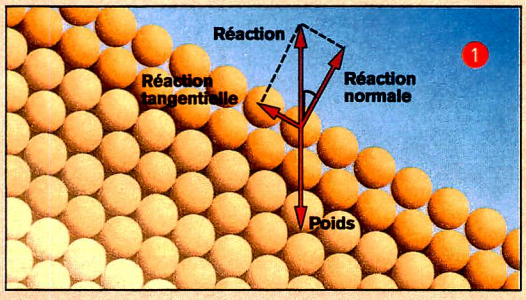
Ce superbe château a été édifié grâce à la capillarité, une force d'attraction moléculaire qui fait grimper l'eau entre les grains et les "colle" ensemble. Quand le sable est sec, en revanche, c'est le frottement solide et l'enchevêtrement des grains qui assurent la stabilité des tas de sable (ci-dessus).

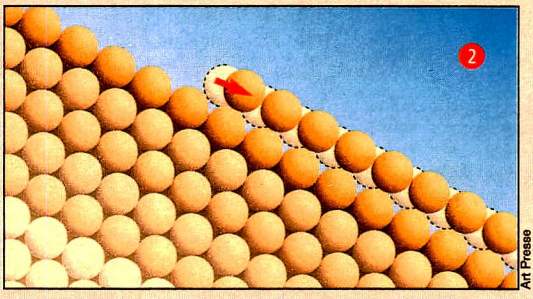
C. Slattery/Azimut/Cosmos

La science du


Nieto/Jerrican

Bramaz/Jerrican





Art Presse

Ces techniques sont généralement maîtrisées depuis longtemps : on n'a pas attendu une théorie mathématique pour savoir contrôler le vidage d'un silo de blé, le mélange des poudres d'un médicament ou l'édification d'une digue. Mais les connaissances restent totalement empiriques. Par exemple, lorsqu'on veut bâtir sur des terrains sablonneux, la prudence commande, pour le creusement des fondations, de multiplier par un "coefficient de sécurité" au moins égal à trois les valeurs "de sécurité" calculées par les mécaniciens des sols !

La récente vogue s'explique, selon Pierre-Gilles de Gennes (prix Nobel et chef de file de ce type de physique), par une volonté de «retour à l'univers concret, aux phénomènes macroscopiques». Après s'être longtemps préoccupés surtout de l'infiniment petit, beaucoup de physiciens se tournent vers des sujets plus "terre-à-terre" en apparence ; ils y trouvent des phénomènes inattendus, quelquefois du chaos, souvent une grande complexité, et parfois des lois universelles...

Pourtant, un tas de sable ne semble pas, *a priori,* particulièrement compliqué. Ce n'est jamais qu'un ensemble de grains solides, qui obéissent aux lois de la mécanique classique. Certes, ces grains sont trop nombreux pour que l'on prévoie leurs mouvements individuels, mais on pourrait espérer recourir à la physique statistique, exactement comme pour un gaz. Un gaz, en effet, est décrit, faute de pouvoir considérer les milliards de molécules individuelles qui le constituent, par des propriétés statistiques, telles que sa température et sa pression. Ces grandeurs, mesurables, correspondent à des propriétés moyennes des molécules à l'échelle microscopique (la température d'un gaz correspond à l'agitation moléculaire, sa pression au nombre de chocs entre molécules).

Les tas de sable se comportent-ils finalement comme des gaz ? Hélas ! Si l'on peut définir les propriétés statistiques d'un gaz, c'est qu'il est homogène. Toutes les molécules, en moyenne, sont dans le même état et parcourent des trajectoires

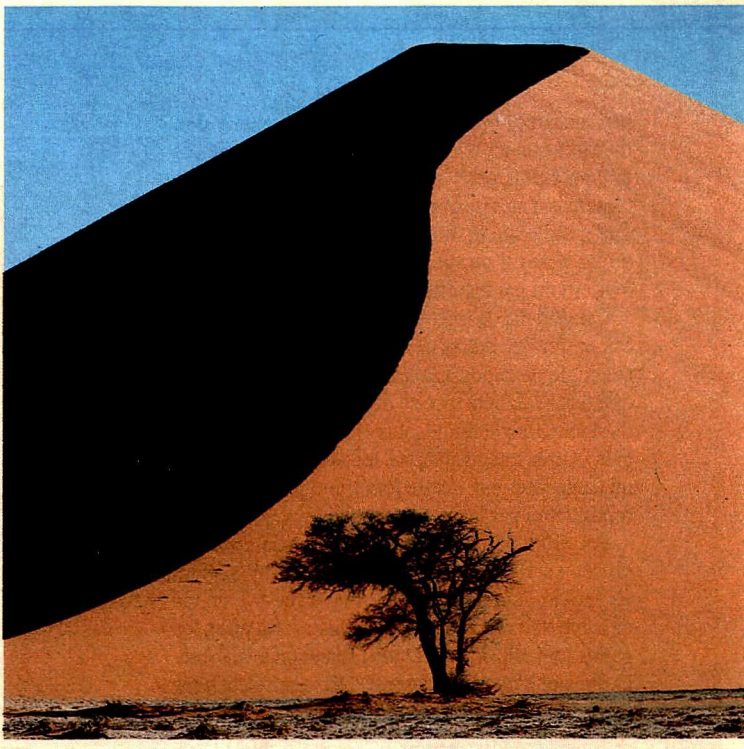
QUAND LE SABLIER

Pour qu'un sablier fonctionne, le sable ne doit être ni trop fin ni trop gros. Si le diamètre des grains est inférieur à 0,04 mm, les attractions chimique et électrostatique l'emportent sur la pesanteur, et les grains s'agglutinent au lieu de s'écouler. Si, au contraire, les grains ont un diamètre supérieur au dixième de l'orifice du sablier, ils finiront par former une voûte qui bloquera également l'écoulement.

On exige du sablier qu'il ait un débit régulier, et, en première approximation, c'est bien le cas. Mais si l'on y regarde de plus près, on s'aperçoit que cette régularité n'est qu'une moyenne. L'écoulement est intermittent : il s'arrête périodiquement, environ toutes les deux secondes. Cela s'expliquerait par la cir-

grain de sable

C'est grâce au frottement solide entre les grains que le sable s'écoule en tas au lieu de s'étaler horizontalement. Le coefficient de frottement solide est le quotient de la composante tangentielle de la réaction par sa composante normale quand la pente est maximale (la réaction étant égale et opposée au poids de la couche supérieure des grains). Autrement dit, ce coefficient est égal à la tangente de l'angle maximal (dessin 1). Si la pente du tas est plus forte, le rapport des deux composantes est supérieur au coefficient de frottement, et le poids l'emporte : le sable superficiel ne frotte plus suffisamment, il glisse. Mais, en réalité, les avalanches se déclenchent à un angle supérieur à l'angle de frottement solide. En effet, pour glisser, les grains doivent d'abord se désimbriquer en se soulevant un peu (dessin 2). C'est l'effet de "dilatance", qui s'ajoute au frottement solide pour assurer la stabilité du tas de sable. L'état granulaire est omniprésent sur la Terre, aussi bien dans la nature (à droite, la dune la plus haute du monde dans le désert namibien) que dans les industries agro-alimentaire ou pharmaceutique (à gauche). Quelle que soit la nature des grains, les tas obéissent aux mêmes lois.



Bramaz/Jerrican

semblables, quelle que soit leur position initiale (cela grâce à l'agitation thermique). Mais rien de tel dans un tas de sable : les grains ne s'agitent pas en tous sens, et le milieu n'est pas homogénéisé.

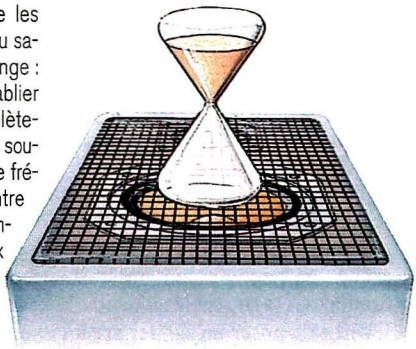
Bien au contraire, la position d'un grain est déterminante dans les contraintes qu'il subit. Même si tous les grains de sable étaient identiques, ils se distingueraient les uns des autres par leur position dans le tas (leur hauteur), la manière dont ils sont empilés, les forces de pression avec les différents grains voisins, la plus ou moins grande proximité d'une paroi. Un tas de sable est donc "intrinsèquement hétérogène". Ainsi, lorsqu'on veut comprimer des grains enfermés dans une boîte transparente, on constate que les forces se répartissent de manière extrêmement inégale : les grains comprimés constituent des sortes de chemins où les forces se transmettent par contact, ce "réseau de contrainte" entourant des zones où les grains ne sont pratiquement pas sollicités.

Un tas de sable ne peut donc pas être assimilé à un gaz ; mais peut-on, lorsqu'il s'écoule, le comparer à un liquide ? Pas vraiment non plus, et il suffit pour s'en convaincre de penser à un sablier (voir encadré ci-contre). Le débit d'un sablier reste régulier à mesure que le compartiment supérieur se vide ; ceci montre que la pression au niveau du col est indépendante de la hauteur du sable au-dessus. Pour un liquide, au contraire, la pression est proportionnelle à la hauteur. Cette différence entre sable et liquide provient du frottement des grains sur les parois : quand le récipient est suffisamment étroit, la pression du sable se porte presque uniquement sur les parois et pas sur le fond (voir sur ce point l'expérience page suivante).

Ce frottement des grains, appelé frottement solide, constitue l'une des clés du comportement des tas de sable. C'est Charles de Coulomb (célèbre pour sa loi sur l'attraction électrostatique) qui, en 1773, voulant expliquer la stabilité des talus de fortifications, définit le "coefficient de frottement solide" d'un tas, lié à son angle de re- ▶

ARRÊTE LE TEMPS

culation de l'air entre les deux compartiments du sablier. Encore plus étrange : l'écoulement d'un sablier peut se bloquer complètement si l'instrument est soumis à des vibrations, de fréquences comprises entre 30 et 60 Hz et d'une amplitude d'environ deux fois la gravitation. Un phénomène pour le moment inexpliqué...



M. Marie

pos maximal (voir dessins p. 58). Si l'on verse du sable sur un tas dont la pente fait avec le sol un angle plus petit que l'angle de repos, le frottement est suffisant pour s'opposer au poids du sable, qui reste là où il est tombé. Mais si l'angle du tas est égal ou supérieur à l'angle de repos, le frottement est insuffisant et le sable glisse.

Cependant, le frottement n'explique pas tout ; car, en réalité, un tas peut rester stable au-delà de cet angle de repos. L'expérience montre en effet que des avalanches ne se déclenchent qu'à partir d'un autre angle limite, plus élevé de quelques degrés. Après une avalanche, le tas se retrouve avec un angle inférieur – cette fois, à peu près l'angle de repos défini par le frottement solide.

Pourquoi deux angles ? L'explication a été apportée en 1885 par le physicien anglais Osborne Reynolds. Pour se déformer, remarque-t-il, un tas de sable doit préalablement se dilater. En effet, les grains sont imbriqués, et, pour glisser en avalanche, ils doivent d'abord se désenchevêtrer en s'écartant légèrement, ce qui ne se produit qu'au-delà d'une certaine inclinaison. D'où le deuxième angle (voir dessin p. 58). L'imbrication des grains s'ajoute donc au frottement solide pour stabiliser le tas.

Cet effet, dit de "dilatance", est à l'origine de plusieurs phénomènes courants, comme l'assèchement du sable autour du pied lorsque l'on marche sur du sable mouillé (voir expérience ci-contre). Ainsi, plus la densité du tas de sable est élevée, plus l'effet de dilatance est important. Ou, pour le dire simplement, plus on tasse un tas de sable, plus on peut le rendre pointu ! (Voir expérience ci-contre, en haut.) A l'inverse, si le tas de sable est trop lâche, parce qu'il a été beaucoup remué par le vent, par exemple, il ne supporte plus aucun poids sans s'effondrer (c'est ainsi que certains sables mouvants du désert engloutissent les malheureux voyageurs, comme dans la célèbre scène de *Lawrence d'Arabie*).

Pour tenter de mieux comprendre l'écoulement des tas de sable, le genre d'expérience le plus fréquent consiste à le soumettre à des vibrations verticales ou horizontales plus ou moins fortes. Les vibrations, en soulevant les grains, les affranchissent temporairement de la pesanteur et du frottement solide. Elles ont en général pour effet de faciliter leur mouvement, de les "fluidifier". Cette technique est d'ailleurs fréquemment exploitée dans l'industrie pour le transport de grains par tapis vibrant.

Selon la force et la direction des vibrations, les mouvements engendrés dans le sable sont étonnamment variés : cela va de la propagation d'ondes au chaos complet, en passant par l'apparition de structures géométriques périodiques. L'une de ces expériences est à la fois très simple et fort curieuse. On remplit à moitié de sable une boîte rectangulaire transparente – la surface libre étant horizontale – et on la soumet à des vibrations verticales. La masse de sable commence à s'incliner spontanément en un tas triangulaire jusqu'à atteindre l'angle de frottement solide. Tant que durent les vibrations, un mouvement convectif du sable s'établit, montant du fond de la boîte vers le sommet du tas puis dégringolant en avalanche vers le bas. Le physicien Pierre Evesque, du laboratoire de mécanique de l'Ecole centrale de Paris, est parvenu à expliquer ce comportement par le frottement solide.

Mais ce chercheur a aussi découvert un autre aspect, particulièrement spectaculaire, de la vibration des tas de sable : il peut arrêter le temps ! Il suffit de poser un sablier sur un haut-parleur

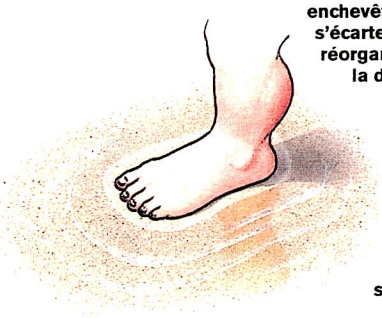
AMUSEZ-VOUS

La bonne pente

Versez lentement du sable sur la plage : il forme un tas de plus en plus pentu, puis glisse en petites avalanches ; la pente n'augmente plus. Explication : les grains de sable sont liés par le frottement solide. Au-delà d'une certaine pente (de 30 à 35 degrés), ce frottement ne suffit pas à s'opposer au poids du sable. Pour rendre le tas plus pointu, il faut le tasser. Explication : l'imbrication des grains permet de dépasser l'angle de frottement solide.

Les pieds au sec

Allez vous promener près de la mer, là où le sable est saturé d'eau. Lorsque vous marchez, le sable autour de vos pieds devient sec. Explication : le sable se déforme sous la pression du pied, et les grains de sable, qui étaient enchevêtrés, doivent d'abord s'écarter un peu pour se réorganiser ensuite – c'est la dilatance. Autour du pied, le volume du sable augmente donc, mais l'eau ne vient pas le saturer tout de suite, l'effet de capillarité étant assez lent. Le sable reste donc sec quelques instants.



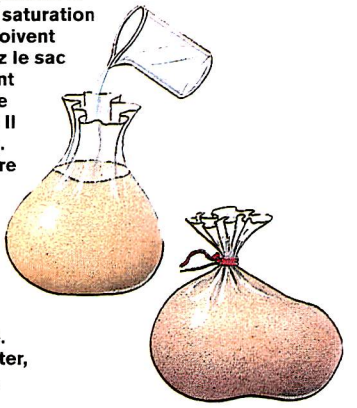
AVEC LE SABLE

La pression inattendue

Procurez-vous un tube cylindrique bouché à une extrémité (par exemple, un emballage en carton pour posters), remplissez-le de sable et appellez à la rescousse deux amis. Demandez à l'un de tenir le cylindre par le milieu, et à l'autre, d'appuyer sur le sable par le haut, tandis que vous soutenez le cylindre par le fond. Surprise : celui qui maintient les parois doit fournir de gros efforts, tandis que vous ne ressentez presque aucune différence de pression au fond du cylindre. Explication : à cause du frottement solide des grains, la pression s'exerce sur la surface du cylindre plus que sur le fond.

Le sac indéformable

Prenez un sac étanche, remplissez-le de sable, puis d'eau jusqu'à saturation (mais pas plus : les grains doivent toujours se toucher). Fermez le sac hermétiquement, en chassant l'air. Tentez maintenant de le déformer. C'est impossible ! Il reste aussi dur que la pierre. Explication : on a là une autre illustration de l'effet de la dilatance ; pour que le sac se déforme, le volume du sable doit augmenter momentanément. Or, c'est impossible : tout le volume entre les grains est occupé par l'eau, et le sac est fermé. Le sable, ne pouvant se dilater, reste bloqué, indéformable.



qui vibre à certaines fréquences pour que le sable cesse de s'écouler (voir encadré p. 58). Selon le vœu de Lamartine, le temps, pour une fois, suspend son vol ! Ces vibrations parviennent à contrecarrer la force de gravitation, alors qu'on s'attendrait plutôt à ce qu'elles "fluidifient" le sable, donc en accélèrent le débit.

De tous les phénomènes liés aux tas de sable, ceux qui ont fait dévaler le plus d'encre, ces dernières années, sont sans conteste les avalanches. En 1987, trois chercheurs du Brookhaden National Laboratory, Bak, Tang et Wiesenfeld, ont élaboré sur ordinateur un modèle simplifié d'avalanche qui les a conduit à une conclusion très surprenante : les tas de sable se maintiennent spontanément dans un état critique, analogue à une transition de phase du second ordre. L'exemple classique de la transition de phase est le passage de l'eau liquide à l'eau vapeur. Dans certaines conditions, la transition se fait sans échange d'énergie et l'eau se trouve dans un état intermédiaire, avec des bulles de vapeur et des gouttes liquides de toutes les tailles : c'est une transition du second ordre.

Or, dans le modèle des chercheurs américains, quand un tas de sable a atteint sa pente maximale, le sable ajouté grain à grain peut déclencher des avalanches de toutes les tailles, depuis la chute d'un unique grain jusqu'à la mise en branle de toute la surface. Pour ces chercheurs, cette "loi d'échelle" prédite par leur modèle révélait bien une transition de second ordre, comme si la surface du tas se maintenait constamment à la limite de deux états, l'un plutôt liquide (pendant les avalanches), l'autre plutôt solide (pendant les périodes de stabilité). A cette différence près que, pour l'eau, l'état critique ne s'obtient que si on le "force" de l'extérieur, tandis que les tas de sable évolueraient naturellement vers cet état ! D'où l'appellation d'"état critique auto-organisé", dont les tas de sable étaient censés représenter l'exemple parfait.

Au cours des mois et des années suivantes, les expérimentateurs se sont empressés d'observer des avalanches soigneusement préparées dans leur laboratoire pour s'apercevoir qu'elles n'obéissaient pas aux prédictions du modèle... Conclusion : les tas de sable ne se comportaient pas du tout comme des états critiques auto-organisés.

D'ailleurs, à mieux y regarder, le modèle d'avalanche présentait quelques incohérences. Ainsi, quand on calculait la pente moyenne d'un grand tas, on ne retrouvait pas la pente définie au départ à l'échelle des grains ! C'est le signe que les avalanches sont plus complexes qu'on ne le pensait. Et que les tas de sable conservent bien des mystères.

On ne sait pas, par exemple, quelles propriétés des grains déterminent l'angle de frottement solide. Leur taille ne semble jouer qu'un très faible rôle, et leur forme géométrique n'influe qu'assez peu. Le plus déroutant est que cet angle ne peut pas être défini avec précision. Si l'on fabrique plusieurs tas avec la même quantité du même sable et dans les mêmes conditions, l'angle de frottement solide peut varier de deux degrés d'une expérience sur l'autre, sans que l'on en connaisse la raison. Seule certitude : cette imprécision n'est pas due à la mesure, puisqu'elle est indépendante de la taille du tas. Cela ne peut donc signifier qu'une chose : d'autres phénomènes que le frottement solide et la dilatance interviennent certainement. Mais lesquels ?

La question demeure, et les physiciens ont repris leur ouvrage pour percer les secrets d'un phénomène qui n'est décidément pas, pour eux, un jeu d'enfant. ■

DÉCOUVERTE

Comment la vie sur Terre

C'en est fini de la petite mare tiède, plutôt paisible, évoquée par Darwin pour expliquer l'origine de la vie. Quatre hypothèses se disputent aujourd'hui le privilège de rendre compte de cette naissance sur une Terre primitive soumise à des cataclysmes en chaîne.

PAR ALEXANDRE DOROZYNSKI

est apparue

Illustrations Lionel Bret

Surprenante découverte de l'astronome Stanley F. Dermott, de l'université de Floride (à Gainsville), rapportée par *Nature* (1) : un anneau de poussière "ceinture" le Soleil, et la Terre poursuit son orbite à l'intérieur. On suggère que cet immense anneau pourrait être une importante source de molécules organiques pour la Terre.

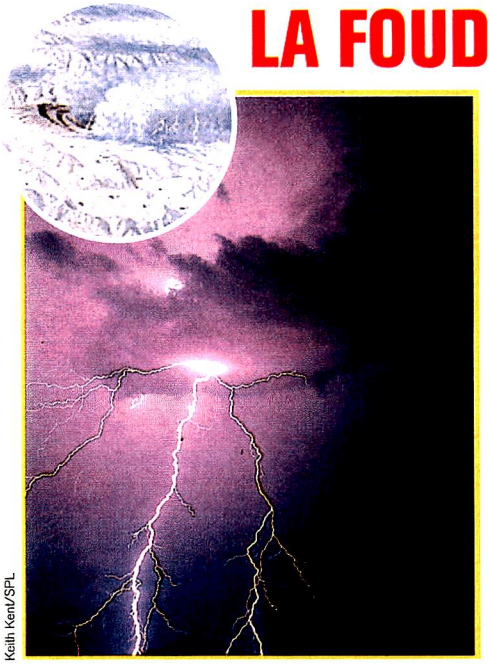
Cette découverte arrive à point dans le débat engagé lors de la dernière réunion de l'American Association for the Advancement of Science, à San Francisco, en février 1994, sur l'origine de la vie sur Terre. Les hypothèses à ce sujet ont connu, depuis quelques années, une évolution rapide sous l'essor d'une science jeune, la chimie prébiotique.

En 1859, Louis Pasteur avait déjà porté un coup qu'il croyait fatal à la théorie de la génération spontanée, selon laquelle des créatures vivantes pouvaient surgir de la matière inerte. Il montra qu'un liquide putrescible stérilisé par la chaleur et renfermé dans un ballon de verre hermétiquement clos ne donnait pas lieu à l'apparition de micro-organismes, alors que le même liquide exposé à l'air grouillait bientôt de vie.

Finie l'idée que les vers sont engendrés par la viande faisandée et les souris par des tas de paille... Mais traînait encore celle avancée par Darwin que la vie avait évolué à partir du monde inorganique, par une autre forme de génération spontanée lente qui se serait produite dans les conditions favorables d'une bonne "soupe prébiotique".

Vers 1900, le chimiste suédois Svante Arrhenius, qui reçut le prix Nobel en 1903, émit l'hypothèse de la panspermie, selon laquelle la vie pourrait se transmettre d'un astre à un autre par des germes. En 1924, le biochimiste soviétique Alexandre Oparine formulait, à son tour, la théorie des "coacervats", petites vésicules favorisant l'émergence des précurseurs de la vie.

LA FOUDRE, ÉTINCELLE DE VIE



Keith Kent/SPL

Enfin, en 1954, un jeune chimiste américain de l'université de Chicago, Stanley Miller, soumet un mélange gazeux de méthane, d'ammoniac, d'hydrogène et de vapeur d'eau, constituants présumés de l'atmosphère primitive, à des décharges électriques, réalisant ainsi la synthèse d'acides aminés, les éléments constitutifs des protéines vivantes. La chimie prébiotique est née.

Depuis quarante ans, elle a fait des progrès considérables qui permettent aujourd'hui d'imaginer comment la vie a pu apparaître sur Terre.

Nul témoin ne peut conter les événements qui se sont déroulés lorsque le système solaire s'est constitué voilà quelque 4,6 millions d'années, mais on peut les évoquer, sans trop risquer de se tromper. La Terre s'est formée par rassemblement gravitationnel des "planétésimaux", ces granules constitués par accrétion de gaz et de poussières. Ce rassemblement provoqua le dégagement d'une grande quantité d'énergie, et la Terre s'échauffa encore plus par désintégration d'éléments radioactifs, entraînant sa fusion et une certaine homogénéisation. Les éléments chimiques se sont combinés pour former des minéraux qui se sont regroupés par gravité pour former le noyau, le manteau et l'écorce terrestre. La température se serait abaissée en dessous de 100 °C voilà 4,4 milliards d'années, permettant la condensation de la vapeur d'eau et la formation des océans.

Activité volcanique, chutes de météorites et irrégularités dans la distribution des matériaux qui forment la croûte terrestre expliquent pourquoi la Terre n'est pas une boule lisse et homogène entièrement recouverte d'eau. Les études géologiques ont montré que l'écorce terrestre des continents est principalement composée de granite, moins dense que le basalte de la croûte sous-océanique. Les plaques de basalte se sont donc enfoncées plus profondément, et les océans y ont fait leur lit.

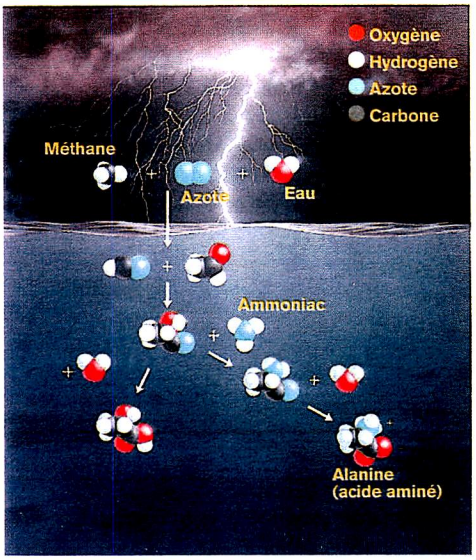
Le volcanisme et le dégazage progressif du manteau terrestre ont contribué à la formation d'une atmosphère, dont on pense qu'elle contenait du méthane, de l'hydrogène, de l'ammoniac (combinaison gazeuse d'azote et d'hydrogène), de la vapeur d'eau, du gaz sulfureux, mais pas d'oxygène. En quelques dizaines ou centaines de millions d'années, la Terre est ainsi devenue une véritable planète, différenciée, en cours de refroidissement.

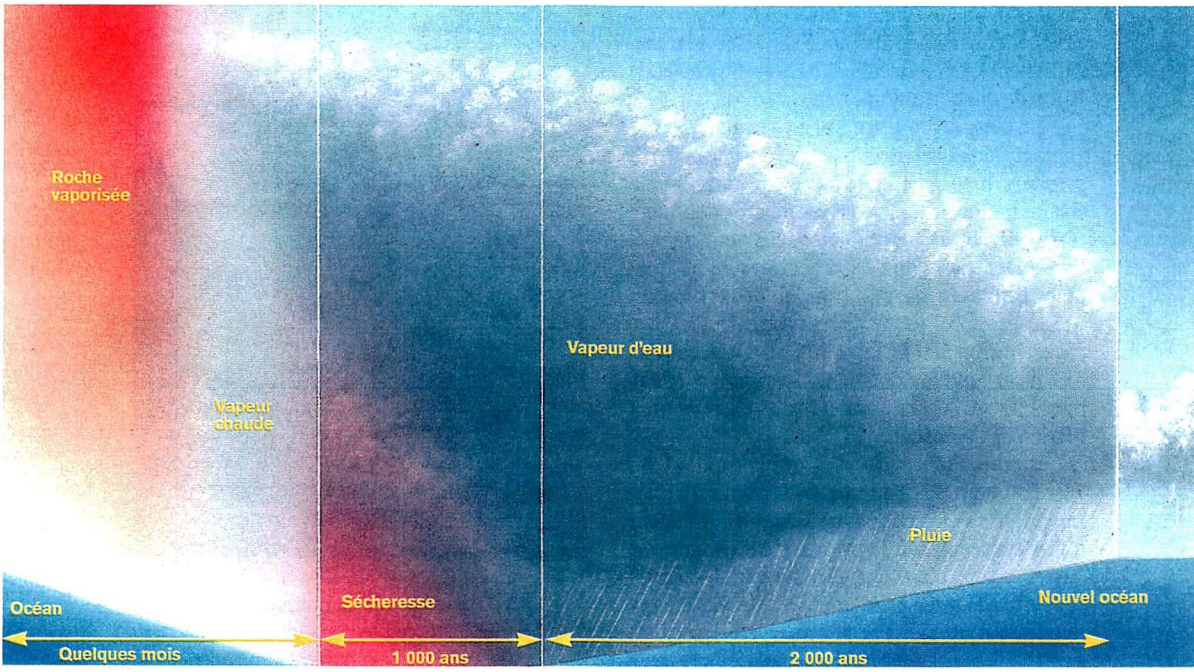
On sait qu'à l'origine le jeune Soleil était moins brillant qu'aujourd'hui. Les astrophysiciens estiment qu'il dégageait environ un tiers de moins

(1) *Nature*, vol. 369, n° 6483, 30 juin 1994.

Les germes du vivant

Dans l'atmosphère primitive, des éclairs ont apporté l'énergie nécessaire à la combinaison des molécules d'eau, d'azote, de méthane, et d'ammoniac. Ce qui a entraîné, après diverses réactions, la formation d'acide aminés, constituants des protéines. L'Américain Stanley Miller, en réalisant cette expérience en 1954, posait les bases de la chimie prébiotique.





Un cycle de 3 000 ans

L'impact d'un gros météorite vaporise, en quelques semaines, eaux, roches et métaux, stérilisant la surface de la planète. Il faut un millier d'années pour que la vapeur d'eau commence à se condenser. Et encore deux mille ans pour que les océans se reforment. Selon ce modèle, chaque fois, la vie devrait repartir de zéro... A moins qu'elle ne survive dans les profondeurs des océans.

d'énergie, ce qui aurait graduellement mené à la stabilisation de la température à la surface de notre globe à – 40 °C. Selon Jeffrey Bada, spécialiste de la chimie marine au Scripps Institute of Oceanography à San Diego (Californie), les océans, profonds de 2 à 3 km, furent donc recouverts d'une couche de glace épaisse de quelque 300 m. L'intérieur de la planète, en fusion, en fut peu affecté : l'eau et la glace sont d'excellents isolants, et les roches de la croûte terrestre conduisent très mal la chaleur.

Il ne faut pourtant pas imaginer la jeune Terre comme étant une boule glacée suivant paisiblement son orbite autour du Soleil. Après la formation du système solaire, l'espace interplanétaire était jonché de débris de cet énorme chantier de fabrication : comètes et astéroïdes rocheux, dont certains pouvaient atteindre une centaine de kilomètres de diamètre, peut-être plus. Les collisions étaient inévitables et parfois dévastatrices. Pendant des centaines de millions d'années, toutes les planètes nouveau-nées du système solaire furent assaillies par des météorites des milliers de fois plus nombreuses qu'aujourd'hui. On peut en observer les cicatrices. Si l'érosion et l'activité volcanique ont depuis longtemps fait disparaître les traces de ces impacts sur Terre, elles sont bien visibles sur la Lune, mitraillée de projectiles, d'un calibre atteignant une centaine de kilomètres de diamètre, qui creusèrent les énormes cratères depuis remplis de lave tels que *Mare Imbrium* (la mer des Pluies) et *Mare Orientale*.

Les clichés pris par les diverses missions lunaires montrent que la Lune est criblée de quelque trois mille milliards (3.10^{12}) de cratères, et l'étude des échantillons de sol rapportés par les astronautes américains a permis de dater la majorité des cratères entre 3,85 et 4,25 milliards d'années.

La Terre, plus grosse et dotée d'un champ gravitationnel six fois supérieur, aurait reçu seize fois plus d'impacts de ce genre. Pourtant, les traces du plus grand cratère connu, à Vredeford, en Afrique du Sud, ne datent que de 2 milliards d'années et n'accusent qu'un diamètre de 160 km. C'est parce que, répétons-le, sur Terre, les bouleversements géologiques et l'érosion ont fait disparaître les cicatrices les plus anciennes, dont celles provoquées par le bombardement qui dura 800 millions d'années (de – 4,6 à – 3,8 milliards d'années) et qui s'est graduellement atténué par manque de munitions célestes.

Les chocs les plus brutaux, ceux provenant de l'impact d'astéroïdes d'une centaine de kilomètres de diamètre, se seraient succédé à des intervalles irréguliers de quelques dizaines ou centaines de ▶

milliers d'années, donc relativement rapprochés à l'échelle cosmique, libérant chaque fois une chaleur intense. On a calculé qu'un objet rocheux de 10 km de diamètre, d'une densité de 3 (1 cm^3 pèse 3 g) et atteignant la Terre à une vitesse de 25 km/s libérerait une énergie de plus de 100 000 000 mégatonnes, bien supérieure à celle de l'arsenal nucléaire mondial. Des simulations sur ordinateur, réalisées par les géophysiciens Kevin Maher et David Stevenson, du California Institute of Technology, à Pasadena, montrent qu'un jet d'eau et de roches vaporisées serait alors projeté dans l'espace, enveloppant la Terre entière d'une couverture incandescente dont la température dépasserait 2 000 °C : la glace fond et l'eau s'évapore (voir dessin page précédente).

Les poussières rocheuses retomberaient sur Terre au bout de quelques mois, mais cela n'arrangerait pas les choses en surface. La vapeur d'eau augmenterait la pression atmosphérique au-delà de 200 atmosphères et produirait un puissant effet de serre, telle une Cocotte minute qui maintiendrait une température au-dessus de 1 000 °C pendant des centaines d'années, plus qu'il n'en faut pour stériliser la surface de la planète.

L'évaporation des océans et de roches et la projection de vapeur brûlante dans l'atmosphère peut durer quelques semaines. La précipitation de particules solides commence assez rapidement, suivie, un millier d'années plus tard, du refroidissement des couches supérieures de l'atmosphère et du début de la condensation de la vapeur d'eau sous forme de pluies. Le refroidissement continue et, trois mille ans environ après la chute du bolide, la vapeur est retombée en eau et les océans se sont remplis. L'eau commence à geler, et la Terre redevient une boule recouverte de glace en orbite autour d'un Soleil encore relativement froid. En attendant le prochain bombardement...

Ainsi, pendant les quelques centaines de millions d'années qui suivirent sa formation, la Terre fut soumise à une série de violentes douches écossaises. Si la vie apparaissait à la surface de la planète, elle était éradiquée par la prochaine "stérilisation" météorique. « Il faudrait peut-être se demander non pas quand la vie est apparue sur Terre, mais à partir de quand a-t-elle pu s'y maintenir », dit David Stevens.

La réponse à cette question, on la connaît à une centaine de millions d'années près. Les astrophysiciens ont calculé que l'intense bombardement de la Terre s'est considérablement ralenti voilà 3,8 milliards d'années. Géologues et paléontologues, de leur côté, ont découvert dans des roches datant de 3,5 milliards d'années des traces fossilisées de micro-organismes. La vie existait donc à ce moment.

LA TERRE

NOAO/Ciel et Espace

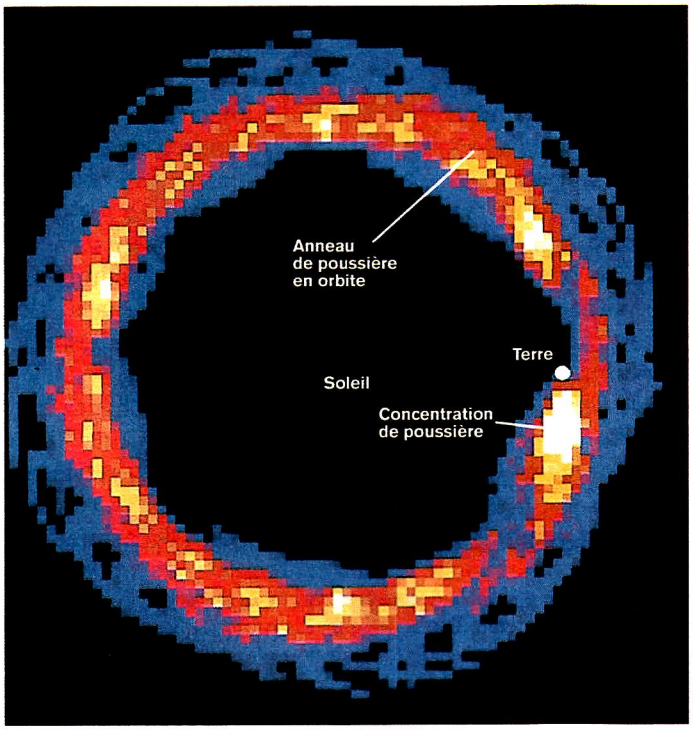
Mais d'où vient-elle, et comment est-elle apparue ? Outre l'hypothèse de Miller (dans l'atmosphère), trois autres restent en lice : la vie venue de l'espace, la vie percolée aux alentours des sources chaudes au fond des océans, et la vie apparue dans les profondeurs de la croûte terrestre.

Chyba et Sagan optent pour la vie venue de l'espace. Leur modélisation indique que la masse totale des météorites, comètes et autres débris précipités sur Terre a atteint $1{,}5.10^{22}$ kg, c'est-à-dire 15 milliards de milliards de tonnes. Il y a de grandes chances, pensent-ils, que quelques-uns de ces objets aient déposé sur Terre des matériaux organiques "prêts à l'emploi".

Il y a une cinquantaine d'années, une majorité de scientifiques aurait rejeté cette idée fantaisiste. Mais les choses ont bien changé. On a identifié des centaines de molécules complexes provenant de l'espace – à commencer par des molécules d'hydrocarbures découvertes en 1962 dans une météorite qui était tombée à Orgeuil, près de Toulouse, un siècle auparavant. On a trouvé plus de 400 composés organiques, y compris des acides aminés et des acides gras complexes, dans la météorite de Murchison, tombée en Australie en 1969. Sachant qu'aujourd'hui encore, une centaine de tonnes de météorites de plus de 100 g s'abattent sur Terre chaque année, il est vraisemblable qu'elles continuent à déposer sur la planète une quantité de molécules organiques.

En outre, grâce à la spectrométrie, fondée sur l'absorption sélective de la lumière par diverses molécules, on a appris que l'espace regorge de molécules organiques. Le mois dernier, l'équipe

FÉCONDÉE PAR LES COMÈTES



Dr Dermott/University of Florida/d'après "Nature"

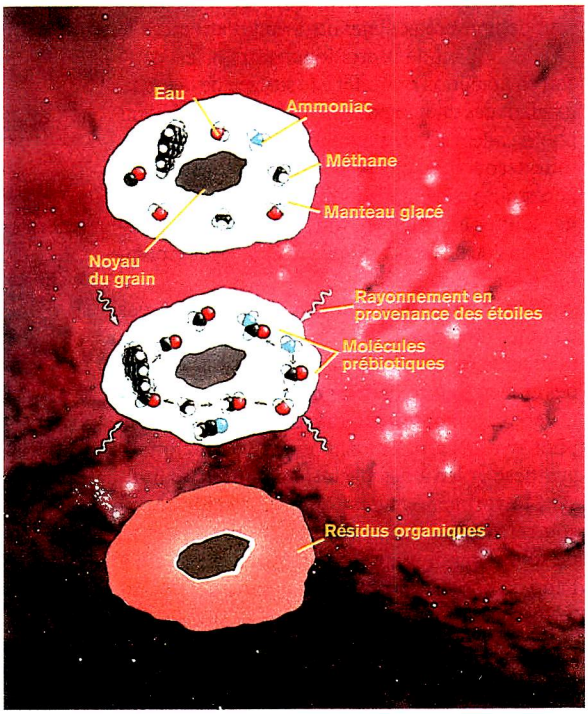
Un anneau de molécules organiques

L'orbite de la Terre autour du Soleil s'inscrit dans un anneau de poussière – détecté en février dernier par un satellite d'observation. Ces poussières pourraient être pour la Terre une source de molécules organiques.

de Lewis Snyder, de l'université de l'Illinois (à Urbana), a encore détecté les spectres de grosses molécules dans un nuage stellaire (*Sagittarius* B2) de notre galaxie. Parmi ces molécules, on pense avoir identifié de la glycine, le plus simple des vingt acides aminés qui entrent dans la composition des protéines du vivant.

La découverte de Stanley Dermott est encore plus surprenante : nul besoin d'aller chercher les molécules prébiotiques dans l'espace intersidéral. La Terre elle-même poursuit son orbite à l'intérieur d'un nuage de poussières entourant le Soleil. Elle circule, en somme, à l'intérieur d'un tore (forme géométrique d'un pneu) de particules provenant vraisemblablement de comètes, de collisions d'astéroïdes et d'apport de poussières interstellaires de notre galaxie. En parcourant cet anneau, la Terre entraîne derrière elle une "queue" de particules plus concentrées que dans l'anneau même. Ces observations, faites d'après les données renvoyées par le satellite IRAS d'observation par infrarouge, permettent de penser que des matériaux organiques peuvent ainsi être injectés dans l'atmosphère terrestre.

Les comètes du système solaire, nées en même temps que les planètes, sont une autre source possible de molécules organiques complexes, dont certaines (acide cyanhydrique, formaldéhyde et



La chimie du cosmos

Des petits grains de poussière interstellaire dont le cœur est entouré de molécules (eau, méthane, ammoniac...) noyées dans une gangue de glace, "sillonnent" l'espace (en haut). C'est grâce à l'énergie qu'elles reçoivent des étoiles que ces différentes molécules peuvent se combiner et donner naissance à des composés prébiotiques (au centre) qui, lorsque la croûte de glace a fondu, peuvent aller "ensemencer" les planètes.

polymères divers) ont été identifiées. Les données amassées par les sondes *Giotto* et *Véga,* expédiées pour observer la comète de Halley en 1986, permettent de penser qu'un tiers de la masse de cette comète est organique. Près de quatre-vingt-dix molécules différentes, pour la plupart organiques, ont ainsi été identifiées dans l'espace intersidéral. Lorsque les comètes passent près du Soleil, elles laissent échapper des gaz et des poussières qui peuvent se propager jusqu'à "chez nous". Selon Chyba et Sagan, l'apport sur Terre de molécules prébiotiques venant de l'espace est au moins aussi important que celui des molécules qui auraient pu se former sur Terre à la faveur d'autres sources d'énergie.

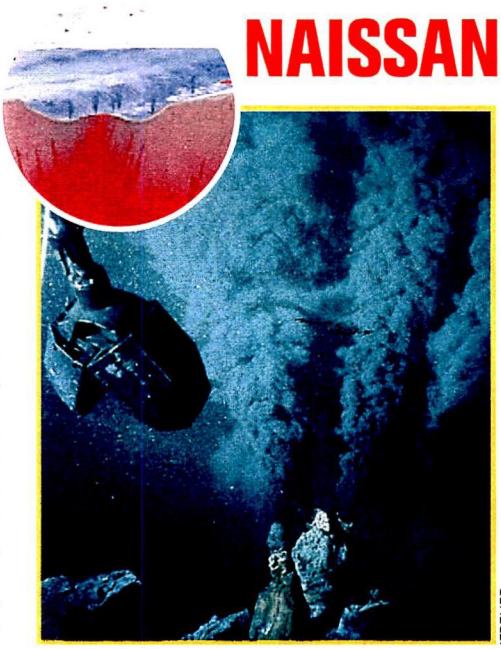
Dans son hypothèse, l'astronome anglais Fred Hoyle allait même plus loin : virus et bactéries venant de l'espace auraient provoqué de grandes épidémies, comme la peste au XIVe siècle, la grippe au début du XXe siècle. Hoyle est aujourd'hui un des rares scientifiques proche d'Arrhenius.

Personne ne rejette la possibilité de l'origine extra-terrestre de la vie : c'est une réponse plausible – mais c'est renvoyer le problème ailleurs, car on ne dit pas comment ces premières molécules biochimiques se seraient formées dans l'espace. Pourtant, les recherches de Bada n'apportent pas d'eau à ce moulin "exobiologique" : pendant deux ans, ce chercheur a épluché une carotte glaciaire de trois kilomètres extraite au Groenland, et y a trouvé une seule trace d'une substance organique vraisemblablement d'origine extra-terrestre : de l'acide α-aminoisobutyrique, situé à une profondeur de quelque 900 m et datant d'environ 4 000 ans. « Ce n'est pas grand-chose, dit-il. Il faut vraiment être au désespoir pour y voir l'origine de la vie. »

On n'en est pas là. Il y a pléthore plutôt que disette d'hypothèses.

Depuis les premières expériences de Miller, des centaines d'autres ont été menées avec succès, démontrant la possibilité de la création de molécules organiques à partir de l'inanimé. Des vésicules lipidiques, aux propriétés comparables à celles de membranes cellulaires, ont été synthétisées par David Deamer, de l'université de Davis (Californie), alors que Walter Gilbert et Daniel Jay, de Harvard, ont construit un modèle de cellule primitive pouvant incorporer de l'ADN (acide désoxyribonucléique). Marie-Christine Maurel (2) de l'Institut Jacques Monod à Paris, et Jean-Luc Décout, de l'université de Grenoble, ont constitué des polymères qui, grâce à leur squelette et à la présence de bases nucléiques, se rattachent à la fois au monde des protéines et à celui des acides nucléiques.

NAISSANCE AU



IFREMER

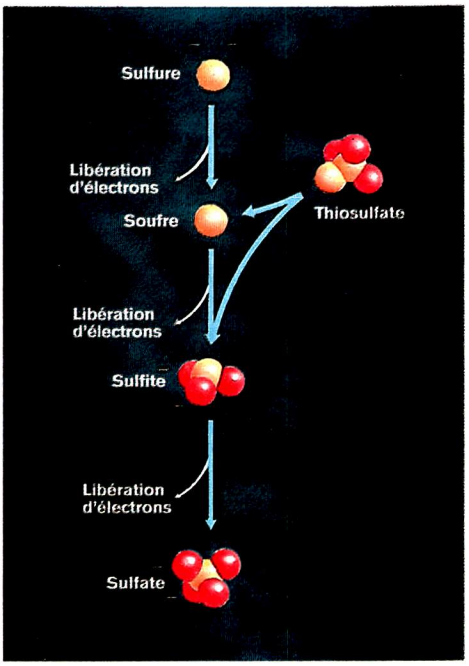
En 1976, la découverte de formes de vie auparavant inconnues dans les profondeurs des océans permit d'émettre de nouvelles hypothèses. Des sources hydrothermales, pour la plupart situées aux alentours de failles sous-marines nées de la rencontre de deux plaques tectoniques, ont pour origine des infiltrations d'eau de mer qui dissout de nombreux éléments avant d'atteindre le basalte brûlant de la croûte terrestre. C'est cette eau en ébullition qui jaillit à la surface de la roche, formant des cheminées, ou "fumeurs noirs" (voir photo ci-dessus), de plusieurs mètres de haut, autour desquelles sont rassemblées les conditions nécessaires à la chimie prébiotique : azote, carbone, solides en solution, tout cela sous une pression de 200 à 300 atmosphères et à des températures allant jusqu'à 300 °C.

On a découvert autour de ces formations des colonies d'êtres vivants peu communs : des vers tubulaires fixés au fond marin, des coquillages et des crabes, tout ce petit monde vivant totalement indépendamment de l'énergie solaire et de la photosynthèse, mais étant alimenté par chimiosynthèse grâce à des bactéries sulfureuses utilisant l'hydrogène et des composés minéraux du soufre, mais pas d'oxygène. A ces profondeurs, de telles communautés vivantes auraient été à l'abri du bombardement des météorites et des extrêmes variations de température en surface. Il y a donc de bonnes chances pour que les événements qui ont éventuellement mené à notre existence aient été sous-marins (3).

(2) Ce chercheur en chimie prébiotique vient de publier *les Origines de la vie*, un ouvrage racontant l'histoire des recherches scientifiques sur ce sujet. Ed. Syros, Paris

(3) Des chercheurs, dont Daniel Prieur et Jean Guezennec, poursuivent des recherches prometteuses sur ces organismes et les enzymes fonctionnant à 100 °C.

FOND DES OCÉANS



Vivre sans lumière

Dans les profondeurs des océans, sans lumière, donc sans photosynthèse possible, les organismes tirent leur énergie de la décomposition des composés soufrés. A chaque transformation chimique (sulfure en soufre, soufre associé au thiosulfate en sulfite et sulfite en sulfate), de l'énergie est dégagée par la libération d'électrons. Cette énergie équivaut à celle de la photosynthèse en surface : c'est la chimiosynthèse.

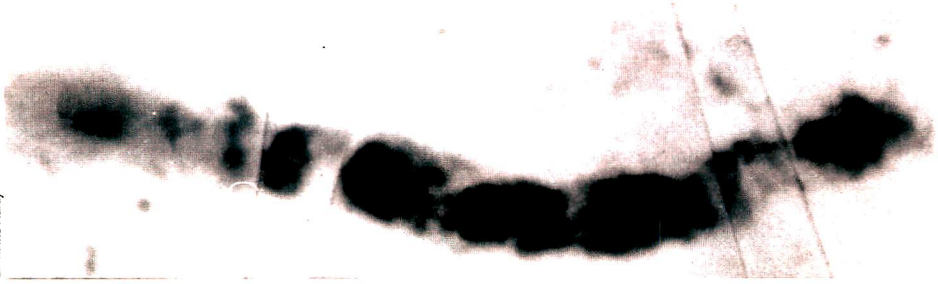
L'un des premiers organismes vivants

Ce microfossile découvert en Australie date de plus de 3,4 milliards d'années. Il mesure 3 millième de millimètre !

Ces sources hydrothermales sont très nombreuses, et l'on pense que la chaleur qu'elles évacuent peut représenter jusqu'à 20 % de la déperdition calorifique de notre globe. Elles étaient sans doute encore plus nombreuses dans le lointain passé, alors que la croûte terrestre était plus mince qu'aujourd'hui et sans doute parsemée d'innombrables fissures.

Un autre argument en faveur de l'origine sous-marine de la vie est que la plupart des organismes vivants les plus anciens dont on a trouvé des traces fossiles étaient des organismes marins. Les traces microfossiles datant de 3,5 milliards d'années ressemblent à s'y tromper aux micro-organismes des sources hydrothermales d'aujourd'hui. Même si Carl Woese, microbiologiste à l'université de l'Illinois, qui a passé une dizaine d'années à rechercher dans les séquences génétiques des micro-organismes contemporains une piste pouvant mener à un arbre généalogique bactérien, admet qu'il n'est pas question de remonter jusqu'aux premiers micro-organismes vivants, il a néanmoins constaté que, parmi les embranchements actuels, le plus ancien semble être celui de ces bactéries thermophiles qui prolifèrent aujourd'hui près de sources sous-marines chaudes, et dont certaines peuvent allégrement supporter des températures de 100 °C.

Jusqu'à présent, aucune expérience n'a été réalisée dans les fonds marins où se trouvent les sources chaudes, ni dans des laboratoires où des conditions comparables de pression, de circulation d'eau, de chaleur et de diverses percolations seraient reproduites. Ce serait fort coûteux, mais non dénué d'intérêt. Car, si l'on montrait que la vie peut apparaître près de telles sources dans un océan couvert de glace, il serait permis de penser qu'elle existe ailleurs que sur Terre dans notre système solaire. Plus précisément, dit Chyba, sur Europe, un des quatre satellites de Jupiter – avec un diamètre de 3 138 km, sa taille est proche de celle de la Lune. Europe, observé en 1979 par *Voyager 1* et *2*, est recouvert d'une couche de glace, et l'existence de lignes sombres en zigzag évoque des fractures ainsi qu'une activité interne propice à la formation de sources chaudes.



Dr W. Mc Hardy

L'ARGILE POUSSE À LA VIE

Dr W. Mc Hardy

D'autres chercheurs soutiennent l'hypothèse de l'origine de la vie dans les profondeurs de la Terre, car les molécules prébiotiques qui se seraient formées dans les océans s'y seraient trouvées dans des concentrations trop faibles pour se rencontrer et interagir entre elles. En 1950, le cristallographe anglais Desmond Bernal a montré que les argiles (très répandues sur Terre) pouvaient favoriser la polymérisation de molécules prébiotiques. Aharon Katchalsky, de l'institut Weizmann à Tel Aviv, avait démontré expérimentalement l'action catalytique de la montmorillonite (voir photo ci-dessus), une argile qui concentre la matière organique entre les feuillets de sa structure lamellaire. Alexander Graham Cairns-Smith, de l'université de Glasgow, suggère que les premiers organismes auraient été des cristaux d'argile qui auraient servi de moule à la constitution des grandes molécules organiques et peut-être même à leur réplication.

La séquence des événements pourrait être la suivante : des molécules organiques de petites dimensions sont adsorbées par les particules d'argile et entraînées vers les fonds marins, le long d'une faille d'activité tectonique. De plus grosses molécules sont alors synthétisées sous pression, et éventuellement rejetées dans les océans où elles continuent d'évoluer vers une plus grande complexité.

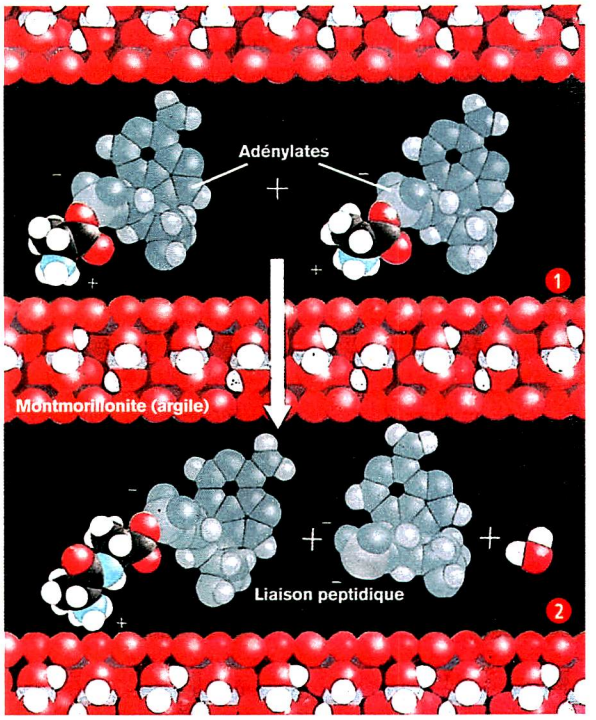
Le chimiste allemand Günther Wächtershäuser, agent en brevets à Munich, a récemment attiré l'attention du petit nombre de spécialistes de la chimie prébiotique en suggérant un modèle selon lequel les premiers organismes vivants ont tiré l'énergie nécessaire à leur métabolisme de la réaction donnant de la pyrite (FeS_2) et de l'hydrogène à partir du sulfure de fer (FeS) et de l'hydrogène sulfuré (H_2S) Avec l'aide d'un microbiologiste de Ratisbonne, Karl Stetter, il a montré que cette réaction favorisait des liaisons entre les acides aminés qui forment les protéines.

Espace, surface terrestre, fonds sous-marins, profondeurs de la Terre : jusqu'à présent, aucun argument en faveur d'un lieu ou d'un autre pour y situer l'origine de la vie n'a fait pencher la balance de façon décisive. De nombreux chercheurs admettent d'ailleurs que la vie aurait pu apparaître à plusieurs reprises et dans des environnements différents. Stanley Miller, qui continue ses recherches en chimie prébiotique, pense qu'il faut très peu de temps, à l'échelle géologique, pour qu'apparaisse la vie : quelques millions d'années. La Terre en a plus de quatre mille millions. Les chercheurs admettent aussi qu'il est possible que cette question-là puisse à jamais rester sans réponse. Mais il en est une autre qui les préoccupe.

Si on a réussi à "fabriquer" des acides aminés, composants des protéines, des sucres, des alcools, des lipides, on sait bien que toutes ces molécules ne suffisent pas pour "donner du vivant", car le vivant, par définition, se reproduit. Il faut donc des acides nucléiques (ainsi nommés parce qu'ils se trouvent dans le noyau des cellules) qui assurent la réplication, faculté inhérente aux organismes vivants. Les acides nucléiques – ADN et ARN – sont de longues molécules dans lesquelles sont codées, sous forme chimique, les informations nécessaires à la synthèse biologique des protéines. On ne peut donc pas avoir de réplication de protéines sans avoir d'acides nucléiques. En revanche, on ne peut pas fabriquer un acide nucléique sans l'activité enzymatique (de catalyseur) de protéines, et on ne peut donc pas avoir d'acides nucléiques sans protéines. C'est le paradoxe de l'œuf et de la poule, qui a longtemps fait obstacle à une explication cohérente de l'origine de la vie.

Ce paradoxe semble en voie de résolution, car on a découvert que l'ARN non seulement conserve une information génétique mais peut jouer un rôle d'enzyme pour assurer sa propre réplication. On a, en outre, montré qu'un ARN catalyseur (qu'on appelle un ribozyme) est capable d'évoluer. Dès 1968, Carl Woese, de l'université de l'Illinois, et Leslie Orgel, du Salk Institute à San Diego (Californie), ont suggéré que des molécules d'ARN auraient pu être les premières molécules vivantes pouvant s'autorépliquer.

Comment ? Les acides nucléiques se présentent sous forme de deux bandelettes spiralées (la fa-



Le catalyseur

La conformation cristalline d'une forme particulière d'argile (la montmorillonite) et la pression qui s'exerce entre deux couches favorise l'association de molécules, ici des acides aminés adénylates ❶. L'argile force ainsi la cohésion ❷, donnant une liaison peptidique nécessaire à l'apparition future de la vie.

meuse "double hélice") reliées par les bases – adénine (A), thymine (T), cytosine (C) et guanine (G) pour l'ADN, adénine, uracile (U), guanine et cytosine pour l'ARN. Dans l'ARN, A est toujours relié à C, et U à G. Lors de la réplication naturelle, les deux brins de la double hélice se séparent et chacun, avec l'aide d'enzymes, régénère le brin manquant à partir d'éléments se trouvant dans la cellule. Certains ARN – les ribozymes – sont capables de s'autorépliquer sans l'aide d'enzymes, et on peut envisager leur réplication dans les conditions prébiotiques : après la formation d'un brin unique, le brin correspondant se constitue à partir de composantes chimiques disponibles dans le voisinage pour donner un ARN à double brin. La reproduction d'une telle réaction en laboratoire est difficile, et de nombreuses équipes y consacrent leur temps.

On a montré, en outre, que des ribozymes pouvaient évoluer, c'est-à-dire se modifier au fur et à mesure de réplications successives. Ce travail a été fait par Niles Lehman et Gerald F. Joyce, du Scripps Research Institute à La Jolla (Californie), qui ont travaillé sur un des rares ribozymes naturels connus, celui extrait du protozoaire *Tetrahymena thermophila*, dont le rôle est de catalyser l'élimination dans une molécule d'ADN des séquences non traduites en protéines (on appelle ces séquences des introns). A l'état naturel, ce ribozyme requiert la présence de magnésium pour réaliser sa fonction enzymatique, qui déclenche le clivage d'une molécule assurant le lien entre les bases des acides nucléiques. En remplaçant le magnésium par du calcium, Joyce et Lehman ont réussi à faire évoluer le ribozyme de telle sorte qu'il puisse réaliser sa fonction enzymatique sans magnésium, mais en présence de calcium. Ce n'est pas trivial : c'est un peu comme si l'on faisait évoluer une vache herbivore pour en faire un tigre carnivore. Cette évolution se fait par un mécanisme quasi darwinien de sélection : dans une culture riche en calcium, les ribozymes mutants adaptés à ce milieu sont sélectionnés et se multiplient aux dépens des autres. Au bout d'une douzaine de générations, on obtient un ribozyme capable de "carburer" au calcium, alors que le ribozyme originel carburait au magnésium.

« Cet ARN, dit Joyce, imite le processus biologique de l'évolution. L'expérience est un exemple d'une "vie" fondée exclusivement sur l'ARN, sans intervention des protéines que l'on croyait nécessaires à la réplication. » L'ARN, en quelque sorte, est à la fois œuf et poule. On a émis l'objection que les bases de l'ARN ne pouvaient pas être synthétisées dans un milieu sans vie, mais Stanley Miller a montré que d'autres substances, pouvant être produites en milieu prébiotique, peuvent les remplacer.

Plus récemment encore, d'autres chercheurs ont fait mieux : ils ont montré que l'ADN pourrait lui aussi catalyser sa propre réplication. Deux équipes indépendantes viennent de publier dans *Nature* (4) le résultat d'expériences qui montrent que certaines formes d'ADN peuvent s'autorépliquer sans l'intervention d'enzymes. T. Li et K.C. Nicolaou, également du Scripps Research Institute, rapportent que des fragments symétriques (5) d'ADN double brin peuvent se répliquer en absence d'enzymes par l'intermédiaire de la formation d'un troisième brin, créant une triple hélice. D. Sievers et G. von Kiedrowski, de l'institut de chimie organique et biochimie de l'université Albert Ludwig, à Fribourg (Allemagne), ont obtenu le même résultat avec de toutes petites bribes formées de six bases d'ADN. Ces travaux, qui confirment qu'il y a bien des moyens de contourner des obstacles biochimiques que l'on croyait infranchissables, pourraient avoir d'importantes implications sur les théories concernant l'origine de la vie.

Marie-Christine Maurel souligne que « de multiples raisons nous permettent de penser que l'ARN est apparu en premier, avant l'ADN, au cours de l'évolution. On sait, par exemple, que la ▶

(4) 19 mai 1994.

(5) Un ADN est dit symétrique lorsque sa première moitié est identique à sa deuxième lue à l'envers, par exemple, TAG-GAT..

cellule vivante fabrique les nucléotides de l'ADN à partir des nucléotides constitutifs de l'ARN. La thymine, une base spécifique de l'ADN, est obtenue par transformation de l'uracile, qui, elle, est spécifique de l'ARN. Enfin, les ARN sont les amorces indispensables de la synthèse de l'ADN, alors que l'ARN peut tout à fait se passer d'ADN lors de sa fabrication. » L'ADN serait donc un ARN modifié présentant une plus grande stabilité chimique et permettant donc de mieux préserver l'information génétique. En supposant que les premières molécules de vie étaient des ARN, il reste a montrer comment ces acides nucléiques en sont venus à former ce que l'on appelle le code génétique, c'est-à-dire la spécification à l'aide de trois bases précises (formant un "codon", ou "triplet") de chacun des vingt et un acides aminés qui sont les matériaux de la vie – par exemple, le triplet TCA commande la synthèse de l'acide aminé sérine, le triplet ACG, celui de la thréonine, etc. Une des hypothèses est que les acides nucléiques et les protéines sont apparus indépendamment les uns des autres, et que l'appariement s'est fait à la suite d'interactions au hasard. C'est l'hypothèse dite stéréochimique, renforcée par le fait que la distance observée entre deux acides aminés dans une protéine est presque identique à la distance entre deux bases d'un acide nucléique : cette distance est de 3,4 angströms (1 Å = 1/10 millionième de millimètre) entre les premiers, et de 3,6 Å entre les seconds.

Rappelons que les premières cellules vivantes, apparues sur Terre il y a plus de 3 milliards d'années, vivaient dans un monde pratiquement dénué d'oxygène libre. Très petites, elles étaient incapables de photosynthèse, ne bénéficiaient donc pas de l'énergie solaire et se nourrissaient vraisemblablement par fermentation de molécules organiques. Ces micro-organismes se sont diversifiés, mais sont restés très primitifs pendant 2 milliards d'années.

Certains ont alors commencé à utiliser l'énergie solaire et à modifier leur milieu : la photosynthèse dégage de l'oxygène, et l'apport de la vie à son propre environnement fut phénoménal : d'anaérobies (vivant sans oxygène), les micro-organismes sont devenus majoritairement aérobies.

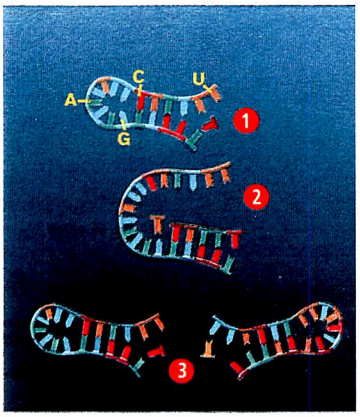
Les premières cellules eucaryotes, c'est-à-dire dotées d'un véritable noyau cellulaire, n'apparurent qu'il y a 1,5 milliard d'années. Elles sont vraisemblablement le résultat de l'union symbiotique de plusieurs micro-organismes différents.

Cette hypothèse, avancée par le Russe Konstantin Mereschovsky vers 1920, fut vite délaissée. Elle dut sa renaissance, voilà une dizaine d'années, à la biologiste américaine Lynn Margulis et à l'Allemand Wolfgang Schwemmler (voir *Science & Vie* n° 875, p. 24) La symbiose se retrouve dans de nombreuses formes de vie, à commencer, donc, par la cellule eucaryote : celle-ci contient des mitochondries, organites énergétiques, dotés d'un patrimoine génétique différent de celui du noyau cellulaire. Ces mitochondries sont sans doute d'anciennes bactéries "adoptées" par la cellule. De même, les chloroplastes, organites qui renferment la chlorophylle des plantes vertes, seraient d'anciennes bactéries symbiotiques, les cyanobactéries (algues vertes) primitives.

Voilà 1 ou 1,5 milliard d'années apparaissaient les premiers métazoaires, animaux formés de plusieurs cellules ; il y a 600 millions d'années, les premiers poissons. C'était le début du Cambrien et d'un extraordinaire foisonnement d'espèces vivantes. Après, c'est presque de l'histoire.

Le petit nombre de spécialistes d'une science jeune de quarante ans, la chimie prébiotique, tentent donc d'élucider les premiers balbutiements de la vie. Ce n'est pas simple.

La cellule vivante n'est pas une mécanique que l'on peut démonter puis reconstituer à sa guise en laboratoire. On a essayé maintes fois, mais sans succès jusqu'à présent. Marie-Christine Maurel a cette image : « Comme dans ce court-métrage surréaliste où l'on voit une tasse de thé qui tombe sur le carrelage et qui se reconstitue par un effet cinématographique, le chercheur doit parvenir à reconstruire ce mouvement… ■



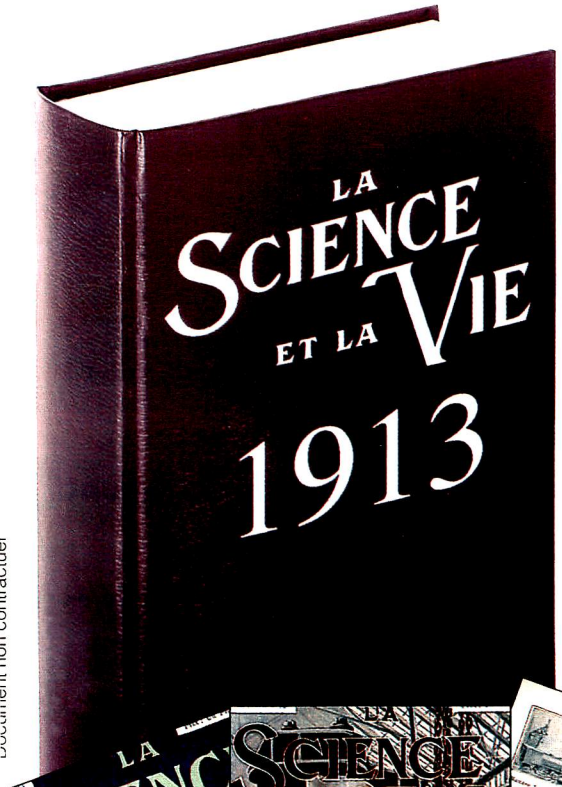
A l'origine l'ARN s'autoréplique

Les molécules d'ARN ont peut-être été les premières molécules vivantes à s'autorépliquer. Selon un scénario probable, après la formation d'un brin unique d'acide nucléique, les bases constitutives – adénine (A), uracile (U), cytosine (C) et guanine (G) – auraient pu, du fait de leur proximité, se lier deux à deux (A avec C et U avec G) et ainsi former un double brin 1. Celui-ci aurait pu alors s'ouvrir 2 et finalement se scinder en deux 3.

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 : 1300 PAGES

370 F SEULEMENT !



A l'occasion de son 80ème 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 1300 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.

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 façon 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 pour la France métropolitaine,

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

J'ai bien noté que la livraison interviendra dans un délai de quatre semaines.

Nom _____ Prénom _____

Adresse _____

Code postal _____ Ville _____

Si vous êtes abonné à SCIENCE & VIE, merci de nous indiquer votre numéro d'abonné : _____ Etranger : nous consulter au (33-1) 46 48 4718

Conformément à la loi Informatique et Liberté du 06/01/1978, vous disposez d'un droit d'accès aux données personnelles vous concernant. Par notre intermédiaire, vous pouvez être amené à recevoir des propositions d'autres sociétés ou associations. Si vous ne le souhaitez pas, il vous suffit de nous écrire en nous indiquant vos nom, prénom, adresse et, si possible, votre référence client.

RC PARIS B 572 134 773

SV 923

Document non contractuel

L'ÉTRANGE AFFAIRE DE

Il existerait un "centre moral" dans le cerveau

Une célèbre affaire médicale, réexaminée avec les moyens techniques actuels, indique que le comportement social aurait un siège bien localisé dans le cerveau. Certains criminels devraient alors être considérés comme des accidentés.

PAR GERALD MESSADIÉ

Le 13 septembre 1848, Phineas P. Gage, contremaître de 25 ans à la Nouvelle-Angleterre, fut victime d'un accident bizarre lors de travaux de terrassement. A la suite d'une explosion de dynamite, il reçut dans le visage une tige de fer, d'une longueur de 109 cm et de 3 cm de section. La tige traversa son visage, lui fit sauter une molaire, pénétra dans son cerveau et sortit de sa boîte crânienne pour aller atterrir à plusieurs mètres de là. Par extraordinaire, non seulement Gage ne fut pas tué, mais encore se remit-il presque sur-le-champ de cet accident, sans avoir perdu l'usage de ses membres ni celui de la parole.

L'accident aurait déjà été assez extraordinaire pour figurer dans les annales de la médecine. En effet, Gage se rétablit complètement de cette épreuve (sauf qu'il y avait perdu un œil et une dent). Il était aussi capable de parler qu'avant l'accident. Son intelligence ne sembla pas affectée, sa capacité de mémorisation non plus. Admirable santé. L'accident est toutefois remis sur le tapis, parce qu'il comporte un aspect encore plus extraordinaire. Gage avait, en effet, changé de personnalité de façon spectaculaire. Intelligent, responsable, parfaitement adapté à son milieu social, Gage devint irresponsable, capricieux et grossier. En bonne santé et capable de raisonner, c'était apparemment le même homme qu'avant, sauf que c'était devenu un voyou.

En 1868, le physiologiste John Harlow, réexaminant le dossier, établit une liaison hypothétique entre une altération des fonctions cognitives et comportementales et un centre cérébral frontal. C'était ce qu'avaient déjà suggéré, à propos de leurs propres patients, Broca et Wernicke. Là-dessus s'engagea une discussion qui traîna en longueur, où certains spécialistes avancèrent que le "centre du langage" défini par Broca avait été lésé, ainsi que d'autres centres moteurs, et d'autres encore avancèrent qu'il n'y avait pas de centre de quoi que ce fût où que ce fût, puisque Gage avait survécu et s'était remis à parler. La neuro-anatomie n'était pas assez avancée à l'époque pour se prononcer sur la question. Toutefois, un physiologiste britannique, David Ferrier, releva à juste titre que le centre du langage n'avait pas été touché et que c'était le lobe préfrontal du cortex qui avait été blessé ; c'était donc là le siège de la "dégradation mentale" de Gage.

Harlow fit exhumer le cadavre de Gage et obtint qu'il fût préservé pour la science. Ce crâne se trouve actuellement au Warren Anatomical Museum, à l'université Harvard. Et c'est de là que l'affaire redémarre, pour prendre des proportions considérables. Une équipe de neuro-anatomistes américains ([1]), reprenant à son tour le dossier de Gage, postule cette fois que les régions frontales atteintes seraient celles où s'élaborent les comportements personnels et sociaux, ainsi que le raisonnement. Précisons que le rôle des lobes fron-

(1) Hanna Damasio, Thomas Grabowski, Randall Frank, Albert M. Galaburda et Antonio R. Damasio, *"The Return of Phineas Gage : Clues about the Brain from the Skull of a Famous Patient"*, *Science*, 20 mai 1994.

PHINEAS P. GAGE

A.R.Damasio/Iowa University

Il a survécu

En 1848, une tige traverse le crâne de Phineas P. Cage : il survit, conserve ses capacités mentales, mais devient... un voyou ! En 1994, des neuro-anatomistes reconstituent l'accident grâce à l'imagerie informatique et localisent ainsi un éventuel "centre du comportement social".

taux est demeuré jusqu'ici très obscur. Pour nos chercheurs, les conséquences de l'accident de Gage illustrent l'hypothèse d'un rapport entre les centres de la connaissance et du comportement et des régions déterminées, ventrale et médiane, du cortex préfrontal. Autrement dit, il existerait un centre cérébral du comportement social, ce qu'on appellerait, en langage courant, un "centre moral".

L'exploit des neuro-anatomistes américains est d'abord technique : après avoir radiographié le crâne de Gage et l'avoir mesuré avec précision, ils l'ont reconstruit virtuellement en trois dimensions grâce à l'imagerie informatique ; puis, ayant déterminé le point d'entrée et le point de sortie de la tige, ils ont reconstitué le trajet de cette tige afin d'identifier le plus exactement possible les zones cérébrales atteintes par l'accident (voir images ci-contre).

Ce qui en ressort concorde avec des observations faites par nos neuro-anatomistes sur douze patients souffrant de lésions frontales : deux fonctions sont alors endommagées, la capacité de prises de décisions rationnelles et le traitement de l'émotion. En revanche, la capacité de résoudre un problème logique, de faire des calculs et de traiter l'information demeure intacte. Cela donne à penser, disent nos neuro-anatomistes, qu'il existe un lien entre l'émotion et ses réseaux nerveux et les prises de décisions dans le domaine social. La région frontale ventro-médiane est reliée aux noyaux sous-corticaux qui contrôlent la régulation biologique, le traitement des émotions, la reconnaissance sociale et le comportement. On a d'ailleurs relevé que, chez les singes bien adaptés socialement, cette région est riche en récepteurs de sérotonine S2, alors qu'elle en est pauvre chez les animaux agressifs et inadaptés.

Il ne s'agit certes pas là d'un point final aux recherches sur le rôle des lobes frontaux, mais d'une avancée importante. Peu à peu, la connaissance de ces derniers se précise. En introduisant une donnée nouvelle dans la compréhension des bases biologiques du comportement, les travaux de nos chercheurs ouvrent une voie entièrement neuve aux attitudes de la médecine, des éducateurs et de la société à l'égard des comportements asociaux. S'il est avéré qu'il existe bien dans le cerveau un "centre moral", il faudra alors examiner certains "cas sociaux" pour savoir si ce ne sont pas avant tout des malades. Et les attitudes répressives traditionnelles auront alors été détrônées par les enseignements de la neuro-anatomie. ■

HORMONE SANGUINE

Comment la France gagne... et perd

PAR PIERRE ROSSION

La thrombopoiétine était la seule hormone du sang qui restait à découvrir. Elle vient d'être isolée par deux équipes américaines, qui exploitent une découverte française. Un marché annuel de plusieurs milliards de dollars échappe à notre pays.

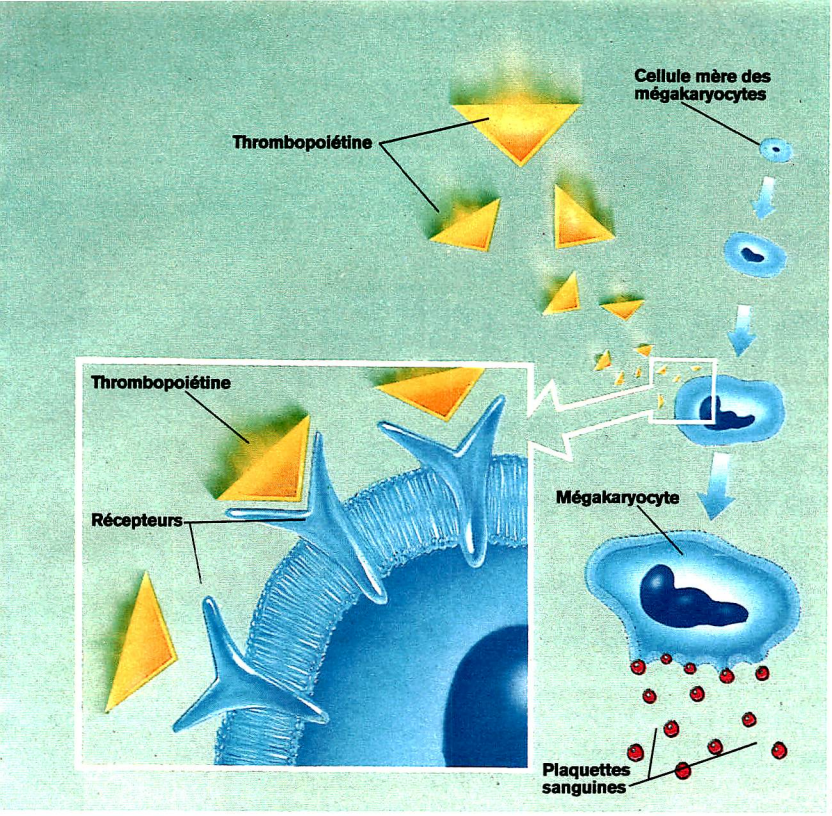
La thrombopoiétine est impossible à détecter directement, parce qu'elle est sécrétée dans le sang en infimes quantités, de l'ordre du millionième de gramme par jour. Mais elle est pourtant bien présente, puisque c'est elle qui permet la production des plaquettes sanguines et, par conséquent, la coagulation du sang. Elle vient enfin d'être piégée par une stratégie digne de Napoléon. Il s'agit là d'une très grande découverte, qui a fait l'objet de cinq articles dans la revue scientifique britannique *Nature* (1). Sur le plan financier, cela va se traduire par un marché de plusieurs milliards de dollars annuels et, sur le plan médical, par un énorme progrès dans le traitement des cancéreux.

Normalement, cette découverte aurait dû revenir à la France, car c'est grâce aux travaux préliminaires de l'équipe de Françoise Wendling, directeur de recherche à l'Inserm (U362, institut Gustave Roussy), qu'elle a été rendue possible. Les résultats de ces travaux furent annoncés par notre chercheuse en décembre 1992, à Los Angeles, lors du congrès de la société américaine d'hématologie, en présence des scientifiques de toutes les grandes sociétés de biotechnologie. Les scientifiques des firmes américaines surent faire bon usage des informations qui leur avaient été ainsi gracieusement fournies. Avec les moyens appropriés, mettre en évidence la thrombopoiétine n'était plus qu'un jeu d'enfant. Résultat : dans la dernière ligne droite, l'équipe Wendling se fit coiffer au poteau par Genentech, de San Francisco, et ZymoGenetics, de Seattle, arrivées *ex æquo*. La suite appartient maintenant aux juristes, qui diront laquelle de l'une ou de l'autre a l'antériorité du brevet d'exploitation. Quant à l'Inserm, qui aurait pu exploiter la découverte de sa chercheuse, il est définitivement hors course ! C'est ce qu'il en coûte d'oublier les nécessités économiques de notre époque.

La thrombopoiétine intervient au niveau de la moelle osseuse, sur les cellules mères des mégakaryocytes, cellules qui produisent les plaquettes sanguines (ou thrombocytes). Ces dernières permettent la formation du caillot. D'où le risque d'hémorragie quand les patients ont des plaquettes en nombre insuffisant, ce qui est le cas des sujets cancéreux traités par radiothérapie ou chimiothérapie, car ces deux traitements sont particulièrement toxiques pour les mégakaryocytes. Aussi, pour prévenir tout risque mortel d'hémorragie, les patients doivent-ils subir des transfusions sanguines répétées. D'où l'intérêt de la thrombopoiétine pour reconstituer en permanence le stock de plaquettes des malades.

Le seul indice dont disposaient les chercheurs pour établir la présence de cette hormone reposait sur une simple constatation. Quand on prélève du sang chez des cancéreux ayant une thrombocytopénie sévère (moins de 150 000 plaquettes par millimètre cube de sang) et qu'on l'injecte ensuite à des souris, celles-ci voient leur nombre de plaquettes augmenter

(1) Vol. 369, 16 juin 1994.



Thrombopoiétine, mode d'action

Cette hormone du sang différencie les cellules mères des mégakaryocytes en mégakaryocytes producteurs de plaquettes sanguines. Comme elle n'a jamais pu être isolée à l'état libre dans le sang, les chercheurs ont eu l'idée de la capturer lorsqu'elle se fixe sur les récepteurs des mégakaryocytes.

considérablement. Ce qui est la preuve que l'hormone est bien présente dans le sang.

Puisque, jusqu'ici, on ne parvenait pas à détecter l'hormone directement, on s'est orienté vers une autre stratégie, qui a consisté à la piéger au niveau de son récepteur, là où elle intervient, dans les mégakaryocytes. Le hasard fit bien les choses. En 1984, une laborantine de l'équipe de Françoise Wendling, alors occupée à infecter des souris avec un rétrovirus de Friend, constate que l'une d'elles présente une leucémie précoce. En examinant le rétrovirus, les chercheurs constatent qu'il a incorporé dans son génome le fragment d'un gène cellulaire de la souris, et que ce fragment est devenu oncogène, c'est-à-dire capable de provoquer un cancer, par suite des transformations qu'il a subies lors de son transfert de la cellule au virus. D'où la leucémie précoce observée.

En utilisant cet oncogène comme hameçon, on put "pêcher" dans le génome de la souris le gène dont il était issu. Ce gène au complet était, lui, sous forme de proto-oncogène et, par conséquent, incapable de provoquer une leucémie. Il fut séquencé, afin de connaître sa carte d'identité, et quelle ne fut pas la surprise des chercheurs lorsqu'ils constatèrent qu'il ressemblait aux gènes codant pour les récepteurs protéiniques de nombreuses cellules du sang, notamment les récepteurs des interleukines présents sur les lymphocytes et les macrophages.

Il restait à savoir si ce gène codait bien pour le récepteur de l'hormone recherchée. Pour y parvenir, l'équipe Wendling commença par déterminer quelles étaient les cellules du sang qui exprimaient ce gène. Elle rechercha dans le sang les ARN messagers synthétisés par lui. Première constatation : le gène n'était exprimé que dans les cellules mères des mégakaryocytes, cellules à l'origine des plaquettes sanguines. Dans un second temps, elle a détruit, par la technique dite des oligonucléotides antisens, ces ARN messagers. Et alors, deuxième constatation : les cellules mères des mégakaryocytes étaient incapables de se différencier. Cela prouvait donc bien que la thrombopoiétine n'avait pu jouer son rôle ; autrement dit, que les ARN messagers étaient bien ceux impliqués dans la synthèse des récepteurs de la thrombopoiétine.

A partir du gène codant pour le récepteur, celui-ci fut synthétisé en grande quantité par génie génétique, puis injecté, *in vitro*, dans des lymphocytes B de souris. Puis, sur ces lymphocytes B, les chercheurs ont fait agir du sang irradié de souris, c'est-à-dire du sang débarrassé de ses mégakaryocytes mais contenant, en revanche, de la thrombopoiétine, qui a la propriété d'être résistante aux rayons ionisants. Comme il fallait s'y attendre, l'hormone est venue se fixer en masse sur les récepteurs, où elle fut isolée.

La structure de cette hormone ayant été déterminée, il suffisait de remonter en amont pour localiser dans le génome de l'homme et d'autres mammifères le gène codant pour sa synthèse. C'est à cela que sont parvenues, par des stratégies voisines, Genentech et ZymoGenetics. Désormais, il ne leur reste plus qu'à produire cette hormone industriellement. ■

SIDA
La nouvelle sexualité des Français

Cinq mille personnes interrogées sur les détails les plus intimes de leur existence : le rapport sur la sexualité des Français, commandé par les ministères de la Recherche et de la Santé, nous offre, au-delà des données sur les risques liés au sida, une image nette de la face cachée des Français.

PAR ANDRÉ LANGANEY

L'amélioration des conditions de vie des humains est la seule justification possible de la recherche scientifique, que ce soit par ses conséquences directes en matière de production, de maîtrise de l'environnement, de qualité de la vie, ou bien simplement pour contenter notre insatiable curiosité. Dans un tel contexte, les problèmes majeurs que sont la gestion de nos comportements quotidiens, de nos plaisirs et de nos douleurs, de nos interactions sociales et de nos conflits devraient constituer une des parts les plus importantes de l'effort de recherche.

Or, il n'en est rien : les sciences humaines et la biologie fondamentale de notre espèce, celle qui se préoccupe de notre vie quotidienne, sont marginalisées par rapport au moindre programme de physique des particules ou de radioastronomie. Et, si la recherche médicale s'en tire relativement mieux, c'est parce qu'on y a recours à une politique de mendicité publique. Pourtant, boire, manger, dormir, penser, s'aimer, faire l'amour et gérer nos relations humaines constituent l'essentiel de nos activités et de nos préoccupations. Ce sont des domaines assez importants pour que l'on songe à prévenir plutôt qu'à guérir, et comment prévenir sans savoir et comprendre ?

La sexualité a cumulé les indifférences et les tabous tant sa gestion répressive était la base de la plupart des cultures et des religions, en particulier en Occident. Après la naissance scandaleuse de la psychanalyse au début du siècle et sa tendance à engendrer des sectes, il a fallu attendre les dernières décennies pour que la sexologie soit reconnue comme discipline sérieuse. Encore ne fut-elle institutionnalisée que sous forme "clinique".

La contraception et le sida

Il a fallu attendre deux situations d'urgence pratique pour que se déroulent, à vingt ans de distance et trente ans après le rapport Kinsey aux Etats-Unis, les deux premières grandes enquêtes sur les comportements sexuels des Français. Dans un premier temps, les législateurs, préoccupés de la ré-

Ian Anderson/PIX

glementation de la contraception et de l'avortement, se retrouvèrent dans le brouillard, sans information sur les comportements et les opinions des citoyens sur le sujet. Cela devait conduire, en 1972, au *Rapport sur le comportement sexuel des Français*, confié à Pierre Simon et à ses collaborateurs et orienté vers les attitudes contraceptives.

Une vingtaine d'années plus tard, les rumeurs les plus folles circulent sur les développements possibles de l'épidémie de sida. N'a-t-on pas entendu un médecin célèbre déclarer que "cela" ne concernait que les homosexuels et les drogués et que bientôt le problème serait résolu parce qu'il n'y en aurait plus (sic). D'autres voient venir une nouvelle peste noire, ou bien l'extinction de l'Afrique, sinon de l'humanité tout entière. Les prévisions catastrophiques passent très bien dans les médias et rapportent des fortunes à la recherche fondamentale en virologie et à certains commerces.

Pourtant, il était évident, à ce stade, que seule une bonne connaissance de nos comportements sexuels, des risques qui leur sont liés, de la géographie et de la sociologie des réseaux de contamination permettrait de gérer médicalement et politiquement l'épidémie, d'organiser la prévention de son développement et d'anticiper le système de soins nécessaire. L'Agence nationale de recherches sur le sida a donc poussé les ministères de la Recherche et de la Santé à commander l'enquête dite "ACSF" (analyse des comportements sexuels en France) à plusieurs dizaines de chercheurs des principaux instituts de recherche médicale, démographique, scientifique et statistique. Comme, dans le domaine du sida, il était nécessaire d'analyser des comportements rares et marginaux, il a fallu faire porter l'enquête sur plus de vingt mille personnes, tout en contrôlant très sévèrement la représentativité, forcément imparfaite, de l'échantillon étudié (voir encadré p. 83).

Après des mois de recherches préalables pour tester les questionnaires, les méthodes, et obtenir l'aval de la pointilleuse Commission informatique et liberté, les enquêteurs de deux instituts de sondage privés, étroitement contrôlés et formés par les chercheurs, ont amassé des données considérables dont les premières interprétations ont été publiées dans deux rapports récents. Nous allons en extraire les principaux résultats concernant notre vie sexuelle et ses variations au fil des années et des générations.

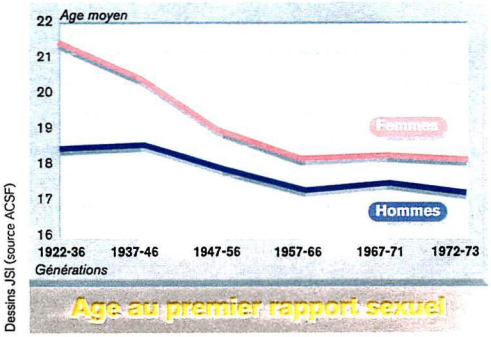
La première fois

Les premiers rapports sexuels ont une tendance générale à se dérouler toujours plus tôt, avec, surtout, une plus grande précocité des filles des jeunes générations. Chez elles, le premier rapport survient, en moyenne, un an plus tard que chez les garçons (courbes ci-dessous). On s'initie en général avec un partenaire un peu plus âgé, surtout chez les filles, dont l'écart d'âge moyen avec ce premier partenaire est de trois ans. Les ouvriers et les employés de services sont plus précoces d'au moins un an que les futurs cadres, ce qui souligne que l'entrée dans la vie professionnelle s'accompagne souvent du début des rapports sexuels.

Un fait important est la quasi-disparition des prostituées comme initiatrices des garçons des plus jeunes générations. On n'est pas à l'abri de fausses déclarations, dans ce domaine, mais la tendance est claire, peut-être en partie en raison de la crainte du sida. Plus de neuf femmes sur dix déclarent avoir été amoureuses de leur premier partenaire, alors que ce n'est le cas que de deux hommes sur trois. Cela est d'ailleurs tout aussi vrai pour les rapports suivants, pour lesquels la plupart des femmes, contrairement à beaucoup d'hommes, ne dissocient pas sentiments et relations sexuelles.

Combien de partenaires au cours de la vie ?

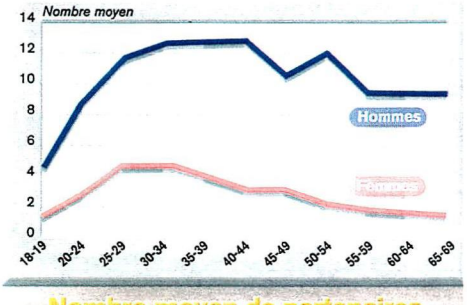
Ainsi que le montre la figure de la page ci-contre (en haut), il existe d'énormes différences entre les nombres moyens de partenaires des hommes et des femmes au cours de leur existence, et ce, quel que soit leur âge. Les femmes les plus jeunes ont toutefois beaucoup plus souvent eu plusieurs partenaires que leurs aînées. Près des deux tiers des femmes de plus de cinquante ans n'ont connu, au plus, qu'un homme dans leur vie. Et encore, l'enquête a exclu – pourquoi ? – les communautés religieuses ! Pour les 25-35 ans, plus des deux tiers des femmes ont connu deux partenaires ou plus. Du côté des hommes, les deux tiers ou plus ont eu deux partenaires ou plus, même chez les plus âgés. Les nombres de



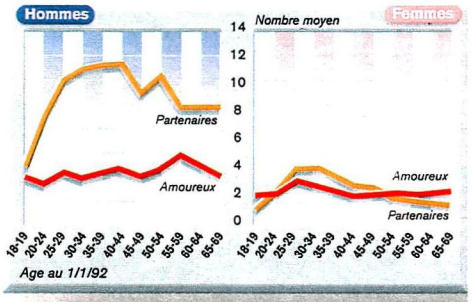
Dessins JSI (source ACSF)

après les hommes

Wayne Miller/Magnum



Nombre moyen de partenaires au cours de la vie



Nombre moyen de personnes dont on a été amoureux, et de partenaires, au cours de la vie

partenaires très élevés sont beaucoup plus fréquents. La prostitution, qui était comptée dans cette statistique, y est pour quelque chose, mais certainement pas pour tout. Le recours à la prostitution concerne presque exclusivement les hommes et, pour environ 4 % d'entre eux, entre 20 et 50 ans, si les déclarations sont fiables. Or, plus de 20 % des hommes déclarent plus de quinze partenaires, surtout chez les 25-50 ans. Ce n'est le cas que de 3 % des femmes en général (mais plus de 6 % des 25-35 ans).

Ces différences se retrouvent aussi au niveau du nombre de fois où les uns et les autres déclarent avoir été amoureux : de quatre à six fois chez les hommes, contre de deux à trois fois chez les femmes. La figure ci-contre (en bas) montre bien cette superposition des relations amoureuses et du partenariat sexuel des femmes et leur dissociation chez les hommes.

La fréquence des rapports sexuels

Les déclarations des femmes et des hommes concordent assez bien, avec une moyenne autour de deux rapports par semaine, mais avec de grandes variations selon l'âge.

Les filles de 18-19 ans ont plus de rapports, en moyenne, que les garçons du même âge, mais la décroissance rapide du nombre moyen de rapports commence entre 45 et 49 ans chez les femmes, cinq ans plus tard chez les hommes ▶

(première figure ci-dessous). Cela correspond, bien sûr, au décalage d'âge entre conjoints ou partenaires, mais, dans ce domaine, les moyennes n'expliquent guère la réalité, puisque les comportements des individus et des couples sont très dispersés autour de ces moyennes, ainsi que le montre la figure en bas, à gauche. Une personne active sur cinq de moins de 50 ans a eu plus de quatre rapports par semaine le mois précédant l'enquête. Mais une sur trois en a eu moins d'un par semaine.

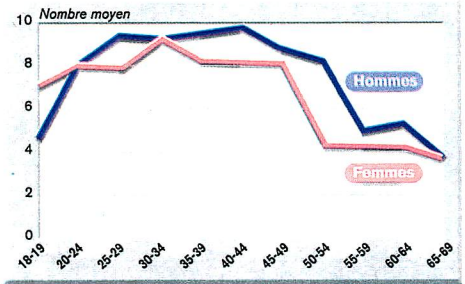
Les partenaires des douze derniers mois

N'en déplaise à la mythologie des *french lovers*, cette enquête rejoint celles faites en Grande-Bretagne et dans d'autres pays, puisque 86 % des hommes et 94 % des femmes de l'enquête n'ont eu qu'un partenaire hérétosexuel, ou pas du tout, au cours des douze derniers mois (tableau ci-dessous). Le multipartenariat concerne 12 % des hommes et 5 % des femmes. Ce partenariat multiple s'arrête à deux pour les deux tiers des hommes et les quatre cinquièmes des femmes concernés. Ce ne sont donc finalement que 4 % des hommes et 1 % des femmes qui auraient des comportements à risques élevés pour le sida s'ils avaient des rapports non protégés.

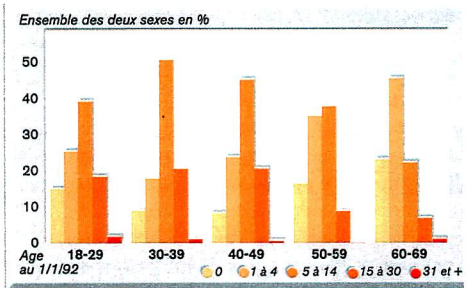
Quant à l'homosexualité et à la bisexualité, elles ne concernent qu'un homme sur cent et trois femmes sur mille, dont le tiers sont monopartenaires. On comprend, dans ces conditions, que, si dangereuse et tragique qu'elle soit, l'épidémie de sida ne se soit pas développée de manière aussi fulgurante que l'annonçaient certains catastrophistes irresponsables. Les chiffres des comportements à risques, en France, sont néanmoins supérieurs à ceux de la Grande-Bretagne, expliquant ainsi la différence d'impact et de vitesse de propagation de l'épidémie entre les deux pays où elle est apparue en même temps. Toutefois, les chiffres cités ci-dessus varient énormément avec l'âge, les conditions sociales et les lieux de résidence. Le multipartenariat est deux fois plus fréquent chez les 18-25 ans que dans le reste de la population. Il est nettement plus fréquent dans les grandes villes que dans les petites ou à la campagne. De même, homosexualité et bisexualité concernent surtout les inactifs, indépendants et cadres supérieurs dans les villes grandes ou moyennes.

Homosexualité et bisexualité

Sur la vie entière, 4 % des hommes et 2,5 % des femmes déclarent avoir eu au moins une fois des rapports homosexuels. Mais un homme sur cent et trois femmes sur mille en ont eu l'année passée. Toutefois, les figures de la page de droite montrent, d'une part, que les homosexuels masculins ont beaucoup plus de partenaires que les femmes homosexuelles, mais, surtout, que la cour-



Nombre moyen de rapports sexuels au cours du dernier mois



Distribution du nombre de rapports selon l'âge, dans le dernier mois

Activité sexuelle des hommes et des femmes au cours des douze derniers mois
(en %, source ACSF)

Activité sexuelle	Hommes	Femmes
Sans activité sexuelle	6,2	12,4
Hétérosexuels monopartenaires	80,2	81,9
Homosexuels monopartenaires	0,3	0,1
Hétérosexuels multipartenaires :		
2 partenaires	7,9	4,2
3-5 partenaires	3,7	1,1
6-10 partenaires	0,7	0,1
> 10 partenaires	0,2	0
Homosexuels et bisexuels multipartenaires :		
2 partenaires	0,2	0,1
3-5 partenaires	0,4	
6-10 partenaires	0,1	0,1
> 10 partenaires	0,1	
TOTAL	100	100

Bahner/SIPA

ALLÔ ! DITES-MOI TOUT...

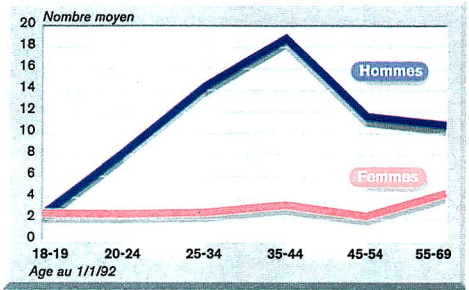
Interroger des milliers de personnes sur les détails les plus intimes de leurs relations privées n'est pas une mince affaire ; d'autant plus que la représentation statistique des comportements à risques les plus rares exigeait à la fois un très gros échantillon et un très long questionnaire, peu pertinent pour la plupart des sujets.

Les enquêteurs s'en sont sortis grâce à deux niveaux de questionnement : un questionnaire court (trente questions), posé à 20 000 sujets représentatifs de la population française et complété d'un questionnaire détaillé (400 questions en tout, environ une demi-heure d'entretien) pour 3 000 "sujets à risques" et 2 000 témoins de la population générale.

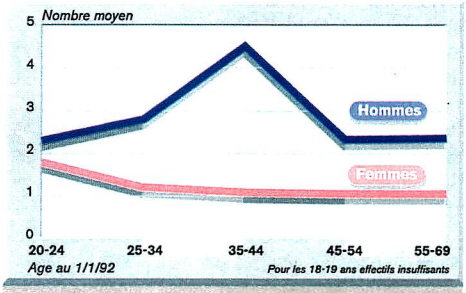
Le choix d'une enquête par téléphone a été fait parce qu'il permettait d'assurer l'anonymat absolu des personnes interrogées – leur numéro de téléphone était supprimé des fichiers des enquêteurs à l'instant où l'interview commençait. Cela permettait aussi aux enquêteurs de vérifier que les questions étaient comprises et d'établir une relation à la fois confiante et assez distante pour minimiser la gêne de l'enquêteur et de l'enquêté.

Cette procédure a été mise en place après de nombreux essais des différentes approches possibles (questionnaires écrits, entretiens, autres modalités téléphoniques, etc.).

Il faut féliciter à la fois les responsables, parmi lesquels Alfred Spire, Nathalie Bajos, Henri Léridon et Michel Bozon, les enquêteurs, et les organismes (INSERM, INED, CNRS, instituts de sondages et autres) d'avoir réussi à mener, à une aussi grande échelle, une enquête aussi délicate, difficile et importante. Les données sont là, avec peu de refus de réponses ou de réponses inexploitables. Il reste à en apprécier les limites, les erreurs (voir encadré "Tout le monde bluffe", p. 84) et la signification.



Nombre moyen de partenaires du même sexe, quand il y en a, pendant la vie entière



Nombre moyen de partenaires du même sexe, quand il y en a, pendant les douze derniers mois

be du nombre de partenaires des hommes homosexuels, que ce soit sur un an ou sur la vie, augmente régulièrement, pour culminer chez les 35-45 ans et décroître ensuite. Il semble donc vraisemblable qu'il y a eu là un "effet de génération", c'est-à-dire une tendance au multipartenariat qui se serait accrue dans ce groupe d'âge pour décroître chez les plus jeunes, peut-être en fonction de la crainte du sida. Il est aussi possible qu'il y ait des dissimulations plus fréquentes dans certains groupes d'âge. On note toutefois que la plupart des personnes déclarant des rapports homosexuels déclarent aussi des rapports hétérosexuels. Ces bisexuels seront donc perçus comme homosexuels, hétérosexuels ou bisexuels en fonction des fréquences de leurs différents types de rapports.

Les pratiques sexuelles

85 % des hommes déclarent s'être masturbés au moins une fois dans leur vie, contre moitié moins de femmes. Toutefois, des recoupements montrent que ces dernières ont été assez dissimulatrices en la matière (voir encadré ci-dessous). Plus des trois quarts des hommes, et presque autant de femmes, déclarent avoir l'expérience des rapports bucco-génitaux. En revanche, la pénétration anale, qui constitue, non protégée, une pratique à haut risque pour la transmission du sida, n'aurait été expérimentée que par moins du tiers des hommes et du quart des femmes de l'échantillon. 10 % des hommes déclarent avoir eu des rapports avec deux personnes à la fois, contre 2 % des femmes. De même, 4 % des hommes contre 1 % des femmes déclarent avoir pratiqué l'échange de partenaires entre couples. Ces différences peuvent, bien sûr, s'expliquer aussi bien par des "surdéclarations" masculines que par des "sous-déclarations" féminines, ou par le recours à la prostitution pour les hommes. En revanche, 7 % des hommes comme des femmes déclarent avoir déjà utilisé des accessoires pour leur stimulation.

La dernière fois

Bien sûr, les prototypes mentionnés ci-dessus ne font pas le tri entre ce qui a été expérimenté une fois, "pour voir", ou exceptionnellement, et ce que les répondants font plus ou moins régulièrement au cours de leurs rapports sexuels habituels. On a donc interrogé les sujets de l'enquête sur leurs pratiques au cours de leur dernier rapport sexuel. Malgré une certaine proportion de non-réponses, des tendances se dégagent. Chez les hétérosexuels, en dehors des caresses réciproques et de la pénétration vaginale quasi systématiques, et de la sodomie, qui concerne moins de 5 % des sujets, les autres pratiques ont des proportions variables. Mais elles sont presque toujours plus souvent déclarées par les hommes que par les femmes, et par les multipartenaires que par les monopartenaires. Les masturbations réciproques se retrouvent une fois sur deux, les rapports bucco-génitaux un peu moins et surtout chez les multipartenaires, et l'auto-masturbation moins d'une fois sur dix.

L'utilisation du préservatif est trois fois plus fréquente chez les multipartenaires que chez les monopartenaires, ce qui reste inquiétant, puisqu'à peine un rapport sur cinq est protégé du côté des hommes multipartenaires et un sur dix du côté des femmes multipartenaires. Plus inquiétant, les rares adeptes de la pénétration anale hérétosexuelle n'utilisent guère de préservatifs.

Chez les hommes bisexuels ou homosexuels de l'échantillon, les diverses formes de masturbation et de fellation sont beaucoup plus fréquentes, mais les deux tiers des rapports ont lieu sans pénétration anale. Parmi le tiers pratiquant la sodomie active ou passive, un peu moins de la moitié utilise, pour ce faire, des préservatifs. La pratique dite *fistfucking* est assez rare (6 % des cas). Il est donc évident que les homosexuels ont réagi en développant des pratiques de sub-

TOUT LE MONDE BLUFFE

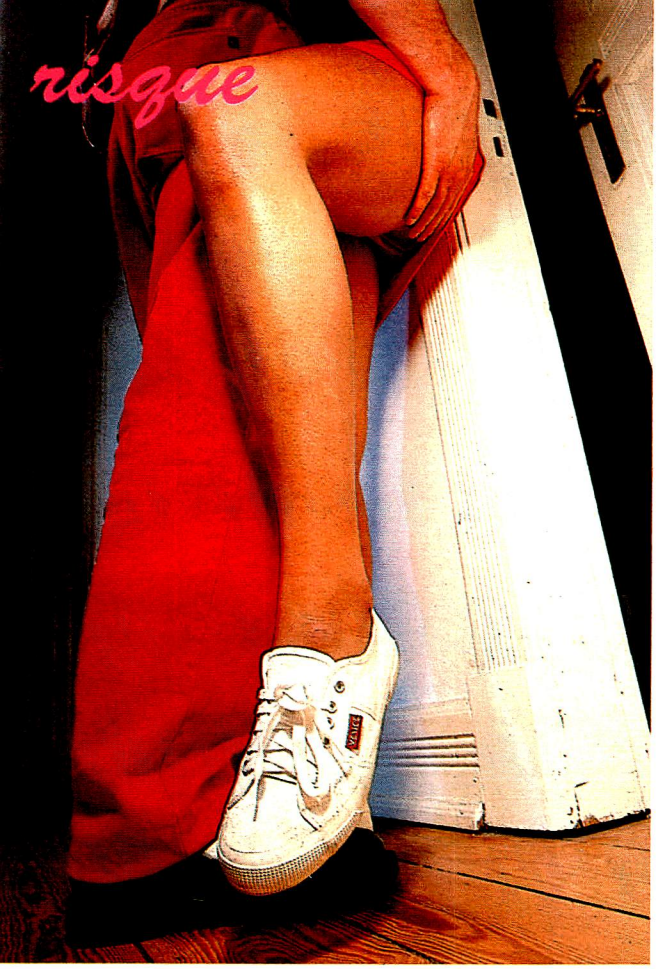
Le problème de la sincérité des réponses se pose lors de toute enquête. Ce problème est aggravé lorsqu'il s'agit d'un sujet tabou, où les enquêtés peuvent avoir envie de cacher leurs pratiques lorsqu'ils les considèrent inavouables. La seule façon d'approcher la réalité consiste donc à effectuer un certain nombre de recoupements entre des questions qui apportent en théorie la même réponse mais qui ont été posées à des moments différents et d'une manière qui ne permette pas au sujet de rendre cohérentes des réponses inexactes.

Mais cela a, bien sûr, pour conséquence d'allonger un questionnaire déjà trop long.

Dans le cas présent, les recoupements laissent à penser que la plupart des réponses ont été sincères, en dehors de deux cas particuliers. D'une part, une tendance à l'exagération des "performances" masculines semble expliquer les différences entre les déclarations des hommes et des femmes dans les relations hétérosexuelles. Encore faut-il être conscient que, en l'absence d'enquête de contrôle auprès des professionnelles, la prostitution puisse expliquer une partie des différences.

Quant aux femmes, elles sont nettement plus nombreuses à déclarer parvenir plus facilement à l'orgasme en se masturbant... qu'à déclarer s'être déjà masturbées... Charmante pudeur !

(1) Pour en savoir plus : *les Comportements sexuels en France*, Alfred Spire, Nathalie Bajos et le groupe ACFS, 1993, la Documentation française, Paris. *Sexualité et Sciences sociales*, coordonné par Michel Bozon et Henri Léridon, *Population* n° 5, 1993, INED-PUF, Paris.



Peter Wiegel/Jerrican

stitution à risques faibles ou nuls de transmission du sida et utilisent plus le préservatif que les hétérosexuels lors de pratiques à risques élevés.

On peut donc dire que les comportements des individus tendent à s'adapter en fonction des risques relatifs de la catégorie de population à laquelle ils appartiennent : les homosexuels et les multipartenaires recourent plus aux pratiques de substitution que les hétérosexuels ou les monopartenaires correspondants.

Mais il reste toujours une fraction importante de personnes qui ne prennent aucune précaution, même dans les situations à risques. Surtout que certaines catégories à hauts risques de transmission, qui sont rares – comme les usagers de drogues injectées ou les transfusés des "années noires" –, ou qui n'ont pu être interrogées, comme les travailleurs célibataires recourant à la prostitution mais ne parlant pas français, étaient peu ou pas représentées dans l'échantillon. Ceux qui se croient à l'abri de toute contamination ne le sont donc certainement pas toujours, même si les plus grandes paniques en matière de sida concernent parfois des individus dont le mode de vie exclut presque tout risque pratique.

Sida : mobilisation insuffisante

Il y aurait encore beaucoup à écrire sur une enquête dont les résultats occupent déjà des milliers de pages très techniques. Il faut être conscient de ses limites, liées à l'utilisation du téléphone, à des non-réponses irréductibles bien que relativement peu nombreuses et aux possibilités de réponses fausses ou incomplètes. De plus, des milieux très marginaux ont des comportements extraordinairement extrêmes et importants pour le développement de l'épidémie, tout en étant trop peu nombreux pour figurer dans l'échantillon ([1]).

On retiendra cependant que, comme les Américains, les Belges ou les Anglais, les Français sont en majorité écrasante hétérosexuels monopartenaires et classiques dans leurs relations sexuelles, dont les fréquences dépendent surtout de l'âge des sujets et de l'ancienneté de la relation. Les mobilités des hommes et des jeunes sont supérieures à celles des femmes et des plus âgés, et les tendances multipartenaires et bisexuelles post-soixante-huitardes semblent régresser du fait de l'épidémie de sida, même si les populations à risques cherchent souvent à diminuer ces risques, que ce soit par des comportements de substitution ou en utilisant des préservatifs. Malgré tout, cette enquête montre que la mobilisation pour arrêter la propagation de l'épidémie n'est pas encore suffisante. Alors, pour ces vacances, si vous voulez prendre votre pied, mettez des gants ! ■

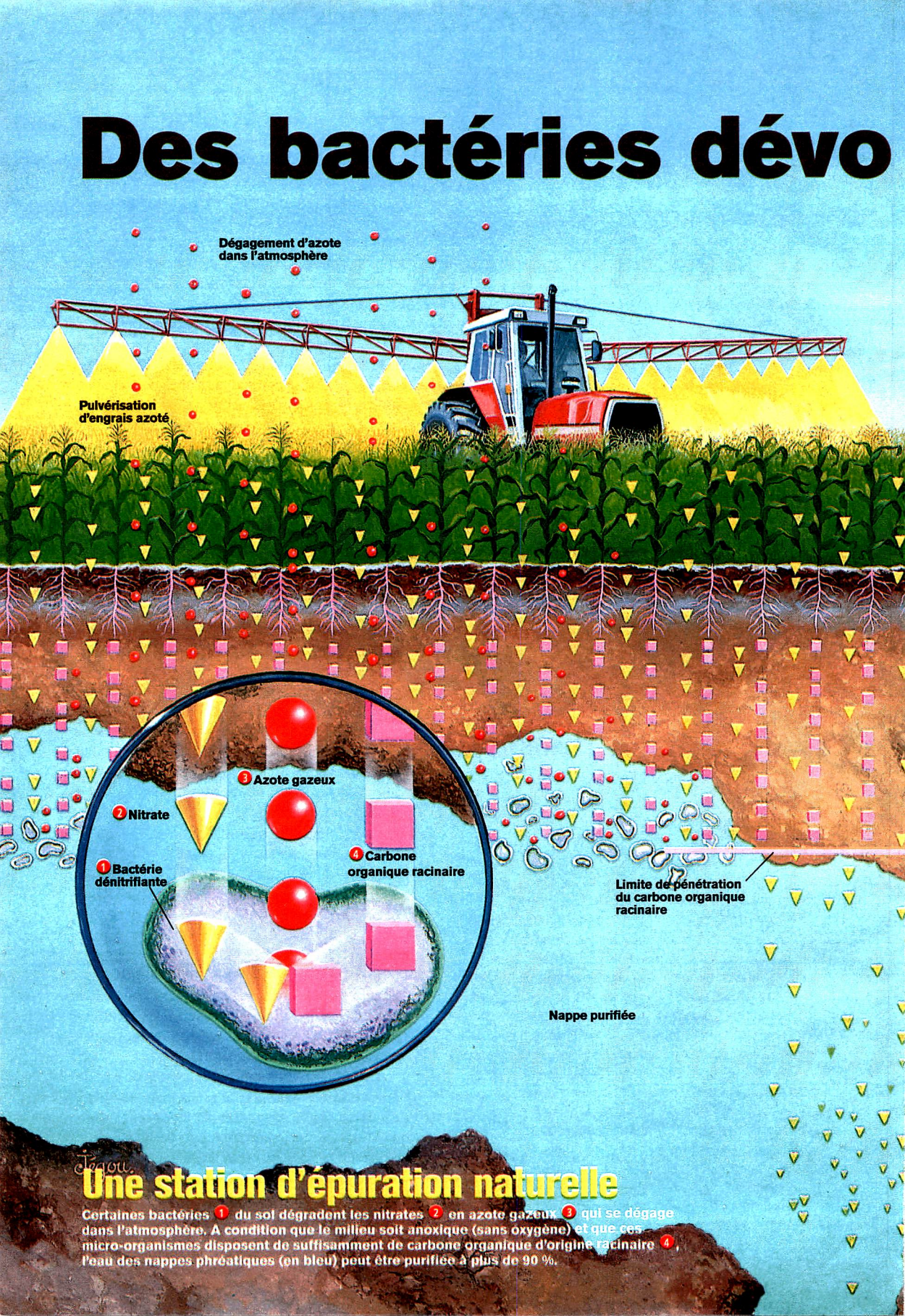
LE PLAISIR FAIT PLAISIR

Il est difficile d'analyser des sensations aussi subjectives que le plaisir par des questionnaires standardisés et sans savoir ce que chaque personne interrogée place derrière les notions d'orgasme ou de satisfaction sexuelle. Néanmoins, obtenir des réponses cohérentes, tant pour 3 000 "sujets à risques" que pour 2 000 témoins, qui permettent de reconstituer un échantillon représentatif de la population générale, est une belle performance statistique.

Neuf hommes sur dix et les trois quarts des femmes déclarent avoir atteint l'orgasme au cours de leurs derniers rapports sexuels. Les deux tiers des hommes et à peine moins de femmes se disent souvent joyeux après un rapport sexuel. Neuf personnes sur dix se déclarent assez ou très satisfaites de leur vie sexuelle à 18-19 ans, et encore huit sur dix entre 55 et 69 ans. Cela bien que les "dysfonctions" sexuelles concernent "souvent ou parfois" un tiers des hommes (éjaculateurs plus ou moins précoces, ou impuissants) et autant de femmes (qui, "souvent ou parfois", n'ont pas de désir, pas d'orgasme ou ont des rapports sexuels douloureux). La norme de l'orgasme simultané préoccupe encore plus de la moitié des sujets, mais concerne surtout les plus vieux et les moins diplômés. La masturbation solitaire met en joie plus de la moitié de ses adeptes.

Bref, les Français semblent bien s'accommoder de ce qu'ils vivent, malgré le sida et les changements de comportements qu'il provoque.

Des bactéries dévo



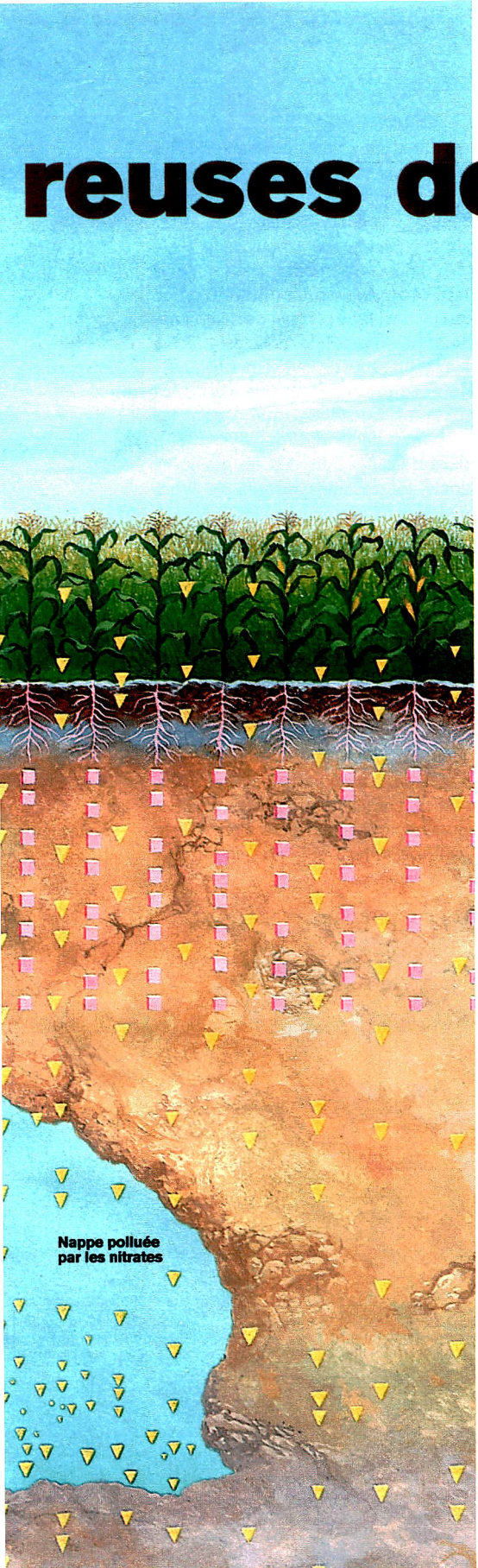
Une station d'épuration naturelle

Certaines bactéries 1 du sol dégradent les nitrates 2 en azote gazeux 3 qui se dégage dans l'atmosphère. A condition que le milieu soit anoxique (sans oxygène) et que ces micro-organismes disposent de suffisamment de carbone organique d'origine racinaire 4, l'eau des nappes phréatiques (en bleu) peut être purifiée à plus de 90 %.

reuses de nitrates

La pollution des eaux souterraines par les nitrates n'est pas une fatalité. Les sols regorgent de bactéries qui ne demandent qu'à expédier ces polluants dans l'atmosphère sous forme d'azote. Mieux, il est possible de provoquer le phénomène et d'épurer les nappes d'eau à 90 % !

PAR MARC MENNESSIER



Dessin Ch. Jégou

Les cinq années de sécheresse que la France vient de subir ont presque fini par faire oublier la pollution des nappes d'eau souterraines par les nitrates (NO_3^-). A tort. En effet, ces composés chimiques d'origine essentiellement agricole (engrais, élevages industriels...) ou urbaine (égouts), qui provoquent chez le nourrisson et la femme enceinte une maladie grave, la méthémoglobinémie, migrent très lentement dans le sol. Dans certaines situations, en particulier dans les sols de craie de la Champagne, un ion nitrate peut mettre vingt ans ou plus avant d'atteindre la nappe située à quelques dizaines de mètres seulement sous la surface !

Qu'il vienne à cesser de pleuvoir pendant une assez longue période, et la progression de ce polluant est quasiment stoppée. Si bien que la relative stabilité des concentrations en nitrates relevée ces dernières années dans un certain nombre d'aquifères ne doit pas faire illusion. «Le pire est plutôt à craindre !» estime, au contraire, André Mariotti, directeur du laboratoire de biogéochimie isotopique basé à l'université Pierre et Marie Curie de Paris. «Les pluies abondantes de l'hiver dernier vont remobiliser des quantités très importantes de nitrates. Mais surtout le système de production de ces composés dans le sol a ▶

une inertie considérable.» En effet, un ion nitrate provenant d'un engrais azoté, par exemple, ne migre pas directement dans la nappe souterraine. Il est d'abord assimilé en grande partie par les plantes et les bactéries du sol qui le fixent sous forme organique (acides aminés, protéines...). Puis, au bout d'un temps plus ou moins long, cette matière organique est "reminéralisée" et libère à nouveau des nitrates qui, cette fois, risquent de migrer dans les profondeurs du sous-sol. «Sans l'intervention de la matière organique, le problème serait bien plus simple à résoudre», explique André Mariotti. «Il suffirait d'arrêter d'épandre des engrais sur les terrains agricoles pour voir rapidement les concentrations en nitrates baisser dans les aquifères. Or, dans la réalité, on constate que le temps de stockage des nitrates dans la matière organique du sol est supérieur à dix ans !»

Dans ces conditions, faut-il s'attendre à une croissance inexorable de la pollution des nappes souterraines au cours de la prochaine décennie ? Déjà, dans de nombreuses régions, en particulier en Bretagne et dans le Bassin parisien, la teneur en nitrates de l'eau du robinet dépasse souvent la norme de potabilité européenne, fixée à 50 milligrammes par litre et à 15 mg/l pour l'eau destinée à la confection des biberons. Fort heureusement, la nature a bien fait les choses !

En effet, en l'absence d'oxygène (on dit que le milieu est anoxique), certaines bactéries du genre *Pseudomonas*, *Azospirillum, Bacillus* ou *Paracoccus* ont la faculté d'utiliser, pour respirer, les atomes d'oxygène contenus dans l'ion nitrate et de réduire ce dernier en azote gazeux (N_2), qui se dégage dans l'atmosphère. Baptisé dénitrification, ce processus de dépollution, on ne peut plus écologique, est très répandu dans la nature. André Mariotti rappelle que c'est grâce à lui que la teneur en azote de l'air (environ 80 %) reste stable. Il se produit dans le sol sous les haies d'arbres, ou ripisylves, qui bordent les cours d'eau (voir *Science & Vie* n° 898, p. 73), ainsi que dans les zones humides, les gravières et... les nappes souterraines, jusqu'à plusieurs dizaines de mètres de profondeur !

Outre son omniprésence, la dénitrification a aussi l'avantage d'être très efficace. Dans les meilleures situations, le taux d'épuration peut dépasser 90 %, et il se situe couramment autour de 50 %. Mieux, les nitrates dégradés de la sorte sont définitivement extraits du sol puisque expédiés dans l'atmosphère sous forme d'azote gazeux. Ce qui n'est pas le cas lorsqu'ils sont seulement réassimilés par les plantes ou transformés par certaines bactéries en ions ammonium (NH_4^+) qui se fixent sur les particules du sol. En effet, dans un cas comme dans l'autre, ce "stockage" temporaire parvient au mieux à retarder la pollution, car, tôt ou tard, selon les conditions

Nitrates : la pollution souterraine

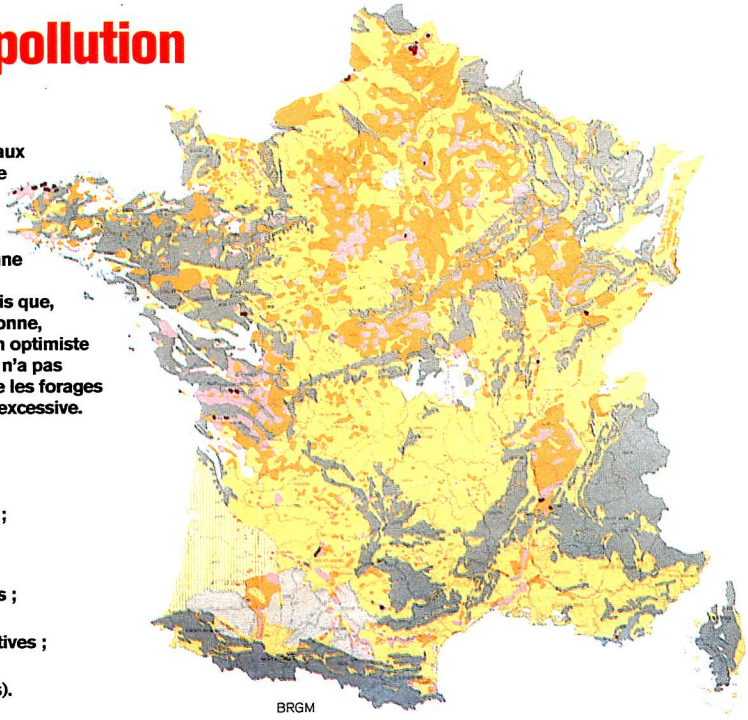
Voici les teneurs en nitrates des eaux souterraines de la France. Réalisée par le Bureau de recherches géologiques et minières sur la base des données de 1991 et 1992, cette carte remplace l'ancienne qui datait de... 1986. Le ministère de l'Environnement avertit toutefois que, malgré les progrès réalisés, elle donne, dans certaines régions, une «vision optimiste de la réalité», dans la mesure où il n'a pas été possible de prendre en compte les forages fermés pour cause... de pollution excessive.

Teneurs en nitrates :

- **inférieures à 25 mg/l ;**
- **comprises entre 25 et 50 mg/l ;**
- **comprises entre 50 et 100 mg/l ;**
- **supérieures à 100 mg/l.**

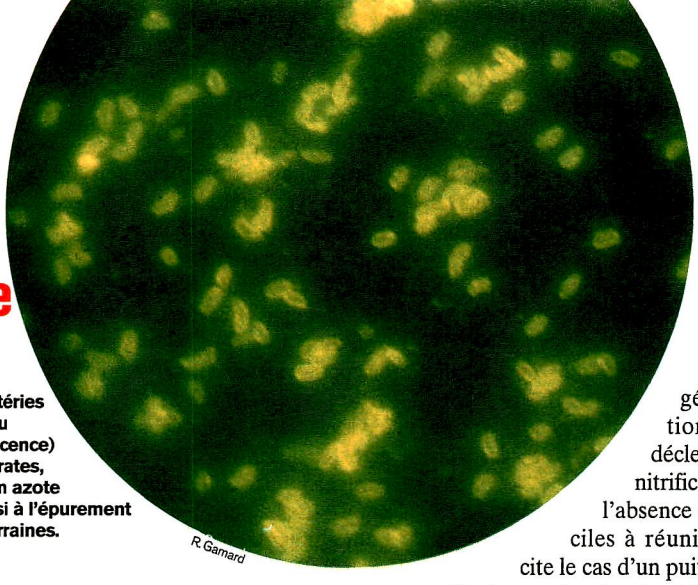
Zones :

- **dépourvues d'aquifères étendus ;**
- **dépourvues de nappe libre, pouvant recouvrir des nappes captives ;**
- **sans aquifères exploitables ou exploités (absence de données).**



BRGM

La bactérie salvatrice



Tout comme les *Pseudomonas*, les *Bacillus* et les *Paracoccus*, les bactéries *Azospirillum* (ici, vues au microscope à épifluorescence) sont très friandes de nitrates, qu'elles décomposent en azote gazeux, contribuant ainsi à l'épurement des nappes d'eau souterraines.

du milieu, les nitrates réapparaissent soit par minéralisation de la matière organique soit par oxydation des ions ammonium.

Dans certaines nappes souterraines, la dénitrification se produit de manière spontanée. Bien que (trop) peu d'études lui aient été consacrées jusqu'à présent, le phénomène a été mis en évidence sur de nombreux sites et, en particulier, dans la nappe de craie située dans le Nord de la France, entre Lille et Douai. L'équipe de chercheurs dirigée par Mariotti a constaté que la teneur en nitrates chutait brutalement en quelques centaines de mètres, passant de plus de 50 mg/l à seulement 1 mg/l ! Explication : la nappe, dont la profondeur varie entre 2 et 30 m sous terre, est tantôt libre, lorsqu'elle communique avec la surface, tantôt captive, lorsqu'elle est recouverte d'une couche d'argile imperméable.

Dans le second cas, l'eau est confinée, si bien que le passage de la zone libre à la zone captive se traduit par un abaissement considérable de la teneur en oxygène. Privées de ce dernier, les bactéries ne risquent pas d'"étouffer", puisqu'on a vu qu'elles peuvent se rabattre sur les nitrates pour satisfaire leurs besoins respiratoires. La dénitrification peut commencer, et nos "bactéries gloutonnes" vont calmer leur fringale jusqu'à plus soif ! Une fois le dernier ion nitrate avalé et expédié dans l'atmosphère, ces boulimiques peuvent même s'attaquer, selon les disponibilités du sol, à l'oxyde de manganèse (MnO_2), puis à l'hydroxyde ferrique ($Fe(OH)_3$), aux ions sulfates (SO_4^-) et enfin au gaz carbonique (CO_2). Cette succession de réactions d'oxydoréduction s'effectue par ordre d'affinité croissante depuis l'oxygène gazeux jusqu'au CO_2. La présence de manganèse ou de fer ferreux dissous dans l'eau d'une nappe appauvrie en nitrates constitue d'ailleurs un indice fort que cet appauvrissement résulte bien de l'action des bactéries dénitrifiantes et non d'un mélange avec l'eau d'un aquifère voisin naturellement pauvre en nitrates.

D'une manière générale les conditions nécessaires au déclenchement de la dénitrification, en particulier l'absence d'oxygène, sont faciles à réunir. André Mariotti cite le cas d'un puits dont la teneur en nitrates se situait entre 1 et 20 mg/l jusqu'au jour où son propriétaire décida de retirer le tuyau de la pompe de prélèvement rendu non fonctionnel par la rouille qui le gangrenait. A partir de ce moment-là, la concentration en nitrates fit un bond énorme jusqu'à 100 mg/l, tandis que la teneur de l'eau en oxygène dissous augmentait aussi dans de très fortes proportions ! L'énigme fut simple à résoudre : la présence du tuyau de pompage consommait, par son oxydation, l'oxygène dissous dans l'eau et créait, au moins dans les parties profondes du puits, les conditions anoxiques propices au démarrage de la dénitrification. Le tout avec un taux de dépollution compris entre 80 et 95 % !

Dès lors, pourquoi ne pas stimuler ou, mieux encore, provoquer le phénomène en vue d'assainir les nappes souterraines ? «Pour les bactéries, la dénitrification ne requiert pas beaucoup plus d'énergie que l'utilisation de l'oxygène. En fait, le principal facteur limitant, c'est l'absence de carbone organique, autrement dit, de source d'énergie. Sans lui, la réaction ne peut pas avoir lieu», explique André Mariotti.

Ce chercheur cite l'exemple très révélateur d'une nappe de la région de Bordeaux dont la profondeur varie entre 2 et 5 m sous culture de maïs. Cette plante sécrète par ses racines des quantités importantes de carbone organique, notamment sous forme de sucres simples qui sont utilisés par les bactéries du sol (voir dessin pages précédentes). Or, les scientifiques ont constaté que la dénitrification, intense lorsque le niveau supérieur de la nappe se situe à 2 m de profondeur, était nulle dans les zones où cette nappe est plus profonde de quelques mètres. Que s'est-il passé entre ces deux niveaux, pourtant très proches l'un de l'autre ? La différence vient tout simplement du fait que le carbone organique est minéralisé et transformé en CO_2 par certains micro-organismes du sol dans la zone située au-dessus de la nappe : ▶

si celle-ci est un peu plus profonde, il risque d'être dégradé avant de l'atteindre. Résultat : les bactéries dénitrifiantes qui se trouvent à cette profondeur n'ont plus rien à se mettre sous la dent, tandis que celles situées un peu plus haut, à 2 m, trouvent encore suffisamment de carbone disponible pour s'attaquer aux nitrates !

Dans plusieurs expérimentations, la dénitrification a été provoquée en injectant de petites quantités de carbone organique sous forme d'éthanol à travers un forage creusé depuis la surface. De son côté, l'eau purifiée était pompée à partir d'un puits situé 300 m plus loin dans le sens de l'écoulement de l'eau, de façon à bénéficier, en plus de la dénitrification, du pouvoir épurateur du sol vis-à-vis d'autres polluants induits par le processus (reliquats d'éthanol, nitrites). «Tous les essais effectués jusqu'à présent dans plusieurs pays et avec différents types de nappes ont été concluants», explique encore André Mariotti.

Malheureusement, la réaction a tendance à s'emballer. Trop bien "nourries", les bactéries prolifèrent et finissent par colmater les minuscules pores de la roche où l'eau est emmagasinée. Les bulles d'azote issues de la réaction ont également tendance à rester coincées dans ces cavités microscopiques. Résultat : l'eau est dénitrifiée mais on ne peut plus la pomper ! Selon Mariotti, «les bactéries ont une trop grande appétence pour l'éthanol. Nous sommes donc en train de chercher à identifier les formes de carbone organique qui sont utilisées par les bactéries dans les conditions naturelles. En synthétisant puis en injectant ces molécules dans le sol, on devrait pouvoir dénitrifier sans colmater.»

Privées d'oxygène, les bactéries "respirent" du nitrate

Autre difficulté : dans certaines situations, et notamment quand les concentrations en nitrates sont très élevées, les bactéries ont tendance à lever le pied un peu trop vite. En clair, la dénitrification a bien lieu, mais, plutôt que de produire de l'azote (N_2), étape ultime de la réaction, elles se contentent de dégager de l'oxyde nitreux (N_2O). Or, ce gaz détruit la couche d'ozone stratosphérique qui protège la Terre contre le rayonnement solaire ultraviolet et stimule l'effet de serre. Pas question de remplacer une pollution par une autre !

«En fait, les nitrates ne sont pas directement changés en N_2, précise André Mariotti. Avant d'en arriver là, ils sont successivement transformés en nitrites (NO_2), en monoxyde d'azote (NO), en N_2O et enfin en N_2. A chacune de ces étapes, différentes espèces de bactéries interviennent. Si les dernières n'aiment pas les nitrates à haute dose, leur activité diminue et la réaction s'arrête à N_2O.»

Par ailleurs, selon Robert Lensi, du laboratoire d'écologie microbienne du CNRS-université Lyon 1, «certaines bactéries dénitrifiantes ne possèdent pas l'enzyme responsable de la réduction du N_2O en N_2. Il leur est donc impossible de conduire le processus jusqu'à son terme.»

Pour venir à bout de ces obstacles, Mariotti envisage de travailler avec des géochimistes spécialistes des molécules organiques, de façon à trouver la molécule carbonée qui convient le mieux aux bactéries, avec des microbiologistes pour étudier la dynamique des populations bactériennes et régler la question du N_2O, et enfin avec des hydrogéologues afin de dresser une typologie des sites propices à la dénitrification.

Selon Mariotti, ces problèmes sont loin d'être insurmontables. «L'objectif n'est pas d'éliminer totalement les nitrates mais de rendre leur concentration compatible avec les normes de potabilité en vigueur, estime-t-il. Nous sommes à la veille de l'utilisation en vraie grandeur de cette méthode facile à mettre en œuvre et peu coûteuse, surtout si on la compare aux techniques de dénitrification en surface pratiquées dans des usines [on pompe d'abord l'eau polluée, on la traite et on l'envoie sur le réseau], qui nécessitent des investissements très lourds.»

Mais la médaille a son revers. Si la dénitrification *in situ* se généralise, les agriculteurs, les industriels et les collectivités responsables de la pollution ne risquent-ils pas de relâcher leurs efforts ? A quoi bon, en effet, se préoccuper des nitrates s'il existe un moyen de s'en débarrasser à bon compte ? «Quoi qu'il arrive, la prévention restera toujours un préalable indispensable, surtout dans le cas d'une pollution diffuse, comme celle-ci, qui se propage sur de grandes étendues et concerne un très grand nombre d'acteurs», avertit Alain Creusot, responsable de la mission Eau-Nitrates qui dépend des ministères de l'Environnement et de l'Agriculture.

En fait, la dénitrification *in situ* devrait permettre d'éliminer les nitrates qui ont échappé à toutes les mesures de prévention. On sait, par exemple, qu'un agriculteur qui fertilise normalement son champ, c'est-à-dire sans excès, perd chaque année et quoi qu'il fasse 10 % des nitrates mobilisés pour les besoins de ses cultures. C'est à ces irréductibles 10 % (et non aux 90 % !) que les *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Bacillus* et *Paracoccus* doivent s'attaquer en priorité. ■

DECOUVREZ LE PANORAMA DE LA PRESSE SCIENTIFIQUE...

SCIENCE & VIE

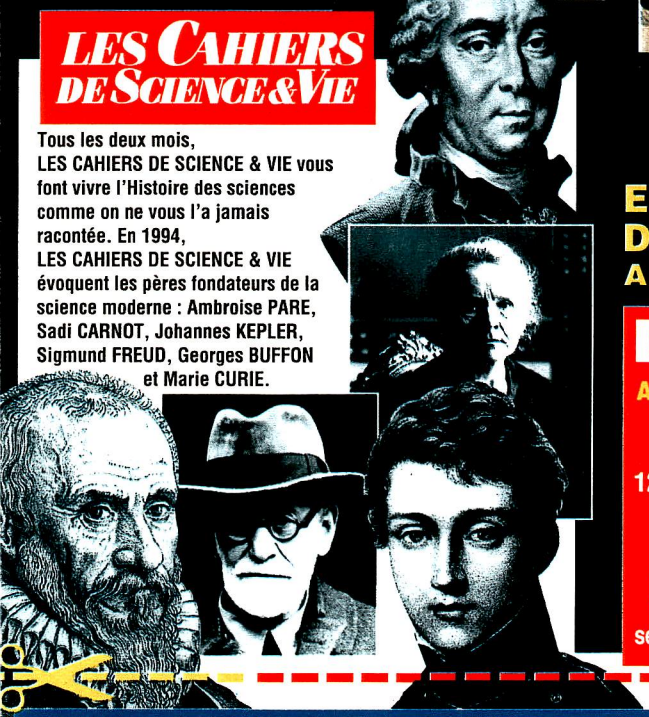
Tous les mois,
SCIENCE & VIE vous informe parfaitement sur les derniers développements de la recherche, dans tous les domaines scientifiques et techniques.
SCIENCE & VIE, le magazine d'information scientifique de référence.

SCIENCE & VIE HORS SERIE

Tous les trois mois,
LES HORS SERIE de SCIENCE & VIE traitent de façon exhaustive un grand sujet de notre temps. Chaque HORS SERIE fait le tour complet d'une question d'actualité scientifique.

LES CAHIERS DE SCIENCE & VIE

Tous les deux mois,
LES CAHIERS DE SCIENCE & VIE vous font vivre l'Histoire des sciences comme on ne vous l'a jamais racontée. En 1994,
LES CAHIERS DE SCIENCE & VIE évoquent les pères fondateurs de la science moderne : Ambroise PARE, Sadi CARNOT, Johannes KEPLER, Sigmund FREUD, Georges BUFFON et Marie CURIE.



ET ABONNEZ-VOUS DES AUJOURD'HUI A L'UNE DE CES DEUX FORMULES :

FORMULE N° 1

ABONNEMENT D' 1 AN AU PANORAMA DE LA SCIENCE

12 N^os de SCIENCE & VIE
6 N^os des CAHIERS DE SCIENCE & VIE

333 F
seulement au lieu de 456 F *

FORMULE N° 2

ABONNEMENT D' 1 AN AU MAXI PANORAMA DE LA SCIENCE

12 N^os de SCIENCE & VIE
6 N^os des CAHIERS DE SCIENCE & VIE
4 N^os HORS SERIE DE SCIENCE & VIE

398 F
seulement au lieu de 556 F *

DROITS RESERVES

BULLETIN D'ABONNEMENT A TARIF PRIVILÉGIÉ

à compléter et à retourner avec votre règlement à l'ordre de SCIENCE & VIE sous enveloppe affranchie à :
SCIENCE & VIE - Service Abonnements - 1, rue du Colonel Pierre Avia 75503 Paris cedex 15.

OUI je m'abonne pour un an et à tarif privilégié à la formule suivante que je coche ci-dessous :

☐ C43A **FORMULE N°1 : PANORAMA DE LA SCIENCE** (18 N^os)
333 F seulement au lieu de 458 F * / 123 F d'économie

☐ C43Z **FORMULE N°2 : MAXI PANORAMA DE LA SCIENCE** (22 N^os)
398 F seulement au lieu de 556 F * / 158 F d'économie

Nom
Prénom
Adresse
Code postal Ville

Conformément à la loi Informatique et Liberté du 06/01/1978, vous disposez d'un droit d'accès aux données personnelles vous concernant. Par notre intermédiaire, vous pouvez être amené à recevoir des propositions d'autres sociétés ou associations. Si vous ne le souhaitez pas, il vous suffit de nous écrire en nous indiquant vos nom, prénom, adresse et, si possible, votre référence client.

OFFRES VALABLES JUSQU'A FIN 1994 .ET RESERVEES A LA FRANCE METROPOLITAINE.ETRANGER: NOUS CONSULTER Tel (33-1) 46 48 47 08
Vous pouvez aussi vous abonner par Minitel en tapant 3615 ABON

(*) Prix de vente normal chez votre marchand de journaux

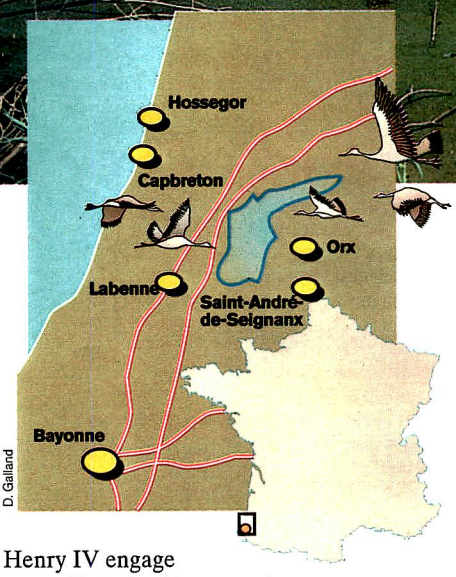
RC PARIS B 572 134 773

MARAIS D'ORX
La nature reprend ses droits

Une faune exceptionnelle colonise un ancien champ de maïs, remis en eau depuis cinq ans et récemment transformé en réserve naturelle.

PAR DIDIER DUBRANA

G. Lopez/Bios



D. Galland

Neuf-cent-quatre-vingts hectares de marais, situés à l'extrême sud du département des Landes, sont en passe de devenir l'un des plus grands sites d'hivernage européen d'oiseaux migrateurs. Le marais d'Orx s'affiche déjà comme l'un des six premiers sites français d'hivernage pour une dizaine d'espèces de canards et bien d'autres oiseaux (voir photos page ci-contre). «Nous observons même l'installation de nouvelles espèces, telles ces grèbes huppés (*Podiceps cristatus*), qui nichent d'ordinaire dans les deux tiers nord de la France», explique Stéphane Devisse, chargé de mission de l'Association pour la gestion du marais d'Orx. Ce site est également l'un des derniers refuges du vison d'Europe et de la cistude d'Europe (tortue). Cependant, le manque d'études scientifiques sérieuses ne permet pas, pour l'instant, de comprendre la dynamique du retour à la vie sauvage de cet écosystème meurtri par l'agriculture intensive.

Henry IV engage les hostilités le 11 novembre 1599 : il passe un traité avec le Hollandais Humphrey Bradley pour le dessèchement général des marais de la région. Louis XIV marche sur ses traces, mais il faut attendre Napoléon III pour que l'écosystème landais soit véritablement bouleversé. La plantation de pins maritimes, accompagnée du drainage de la lande, aboutit à l'assèchement des marais et au premier chef à celui d'Orx. Depuis la deuxième moitié du XIXe siècle, le marais est donc une terre agricole. Tour à tour zone de pâturage ou de polyculture, c'est surtout après la Seconde Guerre mondiale, lors de l'avènement du machinisme agricole, que la culture du maïs s'impose aux terres landaises. Le marais d'Orx permet la culture intensive de "maïs doux", et, à la fin des années soixante-dix,

D. Delfino/Bios

F. Merlet/Bios

Seitre/Bios

Le marais aux oiseaux

Au Sud des Landes, il accueille pour l'hivernage de nombreux oiseaux migrateurs. Sarcelles d'été, souchets, pilets et autres anatidés y font escale, dépassant ainsi les prévisions les plus optimistes des ornithologues. Les grèbes huppés y nichent à l'année, et les grues cendrées (*Grus grus*) s'y arrêtent plusieurs semaines, allant ensuite grossir une colonie de 40 000 grues hivernant en Aragon (Espagne).

celle-ci s'affirme à coups d'engrais chimiques.

Cependant, les rendements sont moyens, alors que le coût d'entretien des canaux de drainage et de la station de pompage permettant d'assécher le site sont très élevés. L'agriculteur vend donc son exploitation à la société Bonduelle, qui installe une conserverie. Les effluents de cette dernière s'écoulent alors dans les canaux du domaine d'Orx, qui épongent chaque année 760 tonnes d'azote et 380 tonnes de phosphate. Enfin, en 1989, le site ayant échappé de justesse à un programme immobilier qui devait le transformer en une Marina reliée au port d'Hossegor (voir carte page ci-contre), est acheté par le Conservatoire du littoral et le WWF (pour 15 millions de francs).

Il reste aujourd'hui à réhabiliter cet écosystème, qui conserve les stigmates des années de culture. Une partie de l'ancien champ de maïs a été remise en eau. C'est sur cet espace que les migrateurs viennent se reposer. Mais quelques mesures succinctes pratiquées lors d'une étude d'impact révèlent des teneurs en azote dans l'eau (4,4 mg/l) quatre fois supérieures à la norme européenne. La concentration en phosphates est de 1,2 fois la norme. Bref, azote et phosphates sont les deux ingrédients chimiques responsables de l'eutrophisation du milieu. Ce phénomène se caractérise par l'augmentation de la teneur en matière organique de l'eau consécutive à la prolifération des algues microscopiques se nourrissant des nitrates (azote) et des phosphates.

A Orx, ce sont les colonies d'algues (cyanophycées et chlorophycées) qui se développent anarchiquement tout en augmentant la charge en matière organique lorsqu'elles meurent. Cette biomasse de "cadavres" en suspension trouble l'eau (augmentation de la turbidité) et empêche la lumière d'atteindre le fond du lac (1,20 m). En l'absence d'ensoleillement, aucune plante aquatique ne peut s'installer au fond du lac pour oxygéner le milieu. «L'absence d'oxygène est donc l'un des principaux facteurs écologiques limitants qui bloquent le fonctionnement de cet écosystème», précise S. Devisse. En effet, ce déficit d'oxygène limite, par exemple, la biodiversité de la faune aquatique du marais, qui est composée à 99 % de carpes et de poissons-chats. Autre fléau : la prolifération de la jussie (*Ludwigia urugayensis*), une plante tropicale originaire d'Amérique du Sud qui fut amenée dans la région accrochée aux ballasts des bateaux marchands mouillant dans le port de Bayonne. Cette plante amphibie prolifère d'autant plus rapidement qu'elle profite de l'engrais (phosphates et nitrates) polluant l'eau du marais. Du coup, la jussie mange l'espace d'autres plantes moins dynamiques telles que le faux-riz (*Leersia oryzoïdes*) ou le *Paspalum paspalodes*, qui servent de nourriture aux sarcelles, aux canards pilets et aux oies de passage.

C'est donc une partie de la chaîne trophique qui est remise en cause par la jussie : sa présence peut donc limiter l'intérêt des oiseaux migrateurs pour cette toute nouvelle réserve naturelle. L'avenir de celle-ci dépendra des aménagements coûteux qui devront être mis en œuvre par les bailleurs de fond du marais d'Orx [1]. ■

(1) Le conseil général des Landes, le Conservatoire du littoral et le conseil régional d'Aquitaine.

GOLF

Une épave précise son histoire

Plusieurs têtes de clubs de golf ont été découvertes dans l'épave d'un navire du XVIIe siècle. Ce sont les premières du genre mises au jour. Elles indiquent que ce sport aurait son origine dans les Flandres. Voilà qui ne fera pas plaisir aux Ecossais.

R.Sténuit

PAR ROBERT STÉNUIT

Le 2 mars 1653, le *Lastdrager,* une flûte – un navire de charge – de la Compagnie unifiée de l'Inde orientale (VOC), en route pour Batavia, aux Indes néerlandaises, s'échouait sur l'île de Yell, dans les Shetland.

Retrouvée trois siècles et quart plus tard, étudiée, fouillée et récupérée grâce au mécénat de la COMEX (Compagnie maritime d'expertise), l'épave livrait, parmi une riche collection d'artefacts, quatre objets mystérieux qui furent mentionnés dans la première publication scientifique de la fouille (1) comme «fragments ou objets de laiton moulé non identifiés» et, ailleurs, comme «supports de laiton». Ils ont passé par la suite près de vingt ans dans une boîte en carton étiquetée «pieds de chaudron, etc.».

De tels cas sont fréquents : des objets issus de fouilles sous-marines aboutissent souvent dans des boîtes vaguement étiquetées, destinées à être ensevelies sous la poussière après que le directeur des fouilles a consulté en vain traités et spécialistes. Ces trouvailles, pourtant, sont impor-

(1) *"Early Relics of the VOC Trade from Shetland. The Wreck of the Flute Lastdrager Lost off Yell, 1653", International Journal of Nautical Archaeology*, vol. 3.2, p. 213-256, septembre 1974.

R. Sténuit

Les premières têtes connues en laiton

Trois des quatre têtes, ou "fers", découvertes sur l'épave du *Lastdrager*. Elles constituent la partie inférieure de clubs de golf dont le manche de bois, la canne, a disparu. Celui-ci était en robinier, un bois très résistant. Les têtes sont moulées et creuses. Ce sont les premières connues qui soient faites de laiton et non pas de plomb, d'étain ou de fer.

tantes, puisque le fait même qu'elles demeurent non identifiées indique, à l'évidence, une zone d'ignorance. Elles justifient donc, après la fouille, les recherches interprétatives les plus obstinées. Souvent, de telles découvertes ouvrent de nouvelles voies d'investigation et contribuent à une meilleure connaissance d'un domaine particulier, pas nécessairement relatif à l'histoire de la navigation, du commerce ou de la guerre navale.

Voici donc un exemple caractéristique d'identification et d'interprétation tardives d'objets qui, muets à l'origine, ont finalement livré des informations inattendues du plus grand intérêt concernant l'histoire ancienne d'un jeu devenu aujourd'hui un phénomène social et économique majeur de notre temps, le golf.

Cinq objets similaires mais en alliage plomb-étain, récupérés en 1978 sur l'épave du *Kennemerlandt*, un autre navire de la VOC qui partait, lui aussi, en 1664, aux Indes orientales et qui sombra également aux Shetland, restaient tout aussi anonymes dans les réserves du musée du Comté de Zetland (Shetland). Ils avaient d'abord été décrits par leur découvreur comme des «objets d'étain non identifiés», ailleurs comme des «sortes de poignées» et plus tard comme «des objets d'étain recourbés, à la fonction inconnue».

Grâce à la perspicacité d'un conservateur de ce musée et à une communication scientifique de M. Christopher Dobbs, directeur archéologique des fouilles de cette épave, il apparut que les objets non identifiés du *Kennemerlandt* étaient des têtes, ou "fers", de clubs de golf, et, par la même ▶

occasion, la nature exacte des mystérieux objets similaires en laiton, retrouvés dans l'épave du *Lastdrager*, s'est révélée.

Les quatre fers constituent la partie inférieure de clubs de golf dont le manche de bois, la canne, a disparu. Ils ont été découverts groupés. Les pièces sont moulées et creuses, de forme similaire et faites d'un métal à la patine verte. Le nom de ces fers – en néerlandais, *colfsloffen* – signifie "pantoufle de golf".

Une analyse spectrométrique de quelques échantillons du métal de deux têtes du *Lastdrager* a montré qu'elles sont constituées de laiton. Ces têtes de clubs sont les premières connues qui soient faites de laiton (ou de quelque alliage à base de cuivre) et non pas de plomb, d'étain ou de fer, comme le sont celles des XVIe et XVIIe siècles.

La partie inférieure du manche, ou crosse, est préservée dans la tête creuse de chaque club. La crosse a été taillée dans la masse du tronc d'un arbre et non dans une branche mince. Le bois a été fendu et chevillé, dans le but probable d'éviter des torsions et pour faciliter la mise en coude avant d'être inséré et collé dans le creux du fer.

Les "mordus" du golf ne quittaient pas leur club

Le bois a été identifié comme du robinier ou faux acacia, utilisé par les charrons, les menuisiers et les ébénistes. Le robinier était réputé être presque aussi dur que le frêne, équivalent au chêne, excellent pour la mise en forme à la vapeur et très résistant aux intempéries.

Les joueurs actuels, on le sait, utilisent un assortiment de clubs munis de têtes différentes, qu'ils utilisent en cours de partie selon les coups ou situations et selon le terrain. Normalement, les têtes entièrement ou en partie métalliques, plus lourdes et incassables, sont utilisées pour des coups difficiles ; par exemple, pour une balle qui a atterri dans les hautes herbes ou dans la boue.

Au XVIIe siècle, aux Pays-Bas, des têtes métalliques et des têtes de bois étaient utilisées, ainsi qu'il ressort clairement des nombreuses sources iconographiques existant (plus de 450 peintures, dessins, estampes, objets décorés, carreaux de céramique, enseignes, etc.).

Il semble que les joueurs néerlandais, en cours de partie, n'employaient qu'un seul type de club. On n'observe nulle part, en effet, un joueur portant deux ou plusieurs clubs ou se faisant accompagner d'un caddie.

L'emploi du bois de robinier est remarquable, parce que c'est le plus ancien usage, en général, prouvé et daté de ce bois en Europe, et le seul connu pour des clubs de golf. Tout le matériel ancien connu était en frêne, en noisetier ou, plus tard, en noyer ou en hickory.

L'historien David I. Stirk explique (2) que «les meilleurs clubs étaient faits de noyer annelé. On les taillait dans des lattes coupées dans le centre du tronc du noyer. Ces clubs étaient réputés incassables...». Le bois dont on fait les clubs doit être, en effet, «léger, le grain longitudinal... il doit être souple mais sans plier mollement, il lui faut du ressort sans être toutefois trop raide» (3).

L'iconographie confirme encore l'importance que les joueurs hollandais attachaient à la crosse de leur club, souvent décorée, et donc sans doute et avant tout au bois dans lequel il était taillé.

En 1972 et 1973, à Amsterdam, des fouilles "de sauvetage" (lors d'un chantier) sur le site de décharges municipales d'immondices en usage de 1560 à 1650 ont produit des clubs de golf de plusieurs tailles (y compris un jouet), dont certains gardaient à l'intérieur un reste de crosse. Ils étaient faits, apparemment (le métal n'en a pas encore été analysé), d'un «alliage à base de plomb» ou de mauvais étain. Le bois du club n'a pas été identifié non plus, mais pourrait être du noisetier.

Les cinq têtes de clubs retrouvées sur l'épave du *Kennemerlandt* (1664), en alliage plomb-étain, sont décorées de motifs croisés ou de stries doubles, ainsi que de fleurs stylisées ou de soleils. Certains de ces clubs sont destinés à des joueurs droitiers, d'autres à des joueurs gauchers. Qu'est-ce que ces découvertes impliquent donc ?

Les têtes de clubs retrouvées ne peuvent avoir appartenu à la cargaison. Aucune référence, en tout cas, n'a été retrouvée dans les archives de la VOC à propos d'un quelconque commerce d'équipements de golf.

Si les têtes de club du *Lastdrager* faisaient partie des bagages privés du capitaine, d'un officier ou d'un passager, cela indique que le jeu de golf, extrêmement populaire à l'époque aux Pays-Bas, était pratiqué aussi là où des joueurs hollandais voyageaient ou résidaient.

Au XVIIe siècle, on jouait le plus souvent en hiver, période de repos dans une société essentiellement agricole ou de pêcheurs, et, en ce cas, autant sur la glace que sur la terre. Sur glace, on ajoutait au plaisir du golf celui du patinage ; les distances, en outre, étaient plus longues, les dégâts aux récoltes ou aux potagers étaient évités, le bétail était à l'étable. Car on jouait à l'époque plus souvent dans les champs ou les faubourgs que sur les rares terrains aménagés

(2) *Royal Blackheath*, Ian Henderson et David I. Stirk, 1980.

(3) William Park, *The Game of Golf*, 1896.

R. Sténuit

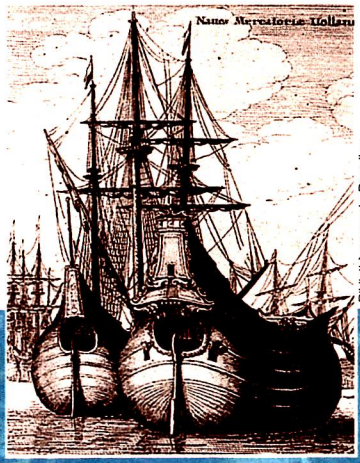
(quoiqu'il y ait eu des terrains au gazon régulièrement tondu depuis le XIIIe siècle).

Parce qu'il n'exigeait qu'un matériel léger, aisément transportable (contrairement aux lourdes collections de clubs des joueurs actuels), et qu'on pouvait jouer sur n'importe quel terrain, ce passe-temps convenait idéalement aux mordus de voyages. On trouve, par exemple, au XVIIe siècle, un dessin à la plume de Cornelis Poelenburgh (1568-1677) remontant à l'époque où il étudiait à Rome, signé et marqué, *a posteriori*, «in Roomen, 1622». Le dessin montre deux hommes jouant au golf dans la campagne près de quelques ruines.

En ce qui concerne, par ailleurs, les colonies ou les établissements hollandais d'outre-mer en Asie et en Amérique du Nord, on trouve plusieurs exemples du jeu de kolf (et non pas du jeu de "colf", que nous appelons aujourd'hui golf) pratiqué à côté des tavernes à Batavia, l'actuelle Djakarta, et ses environs au XVIIIe siècle.

En route pour l'Asie

Le *Lastdrager* était une grosse flûte – navire de charge typiquement hollandais – qui fit naufrage en 1653, en partance pour Djakarta. Il a été découvert et étudié par Robert Sténuit et son Groupe de recherche archéologique sous-marine post-médievale, avec le concours de la COMEX.



Bibliothèque royale, Bruxelles

Le kolf est grossièrement comparable à un actuel mini-golf qui se jouerait, selon des règles particulières, avec de grosses balles en bois rebondissant sur des poteaux ou sur les parois, dans une enceinte généralement couverte et annexe d'un débit de boissons. Entre 1700 et 1720, le kolf, jeu citadin, semble avoir remplacé aux Pays-Bas comme à Batavia le jeu de colf de plein air, dit "le long jeu de colf", plus rustique. Les auteurs de l'époque écrivent : «On trouve ci et là une piste de neuf quilles ou une enceinte de kolf, notre jeu national, qui apporte une ambiance plus calme», ou «... le kolf se joue toute l'année à côté de la taverne», ou encore «... l'établissement était une maison d'un seul étage avec une salle de jeu, une enceinte de kolf et de neuf quilles, une table de tarot et un billard, où l'on mangeait gratis mais où l'on payait les boissons fort cher. On n'y servait ni café ni thé...» De telles installations se trouvent encore aujourd'hui aux Pays-Bas, où le jeu de kolf connaît un renouveau, indépendamment du golf revenu aux Pays-Bas au XXe siècle *via* les îles britanniques.

Les quatre têtes de laiton de l'épave du *Lastdrager* sont les premiers exemplaires connus faits de ce métal, et leurs clubs, les seuls faits de robinier. Quant aux rares fers de laiton, aux angles vifs, clairement figurés dans l'iconographie hollandaise du XVIIe siècle, ils n'avaient jamais été reconnus pour ce qu'ils sont.

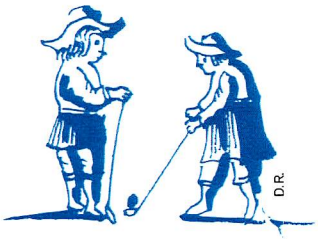
Steven Van Hengel ([4]) lui-même, le maître des experts ès golf ancien et le premier chercheur qui ait étudié en historien rigoureux l'origine du jeu aux Pays-Bas, ne connaissait pas l'existence de têtes de clubs en laiton. Il s'est même mépris sur la tête du club figurant sur une gravure célèbre de Romeijn de Hooghe (1645-1708), décrit comme un *looden colf*, ou tête de club en plomb, alors que sa forme triangulaire, aux angles particulièrement nets, l'identifie clairement comme faite d'un métal dur.

Van Hengel relevait que, sur les 4 500 ouvrages consacrés à l'histoire de ce jeu, deux seulement ([5]), à part ses propres livres, étaient basés sur des recherches sérieuses, scientifiquement menées, dans des sources officielles originales contemporaines. Il ajoutait que si l'on prenait la peine de lire ces quatre livres «on disposait de tous les faits historiques connus à propos du golf» (ce qu'aucun des 4 496 auteurs ainsi visés n'a jamais pris le risque de contester).

La réalité historique, tirée des faits prouvés par des documents officiels, se résume ainsi, étant entendu qu'on définit le golf comme un jeu joué à l'extérieur, au cours duquel des joueurs ou concurrents s'efforcent, à l'aide d'une canne ou crosse terminée par un heurtoir spécialement adapté, de frapper une balle, soit pour la projeter vers une série de buts, trous ou quilles (sur la glace) ou vers quelque autre objet convenu (arbre, poteau, porte de grange), en le plus petit nombre de coups possibles (le *match play* d'aujourd'hui), soit pour lui faire parcourir le plus long chemin possible en un nombre convenu de coups (le *flag match*).

Il est établi incontestablement, par des règlements communaux, des ordonnances ou interdits, des archives de tribunaux, etc. des Pays-Bas et des colonies hollandaises, que, de 1300 à peu près jusqu'aux environs de 1700, le jeu long ou colf fut extrêmement populaire aux Pays-Bas et dans certaines colonies hollandaises. La plupart des "colfeurs" jouent sur les chemins, par les champs et par les prés, de rares joueurs – c'est plus chic – jouent sur des terrains spécialement aménagés, au gazon régulièrement tondu. On joue le plus souvent en hiver, et beaucoup sur la glace. La popularité du jeu en fait l'ennemi de l'ordre public. La plus ancienne référence officielle au jeu se trouve dans les règlements de la ville de Bruxelles (*Livre des ordonnances* de 1360) : «Quiconque frappera une balle avec un club [aura] 20 shillings [d'amende] ou sa veste [confisquée jusqu'au payement en cas d'impécuniosité].» De telles interdictions seront répétées interminablement, ce qui prouve qu'elles n'étaient pas respectées et que le jeu se développait.

Une référence officielle au golf qui remonte à 1360


D.R.

A partir de 1450, à peu près, le jeu de colf est exporté, à travers la mer du Nord, des ports de la côte ouest des Pays-Bas vers les ports de la côte est d'Ecosse, où il est appelé aussitôt, avec la prononciation locale particulière, "goff". Causes probables : les fréquents voyages des pêcheurs, des marins et des marchands hollandais en Écosse, favorisés par des accords consulaires favorables aux échanges, et aussi la présence aux

D.R.

(4) Principal ouvrage : *Early Golf*, Zutphen, 1982.

(5) Ian Henderson et David I. Stirk, *Golf in the Making*, Crawley, 1979, et *Royal Blackheath*, Crawley, 1981.

Un jeu d'hiver

Une abondante iconographie atteste de la grande popularité du jeu de colf, ancêtre du jeu de golf actuel, aux Pays-Bas du Sud (la Belgique actuelle) et aux Pays-Bas du Nord. Au XVIIe siècle, on jouait le plus souvent en hiver, et beaucoup sur la glace. On ajoutait ainsi au plaisir du colf celui du patinage. Les distances étaient plus longues et les dégâts aux récoltes et aux potagers étaient évités.

Pays-Bas de mercenaires écossais servant dans les forces des états généraux. De la côte est de l'Écosse, le "goff" va se répandre, mais très lentement, au fil des siècles, vers la côte ouest puis dans toute la Grande-Bretagne. En 1750 il y a sept *golfing societies* au Royaume-Uni (six en Ecosse et une à Londres). Enfin, au XIXe siècle, c'est d'Angleterre que le golf reviendra dans toute l'Europe, poussé par une vague de snobisme anglophile, y compris vers 1890 aux Pays-Bas où il a alors disparu (en fait depuis 1700-1720), pour y être remplacé par le kolf, plus civilisé et joué à portée de coude du bar.

L'historien Van Hengel ne croit pas que l'origine du golf dans le temps ou la géographie puisse jamais être établie de manière formelle.

Les théories qui font remonter le golf à la Perse ou à l'Egypte, à la Grèce ou à la Rome antique ne sont que fantaisie. Si les jeux d'alors se pratiquaient bien avec un club et une balle, ce qui n'est pas prouvé, ils pourraient aussi bien être les ancêtres du cricket, du hockey ou du polo.

Il est deux jeux anciens, pourtant, dont Van Hengel reconnaît qu'ils étaient proches du jeu long de colf et qu'ils existaient dans la région à l'époque où celui-ci est né. De ce fait, dit-il, il n'est peut-être pas interdit de les considérer comme les précurseurs possibles du golf. Ce sont le jeu de mail, ou palle-maille, du Nord de la France, et la cholle, ou chollet, choule, choulette ou crosse, du Hainaut et de Flandres.

Le mail, qui se joue avec un maillet de bois et une grosse balle de bois, a des règles comparables à celles du colf et du golf. Il existe depuis le Moyen Age, a connu son zénith au XVIIe siècle en France, aux Pays-Bas et en Angleterre (le *pall mall*) et se pratiquait encore avant la Seconde Guerre Mondiale dans la région de Montpellier.

Le chollet, joué en Flandres et en Hainaut depuis le Moyen Age, est un passe-temps de plein air encore populaire aujourd'hui en Belgique et dans le Nord de la France, en automne et en hiver. Les joueurs, par les champs et par les chemins, doivent conduire une grosse balle à l'aide d'un lourd bâton recourbé à bout ferré, en moins de coups que l'adversaire, du point de départ jusqu'au but final.

Au terme de plusieurs dizaines d'années de recherches, Van Hengel a découvert encore, dans des documents originaux du XVIIe siècle, que l'on jouait parfois au colf sur les terrains de mail de la Haye, d'Amsterdam et d'Utrecht. Deux ordonnances anversoises se réfèrent au colf et au mail joué au même endroit. Mais tout cela, conclut-il, ne peut être que spéculation, car il reste un chaînon manquant dans les documents.

Quoi qu'il en soit, les têtes de clubs de golf retrouvées dans les deux épaves de navire de la VOC en route pour l'Asie illustrent un chapitre de l'histoire ancienne du jeu de golf au XVIIe siècle, en apportant les preuves matérielles de la manière dont ce passe-temps était exporté outre-mer par les marins ou voyageurs hollandais. ■

Un statofusée

Les engins militaires n'échappent pas à la dure loi de la rentabilité à tout crin. Mais, bien qu'il coûte moins cher, le nouveau propulseur "rustique" français n'en est pas moins le plus performant de sa classe.

PAR SERGE BROSSELIN

Le nouveau propulseur de missile mis au point par l'Office national d'études et de recherches aérospatiales est d'une simplicité déconcertante. Débarrassé de nombreux éléments indispensables aux moteurs de missile concurrents existants aujourd'hui dans le monde, le "missile probatoire de statofusée rustique", ou MPSR, est de ce fait plus léger, plus facile à fabriquer et à mettre en œuvre, et, surtout, il permet une réduction de coût non négligeable.

En quoi le nouvel engin est-il révolutionnaire ? Pour le comprendre, il faut revenir sur quelques notions de base, à savoir comment fonctionnent une fusée et un statoréacteur et pourquoi associer les deux modes de propulsion. Le statoréacteur est un moteur idéal pour un missile : pouvant atteindre des vitesses très élevées (au-delà de Mach 5), il peut être utilisé contre les objectifs les plus rapides (les avions dépassent rarement Mach 3,2, et encore, seuls le SR 71 et le Mig 25 sont capables d'atteindre une telle vitesse). L'ennui, c'est qu'un statoréacteur, dépourvu qu'il est de toute pièce mobile, ne peut ni aspirer ni comprimer l'air dont il a besoin pour fonctionner. D'où la nécessité de l'amener d'abord à une grande vitesse, de l'ordre de Mach 2, pour que l'air extérieur y pénètre avec une pression suffisante. Voilà pourquoi on lui associe un moteur fusée. Au départ, donc – de la rampe de lancement au sol, du pont d'un navire de guerre ou de sous l'aile d'un avion –, le moteur fusée propulse l'engin à la vitesse idoine qui permettra le démarrage du statoréacteur.

De nombreux missiles fonctionnent de la sorte. Seulement, ces engins sont relativement lourds, et leur structure comme leur fonctionnement sont complexes. Ils comportent, en fait, deux moteurs bien distincts, avec chacun son carburant, son réservoir, sa propre tuyère d'éjection des gaz et sa propre électronique de commande. Le tout est placé la plupart du temps sur deux étages. Et des ordres distincts émis par une complexe électronique embarquée sont nécessaires pour déclencher les différentes opérations qui assurent le déroulement normal du vol – allumage du moteur fusée, accélération, puis, à la bonne vitesse, mise en pression du réservoir de kérosène, allumage du module de croisière, c'est-à-dire du statoréacteur, largage de l'étage fusée.

La grande nouveauté du propulseur rustique de l'ONERA est d'avoir supprimé toute cette complexité. Le MPSR est, en effet, dépouillé à l'extrême :

- Une seule commande, celle de la mise à feu de départ, permet l'enchaînement des phases de vol : allumage, accélération, transition, croisière (voir dessins ci-contre).
- La tuyère de la partie fusée est taillée dans le bloc de combustible solide, lui-même fait d'une poudre compacte de butalane.
- Lorsque le butalane est totalement consommé, l'espace qui se trouve ainsi libéré dans le corps du missile devient la chambre de combustion du statoréacteur, et l'orifice final devient la tuyère d'évacuation des gaz.
- La disparition du butalane dégage automatiquement (dessins ci-contre) les trappes d'entrée d'air.

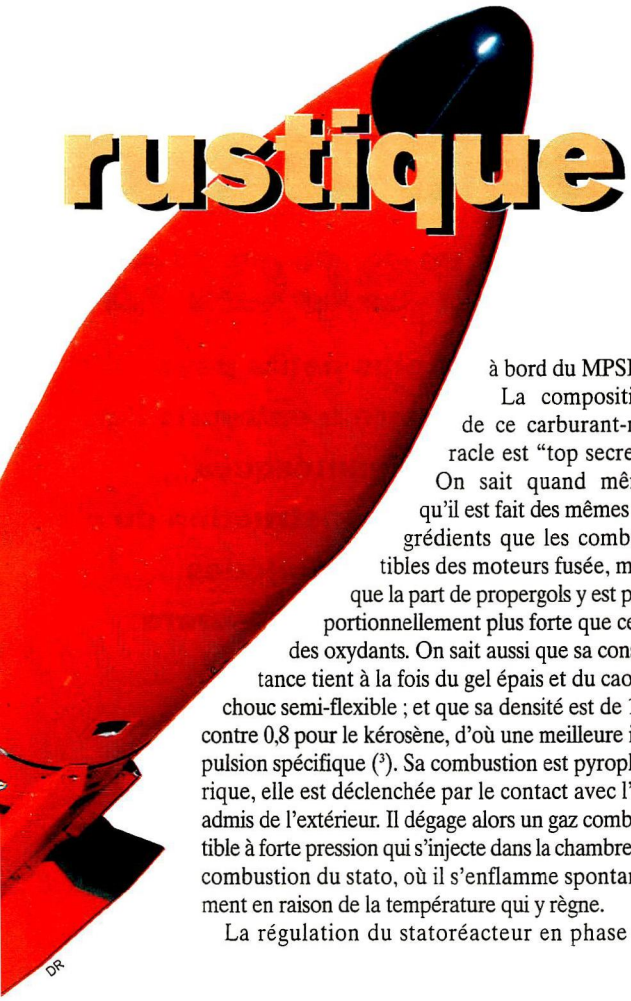
Original, non ? Et ce n'est pas fini. Le carburant que brûle le stato du MPSR n'est pas un propergol (1) liquide spécial, qui nécessite un réservoir particulier et qui peut être d'une mise en œuvre délicate (2). Ce n'est pas non plus du kérosène, classiquement utilisé par certains statoréacteurs, qui doit être pompé du réservoir et injecté dans la chambre de combustion. Ni réservoir ni pompe, donc,

(1) Substance ou ensemble de substances contenant un comburant et un combustible. Ils sont soit liquides (par exemple, un mélange de kérosène combustible et d'oxygène liquide comburant), soit solides et appelés poudres.

(2) Par exemple, en cas de non-utilisation d'un missile lors d'une mission, les réservoirs doivent être vidés de leur propergol liquide, celui-ci étant extrêmement corrosif.

(3) Il s'agit du temps pendant lequel il fournit une unité de poussée à une unité de masse.

rustique



DR

à bord du MPSR.

La composition de ce carburant-miracle est "top secret". On sait quand même qu'il est fait des mêmes ingrédients que les combustibles des moteurs fusée, mais que la part de propergols y est proportionnellement plus forte que celle des oxydants. On sait aussi que sa consistance tient à la fois du gel épais et du caoutchouc semi-flexible ; et que sa densité est de 1,2, contre 0,8 pour le kérosène, d'où une meilleure impulsion spécifique ([3]). Sa combustion est pyrophorique, elle est déclenchée par le contact avec l'air admis de l'extérieur. Il dégage alors un gaz combustible à forte pression qui s'injecte dans la chambre de combustion du stato, où il s'enflamme spontanément en raison de la température qui y règne.

La régulation du statoréacteur en phase de croisière est, elle aussi, originale : elle est pilotée automatiquement par les variations d'altitude et de température de l'air et donc de sa densité. Un système, certes, relativement fruste et moins souple que l'électronique très sophistiquée qui gère le programme de vol de certains missiles et leur permet une plus grande manœuvrabilité (surtout pour les missiles air-air). Mais un système tout de même performant et, surtout, d'une extrême simplicité.

Toutes ces solutions inédites mises en œuvre sur le nouveau propulseur, en lui conférant une extrême compacité, optimisent le rendement énergétique de l'engin. A performances égales, sa consommation est ainsi trois fois moindre que celle d'un propulseur classique à carburant solide. Et, pour un même encombrement, il permet de doubler la portée utile, ainsi que la vitesse et la manœuvrabilité moyennes.

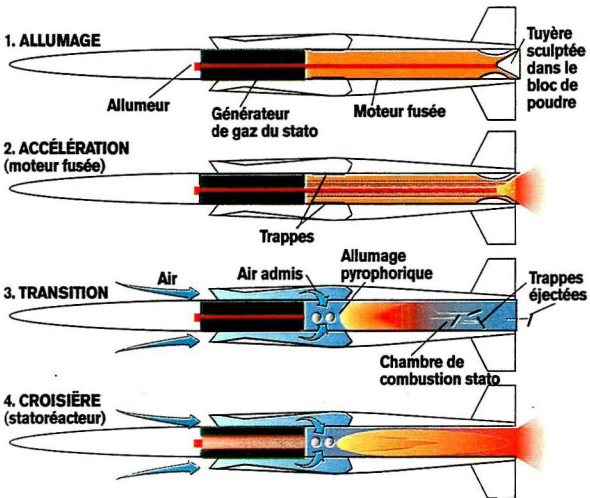
L'industrialisation du statofusée rustique sera assurée au terme d'un programme développé par Matra Défense. Pour l'instant, toutefois, la loi de programmation militaire ne prévoit pas de système d'arme fondé sur le MPSR. Mais les recherches exploratoires sur ce mode de propulsion, commencées il y a une dizaine d'années, se poursuivent activement aujourd'hui.

Les premiers essais se sont déroulés en 1984-1985, avec un modèle réduit de démonstration destiné à faire la preuve de ses capacités d'interception sol-air de tout véhicule hostile jusqu'à 6 000 m d'altitude. On a enregistré alors des vitesses d'évolution sur trajectoire comprises entre Mach 2 et 2,8. Aujourd'hui, l'ONERA a entrepris d'améliorer les performances de l'engin : une enveloppe de vol plus large, une vitesse pouvant atteindre Mach 4,3, des portées possibles de 25 à 100 km (selon la direction du tir), des accélérations de départ de 25 g, un plafond opérationnel de 20 000 m. De quoi faire de ce MPSR 2 (photo ci-dessus) le numéro un de sa catégorie, à savoir les "petits missiles" de 150 à 280 mm de diamètre – Matra sera très certainement à terme le premier missilier au monde à développer un missile basé sur la technologie rustique.

Résultat : là où un missile classique de type Exocet, OTOMAT, AS-30 ou Armat (antiradar) se limitait à des missions air-sol ou air-mer, un missile à propulsion statorustique ajouterait à son domaine d'intervention possible les missions sol-air de basse et moyenne altitude. Seules les missions air-air restent réservées au MICA (missile d'interception et de combat aérien), produit de Matra. Ce dernier type de mission nécessite, en effet, de faire appel aux systèmes sophistiqués de commande du moteur en vol mentionnés plus haut, dont le propulseur rustique est dépourvu. ■

Une transition automatique

Dans les moteurs statofusée, à la fin de la phase d'accélération, le moteur fusée a épuisé sa poudre. Le statoréacteur doit démarrer. Cette phase, dite de transition, est délicate et nécessite une complexe électronique de commande. Rien de cela sur le MPSR. Le bloc de poudre ayant disparu, plus rien ne retient les trappes obstruant les arrivées d'air du stato. Ces trappes sont chassées vers la chambre de combustion par l'air admis, qui y rencontre les gaz combustibles du générateur de gaz. Et le mélange air-gaz s'enflamme tout seul.



Dessins E. Avad

TRAVAUX PUBLICS

Le pont des records

L'un des plus petits pays de la planète a entrepris l'un des plus gigantesques travaux de construction du monde. Dans quelques années, un pont assurera une liaison continue entre l'Est et l'Ouest du Danemark, séparés par les 18 km du Grand-Belt.

PAR GÉRARD MORICE

Parmi les quelque quatre cents îles qui constituent le Danemark, l'îlot de Sprogo n'avait jusqu'ici rien de bien intéressant : prison pour femmes jusqu'en 1920, ses quarante hectares étaient depuis inhabités. Voici que de gigantesques travaux quadruplent sa surface. C'est qu'avant la fin du siècle il sera traversé par l'une des voies de communication les plus importantes d'Europe, reliant l'Est et l'Ouest du Danemark et mettant fin au partage de ses cinq millions d'habitants. Un partage bien réel puisqu'il a empêché le pays de constituer un réel marché unique !

Le pont du Grand-Belt – ce bras de mer qui relie la Baltique à la mer du Nord – constitue une infrastructure qui n'est surpassée que par le tunnel sous la Manche. Les Danois l'appellent d'ailleurs le "pont des records". Il comporte en fait deux parties : un pont traditionnel à l'ouest de l'îlot de Sprogo, qui combine voies routières et ferroviaires, un pont routier suspendu et deux tunnels ferroviaires à l'est.

Pourquoi ces tunnels ? Comme tout le trafic international maritime entre la Baltique et la mer du Nord passera sous ce pont, la dénivellation de l'ouvrage sera trop importante pour les trains, et leur poids – ils seront deux cents à circuler chaque jour –, trop lourd.

Plus d'un million de mètres cubes de béton seront utilisés pour réaliser l'ensemble de l'ouvrage. Pour l'agrandissement de l'île de Sprogo,

LE PALMARÈS

● Pont est

Plus long pont d'Europe (6 790 m).
Plus long pont suspendu du monde (1 624 m).
Plus hauts pylônes (260 m).
Plus long tunnel sous une mer d'Europe après le tunnel sous la Manche (7 400 m).

● Pont ouest

Plus long pont rail-route d'Europe (6 611 m).

Storebælt

Storebælt

1 000 000 m³ de béton

Depuis la Fionie, à l'ouest, le pont, qui allie alors rail et route (photo ci-contre), s'étirera sur 6,6 km avant de rejoindre l'îlot de Sprogo. Là, pour ne pas entraver le trafic maritime, le pont routier deviendra suspendu. Ses culées d'ancrage (page ci-contre) pèsent chacune 58 000 t ! Les liaisons ferroviaires emprunteront alors deux tunnels.

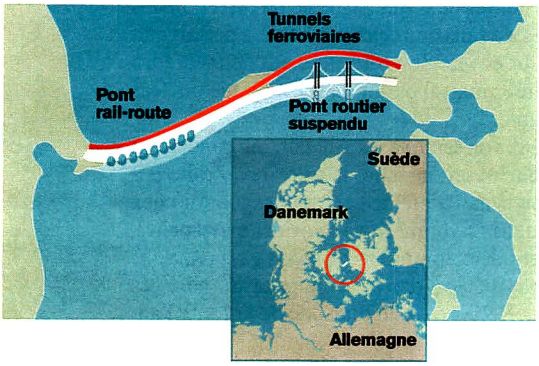
les ingénieurs ont mis au point des liants permettant d'utiliser des matériaux qui, normalement, ne conviennent pas à ces travaux. Ainsi, les déblais des excavations, un mélange d'argile et de sable, servent à la réalisation des rampes d'accès.

Les Danois ont largement recours à la préfabrication. Principalement pour le tunnel est et le pont ouest ; moins pour le pont suspendu, en raison de ses gigantesques dimensions. Le pont ouest compte ainsi 314 éléments préfabriqués, dont les plus lourds pèsent plus de 7 000 t.

Le pont est n'en compte que 55, mais les deux plus lourds, des caissons pour les culées d'ancrage des câbles porteurs, d'une surface équivalant à celle d'un terrain de football, pèsent 58 000 t. Les éléments de superstructure de ce pont, d'un poids de 75 000 t, sont fabriqués en plusieurs points d'Europe. La Société dauphinoise d'études et de montage (SDEM) fabrique ainsi câbles et tablier – c'est le plus gros contrat jamais signé par une entreprise grenobloise. La SDEM a d'ailleurs déjà à son actif le montage du pont de Normandie et les charpentes métalliques du synchrotron (accélérateur de particules) du CERN, à Genève.

Les "outils" utilisés pour la construction de l'ouvrage font aussi tomber quelques records. Ainsi, la grue utilisée pour le montage du pont ouest est la plus grande grue flottante autopropulsée au monde. Elle n'a mis que vingt-cinq mois pour "assembler" l'ouvrage sur le site.

Le coût total est évalué à 21,6 milliards de couronnes danoises (environ 19 millions de francs). Le financement sera amorti par un droit de péage équivalant au prix actuel du ticket de ferry. ■



D.Galland

PRIORITÉ À DROITE

Un archaïsme meurtrier

Toutes les études le confirment : la priorité à gauche réduirait la mortalité d'au moins 25 %. Et pourtant, nos édiles et leurs experts débattent du sujet depuis déjà quarante ans !

PAR ARCADY KOUZNETZOFF

La priorité à droite remonte à... 1925. Le choix fut l'effet du hasard, aucun constructeur n'ayant encore opté, à l'époque, pour la conduite à droite ou à gauche. Si l'on consulte les documents d'alors, on trouve autant de volants à droite qu'à gauche. Les embouteillages étaient rares. En 1944, le volant à gauche dominait la construction automobile, suivant l'exemple américain ; des associations d'automobilistes se prononcèrent en faveur de la priorité à gauche. Et, en 1953, un rapport présenté au Conseil économique établit les avantages de la priorité à gauche.

45 % des accidents ont lieu à des carrefours, et les analyses des dossiers en cause ont indiqué que beaucoup de ces accidents auraient pu être évités si la priorité était à gauche ; certains assureurs lui seraient donc favorables. Parti que semble avoir adopté... la signalisation routière, les feux tricolores appliquant, eux, la priorité à gauche, justement. De toute façon, le volant étant à gauche, la visibilité est bien meilleure de ce côté-là, même les partisans de la priorité à droite l'admettent... L'argument concerne aussi les poids-lourds : plus ils sont hauts et larges, plus la visibilité à droite diminue, alors qu'elle est toujours optimale à gauche. Le rétroviseur de gauche renseigne mieux le conducteur, dans la perspective de la priorité à gauche, que ne le fait celui de droite, dans les deux cas. Qui dit meilleure visibilité dit risques décrus.

Autre avantage de la priorité à gauche : elle incite l'automobiliste à bien tenir sa droite pour augmenter son angle de vision et sa marge de sécurité. Une voiture plus rapide peut doubler avec plus de sécurité, alors que le principe de la priorité à droite incite le conducteur à se déporter instinctivement vers le milieu de la chaussée, ce qui rend les dépassements périlleux.

La direction des Routes a objecté il y a quelques années que le changement de priorité coûterait cher ; il faudrait, en effet, refaire complètement les échangeurs routiers et les aménagements d'intersections conçus pour la priorité à droite. Raisonnement déconcertant, étant donné qu'à chaque aire de repos, chaque station-service, chaque bretelle, chaque échangeur, sans aucune exception, il y a des panneaux triangulaires pointés vers le bas, qui signifient que l'automobiliste a beau venir de droite, il n'a pas la priorité ! De fait, l'argumentation de la direction des Routes est spécieuse, les échangeurs et les aménagements d'intersections étant contraints, tels qu'ils sont, d'appliquer la priorité à gauche. C'est au contraire la priorité à droite qui nécessite des frais, pour l'installation de feux de signalisation et de stops.

On a donc fait l'expérience de la priorité à gauche à Quimper (quatorze carrefours), par exemple ; elle y est toujours en vigueur depuis 1976. On a enregistré 25 % d'accidents en moins, une économie appréciable en carburant et des heures de trajet gagnées. La direction des Routes a admis que ce changement a permis «un meilleur écoulement du trafic et une meilleure sécurité» ; mais il paraît que ce serait là un "cas particulier".

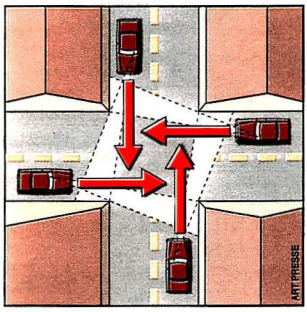
Mieux : on sait que les Anglais, qui conduisent à gauche et ont instauré la priorité à droite (situation symétrique de celle qui règnerait chez nous dans l'hypothèse de la priorité à gauche), accusent deux fois moins de morts sur la route.

Serait-il illégal d'inverser la priorité? Non, les articles R 21-1 et R 26 du Code de la route l'au-

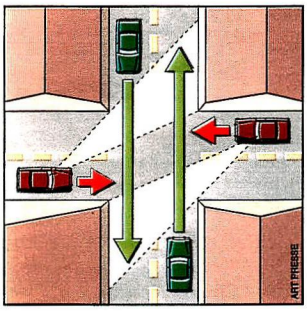
Dingo/Ernoult Features

Carrefour à risques

En cas de PRIORITÉ À DROITE, dans une intersection à angle droit, les conducteurs n'ont qu'une aire de vision restreinte. Ils ont donc moins de chances de voir arriver le véhicule qui vient de droite. Chacun risque de s'engager dans le carrefour, ce qui peut provoquer un quadruple blocage tel que celui-ci.



Dans le cas d'une PRIORITÉ À GAUCHE, chaque conducteur dispose d'une plus grande aire de visibilité. Les chances de voir arriver le véhicule prioritaire venant de gauche sont donc supérieures. Le conducteur cède alors le passage, et le trafic peut s'écouler sans bouchon.



torisent. Même les ordinateurs sont de cet avis : une étude du Centre de calcul électronique de l'université d'Utrecht, aux Pays-Bas, qui remonte déjà à novembre 1966, a montré qu'en régime de priorité à gauche 2 880 voitures par heure pouvaient utiliser un carrefour ou un rond-point non équipé de feux tricolores, contre 700 en régime de priorité à droite. Quatre fois plus !

Il semble, d'ailleurs, qu'une grande indécision règne sur ce point parmi nos édiles. Ainsi, sur les boulevards périphériques de la région parisienne, la priorité est à droite ; mais, sur autoroute, elle est à gauche ! A Paris même règne une assez jolie confusion : place de la Nation, elle est à gauche, mais à l'Etoile elle à droite. Bonne chance aux étrangers qui croient que l'esprit cartésien règne en France... Notons incidemment que, les périphériques constituant un grand rond-point, la priorité à gauche y serait logique... autant que bénéfique !

Nos concitoyens se plaignent des embarras du trafic, et nos édiles se plaignent de leurs plaintes. Faut-il croire que la difficulté de décision est si grande que ce rappel sera toujours d'actualité au XXIe siècle ? Et peut-on espérer qu'on fera une table ronde décisive et ultime sur ce sujet, sans... priorité idéologique ? ■

La Mafia infiltre les

Alerte ! Les réseaux GSM et Internet assurent une parfaite confidentialité aux mafiosi et terroristes de tout poil. Un véritable casse-tête pour les écoutes.

PAR HENRI-PIERRE PENEL

E. Maximovitch

réseaux numériques

Los Angeles, samedi 3 août 1996, 8 h 30 A.M. Sur la ville, la chaleur écrasante de la veille a fait place à une légère brume. Tout semble étonnamment calme sur Beverly Hills. De sa terrasse, Lucciano contemple sa piscine, qu'il vient de faire équiper d'un générateur de vagues. Ainsi embrumée, la ville devient enfin humaine et forme un décor qui rappelle à Lucciano sa petite maison natale des faubourgs de Palerme. La sonnerie du téléphone le tire de sa rêverie :

– Lucciano ! Comment se porte l'Américain ?

– Ce vieil Angelo ! Et à Naples, ça va ?

– La chaleur, la chaleur, toujours... Mais ce soir, ça tourne à l'orage. Et ta piscine, ça avance ?

– Terminée. J'ai fait des photos, je te les envoie.

– Passe-les donc sur Internet, je vais me connecter d'ici dix minutes.

– OK, je les mets dans ta boîte aux lettres habituelle.

En fait, contrairement à ses apparences, cette conversation n'a rien d'amical. Le moins que l'on puisse dire est qu'Angelo ne porte même qu'un intérêt très relatif à l'avancement des travaux de la piscine de Lucciano. Tout comme la conversation téléphonique, la photo que Lucciano s'apprête à transmettre, sous la forme d'un fichier numérique, n'est qu'une façade. Elle contient en réalité, codé de manière indécelable à l'œil, un texte mentionnant l'horaire, le nom du contact et la destination d'un stock d'héroïne base devant arriver à l'aéroport de Roissy-en-France quarante-huit heures plus tard. Si ce sont des photos qui sont maintenant utilisées pour faire transiter des messages "très spéciaux" c'est que, depuis la fin 1995, utiliser les algorithmes de cryptage non officiels place d'emblée les interlocuteurs au rang des suspects.

Du rififi sur Internet

Rappelons en effet que le but de ces algorithmes est de transformer le document de départ en une suite de données incompréhensibles. Le destinataire, équipé du même algorithme et d'une même clé de codage, n'a alors aucun mal à retrouver le message d'origine (voir *Science & Vie*, n° 855, p. 92). Mais l'utilisation des algorithmes est évidemment décelable, et, si ceux-ci ne sont pas "agréés" par les services de sécurité, leurs utilisateurs sont immédiatement repérés... C'est pourquoi Lucciano et ses "amis" ont recours à des photos, stratagème que nous allons étudier de plus près.

Tout d'abord, le scénario que nous avons imaginé est-il possible ? Avec la généralisation des transmissions numériques, tout le devient. Données informatiques côtoient textes, images ou paroles sur les mêmes canaux. Un atout qui fait exploser les demandes en matière d'accès aux réseaux numériques.

Internet est le plus célèbre de ces réseaux. Il assure une couverture mondiale, articulée autour de satellites de transmission, et son très haut débit de transfert d'informations l'a fait baptiser "l'autoroute de l'information". Il intéresse au premier chef les entreprises. Il permet, entre autres, à une société mère d'échanger des documents avec des succursales en un temps record et pour un coût tout à fait acceptable. De plus, ce réseau, capable de transmettre données numériques, son ou images s'est équipé de centres serveurs capables de gérer des boîtes aux lettres électroniques ou de mettre en liaison directe deux correspondants.

Enfin, en raison de son tarif d'abonnement assez bas (une centaine de francs), de nombreux passionnés d'informatique se sont intéressés à ce nouveau média à titre personnel. On trouve donc, sur Internet, une palette très large de types d'utilisateurs, de la multinationale aux particuliers, qui l'utilisent un peu comme un super-minitel.

Quoi qu'il en soit, en ce qui concerne les entreprises, il est sûr que certains fichiers transmis comportent des informations de type confidentiel, dont la divulgation peut mettre en péril une stratégie commerciale, ou livrer à un concurrent le résultat d'années de recherches. Assez tôt, des algorithmes de cryptage sont donc apparus. Au fil du temps, ils sont devenus de plus en plus puissants, garantissant une confidentialité de transmission quasi totale. Tout serait pour le mieux dans le meilleur des mondes si des "organismes" peu légaux ne s'intéressaient de très près à ce type de transmission.

Enfin, pour couronner le tout, les organismes de surveillance des communications, tels que la CIA (Central Intelligence Agency) ou la DST (direction de la Sûreté du territoire) se trouvent désemparés par la complexité des codages. En effet, si, d'une manière générale, il est toujours ▶

possible de venir à bout d'un dispositif de codage, il est fréquent que le temps nécessaire à son "forçage" soit extrêmement long. Bien souvent, les données ainsi dépouillées ne sont plus d'actualité. De plus, en raison de la souplesse qu'offre l'informatique, changer une clé ou modifier un algorithme peut se faire en un délai très court. Internet deviendrait-il ainsi le réseau de prédilection de la Mafia, des organisations terroristes et des contrebandiers ?

L'idée des autorités américaines est donc de mettre à la disposition des utilisateurs qui en font la demande un dispositif de cryptage équipé d'une "super-clé" permettant le décodage des messages par les autorités compétentes. Ce dispositif, Clipper, offre un niveau de confidentialité extrêmement élevé. Bien que son algorithme de cryptage ne varie pas d'un utilisateur à l'autre, seuls les possesseurs légitimes peuvent décoder leurs fichiers. Seuls, pas tout à fait, puisque l'existence de la super-clé, sorte de passe-partout électronique, permet un contrôle. Une exception qui contrarie ceux qui transmettent des fichiers dont la légalité est plus que douteuse.

En fait, le concept de Clipper va plus loin qu'un simple cryptage. Traditionnellement, un fichier crypté est trahi par son apparence. Si son contenu reste inaccessible, l'aspect général des données permet néanmoins à n'importe quel informaticien de détecter au premier coup d'œil qu'il s'agit d'une transmission cryptée. L'idée est donc de considérer tout fichier crypté par un autre procédé que Clipper comme douteux et, par voie de conséquence, de cataloguer son auteur et son destinataire comme des personnes à contrôler.

En premier lieu, la solution Clipper est loin de retenir tous les suffrages. En effet, les industriels redoutent l'espionnage international et sont donc peu enclins à ce qu'une tierce personne, fût-elle la CIA ou la DST, puisse avoir accès aux données qu'ils échangent.

D'autre part, tout laisse à penser que, pour les activités non légales, un cryptage d'un type nouveau commence à faire son apparition.

Comme nous l'avons dit, le problème essentiel du cryptage est qu'il est parfaitement décelable. L'idée est donc de faire transiter des données cryptées sous un aspect anodin. Tout porte à penser que les fichiers d'images constituent la façade idéale. En effet, c'est le seul type de fichier où la modification de quelques données est, d'une part, sans conséquence pour son utilisation et, d'autre part, quasiment indécelable.

Octets et drogue font bon ménage

N'oublions pas que, sur une image informatique, à chaque point (ou pixel) est associé un nombre, qui est fonction de la couleur du point. A présent, prenons un texte. Cette fois-ci, c'est à chaque lettre qu'est associé un nombre. D'autre part, dans un fichier image, le nombre de pixels est énorme, de très loin supérieur à celui du nombre des caractères d'un texte. A titre d'exemple, une page dactylographiée comporte, en moyenne, 1 500 caractères ; une image, sous forme informatique, en comporte déjà plus de 130 000 – si elle est transmise avec une résolution modeste. L'idée est donc de disséminer dans l'image les nombres correspondant aux lettres du texte en modifiant la valeur de certains pixels. Cela se traduit, dans le pire des cas, par une modification de la couleur de certains d'entre eux. Il suffit de disposer d'un logiciel indiquant à l'ordinateur quels points de l'image sont à remplacer

AVEC CLIPPER LA POLICE SE REBIFFE

Toute la sécurité du codage de Clipper est contenue dans une carte à puce comparable à nos cartes bancaires. Pour crypter un message, le microprocesseur commence par prendre la valeur numérique de chacun des éléments de celui-ci.

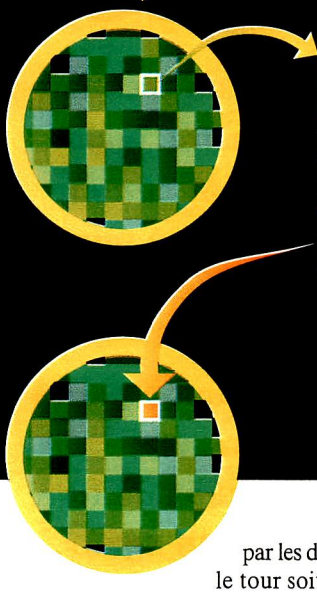
Pour un texte, par exemple, ce sera le code correspondant à chacune des lettres qui le constituent. Chaque donnée est décomposée en facteurs premiers, puis le résultat de cette décomposition est combiné avec des données issues d'une clé pouvant contenir jusqu'à 129 chiffres ou lettres.

Le résultat de cette opération est de nouveau transformé en un chiffre unique. Après traitement, les symboles obtenus n'ont, *a priori*, plus grand-chose à voir avec le message d'origine. Pour le retrouver, il faut impérativement pratiquer l'opération inverse en possédant la clé de codage.

Cependant, une "super-clé" permet un décodage quelle que soit la clé utilisée par l'utilisateur. C'est de cette super-clé que veulent disposer des organismes tels que la CIA, par exemple, afin que le grand banditisme, le terrorisme ou la Mafia ne puissent pas profiter de ce codage ultraconfidentiel pour faire transiter des messages contraires à la loi ou mettant en danger la sécurité des citoyens.

Le gros intérêt de ce procédé réside dans le fait qu'il peut être appliqué au cryptage de messages écrits, à des liaisons informatiques ou au radiotéléphone. Le GSM, bien que déjà crypté, devrait en profiter.

Limier/Jarricain



Dessin H. P. Penel

Anodine, la photo codée

Lors du codage d'un message numérique, l'ordinateur remplace, pour certains pixels de l'image, le nombre correspondant à une couleur par celui d'une lettre. Chacun des pixels est repéré par ses coordonnées horizontale et verticale. Pour décoder le message, l'ordinateur du destinataire possède en mémoire les coordonnées de tous les pixels ainsi traités. En lisant leur code et en l'interprétant comme un caractère, il pourra reconstituer le message original. Le nombre de pixels codés (et répartis de manière aléatoire sur l'image) est négligeable par rapport au nombre total de pixels : la supercherie est quasiment indécelable.

par les données du texte pour que le tour soit joué. Pour peu que les zones où sont effectuées les modifications d'images soient choisies judicieusement (feuillage, gravier, etc.) la modification est indécelable à l'œil. Et les ordinateurs habituellement utilisés pour détecter les fichiers cryptés seront incapables de déceler la supercherie.

Pour retrouver le message d'origine, il suffit que l'ordinateur du destinataire connaisse l'emplacement des points à considérer comme des caractères et non comme des couleurs pour que le message soit décodé. Cette opération peut, par exemple, être effectuée fort simplement en indiquant les coordonnées X Y des points à prendre en compte. Par ce tour de passe-passe, l'image pourra emprunter n'importe quel réseau tout en conservant un aspect totalement anodin, le nombre de points modifiés restant très faible par rapport à leur nombre global.

Il est une autre sorte de réseau susceptible de transporter, avec la plus grande discrétion, des informations plutôt "parallèles". Le réseau GSM, qu'utilisent les radiotéléphones, pose également un problème de transparence et... d'écoute. Ici, lors de l'étude du procédé, c'est dans un souci de confidentialité des communications que les ingénieurs ont prévu d'emblée un cryptage de la liaison numérique. Si l'algorithme est commun à tous les appareils, chaque combiné possède, en revanche, sa propre clé. Etant donné la puissance du procédé mis en œuvre, les communications sont, là encore, quasi indécodables. Le GSM est donc également visé par des mesures proches de celles du concept Clipper. Il serait question de modifier son codage d'origine de manière à permettre la mise en place de super-clés.

Le GSM en fait trop

Curieusement, le GSM possède donc deux facettes. Si, par son procédé de fonctionnement cellulaire (1), il peut aider à la localisation d'une personne, il semble, à l'opposé, garantir une bien meilleure confidentialité du message transmis que n'importe quelle cabine publique.

Avec l'apparition des autoroutes informatiques la guerre du cryptage paraît donc s'engager. Le tout-numérique est-il dangereux ? Pour le commun des mortels, peut-être pas. Mais, pour Lucciano et ses amis, le bal masqué du réseau est ouvert ! ■

(1) Le réseau GSM est constitué d'une multitude d'émetteurs, à faible zone de couverture chacun.

CD MULTICOUCHE
Dix fois plus d'informations

PAR ROGER BELLONE

Il ressemble à un disque compact ordinaire. Mais il est transparent comme du verre et, grâce à une structure en dix couches, peut mémoriser plus d'un million de pages imprimées, ou une douzaine d'heures de film en qualité TV 625 lignes.

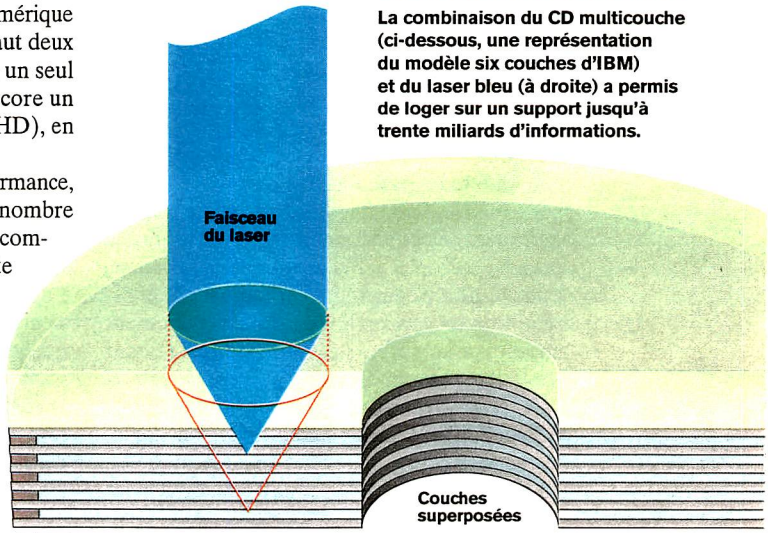
Philips, le géant hollandais de l'électronique, inventeur du disque compact (CD) en 1978, n'a cessé, depuis, d'améliorer les performances de son produit, en faisant le premier support mondial d'informations. Ainsi sont nés, successivement, le CD-ROM pour l'informatique, le CD-Vidéo (pour le son numérique et la vidéo analogique), le Photo CD (en collaboration avec Kodak), le CD-Interactif et le CD-I Digital Vidéo, ce dernier pour le cinéma et la vidéo numériques.

Aujourd'hui, c'est un autre géant de l'électronique, l'américain IBM, qui apporte à ce disque compact sa plus profonde transformation, laissant présager une véritable révolution dans ses applications. En effet, le centre de recherches d'IBM à San José (Californie) annonçait voilà quelques semaines la mise au point d'un disque compact capable de mémoriser dix fois plus d'informations qu'un CD conventionnel, soit 6,5 gigaoctets (6,5 milliards d'octets). Ce qui correspond à des possibilités de stockage de l'ordre de huit films de quatre-vingt-dix minutes en codage numérique et balayage 625 lignes (actuellement, il faut deux disques CD-I Digital Vidéo pour éditer un seul film en compression numérique), ou encore un film en télévision haute définition (TVHD), en numérique et balayage de 1 250 lignes.

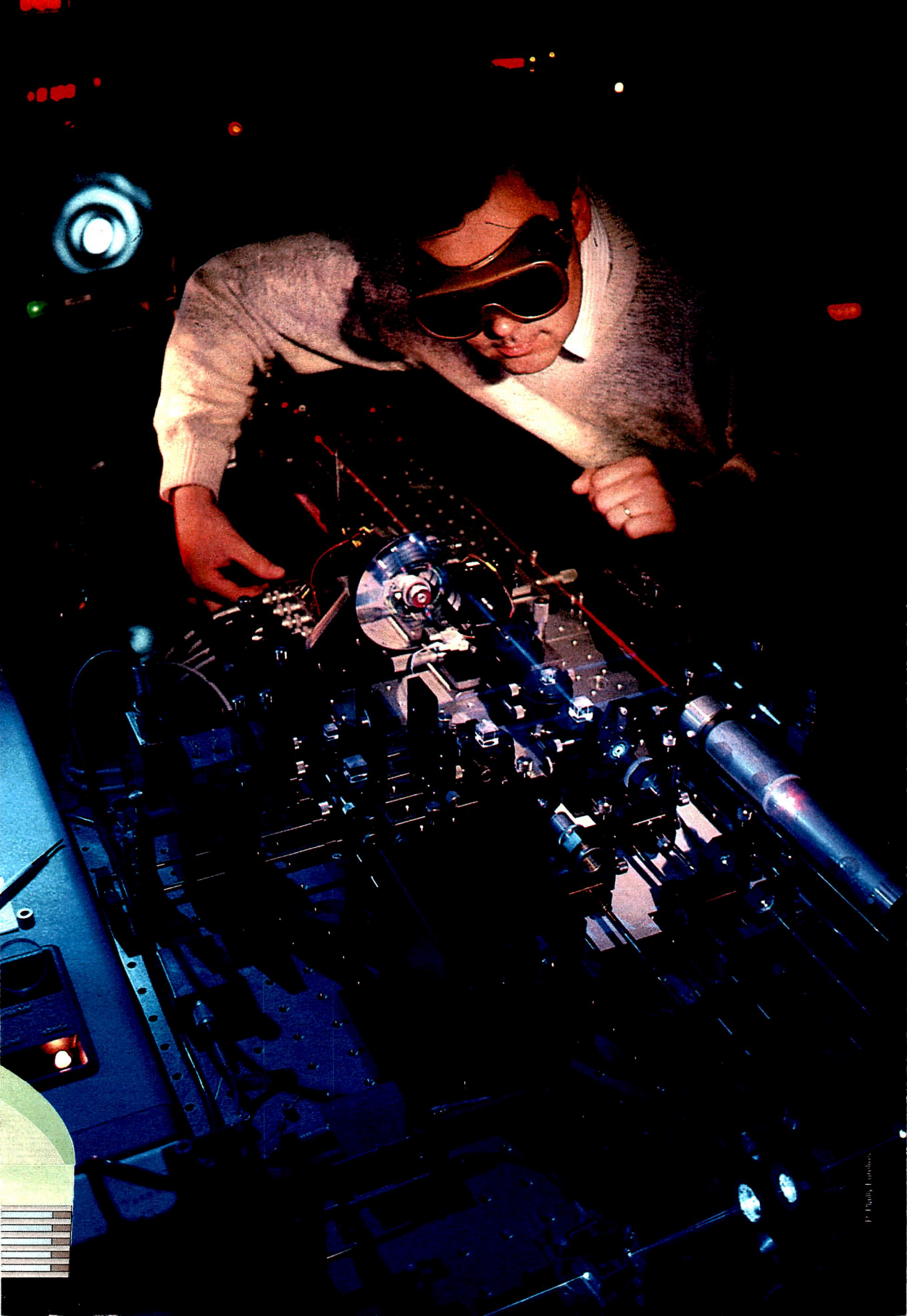
Pour obtenir cette extraordinaire performance, les chercheurs d'IBM ont porté à dix le nombre de couches enregistrables. Leur disque compact ressemble donc à une mince galette où s'empilent les dix couches. Chacune peut recevoir un enregistrement codé dans les mêmes conditions qu'un CD conventionnel (audio, vidéo ou CD-ROM). De ce fait, les nouveaux lecteurs qui seront proposés pourront lire les CD classiques, y compris le CD-I Digital Vidéo.

Mieux encore

La combinaison du CD multicouche (ci-dessous, une représentation du modèle six couches d'IBM) et du laser bleu (à droite) a permis de loger sur un support jusqu'à trente miliards d'informations.



D. Galland



A l'inverse, les actuels lecteurs de CD-audio, Photo CD ou CD-I ne pourront pas lire le disque multicouches. Les dix couches, en effet, ne pourront être explorées que par un rayon laser les traversant et se focalisant successivement sur chacune d'elles.

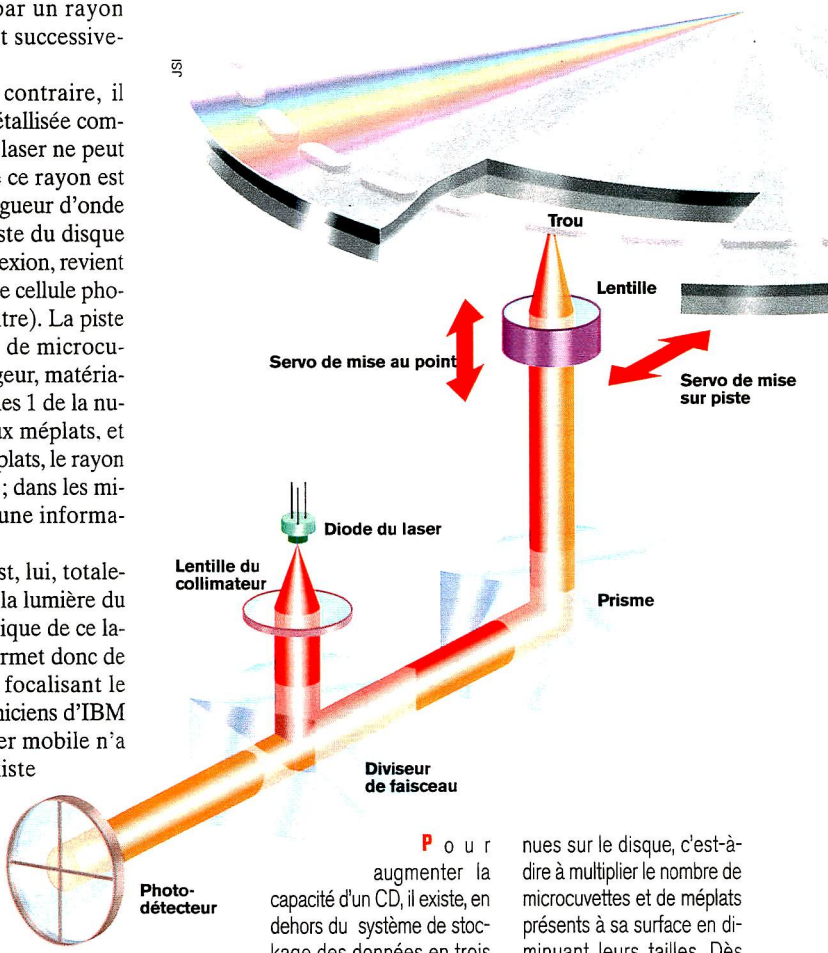
Sur un CD conventionnel, au contraire, il n'existe qu'une couche, opaque, métallisée comme un miroir, sur laquelle le rayon laser ne peut que se réfléchir. Rappelons ici que ce rayon est émis par une diode laser rouge (longueur d'onde de 780 nm). Il est focalisé sur la piste du disque par un système optique et, après réflexion, revient sur lui-même pour être capté par une cellule photomultiplicatrice (voir dessin ci-contre). La piste d'un CD est constituée d'un train de microcuvettes ayant chacune 0,4 µm de largeur, matérialisant les informations numérisées (les 1 de la numération binaire correspondant aux méplats, et les 0, aux microcuvettes). Sur les méplats, le rayon est réfléchi puis capté par la cellule ; dans les microcuvettes, il est diffracté, et aucune information n'est transmise à la cellule.

Le disque multicouche d'IBM est, lui, totalement transparent pour permettre à la lumière du laser de traverser les couches. L'optique de ce laser est mobile. Son déplacement permet donc de sélectionner la surface à lire en y focalisant le rayon (voir dessin p. 110). Les techniciens d'IBM font d'ailleurs observer que ce laser mobile n'a rien de très nouveau, car il en existe déjà sur de nombreux lecteurs pour maintenir automatiquement la focalisation sur la surface en rotation. Durant cette rotation du disque, comme cela se passe avec un CD conventionnel, le rayon explore la piste sur laquelle se succèdent les méplats et les microcuvettes.

Tandis que la lumière traverse la couche transparente lorsqu'elle atteint des méplats (car elle y est focalisée), elle est partiellement réfléchie lorsqu'elle atteint l'intérieur des microcuvettes, ce qui provoque des fluctuations de la luminosité du rayon. Captées par une cellule, ces fluctuations de lumière sont exploitées pour reconstituer les informations binaires d'origine dans les mêmes conditions qu'avec un CD classique.

Le disque compact d'IBM est utilisable aussi bien pour l'édition audio, vidéo ou informatique que pour l'enregistrement. Dans le premier cas, il autorise seulement les lectures, dans le second, il permet un seul enregistrement non effaçable suivi de lectures multiples (technique dite WORM, une seule écriture, plusieurs lectures, telle qu'elle est pratiquée, par exemple, avec le Photo CD

LE LASER ROUGE...



Pour augmenter la capacité d'un CD, il existe, en dehors du système de stockage des données en trois dimensions mis au point par IBM, deux autres solutions. La première, la plus répandue car elle ne nécessite aucune modification physique du support ni du lecteur, consiste à compresser les données présentes sur le CD. Malheureusement, les méthodes de compression actuelles entraînent bien souvent des pertes d'informations fort dommageables pour la restitution du son et des images.

La seconde solution est plus intéressante : elle consiste à augmenter la densité d'informations contenues sur le disque, c'est-à-dire à multiplier le nombre de microcuvettes et de méplats présents à sa surface en diminuant leurs tailles. Dès lors, pour pouvoir lire les informations que le disque contient, il faut diminuer le diamètre du faisceau laser utilisé. Pour produire un faisceau plus fin, il faut faire appel à un rayon laser de longueur d'onde plus courte (entre 400 et 500 nm) : le laser bleu. Pour obtenir un laser bleu, on peut soit récupérer l'émission laser bleue créée à l'aide d'une diode laser (plutôt difficile), soit transformer un rayon laser rouge en un laser bleu en divisant par deux sa longueur d'onde. Pour cela, on fait passer le rayon laser rouge à tra-

pour l'enregistrement des photographies sur disque).

Lors de démonstrations faites par IBM le 12 mai dernier à San José, le disque présenté ne comportait que six couches préenregistrées. Les chercheurs d'IBM ont précisé que des disques comportant des nombres de couches différents (2, 4, 6, 10) seront utilisables selon les applications, le disque à dix couches étant dès maintenant réalisable. Les chercheurs ont aussi souligné que des études faites par plusieurs firmes (notamment Sony et Pioneer) sur les lasers bleus ont montré qu'en fait ce type de laser (voir encadré) au rayon particulièrement fin, permet déjà de doubler la capacité d'un disque compact classique à une seule couche. Sony utilise même la finesse du rayon laser bleu pour réduire de 0,59 à 0,28 µm l'espace séparant deux spires de la piste sur le disque. Pour ce faire, cette piste ne comporte qu'une ligne de microcuvettes de longueur constante (1,67µm), et l'on joue sur la position du système optique du laser pour modifier la quantité de lumière diffractée par le bord de chaque microcuvette. En utilisant cette variation de la lumière diffractée, Sony mémorise ainsi six bits d'information par microcuvette (au lieu d'un seul bit avec un CD ordinaire).

Cette performance pourrait encore être augmentée par le recours à un laser vert, dont le rayon lumineux est plus fin que celui du laser bleu. Mais cette technologie est encore du domaine du laboratoire. Le laser vert n'est pas maîtrisé pour l'instant, pas plus d'ailleurs que la micromécanique de guidage de son rayon sur la piste du disque.

Revenons au disque IBM. En combinant la technique du laser bleu avec celle du disque multicouche, la firme américaine est parvenue à loger jusqu'à 30 milliards d'informations sur son support, ce qui correspond à plusieurs milliers de livres de 200 pages.

Les applications du disque multicouche apparaissent déjà considérables, tant en informatique qu'en vidéo numérique. En cinéma, c'est la possibilité de mémoriser un programme en haute définition sur un seul disque. Dans les domaines du multimédia, il devient possible de grouper plusieurs encyclopédies ou la totalité de l'œuvre d'un auteur sur un disque unique : une formule intéressante pour les bibliothèques et les musées. En vidéo ou en audio, un seul disque pourra stocker tous les enregistrements d'un juke-box, ce qui éliminera toute la partie mécanique des changements de disques. Dans tous les cas, l'accès à l'information ne dépassera pas dix secondes !

La commercialisation du disque multicouche d'IBM n'interviendra pas avant deux ans. La firme américaine souhaite auparavant se concerter avec d'autres compagnies afin de développer les meilleures technologies d'exploitation, de standardiser un maximum d'éléments et de créer un consortium d'industriels groupés autour de cette standardisation. C'est d'ailleurs ce qu'avait déjà fait Philips avant de lancer son CD-Audio il y a quinze ans, en s'alliant avec Sony pour le normaliser et obtenir ensuite l'adhésion de tous les grands éditeurs de musique. Les capacités et les possibilités du nouveau procédé restent difficiles à estimer et valent bien ce temps de réflexion. En effet, fait observer Hal J. Rosen, directeur des recherches sur les nouvelles formes d'enregistrement au laboratoire IBM de San José, avec le disque multicouche, «nous accédons pour la première fois à la mémorisation optique de données dans trois dimensions». Et nul ne sait vraiment, pour l'instant, les possibilités qu'offre cette localisation spatiale des données ! ■

... ÉVOLUE AUSSI

vers un élément SHG (Second Harmonic Generation). On obtient alors une seconde harmonique, c'est-à-dire un rayon possédant une longueur d'onde de moitié inférieure. Pioneer Electronic, qui vient d'annoncer l'utilisation industrielle d'un laser bleu pour lire les signaux vidéo enregistrés en haute densité sur une nouvelle génération de lecteurs de disque optique, a adopté un tel système (nommé Alpha Vision System). Il permet de transformer un laser rouge d'une longueur d'onde de 850 nm en un laser bleu d'une longueur d'onde de 425 nm, en utilisant, comme élément SHG, un cristal de kalium titanique phosphorique (KTiOPO4) développé par DuPont de Nemours. Seul inconvénient : pour que le laser bleu possède une puissance de 3 mW, il faut que la source laser rouge de départ soit de 100 mW (soit cent fois plus que les sources laser que l'on trouve dans la plupart des lecteurs de CD). Ce qui explique pourquoi son utilisation reste, pour l'instant, industrielle. Le diamètre du rayon obtenu est alors plus de dix fois inférieur à celui d'un laser rouge classique.

Dans les laboratoires Pioneer comme dans ceux de Sharp, en Angleterre et au Japon, on n'hésite pas à envisager, à terme, des diamètres de laser bleu mille fois inférieurs à ceux que nous connaissons actuellement pour le laser rouge. **Olivier Cadou**

Le radioguidage

Cet été, plus de 300 véhicules sillonnent l'Europe équipés d'un système qui utilise à la fois le satellite, les ondes radio et le CD-ROM pour éviter les bouchons. Un test grandeur nature qui précède la mise en place du radioguidage généralisé.

PAR FRÉDÉRIQUE CHAPUIS

Comment ça marche ?

L'ordinateur 1 reçoit les informations transmises par les divers périphériques :

- les distances parcourues et l'orientation suivie, grâce aux capteurs de roue 2 ;
- les cartes ou plans de villes mémorisés avec un maximum de détails sur disque compact 3 ;
- la destination du véhicule, préalablement programmée au clavier 4 ;
- [illegible] de la route et de la circulation, grâce [illegible] RDS 5.

[illegible] données, l'ordinateur calcule la trajecto[illegible] [illegible]mine sa position exacte [illegible] [illegible] le moins encombré [illegible] conducte[illegible] [illegible] rue, carrefour par carrefour, [illegible] 6. Les mêmes informa[illegible]ons [illegible]an de bord 7 [illegible] visualisation du [illegible]. Le conducteur a accès à [illegible] par une commande 8 [illegible] carte à mémoire de l'ordinateur 9 [illegible] sur les éléments moteurs grâce aux voyants 10.

européen, ça roule !

Plus de dix ans après sa mise à l'étude, le programme Carminat de guidage radio des automobilistes (voir *Science & Vie* n° 819 et 844) entre dans sa phase ultime, avant sa généralisation qui devrait débuter dans moins de deux ans.

Ce programme, conçu par Renault, Philips, Sagem et Télédiffusion de France, est en effet testé en grandeur réelle depuis le mois de juillet, et jusqu'en décembre 1994, dans trois grandes agglomérations urbaines, Paris, Bruxelles et Göteborg (Suède), sur le corridor routier Paris-Lille-Londres et sur les réseaux routiers de l'axe Rhin-Rhône-Alpes, de Stuttgart à Marseille.

Chacune des 350 voitures impliquées dans ces expériences a été spécialement dotée de périphériques à tester (variable selon les véhicules). L'équipement complet comporte un ordinateur de bord connecté à un lecteur de disque compact, un autoradio RDS-TMC (1), un clavier, des capteurs de roue et un compas pour mesurer les déplacements, des capteurs de fonctionnement du moteur et des circuits électriques, un écran de visualisation et un haut-parleur associé à un synthétiseur de parole.

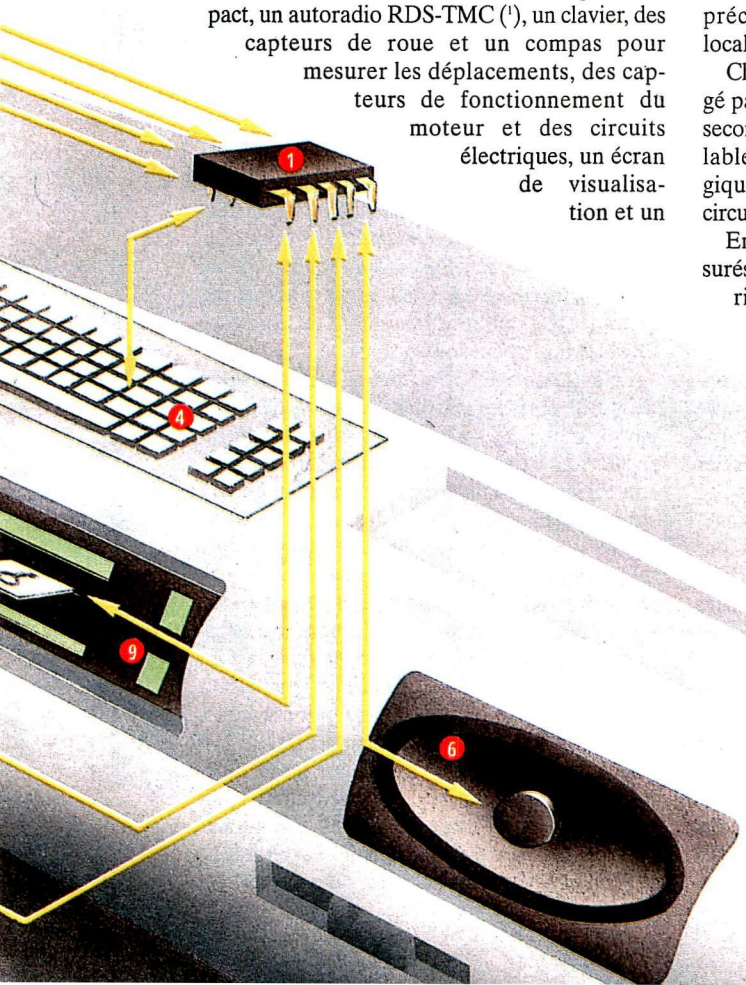
Dans le programme mis en place, tous les systèmes d'information existant déjà sont utilisés pour le guidage. C'est ainsi qu'en Ile-de-France, l'infrastructure Sirius (voir *Science & Vie* n° 904, p. 110), qui assure la gestion des voies rapides, est couplée à Carminat.

Actuellement, Sirius diffuse ses informations sur toute la moitié est de l'Ile-de-France, ce qui représente 300 km d'autoroute, par l'intermédiaire de 175 panneaux à message variable (PMV).

Pour assurer cette information en temps réel, des capteurs de comptage électromagnétiques noyés sous la chaussée tous les 500 m, permettent de détecter la vitesse des véhicules, leur débit et leur taux d'occupation de la chaussée. Ces données brutes sont ensuite exploitées par des calculateurs afin d'établir un panorama précis de l'état du trafic, un bouchon étant localisé à 500 m près.

Chacun des capteurs de la chaussée est interrogé par le système plusieurs centaines de fois par seconde. Par ailleurs, des caméras vidéo manipulables à distance, installées aux points stratégiques, transmettent en direct des images de la circulation et complètent le dispositif.

En parallèle, des échanges de données sont assurés entre Sirius et le serveur de la Ville de Paris, Surf-Sage, qui assure la régulation des feux sur les grands axes à l'intérieur de la cité et collecte des données sur le boulevard périphérique. A ces réseaux de collecte automa- ▶



Dessin D. Brobst

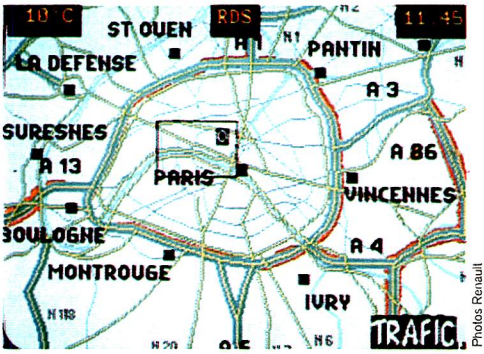
tique s'ajoutent des réseaux manuels. Ainsi, le Centre régional d'information et de coordination routières (CRICR) de Créteil centralise les données provenant de patrouilles sur le terrain (gendarmerie, police) et les diffuse selon un mode compatible avec les réseaux automatiques.

Une fois validées et éditées par chacun des centraux, les informations sont transmises, en tenant compte de leur degré de priorité, au serveur de Télédiffusion de France, à Rennes, qui a pour tâche de les intégrer aux programmes radio RDS. Les messages sont alors transportés jusqu'à l'émetteur radio FM de la tour Eiffel pour être diffusés vers les véhicules équipés de terminaux Carminat. Le concept Carminat, qui se veut avant tout européen, a dû proposer, dès le départ, des techniques pouvant être standardisées. Ainsi, le protocole de diffusion choisi, RDS/TMC par ondes hertziennes, est déjà exploité dans la plupart des Etats de la CEE. Cette technique s'appuie sur le réseau radio FM, car chaque station dispose d'un canal libre dans lequel peuvent circuler des informations numérisées. L'utilisation des ondes radio existantes évite ainsi tout investissement supplémentaire.

Autre axe de recherche à caractère européen, toute la partie cartographie, qui nécessite un soin très particulier. Il n'existait pas à l'origine de base de données cartographiques européenne. Par conséquent, la définition d'un système d'échange standard pour alimenter et modifier régulièrement cette base de données était indispensable.

Afin d'obtenir une interface unique, les acteurs de Carminat ont créé en 1991 la société EGT (European Geographic Technologies), chargée de produire une base de données applicable à la navigation automobile sur tout le territoire européen. Réalisées à partir des informations routières "Géoroute" de l'Institut géographique national, les cartes sont numérisées sur disque compact (CD) et couvriront dans un premier temps les villes européennes de plus de 100 000 habitants, pour intégrer ensuite la totalité des voies de circulation dans les agglomérations de plus de 10 000 habitants.

En ce qui concerne le véhicule, les premiers équipements Carminat seront commercialisés en 1996, réalisés par Philips et Sagem, et proposés en option par Renault sur ses véhicules ; les prix de vente devraient s'échelonner de 2 500 F pour le premier modèle à 15 000 F pour l'équipement le plus complet. Si tous permettent la diffusion des données routières, les plus perfectionnés transmettent d'autres informations comme la liste des stations-services les plus proches, des hôtels et des restaurants. Certains possèdent en outre un système GPS ([2]). D'autres encore permettent le retour d'informations. Ainsi, à Göteborg, l'expérience Carminat est-elle développée en ce sens : la transmission d'informations vers le véhicule s'effectue par RDS, mais, grâce au radiotéléphone GSM ([3]), très développé dans les pays nordiques, certaines informations remontent de la voiture vers le centre de gestion du trafic.



Photos Renault

Le système RDS n'est pas le seul utilisable pour acheminer les informations. En Allemagne, par exemple, des systèmes par faisceaux infrarouges sont expérimentés. Cette fois, le conducteur est guidé tout au long d'un itinéraire optimisé en permanence selon les conditions de circulation. Pour cela, le véhicule et l'infrastructure doivent pouvoir communiquer en temps réel. Des balises infrarouges, émettrices et réceptrices, sont installées le long des rues. La voiture est également équipée d'émetteurs-récepteurs et d'un calculateur de données. Lorsque l'automobiliste a affiché sa destination, celle-ci est transmise par les balises infrarouges à l'ordinateur central de gestion de la circulation. Il calcule aussitôt un itinéraire en fonction du trafic et de son évolution puis en informe le véhicule au moyen des mêmes ondes infrarouges. Le conducteur est alors guidé à la voix, par synthèse vocale, et par affichage sur

(1) RDS (Radio Data System) : système de messagerie numérique qui diffuse des informations routières transmises parallèlement à un programme radio FM. TMC (Trafic Message Channel) : les informations routières du GSM sont individualisées par un code spécifique qui permet sa diffusion à l'aide d'un synthétiseur de parole.

Le bonheur des Parisiens

Les différents messages reçus par le système Carminat sont traduits sur l'écran cartographique par des segments colorés qui indiquent l'état du trafic (ci-contre, en haut) et les itinéraires conseillés (en bas).

écran (les changements de direction et les noms de rues à prendre lui sont indiqués). L'ensemble du trajet n'est jamais dévoilé à l'avance pour éviter de perturber le conducteur au cas où l'ordinateur central devrait adapter l'itinéraire en cours de route en fonction d'événements nouveaux (bouchons, accidents, forte pluie...). Récepteur, le véhicule est également un indicateur sur l'état de la circulation, car il informe l'ordinateur de ses temps de trajet de balise à balise.

Un tel système, "Euro-scout", a été conçu par Siemens. Il est actuellement testé à Ratisbonne, en Allemagne, et sera commercialisé cet automne à Stuttgart. Il s'agira donc du premier système de guidage dynamique exploité au monde. Un groupement de sociétés, comprenant, autour de Siemens, Bosch, Intergrafic (filiale de Mercedes), la Générale des eaux ainsi que Volkswagen, en assurera la promotion.

La technologie infrarouge est aussi à l'ordre du jour dans le groupe PSA, qui travaille sur un projet Isis d'assistance à la conduite. Le groupe Peugeot/Citroën teste actuellement le matériel nécessaire sur des prototypes ; il teste également la validité des informations envoyées et les réactions psychologiques des conducteurs vis-à-vis de ce nouveau service. En régime de croisière, l'installation du matériel devrait coûter de 13 000 à 18 000 F, avec un abonnement annuel de 1 000 F. Car l'automobiliste devra payer non seulement l'équipement de son véhicule, mais également le service.

Bien d'autres systèmes de guidage sont encore proposés ou à l'étude de par le monde. Les Japonais, à l'initiative des entreprises électroniques Sony, Toshiba, Sanyo et Matsushita, ont déjà commercialisé plusieurs terminaux qui non seulement permettent à l'automobiliste de connaître sa position par le biais du système satellite GPS mais qui offrent également des informations météorologiques, des jeux et même de la télévision. En Allemagne, Bosch commercialise des systèmes de localisation très perfectionnés, notamment le système Travelpilot, qui utilise un gyroscope à fibre optique et un système GPS. Mais les prix encore prohibitifs, entre 10 000 et 20 000 F, font que ces équipements restent fort peu demandés. Observons que tous les systèmes évoqués jusqu'ici sont passifs, c'est-à-dire qu'à aucun moment ils n'interviennent sur la conduite. L'automobiliste reste maître de son véhicule. Mais d'autres recherches sont déjà en cours pour développer des systèmes capables de se substituer au conducteur. Certains utilisent des caméras et un traitement d'image pour guider un véhicule sur sa route ; d'autres préparent des radars anti-collision pour prévenir les accidents en détectant les obstacles.

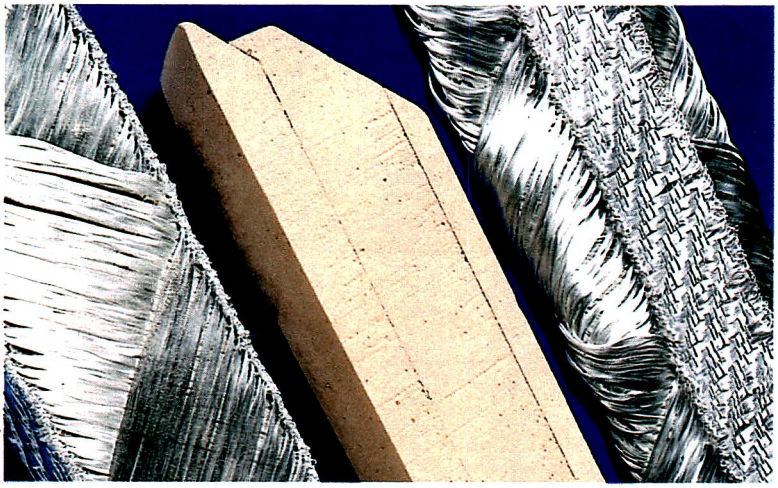
Alors, demain, conduira-t-on encore son automobile ou confiera-t-on cette tâche à un pilote automatique téléguidé depuis un centre de gestion du trafic routier ? Pour l'instant, la question reste encore du domaine de la science-fiction. Mais pour combien d'années encore ? ■

(2) GPS (Global Positionning System) : système qui, à partir de la position des satellites en orbite à 20 000 km au-dessus de la Terre, permet de localiser un véhicule avec une précision de quelques dizaines de mètres

(3) GSM (Global System for Mobiles communications) : système numérique de radiotéléphone européen normalisé. De type cellulaire, le GSM maintient la liaison sur un trajet routier.

INDUSTRIE & INNOVATION

Dirigé par Gérard Morice



Cambridge Consultants Limited

Des poutres, des sièges ou des pare-chocs en fibres composites, c'est aujourd'hui possible grâce au mariage de l'informatique et de l'injection.

MATÉRIAUX

Des composites au coût de l'acier

Cambridge Consultants Limited (CCL), premier laboratoire européen de recherche appliquée, a développé une nouvelle technologie de production de masse de matériaux composites. Cette technologie peut être appliquée à la production d'une gamme complète de produits, comme les sièges de trains, les pare-chocs de voiture, les barrières de sécurité autoroutières... Déjà utilisés dans les industries de l'aérospatiale et de la défense, les matériaux composites étaient fort coûteux, et on ne pouvait produire en grands volumes des produits conformes aux performances requises.

Pour obtenir la production en continu d'une large gamme de formes, CCL a marié une technologie de moulage tridimensionnel avec une technologie d'injection de résine. Un logiciel détermine, en fonction des spécifications du moulage, la position de chaque fibre et le poids de fibres requis pour chaque partie du composant. Ces informations sont utilisées par le système informatique de contrôle des machines de moulage pour positionner chaque fibre correctement. Des moules peuvent ainsi être produits automatiquement et à grande vitesse.

Cette nouvelle technologie réduit les coûts de production des composites de fibres de verre à un niveau équivalant à celui de l'acier.

De plus, cette technologie permet d'obtenir des matériaux composites très résistants et plus légers de 15 % que les composites renforcés de fibres de verre conventionnels. Enfin, la technologie CCL, élaborée dans un souci de flexibilité, permet de produire des formes variées : poutres, solives de caisse, formes courbes, cintrées, caissons...

36 15 SCV

Messagerie internationale.
Communiquez avec des utilisateurs du monde entier, en direct, avec un réseau de sept satellites.

Polytech au Palais de la découverte

● L'exposition célébrant le bicentenaire de Polytechnique et du CNAM exposera de "Beaux Problèmes" au Palais de la découverte, avec des exposés audiovisuels et des maquettes, jusqu'au 15 septembre, avenue Franklin-Roosevelt, 75008 Paris.

TRANSPORTS

L'escalier mécanique comme transport public

Le plus grand système d'escaliers mécaniques du monde mesure 860 mètres et fonctionne depuis quelques mois à Hong Kong. Escaliers mécaniques et trottoirs roulants relient le quartier des affaires au Mid-Level, le quartier résidentiel à population dense, situé en hauteur, à mi-pente du mont Victoria. Le constructeur est une entreprise française, la CNIM (Constructions industrielles de la Méditerranée). Le tout a été fabriqué en France et expédié par cargo du port de Marseille à celui de Hong Kong.

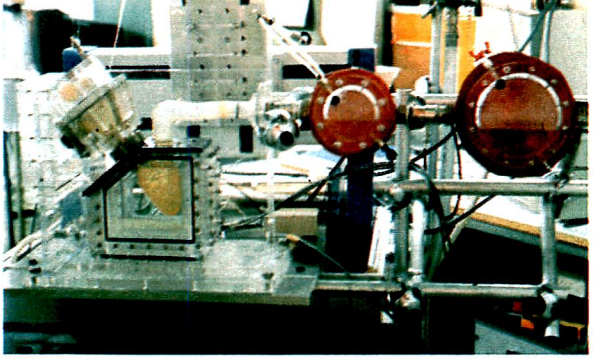
Ce nouveau transport public présente l'avantage d'être électrique, donc non polluant sur le site, et de pouvoir s'intégrer dans un espace urbain étroit et encombré. Le Hill Side Escalator Link, qui a aujourd'hui atteint sa "vitesse de croisière", se compose de vingt escaliers mécaniques et trois trottoirs, qui transportent, à la vitesse de 0,65 m par seconde, plus de 43 000 passagers par jour, avec une capacité de 8 000 personnes par heure.

Une seule salle de contrôle, reliée au poste de police le plus proche, surveille le fonctionnement du système. Elle est équipée de huit écrans informatiques ainsi que d'un équipement de "pilotage" à distance. Pendant qu'elle y était, et pour faire bon poids bonne mesure, la CNIM a également installé plus de 350 escaliers mécaniques dans le Hong Kong Mass Transit System, c'est-à-dire le métro de la ville.

La CNIM a déjà à son actif des escaliers mécaniques dans de nombreuses villes parmi les plus grandes du monde : Mexico, Paris (et les célèbres trottoirs roulants de Roissy-Charles-De-Gaulle), Taipei, Bruxelles, Jakarta et Londres, où elle a équipé la station de métro Angel du plus long escalier mécanique d'Europe.

A.Buu/Gamma

Le système d'escaliers mécaniques le plus long du monde (860 m) est à Hong Kong, et il est l'ouvrage d'un constructeur français.



D.R.

Un cœur artificiel pour tester les prothèses cardiaques.

BIOMÉCANIQUE

Un cœur modèle...

Ce cœur artificiel expérimental, mis au point par l'Institut de mécanique des fluides de Marseille, en collaboration avec l'Aerodynamisches Institut d'Aix-la-Chapelle, fonctionne comme un cœur naturel. Il permet de disposer, à tout moment, de tous les paramètres (débit, pression, vitesse d'écoulement) impliqués dans la physiologie vasculaire.

Cet appareil constitue donc un outil indispensable pour vérifier si les prothèses cardiaques existantes ou nouvelles fonctionnent bien selon les normes, et il offre la possibilité de développer de nouveaux prototypes. Enfin, il permet de contribuer au développement de nouveaux critères de diagnostic des maladies cardiaques.

L'appareil est composé de deux circuits centrés autour d'un module auriculo-ventriculaire, qui correspond aux deux oreillettes et aux deux ventricules d'un cœur naturel. Dans le premier circuit, le fluide circulant, qui est de l'eau, impose le mouvement aux parois de la poche ventriculaire en polyuréthane. La circulation de ce fluide, modulable à souhait, est imposée par un générateur hydrodynamique. Le module auriculo-ventriculaire ainsi mis en action fait circuler un liquide de même viscosité que le sang dans le deuxième circuit, où sont simulés les effets de dilatation et de résistance des artères cardiaques au passage du sang.

Les études réalisées *in vitro* dans ce "cœur modèle" permettent d'ores et déjà de prédire les performances d'une prothèse valvulaire avant son utilisation clinique, de comparer différentes valves entre elles et de préciser les principales caractéristiques d'une valve par rapport à des qualités idéales.

Toutes les recherches et essais ont été effectués en étroite collaboration avec des cardiologues et des chirurgiens cardiaques de renom (les professeurs Alain Carpentier, de l'hôpital Broussais, à Paris, et Eugène Baudet, du centre hospitalier régional de Bordeaux ; et le docteur Bernard Brami, de Paris) et des sociétés qui développent de nouveaux prototypes : la Société industrielle du combustible nucléaire (SICN), filiale de la Cogema, établie à Veurey-Voroize, près de Grenoble, et la Fabrique d'implants et d'instruments chirurgicaux (FII), située à Saint-Just-Malmont, près de Saint-Etienne.

Les essais ont été jugés très concluants par la Food and Drug Administration (FDA) américaine. Quant au ministère de la Santé, il a demandé aux chercheurs marseillais d'étudier la mise en place d'un laboratoire chargé de tester au mieux cet "outil" avant homologation des nouvelles valves cardiaques. P.R.

ENSEIGNEMENT MÉDICAL

... et un cœur interactif

Cuore Interattivo (cœur interactif) est un disque compact interactif italien sur la cardiologie. Réalisé par la société milanaise Tecniware, en collaboration avec Philips Italie, la société pharmaceutique Recordati et l'université Sapienza de Rome, il constitue un support d'étude intéressant pour l'enseignement de la médecine. Principalement destiné aux écoles de spécialisation en cardiologie, il peut être utilisé comme source d'illustrations par les professeurs ou comme outil d'auto-formation par les étudiants. Ces derniers peuvent accéder directement aux sujets qui les intéressent ou suivre les cours prédéfinis sur le CD-I sous forme de séries d'images commentées par un narrateur.

Le Cuore Interattivo se divise en quatre parties : anatomie, physiologie, sémiotique et électrocardiographie. Chaque image à l'écran comporte des zones actives qu'il suffit de sélectionner pour les agrandir.

Le disque contient 1 500 photos ou dessins, des textes écrits, des graphiques, des séquences animées, et plus de trois heures d'enregistrements sonores. Avec son aide, un médecin généraliste peut, par exemple, se remémorer les bruits caractéristiques de trente anomalies cardiaques. Des bruits qu'il n'entendra parfois qu'une ou deux fois dans toute sa carrière, mais qu'il devra pourtant savoir reconnaître à travers son stéthoscope. O.C.

D.R.

ARMEMENT

Le *Charles De Gaulle* attend son frère

Cinq ans encore vont s'écouler avant que le porte-avions *Charle De Gaulle*, qui a été mis à flot en mai dernier, ne soit vraiment opérationnel. Propulsé par deux chaufferies nucléaires fournissant chacune 38 000 chevaux, le porte-avions filera à la vitesse de 27 nœuds et disposera, grâce à son mode de propulsion, d'une autonomie de navigation quasi illimitée. Il recevra une flottille d'une quarantaine d'avions de combat (Rafale, Hawkaye, Super-Etendard), plus des hélicoptères. Ses deux catapultes lui permettront de lancer des avions d'une masse de 25 tonnes au décollage.

Son système de défense et de commandement (SDC) aura deux fonctions : l'autoprotection du bâtiment au moyen de brouilleurs, de lance-leurres et de missiles antiaériens ; et la gestion de l'action en temps réel, grâce aux informations recueillies par ses capteurs et par ceux des autres "acteurs" du théâtre d'opérations, bâtiments et avions.

Le coût du porte-avions *Charles De Gaulle* était estimé, en 1993, à 17,2 milliards de francs. La question se pose aujourd'hui du lancement d'un second porte-avions. Un bâtiment de ce type est en effet immobilisé, pour révision, de huit à dix mois tous les quatre ans. Un second exemplaire est donc nécessaire. Le prix de ce deuxième porte-avions est évalué à quelque 12 milliards de francs. Mais la décision de le lancer ne sera prise qu'en 1997, après que les pouvoirs publics auront décidé si les conditions économiques permettent d'augmenter le budget d'équipement militaire de manière conséquente.

Les questions budgétaires ne sont d'ailleurs pas les seules à devoir être prises en compte. Un porte-avions est conçu pour des missions d'action extérieure. Si celles-ci, pour la France, concernent surtout la zone méditerranéenne, la nécessité de disposer d'un porte-avions à propulsion nucléaire n'apparaît peut-être plus aussi cruciale. Un porte-avions à propulsion classique suffirait. Car, outre le coût d'investissement des chaudières nucléaires (18 % du coût total), il faut prendre en compte le surcoût en utilisation qu'entraîne le recours à un tel système de propulsion : celui-ci impose une surveillance constante, avec les frais supplémentaires que cela entraîne... G.C.

Faudra-t-il armer un autre *Charles De Gaulle*, qui prendrait le relais lorsque celui-ci sera en révision ?

DCN Brest

Forum européen de la création d'activités

● Il se tiendra à Lille les 13 et 14 octobre. Objectif : faire se rencontrer le maximum de professionnels de ce secteur pour échanger des expériences, des informations, des solutions. Un catalogue de 150 initiatives européennes, choisies pour leur caractère innovant et exemplaire, a été édité. Contact : Bernard Brassard, tél. : 16 20 63 78 00.

CONSOMMATION

La marque NF conquiert l'alimentaire

Qu'un industriel proclame son produit conforme à une ou plusieurs normes de fabrication, c'est bien ; qu'il le fasse garantir par un organisme indépendant qui effectue des contrôles sur le respect de ces normes, c'est mieux.

Là se trouve l'intérêt de la marque NF (norme française), dont bénéficient actuellement environ 150 produits ou services. Cette marque touche des domaines aussi variés que la santé, l'équipement industriel et domestique, le bâtiment, l'environnement ou la technologie de l'information. La marque NF n'a rien à voir avec les normes, au nombre de 16 000, qui constituent un cahier des charges précis, mais dont nul n'atteste le respect, sinon le fabricant lui-même. L'agro-alimentaire est le dernier-né des secteurs gagnés par la marque NF. Depuis mars 1994, deux produits en bénéficient : le jambon cuit supérieur emballé, ou à la coupe s'il est tranché devant le client, et le "tonyu", boisson à base de soja.

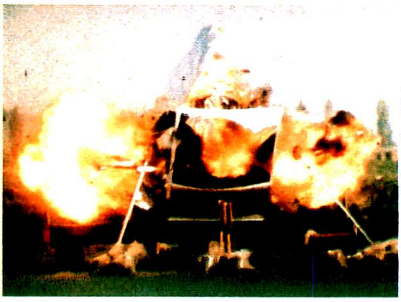
La marque NF répond à la demande d'industriels prêts à jouer la transparence pour sortir d'un marché qui ne ressemble plus à rien. Ainsi, le prix du jambon cuit supérieur varie de 19 F/kg – à peine le prix de revient de la matière première ! – à 91,20 F/kg. Au moins la marque NF assurera-t-elle au consommateur le respect de certaines caractéristiques, par exemple, une teneur élevée en protéines, une origine "cuisse de porc entière" exclusivement, et l'absence de polyphosphates (additifs qui augmentent artificiellement la rétention d'eau, donc le poids). Trois industriels sont concernés par ce jambon "certifié conforme" (Paul Prédault, Les Charcuteries de Brocéliande et les Salaisons de l'Arrée-Kerguélen).

Pour le tonyu, la marque NF atteste que le produit est obtenu exclusivement à partir du broyage de graines de soja entières, d'eau et, éventuellement, de bicarbonate de sodium. Elle exclue ainsi les produits issus d'une concentration ou d'une extraction des protéines par solvant. Elle garantit aussi une teneur minimale en protéines de 3,6 g/100 g. Quatre industriels sont concernés : Sojinal, Soy, Triballat et Alpro. La participation de cette dernière société, de nationalité belge, prouve que la marque NF n'est pas une mesure protectionniste, mais le sceau d'un savoir-faire pouvant être exécuté à l'extérieur de nos frontières. M.-L.M.

AVIATION

Conteneur anti-bombe

La Royal Ordnance, filiale de British Aerospace Defence, a mis au point un conteneur pour soute d'avion capable de résister à l'explosion d'une bombe du type de celle qui provoqua la catastrophe de Lockerbie, en Ecosse.



British Aerospace Defence Royal Ordonance

Lors de l'explosion d'une bombe similaire à celle de la catastrophe aérienne de Lockerbie, en Ecosse, un conteneur de soute classique éclate littéralement.

Au lieu de chercher à résister à l'explosion en renforçant les parois (solution coûteuse en poids, et dangereuse si ces parois cèdent sous la pression), il s'agit de concevoir des parois capables de se dilater et d'absorber en quelque sorte la surpression. Pour cela, le conteneur est entouré de sangles qui maintiennent les parois en place lorsque celles-ci se déforment. De plus, des évents disposés à la base du conteneur laissent s'échapper les gaz de l'explosion de manière progressive afin d'éviter l'éclatement.

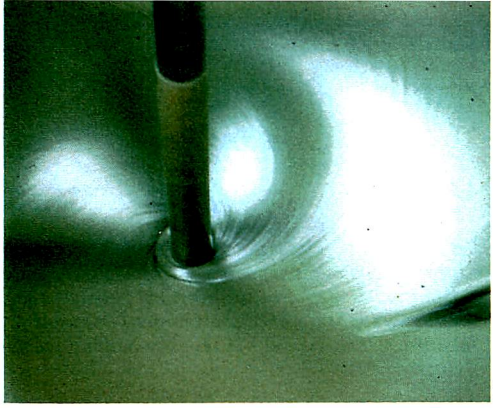
La Royal Ordnance affirme que deux compagnies aériennes, qui réclament l'anonymat, ont déjà expérimenté le conteneur, et que des transporteurs aériens privés du Moyen-Orient en ont acheté quelques exemplaires pour les utiliser sur des vols de "*VIP*" G.C.

Le conteneur d'avion nouvellement mis au point, maintenu par des sangles, se gonfle sous le souffle d'une bombe, mais il n'éclate pas.

British Aerospace Defence Royal Ordnance

FERTILISANT

Pourquoi la crème d'algue fait pousser les légumes



D.R.

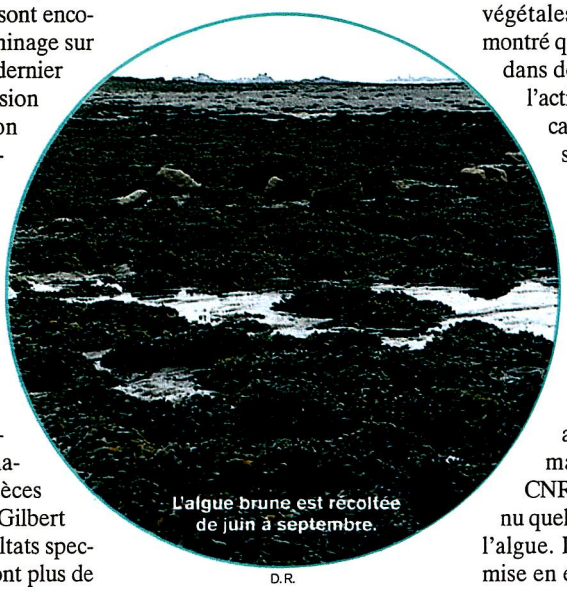
Cette superbe crème couleur "pois cassés" est une matière première pour l'agriculture, les cosmétiques et la diététique.

L'algue brune *Ascophyllum nodosum* stimule la croissance, le développement et la résistance des plantes. Ces effets tiennent d'abord au procédé original de fractionnement des algues fraîches, mis au point par Goëmar, une entreprise installée à Saint-Malo.

L'algue est lavée dès son arrivée pour éliminer le sable et le sel, puis congelée et stockée à –25 °C. Au fur et à mesure des besoins, elle est broyée à –50 °C dans une tour refroidie par de l'azote liquide, ce qui donne une poudre dont les particules mesurent de 100 à 250 µm de diamètre. Ces particules sont encore réduites par microlaminage sur des cylindres. Enfin, un dernier broyage sous haute pression et une homogénéisation donnent une superbe crème verte, la crème d'algue GA 14.

De nombreux témoignages accréditent les vertus fertilisantes de cette crème d'algue. Ainsi, à la coopérative Coopagri-Bretagne (Landerneau) – premier exportateur breton de légumes frais et transformateur d'une trentaine espèces de légumes différents –, Gilbert Cloarec énonce des résultats spectaculaires : les haricots font plus de fleurs, donc plus de filets, avec un pourcentage plus élevé d'extra-fins, les flageolets ont un meilleur rendement, les épinards sont plus riches en matière sèche, les artichauts ont des capitules plus gros, les petits pois et les pommes de terre primeur gagnent non seulement en rendement mais en précocité.

Pour Philippe Laroche, chef d'exploitation d'un verger de 45 hectares en Maine-et-Loire, la crème d'algue améliore le calibre et la fermeté du fruit, qui devient plus apte à résister aux onze manipulations qui conduisent de l'arbre à la table du consommateur... Pour la vigne, selon Denis Renaud, responsable d'approvisionnement à la cave d'Epernay-sur-Marne, la crème d'algue augmente de 0,4 degré le taux d'alcool des moûts, sans diminuer leur acidité. Les rendements augmentent aussi pour le blé, même sur les riches terres de la Beauce.



L'algue brune est récoltée de juin à septembre.

D.R.

La crème d'algue semble protéger contre les agressions, notamment des champignons, augmenter la résistance aux états de stress (gel, sécheresse, salinité...), améliorer l'absorption des éléments minéraux et le taux de germination des semences (tomates, chicorées, laitues, blé, luzerne...).

Comment expliquer ce mystère des algues ? Sans doute par l'action de courtes fractions de sucres, les oligosaccharides, dérivés soit d'un sucre de réserve abondant dans l'algue, la laminarine, soit d'autres sucres (polysaccharides) présents dans les parois cellulaires. Des tests effectués par le Centre de recherches sur les macromolécules végétales (CNRS, Grenoble) ont montré que la laminarine provoque dans des suspensions cellulaires l'activation d'enzymes (les glucanases et les amylases), qui sont impliquées dans les réactions de défense, de croissance et de développement des plantes.

Toutes les molécules porteuses d'un message aux cellules végétales pour qu'elles se multiplient, se différencient ou se défendent sont appelées "éliciteurs". Goëmar et le laboratoire du CNRS de Roscoff en ont obtenu quelques-uns par hydrolyse de l'algue. Leur activité biologique, mise en évidence sur des couches cellulaires minces de tabac (système modèle établi par Kiem Tran Than Van, au CNRS de Gif-sur-Yvette), a été confirmée en chambre de culture : une meilleure germination des semences, plus de tomates par plant, un calibre plus gros, un meilleur enracinement des laitues, des endives ou du blé. M.-L.M.

DES MARCHÉS À SAISIR

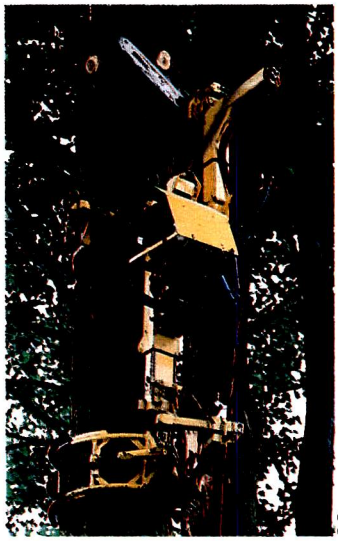
Les innovations et les techniques présentées ici ne sont pas encore exploitées sur le marché français. Il s'agit d'opportunités d'affaires, qui semblent "bonnes à saisir" pour les entreprises françaises. Comme l'ensemble des articles de Science & Vie, les informations que nous sélectionnons sont évidemment 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 robot pour élaguer

Quoi ? Le Monkey Cutter est un petit robot télécommandé qui grimpe aux arbres et les élague avec la tronçonneuse hydraulique – ou le sécateur – dont il est équipé. Il transforme un travail fastidieux et souvent dangereux en une activité quasiment ludique, simple, rapide et qui se fait en toute sécurité.

Comment ? L'engin monte le long du tronc à l'aide de deux jeux de pinces se déplaçant l'un par rapport à l'autre. Il est capable de se mouvoir autour du tronc et se manœuvre à distance grâce à un boîtier regroupant les commandes. Il fonctionne avec une pompe hydraulique montée sur la prise de force d'un tracteur, ou bien avec une centrale hydraulique mobile.

L'opérateur travaille au sol, en retrait, à l'abri des chutes de branches. Le robot s'oriente durant sa montée pour couper les branches au ras du tronc. Le Monkey Cutter remplace avantageusement les échelles, particulièrement dangereuses à utiliser avec une tronçonneuse tenue à bout de bras, ou les nacelles élévatrices qui ne peuvent s'installer n'importe où. L'appareil a été conçu par un propriétaire forestier afin que ce travail soit effectué sans peine et sans danger.


D.R.

Le Monkey Cutter intéresse le secteur forestier (l'élagage permet d'obtenir des billes de bois rentables dès l'abattage), les collectivités (élagage d'ornement), les loueurs de matériels, etc. Le principe du Monkey Cutter permet également des développements pour des robots grimpant le long de mats cylindriques, orientables sur 360° (travaux divers sur façades d'immeubles, travaux en hauteur dans des espaces réduits).

Pour qui ? L'inventeur cherche un industriel pour financer le projet et prendre en charge la fabrication, ainsi qu'un partenaire commercial.

Comment passer dans cette rubrique : *si vous avez conçu une innovation, adressez-en un descriptif à "Des marchés à saisir". 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.*

LAURIERS

Recherche appliquée en famille...

Le prix scientifique Philip Morris, dans la discipline "sciences de l'ingénieur", a été attribué à deux frères, des chercheurs qui ont dix ans d'écart mais une même passion pour la science, passion qui remonte à l'enfance. Docteur d'Etat, Marcel Poulain est professeur de chimie du solide à l'université de Rennes. Il travaille depuis 1973 au développement des verres fluorés avec son frère Michel. Ce dernier, ingénieur de recherche à l'université de Rennes également, après un doctorat en spectronomie en 1972, a découvert les premiers verres de fluorures et, dans les années suivantes, il a mis au point les feuilles de verres fluorés. Les films optiques en verres fluorés font aujourd'hui l'objet d'un nombre important d'applications médicales.

L'*Annuaire vert*

● La douzième édition de l'*Annuaire vert* paraîtra le 1er octobre. Vous pouvez y faire figurer votre entreprise gratuitement, dans la rubrique de votre choix (producteurs de produits naturels, laboratoires, centres de thalassothérapie...). Contact : OCEP éditions, tél. : 1 47 00 46 46.

TÉLÉCOMMUNICATIONS

Dix canaux de télévision sur une ligne téléphonique ?

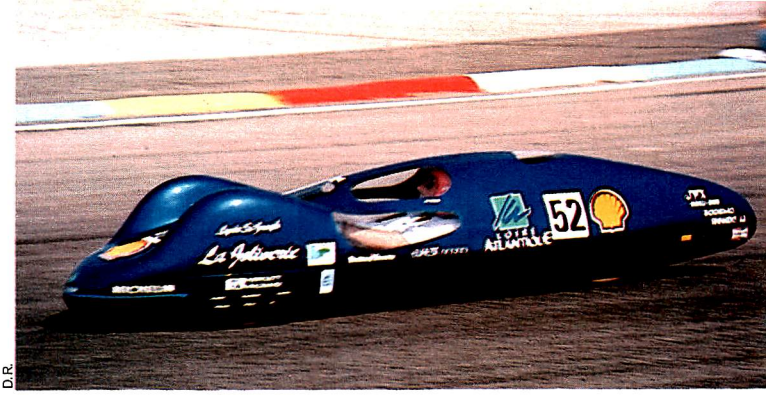
Ce serait étonnant... C'est pourtant ce qu'annoncent les dirigeants d'une jeune société d'électronique new-yorkaise spécialisée dans la compression numérique. Il y a là de quoi faire bien des sceptiques quand on connaît le débit moyen d'une ligne téléphonique. Il reste, rappelons-le, absolument ridicule par rapport à celui que nécessite la transmission de signaux de télévision.

Le scepticisme est à tempérer. En effet, il n'est pas question de faire transiter des programmes télévisés sur de longues distances par l'intermédiaire d'une multitude de centraux électroniques. Il s'agit, plus modestement, d'utiliser les câbles téléphoniques d'un point donné à un autre (à condition que la liaison soit directe) pour véhiculer des données numériques compressées. Dans de telles conditions, le débit peut être bien supérieur à celui du téléphone conventionnel, et, avec des algorithmes de compression particulièrement travaillés, il devient effectivement possible de transmettre de la vidéo.

La compression altérera sans doute le signal d'origine, mais la qualité d'image finale devrait valoir celle d'un magnétoscope VHS. Il s'agit donc essentiellement d'une diffusion destinée au grand public et non aux normes professionnelles.

Néanmoins, dans ce type de transmission, les lignes téléphoniques assurant une communication dans les deux directions, cela permet d'envisager des programmes réellement interactifs. Le téléspectateur utilise soit le clavier de son téléphone soit un boîtier spécialement conçu pour cet usage afin de "dialoguer" avec le diffuseur.

Toujours aux dires des concepteurs du système, les câbles téléphoniques comportant vingt-six lignes enterrées sous nos trottoirs pourraient véhiculer trente programmes télévisés interactifs simultanément. Un projet qui intéresse au plus haut point les responsables des grands réseaux américains tels que Bell Telephone ou Gulf & Western. H.-P.P. ■



D.R.

1 573,6 km avec un litre d'essence

● *Micro Joule*, véhicule présenté par les lycéens nantais de Saint-Joseph La Joliverie, a, une nouvelle fois, – c'est la huitième en dix ans ! – remporté le 10e Marathon Shell, en parcourant 1 573,6 km avec un litre d'essence, ce qui implique une consommation de 0,0635 litre aux 100 km. Cela représente une amélioration, par rapport à l'an dernier, de 16,2 km par litre. Mais d'autres records ont été battus à cette occasion. Par exemple, celui du nombre de participants, avec 95 partants (7 venus de pays étrangers), ou encore celui des véhicules dépassant la barre fatidique des 1 000 km (3, dont 1 Finlandais). Et celui de la progression au cours des années : les premiers vainqueurs du Marathon, il y a dix ans, l'équipe suisse Henry, avec 640,48 km/l, n'auraient été classés cette année... qu'à la 18e place !

SOCIÉTÉ

Les ingénieurs ont peur du chômage

Les ingénieurs ne sont plus aujourd'hui épargnés par la crise. Dans leurs rangs, le taux de chômage est passé en trois ans de 1 % à 4 %, jusqu'à atteindre 10 % pour les moins de 30 ans.

Et une enquête conduite par le CNIF, le Conseil national des ingénieurs français, révèle qu'un ingénieur sur cinq est préoccupé par l'insécurité de l'emploi...

Une autre étude, menée sur les diplômés des écoles d'ingénieurs, par le CEREQ, Centre d'études et de recherche sur les emplois et les qualifications, révèle que ces diplômés trouvent un poste plus facilement que les ingénieurs formés par la filière universitaire.

Alors que, en 1983, 45 % des ingénieurs qui avaient été interrogés déclaraient n'avoir aucune préoccupation majeure, ils ne sont plus que 10 % en 1993. Les jeunes diplômés se soucient de leurs perspectives de carrière, tandis que les ingénieurs "seniors" s'inquiètent de la stabilité de leur place.

● Ont collaboré à cette rubrique : Germain Chambost, Olivier Cadou, Marie-Laure Moinet, Henri-Pierre Penel, Pierre Rossion et Yann Werdefroy.

Par Renaud de La Taille

Les jumelles

Pour bien voir un tout petit moucheron sur un mur, on prend une loupe. Mais, pour observer un avion très haut dans le ciel, qui, à l'œil, n'est pourtant pas plus gros que le moucheron, la loupe ne convient plus, et il faut en mettre deux l'une derrière l'autre pour faire une lunette. Et, avec deux lunettes, on a des jumelles, qui permettent de voir le pilote dans l'avion.

Pendant des millénaires, l'homme n'a vu les objets que grandeur nature, et cette grandeur changeait avec la distance qui l'en séparait. La seule manière d'observer un détail consistait à raccourcir la distance entre l'œil et l'objet convoité. La chose n'était pas toujours possible, ce qui créait bien des énigmes : qui donc s'affairait là-bas à l'autre bout du champ ? Et qu'est-ce qu'il venait de ramasser par terre ? Le temps d'y aller voir et l'autre était bien sûr parti.

La distance constituait l'obstacle majeur entre l'observateur et le sujet étudié, qu'il s'agisse d'un oiseau perché sur un arbre, de la jeune voisine au balcon ou d'une étoile au ciel. D'ailleurs, même de près, les choses n'allaient pas tellement mieux, car la vision s'arrête, dans le meilleur des cas, à 8 cm de l'œil (pour un enfant de 7 ou 8 ans ayant de très bons yeux) : même à cette distance, on voit bien les pattes de la mouche, mais pas encore les griffes de ces pattes.

Les détails les plus fins, même à ras de l'œil, restaient invisibles. Et, quand on ne pouvait se rapprocher, c'étaient les traits les plus gros qui restaient indécelables : nulle figure n'est reconnaissable au-delà de 100 m. Il en fut ainsi jusqu'en 1600, date à laquelle des opticiens hollandais eurent l'idée de combiner une lentille convexe et une lentille concave pour en faire une longue-vue : pour la première fois, on pouvait grossir ce qui était loin.

En fait, les lentilles existaient déjà depuis l'Antiquité sous forme de morceaux de cristal taillés avec des faces bombées : un objet regardé à travers ce cristal apparaissait plus gros que nature, mais en général peu net et déformé, car les faces de cette loupe étaient bien loin d'avoir le profil sphérique voulu. Plus tard, à partir de 1300, on commença à savoir façonner le verre avec plus de précision, et à faire des lentilles pour corriger la vue.

En 1600, la loupe était donc connue, mais les lois de l'optique ne l'étaient pas (Descartes ne les établira que trente ans plus tard) : c'est donc tout à fait par hasard que des lunetiers hollandais mirent deux lentilles au bout d'un tube et découvrirent la lunette grossissante que Galilée allait rendre célèbre et que Kepler allait grandement améliorer par la suite. C'est d'ailleurs à partir de ce moment que l'on commença à comprendre pourquoi la loupe, en fait, un verre convexe, pouvait grossir un objet proche mais pas un objet lointain, alors qu'un verre concave diminue tout, aussi bien la page du livre qu'on a sous les yeux que les maisons de l'autre côté du fleuve.

Cela tient à une grandeur propre à toute lentille et qui s'appelle la distance focale. Celle-ci, dans le cas d'une loupe – ou de

Près, la loupe grossit, loin, elle réduit

A courte distance d'un texte, une loupe le grossit ; à grande distance d'un sujet, elle en donne une image réduite et inversée. Celle-ci sera étudiée avec une seconde loupe pour voir le sujet lointain agrandi.

toute autre lentille convergente – est facile à mettre en évidence : c'est la distance à laquelle se forme l'image d'un objet à l'infini. En pratique, on prend le Soleil comme objet à l'infini, une feuille de papier comme écran, et, tenant le papier de la main gauche et la loupe de la main droite, on cherche l'écart entre verre et papier pour que le Soleil donne le plus petit point possible.

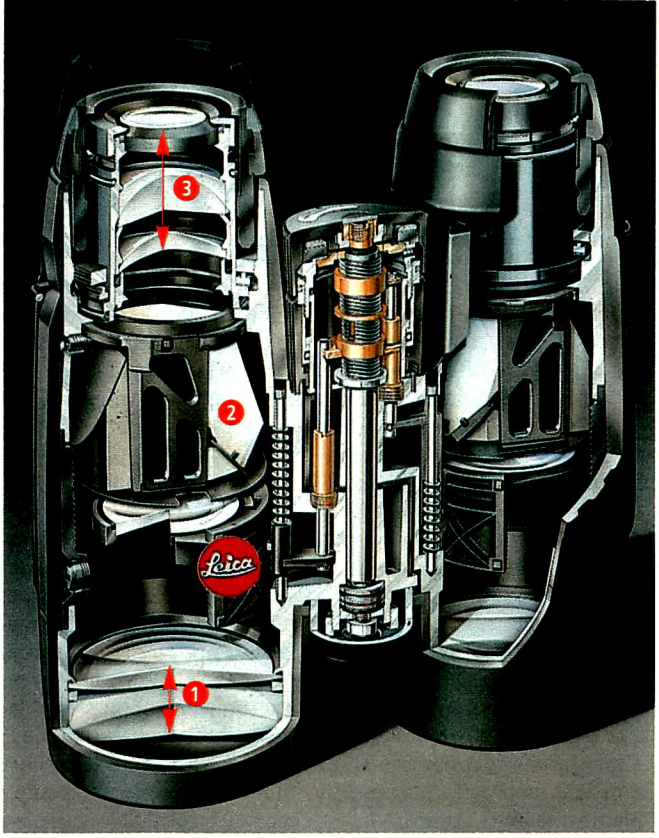
C'est là une expérience que tout le monde a faite, et, d'ailleurs, on sait que le papier commence à fumer ou à brûler quand on a obtenu une image quasiment ponctuelle – en fait, une image nette. Le point obtenu est d'ailleurs éblouissant, et la distance qui le sépare du verre de la lentille est la distance focale. Sa valeur est constante quel que soit l'objet choisi, le Soleil, la Lune, ou même un lampadaire éloigné. La distance focale est un invariant caractéristique d'une lentille donnée.

Si on tente de reprendre la même expérience avec une lentille concave, on constate qu'on n'obtient jamais une image ponctuelle sur le papier : en effet, dans le cas d'une lentille divergente, l'image ne se forme pas de l'autre côté du verre par rapport au Soleil, mais du même côté. On parle alors d'image virtuelle, mais sa distance au verre est encore la distance focale. Qui plus est, quelle que soit l'écart entre l'objet et la lentille concave, l'image reste toujours virtuelle : qu'on pose cette lentille divergente sur une page de ce journal ou qu'on regarde une lointaine colline à travers, l'image reste de toute façon derrière le verre par rapport à l'œil.

Cela explique qu'un verre concave réduise toujours ce qu'on regarde au travers : tout faisceau lumineux émanant d'un point quelconque d'un objet affecte la forme d'un cône qui s'élargit vers l'observateur ; or, en passant à travers une lentille concave, ce faisceau s'évase encore plus. Mais un faisceau qui arriverait en se rétrécissant sur cette même lentille concave peut en sortir en se rétrécissant moins, auquel cas, la lentille divergente donne de cet objet virtuel (ainsi nommé puisque le faisceau convergent ne s'est pas encore rétréci totalement pour donner un point image réel) une image réelle agrandie.

En contrepartie, une lentille convexe peut aussi bien donner une image réelle, comme dans l'expérience destinée à mesurer sa focale, qu'une image virtuelle. Pour commencer, on vérifie comme nous l'avons dit qu'un verre convergent peut donner d'un objet réel une image réelle, c'est-à-dire qu'on peut la faire apparaître sur un écran. Nous avions pris comme objet le Soleil, mais on peut aussi bien rester tranquillement chez soi et former sur un papier l'image de la fenêtre ou de la lampe de chevet – mais, l'objet n'étant plus à l'infini, l'écart entre le verre et le papier n'est plus la distance focale, il lui est un peu supérieur.

Inversement, si on place une petite ampoule à la place du papier, là où était l'image de la lampe, on voit se former sur le mur en face une image agrandie de cette ampoule : le phénomène est réversible. Si on rapproche l'ampoule de la lentille, l'image s'agrandit mais s'éloigne : il faut pousser le mur. Quand l'ampoule arrive au point focal, l'image est à la fois infiniment grande et infiniment loin. Si on continue à



D.R.

Principe simple, mais réalité complexe

Sur cet "écorché" de jumelles, on retrouve, en bas, la loupe 1, qui donne une image inversée du sujet observé. Cette image est remise droite par le prisme en toit 2, puis observée avec une seconde loupe puissante : l'oculaire 3. Mais, pour avoir une bonne qualité optique, objectif et oculaire sont faits chacun de plusieurs lentilles.

tille, l'image ne se forme plus au-delà du verre côté mur, mais en deçà, côté ampoule.

On retombe dans le cas d'une image virtuelle comme avec une lentille divergente, une image qu'on ne peut donc former sur un écran mais qu'on regarde à travers le verre, et qui est cette fois agrandie : la lentille fonctionne en loupe. Mais, si l'image est agrandie, elle n'est pas rapprochée comme on le croit souvent, mais, au contraire, éloignée : on a le meilleur agrandissement quand cette image virtuelle est rejetée à l'infini. L'effet de grossissement est dû à ce qu'on voit l'objet sous un angle plus large, comme si on s'en était rapproché (alors qu'en réalité c'est le contraire).

Il suffit pour s'en convaincre de poser une loupe sur une feuille imprimée : le texte n'a pratiquement pas changé de grandeur. A bout de bras, donc en restant loin, et de la feuille, et du verre, on soulève peu à peu la loupe ; l'angle d'observation, qui est délimité par le pourtour de la lentille, change peu, et sous ce même angle on voit de moins en moins de lignes ou de lettres, qui, du coup, apparaissent de plus en plus grosses.

On vérifie aussi qu'un verre convergent grossit d'autant mieux que sa focale est plus courte, l'agrandissement maximal étant atteint quand l'objet étudié est au foyer de la lentille. Autrement dit, une lentille est d'autant plus intéressante comme loupe que ses faces sont fortement bombées, ce qui entraîne une focale courte. Et, comme on ne peut grossir un objet placé au-delà de la focale, une loupe ne peut pas servir à grossir un objet lointain.

En ce cas, nous l'avons vu, l'image devient réelle et se forme de l'autre côté du verre. On peut s'en assurer comme indiqué plus haut, en mettant un écran pour avoir cette image sur papier ou directement en tenant la lentille à bout de bras, loin de l'œil : on voit alors dans le cercle délimité par le verre une petite image renversée du paysage observé. Mais, cette petite image, on peut très bien l'observer à son tour à la loupe, comme on observe une diapositive au compte-fils : on verra alors le paysage agrandi. Tel est le principe des lunettes astronomiques, des longues-vues et des jumelles.

Pour être juste, on peut aussi mettre sur le trajet des rayons qui vont former la petite image une lentille divergente qui, elle aussi, va assurer le grossissement. Ce fut le premier schéma découvert par les Hollandais vers 1600 et exploité par Galilée ; mais cette lunette manquait de champ et de clarté. Par la suite, Kepler montra qu'il y avait tout intérêt à utiliser une loupe convergente habituelle comme oculaire. Dans les deux cas, le grossissement du montage optique est égal au quotient de la focale de l'objectif par la focale de l'oculaire.

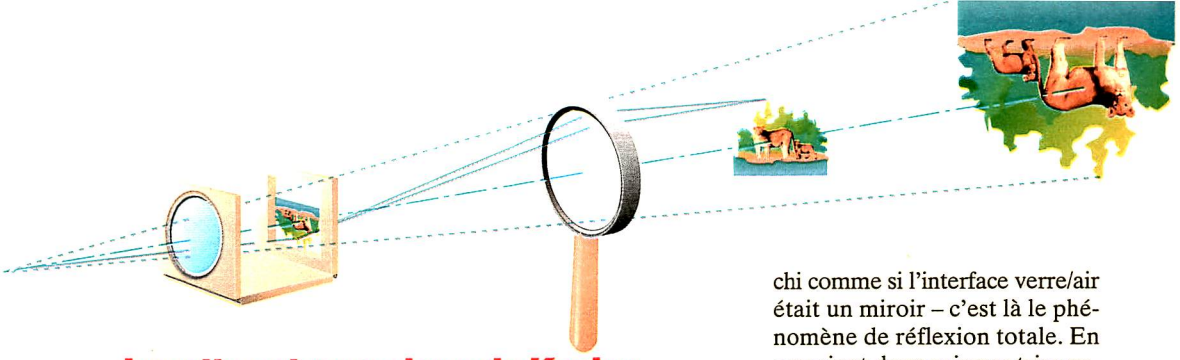
La formule de Kepler avait, en revanche, un inconvénient pour l'observation terrestre : l'image est inversée de droite à gauche et de haut en bas. Cela tient à la marche des rayons lumineux à travers une lentille convergente : quand l'objet est au-delà de la distance focale, l'image réelle qui se forme est inversée. Nous l'avons vu, plus l'objet est proche du foyer, plus l'image s'éloigne ; à hauteur du foyer, elle part à $+\infty$ puis change brusquement de côté et d'orientation pour aller à $-\infty$ et devenir virtuelle, mais dans le bon sens – une loupe n'inverse pas.

La lunette utilisant les deux processus – image réelle inversée et observation de cette image au compte-fils –, on voit le paysage à l'envers. Ce n'est pas gênant en astronomie, mais c'est un lourd inconvénient pour l'observation terrestre – bien que le grossissement des lunettes astronomiques soit énorme, s'en servir pour voir de près ce qui se passe derrière les fenêtres de l'immeuble en face est aussi déroutant que de regarder un film sur *CANAL+* sans décodeur.

Redresser l'image ne pose guère de difficultés théoriques. La première solution a consisté à intercaler une troisième lentille convergente entre les deux autres : elle prend comme objet l'image inversée donnée par l'objectif et en donne une seconde image réelle, encore inversée par rapport à la première, de même taille ou plus grande ; c'est cette image, deux fois inversée, donc dans le bon sens,

Ce verre qui réduit presque toujours

Une lentille divergente donne d'un objet réel, qu'il soit proche ou lointain, une image "modèle réduit", toujours dans le bon sens. Mais, placée derrière une loupe sur le trajet des rayons convergents, elle peut agrandir et remettre à l'endroit l'image inversée donnée par cette loupe. C'est le principe de la lunette de Galilée.



Lunette astronomique de Kepler

La loupe donne du lion qui est loin de l'observateur (prudence...) une image inversée qu'on va observer au compte-fils. On le verra donc agrandi, mais à l'envers, chose qui n'a aucune importance pour l'observation des étoiles – qui n'ont ni haut ni bas.

qui sera examinée par l'oculaire. Ce procédé simple a l'inconvénient de prendre de la place en longueur ; monté autrefois sur les longues-vues, il n'est plus utilisé aujourd'hui.

On lui préfère de beaucoup, pour des raisons d'encombrement et de rigidité, le redressement de l'image par des prismes, dont on se sert ici comme miroirs : quand on pose une glace droit devant soi sur une feuille imprimée, on y voit le texte à l'envers dans le sens de la hauteur ; si on la pose de côté, le texte est inversé droite/gauche. Un jeu de miroirs convenablement disposés peut donc retourner complètement une image.

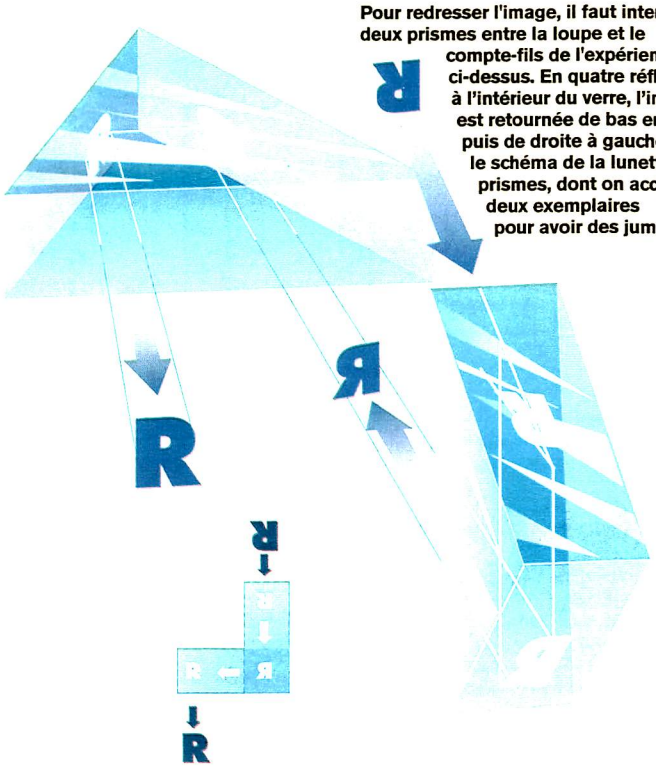
Les miroirs ayant l'inconvénient de ternir, on se sert plutôt du phénomène de réflexion totale à l'intérieur d'un prisme : quand un rayon lumineux chemine dans un bloc de verre et rencontre une face polie, il ne sort du verre que si son angle d'incidence avec la perpendiculaire en ce point est inférieur à 40° ; au-delà, il est réfléchi comme si l'interface verre/air était un miroir – c'est là le phénomène de réflexion totale. En associant deux prismes triangulaires (triangle rectangle isocèle) comme on le voit sur notre dessin, on peut donc retourner complètement l'image inversée donnée par l'objectif d'une lunette et l'observer dans le bon sens.

Ce dispositif redresseur à deux prismes rectangulaires (dits prismes de Porro), qui a l'avantage de replier deux fois le faisceau issu de l'objectif, donc de réduire la longueur de l'instrument, est d'usage général sur quantité de lunettes terrestres et de jumelles – comme il est plus commode d'observer avec les deux yeux, on accole deux lunettes identiques pour avoir des jumelles (et non une paire de jumelles, qui compterait quatre lunettes). On peut aussi remplacer les deux prismes rectangulaires par un seul prisme en toit, dit prisme d'Amici – et non, mauvaise traduction de l'allemand, prisme de Dach, le mot *"Dach"* voulant tout bonnement dire "toit".

Ce prisme en toit est plus difficile à tailler, mais il donne des jumelles plus compactes en largeur et qu'on appelle souvent jumelles en H pour leur dessin. C'est donc une formule plus coûteuse que celle des prismes simples, mais, du point de vue du rendement optique, les deux sont égales. Utiliser une lunette consiste essentiellement à regarder avec une petite loupe très grossissante l'image donnée par une grosse loupe peu grossissante ; les jumelles ne font qu'y ajouter un système optique redresseur avec des prismes à réflexion totale. ■

Prismes redresseurs

Pour redresser l'image, il faut interposer deux prismes entre la loupe et le compte-fils de l'expérience ci-dessus. En quatre réflexions à l'intérieur du verre, l'image est retournée de bas en haut puis de droite à gauche. Tel est le schéma de la lunette à prismes, dont on accouple deux exemplaires pour avoir des jumelles.



LE MOIS PROCHAIN :
La réfrigération

Par Henri-Pierre Penel

Fabriquons un interphone

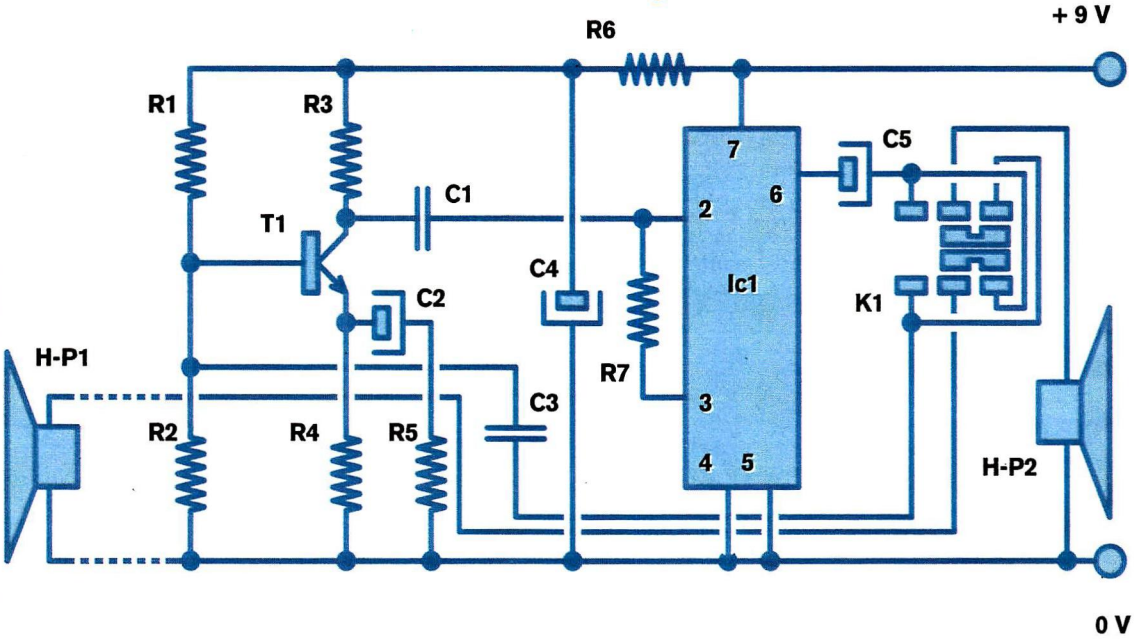
Ce mois-ci encore, nous vous proposons un montage très simple, bon marché et tout particulièrement destiné aux débutants. Il s'agit d'un interphone. Néanmoins, malgré ses apparences modestes, ce petit montage est en mesure de rendre des services tout à fait honorables, par exemple, en tant que portier. Cela dit, passons à l'étude de son principe de fonctionnement.

Comme tout appareil de ce type, il fonctionne en mode "alternat", c'est-à-dire qu'il n'est pas possible de parler tout en écoutant son correspondant. Un inverseur permet de sélectionner le sens de la communication. Sur le plan de l'électronique, cela nous simplifie grandement les choses. D'une part, grâce à la réversibilité des haut-parleurs, il devient possible de les utiliser également en tant que micro. D'autre part, l'alternat résout les problèmes d'effet larsen, puisque chaque "poste" est monodirectionnel.

Notre montage se résume donc à un amplificateur sur lequel il est possible d'inverser entrée et sortie. Comme les signaux électriques issus du haut-parleur sont d'une tension très faible lorsque celui-ci est utilisé en tant que micro, il nous faut commencer par le préamplifier. Le circuit intégré que nous utilisons en tant qu'amplificateur principal ne possède pas un gain en tension suffisant pour assurer à l'interphone une bonne sensibilité. Cet étage de préamplification est réalisé à l'aide d'un transistor.

Globalement, ce dernier permet de multiplier l'amplitude du

Schéma électrique



NOMENCLATURE

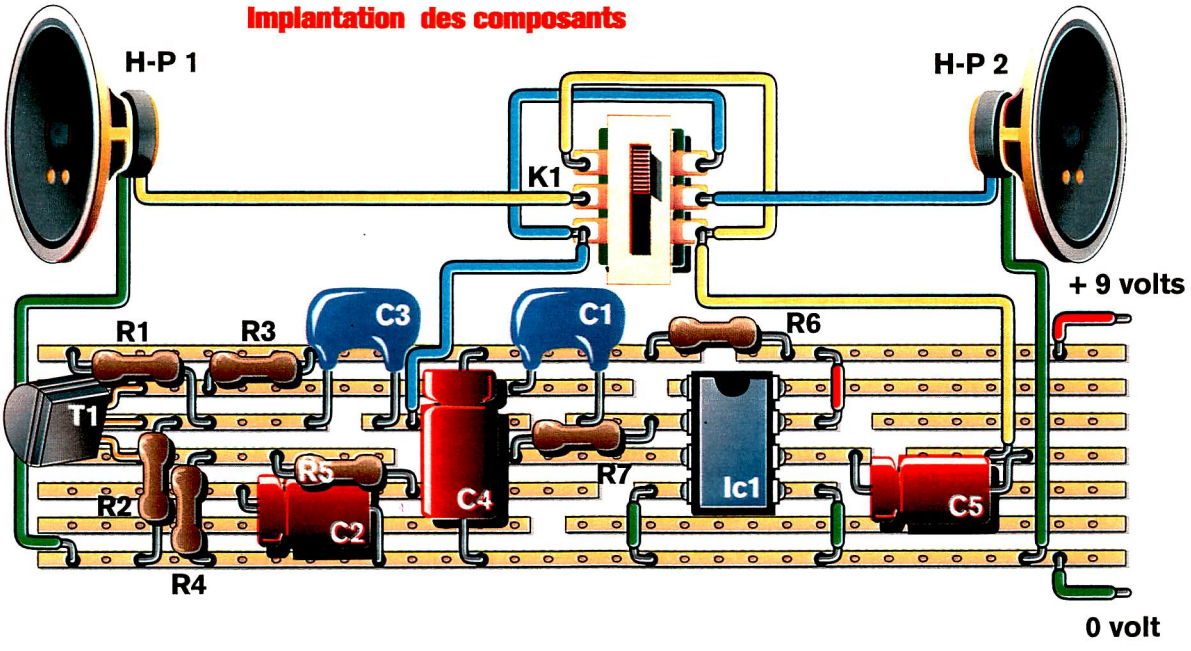
R1 = 47 kilohms	(jaune, violet, orange, or)
R2 = 10 kilohms	(brun, noir, orange, or)
R3 = 47 kilohms	(jaune, violet, orange, or)
R4 = 10 kilohms	(brun, noir, orange, or)
R5 = 470 ohms	(jaune, violet, brun, or)
R6 = 470 ohms	(jaune, violet, brun, or)
R7 = 470 kilohms	(jaune, violet, jaune, or)
K1= inverseur à glissière	
C1 = 100 nanofarads	
C2 = 4,7 microfarads 12 volts	
C3 = 100 nanofarads	
C4 = 100 microfarads 12 volts	
C5 = 220 microfarads 12 volts	
T1 = 2N 3904 ou équivalent	
IC1 = LM 380	
H-P 1 = haut-parleur 50 ohms	
H-P 2 = haut-parleur 50 ohms	

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-Arpents, 95130 Franconville. Tél. : 1 34 13 37 52.
- URS MEYER ELECTRONIC, 2052 Fontainemelon, Suisse.

Disponibles chez la plupart des revendeurs régionaux.

Implantation des composants



signal par un facteur important. Cette première amplification réalisée, le signal est appliqué à l'entrée du circuit intégré.

Celui-ci, du type LM 380, est un petit amplificateur à lui seul. Certes, sa puissance est modeste, puisqu'elle n'excède pas 1 watt, mais elle est largement suffisante dans notre montage. Notons que nous avons retenu ce composant pour sa grande simplicité de câblage. En effet, le nombre de composants à lui adjoindre pour assurer son fonctionnement est très réduit.

Pour terminer, un inverseur à glissière permet de commander l'alternat. Par le jeu de ses contacts, il place chaque haut-parleur soit en entrée soit en sortie du montage, ce qui explique d'ailleurs le câblage croisé des fils.

La réalisation pratique de cet interphone ne doit pas poser de problème particulier. Il faudra cependant prendre soin de bien couper l'ensemble des bandes conductrices de la plaquette aux emplacements mentionnés ainsi que sous le circuit intégré. Il faut également veiller à respecter le brochage de ce dernier, tout comme celui du transistor, et bien contrôler la polarité des condensateurs chimiques.

Pour réaliser la liaison entre le haut-parleur faisant office de poste secondaire et le montage principal, du fil ordinaire peut être utilisé. Nous vous déconseillons, cependant, d'utiliser un fil trop long. Au-delà d'une trentaine de mètres, les atténuations sont importantes et risquent de compromettre le bon fonctionnement de l'interphone.

Pour l'alimentation de notre interphone, nous avons utilisé une simple pile 9 volts. Celle-ci lui confère une autonomie largement suffisante en utilisation "normale". De plus, les coupleurs du type "bouton-pression" qu'utilisent ces piles possèdent l'avantage d'être bien repérés en ce qui concerne la polarité d'alimentation. Un fil rouge indique le + 9 volts. Le pôle négatif de la pile, quant à lui, est le plus souvent repéré par un fil noir ou bleu.

Néanmoins, il est parfaitement possible de l'alimenter à l'aide d'un petit adaptateur secteur. Ce dernier devra délivrer 9 volts sous 300 milliampères au moins. Notons que les adaptateurs bon marché ont tendance à introduire un léger ronflement dans le haut-parleur. Cependant, en raison de la qualité globalement médiocre du son, cela n'a que peu d'importance.

Enfin, dans le cas de l'utilisation d'un adaptateur, il faut veiller à respecter la polarité d'alimentation du montage. Toute inversion serait, en effet, fatale au circuit intégré... ■

36 15
SCV
Envoyez-nous vos idées (rubrique "courrier").

LE MOIS PROCHAIN :
Un interrupteur "clap"

Par Henri-Pierre Penel

Le mot caché

Nous vous proposons, ce mois-ci, un petit programme écrit en Q-Basic adaptable au GW Basic. Le but de ce jeu est de découvrir un mot dont seul le nombre de lettres est affiché à l'écran, sous la forme d'une succession de points.

Précisons que, afin que sa frappe soit simple, ce logiciel exploite, en tant que base de données, le dictionnaire créé par notre jeu de "cadavres exquis" (voir *Science & Vie* n° 918, p. 138). Afin qu'il puisse accéder au dictionnaire, deux solutions sont possibles. La première consiste à en effectuer une copie sur la disquette A. Le programme est conçu pour questionner cette dernière. La seconde est la modification de la ligne 9010. Pour cela, il faut remplacer "A : CADEX.DIC" par la structure suivante : "Dx :\ Rp\CADEX.DIC", où Dx correspond au disque et Rp au nom du répertoire.

Voyons donc l'écriture de ce programme. En premier lieu, une série de tableaux de mémorisation sont créés. Ils reçoivent le contenu du dictionnaire lors de la lecture de celui-ci. Cette opération est prise en charge par la sous-routine occupant les lignes 9000 à 9030 du programme. Ensuite, un mot est tiré au hasard puis mémorisé dans le tableau MT$. C'est sur ce dernier que travaille tout le reste du programme. Pour éviter de piocher une case "vide" du dictionnaire, son contenu est vérifié.

De plus, dans le dictionnaire CADEX, les mots sont présentés sous la forme d'une chaîne de caractères. Il faut séparer les caractère avant de les mémoriser dans le tableau MT$, afin de pouvoir, par la suite, effectuer un contrôle lettre par lettre. La sous-routine logée des lignes 5000 à 5500 se charge de ces tâches.

Une fois le mot tiré et rangé sous forme de lettres accessibles une par une, le jeu commence. Les touches frappées sont prises en compte. Notons que l'instruction UCASE$ "verrouille" le clavier en majuscules. Après chaque frappe, un contrôle est effectué pour vérifier si la lettre tapée fait partie, ou non, du mot à découvrir. Ce contrôle, ainsi que l'affichage des lettres découvertes, est assuré par la sous-routine des lignes 200 à 2030.

Enfin, de l'aide est prévue. En

```
1 REM  ************************************
2 REM *  ATTENTION ! En GW Basic, supprimer  *
3 REM *      les instructions UCASE$ et      *
4 REM *         la ligne 510. Merci.         *
5 REM  ************************************
10 SCREEN 8: COLOR 15: CLS : RANDOMIZE TIMER
11 REM  ************************************
12 REM *                                    *
13 REM *  Création tableaux de mémorisation  *
14 REM *                                    *
15 REM  ************************************
100 DIM NMS$(100):DIM NFS$(100):DIM NMP$(100):DIM NFP$(100)
110 DIM AMS$(100):DIM AFS$(100):DIM AMP$(100):DIM AFP$(100)
120 DIM VS$(100): DIM VP$(100): DIM MT$(30)
131 REM  ************************************
132 REM *                                    *
133 REM *       Ecran de début de jeu        *
134 REM *                                    *
135 REM  ************************************
150 LOCATE 10, 15: PRINT "Bonjour ! Binevenue sur
    LE MOT CACHE."
160 LOCATE 14, 10: COLOR 12: PRINT "ATTENTION ! J'utilise
    le même dictionnaire que CADEX."
170 LOCATE 16, 8: COLOR 14: PRINT "Veillez a en faire
    une copie sur la disquette 'A' .Merci."
180 LOCATE 18,20:COLOR 10: PRINT "tapez une touche S.V.P.":
    COLOR 15
190 IF INKEY$ = "" THEN GOTO 190
200 GOSUB 9000
231 REM  ************************************
232 REM *.                                  *
233 REM *      Tirage aléatoire du mot       *
234 REM *                                    *
235 REM  ************************************
300 FOR I = 1 TO 30: MT$(I) = "": NEXT I
310 MTT = INT(RND * 10) + 1: GOSUB 5000
320 DRM = 0: MTC$ = "": Z = 0: TYMT = 0: LJ$ = ""
330 LTR = 0: LGM = 1: LE = 0
400 CLS : COLOR 14: LOCATE 5, 20: PRINT "J'ai tiré un mot,
    a vous de jouer.": COLOR 15
410 FOR I = 1 TO 30
420 LOCATE 10, I + 20
430 IF MT$(I) <> "" THEN PRINT ".": LGM = I
440 NEXT I
491 REM  ************************************
492 REM *                                    *
493 REM *  Début du jeu et entrée des touches *
494 REM *                                    *
495 REM  ************************************
500 K$ = UCASE$(INKEY$): IF K$ = "" THEN GOTO 500
510 IF ASC(K$) < 65 OR ASC(K$) > 90 THEN GOTO 500
520 LE = LE + 1: GOSUB 2000
530 IF LE = 10 THEN GOSUB 3000
540 IF LTR < LGM THEN GOTO 500
550 LOCATE 17, 10: PRINT "Bravo! Vous avez trouvé en"; LE;
    "tentatives."
555 LOCATE19,10:PRINT"Pour un mot comportant";LGM;"lettres.'
560 LOCATE21,10:PRINT "Pour un autre mot, taper '*' Merci."
570 K$ = INKEY$: IF K$ <> "*" THEN GOTO 570
600 GOTO 300
631 REM  ************************************
632 REM *                                    *
633 REM *     Affichage lettre découverte.   *
634 REM *                                    *
635 REM  ************************************
2000 FOR I = 1 TO 30
2010 LOCATE 10, I + 20
2020 IF UCASE$(MT$(I))=K$ THEN PRINT K$:LTR= LTR+1:MT$(I)="'
2030 NEXT I: RETURN
2131 REM  ************************************
2132 REM *                                    *
2133 REM *        Sous-routine d'aide         *
2134 REM *                                    *
2135 REM  ************************************
3000 LOCATE 15, 10: PRINT CHR$(7)
3100 IF MTT= 1 THEN TXTA$= "un nom masculin singulier."
3110 IF MTT= 2 THEN TXTA$= "un nom féminin singulier."
3120 IF MTT= 3 THEN TXTA$= "un nom masuclin pluriel."
```

effet, si le mot n'est pas découvert à l'issue de dix tentatives, la machine vous indique s'il s'agit d'un nom, d'un adjectif ou d'un verbe et vous informe de son genre et de son nombre.

Une dernière sous-routine, logée des lignes 10000 à 10030, est utilisée pour vous avertir si la tentative de chargement du dictionnaire s'est soldée par un échec. Si une copie du dictionnaire est sur la disquette A, ce message d'erreur ne doit jamais apparaître à l'écran. En revanche, si vous avez modifié la ligne 9010, il permet de vérifier que le dictionnaire a bien été trouvé.

Pour terminer, en ce qui concerne la frappe du programme, nous avons numéroté l'ensemble des lignes afin de simplifier son adaptation au GW Basic. Précisons immédiatement que cette numérotation ne gêne en rien son exécution directe sous Q-Basic. Néanmoins, vous pouvez ne conserver que les numéros des lignes auxquelles l'ordinateur se rend à la suite d'un test IF... THEN, d'un GOSUB ou d'un GOTO. Signalons, au passage, qu'un petit utilitaire, baptisé REMLINE.BAS et disponible dans le DOS, peut exécuter automatiquement cette opération.

L'utilisation de ce programme est des plus simples. Dès que l'exécution est lancée, un message d'avertissement apparaît à l'écran. Il concerne le dictionnaire Cadex. La frappe d'une touche permet de sortir de cette page de mise en garde. Le dictionnaire est alors chargé en mémoire. L'ordinateur indique le bon déroulement de cette opération sous forme d'un pourcentage de chargement.

36 15 SCV
Téléchargez nos logiciels.

Lorsque les 100 % sont atteints, l'écran de chargement est remplacé par l'écran de jeu. Pour chaque lettre frappée, le programme la met, ou non, en place sur la série de points indiquant la longueur du mot. Si ce dernier n'est pas découvert à l'issue de la frappe de dix lettres, un message d'aide apparaît. Enfin, une fois le mot trouvé, la machine précisera en combien de coups la solution a été trouvée. Alors, bonne chasse au mot ! ■

LE MOIS PROCHAIN :
Mots mêlés

```
0 IF MTT= 4 THEN TXTA$= "un nom féminin pluriel."
0 IF MTT= 5 THEN TXTA$= "un adjectif masculin singulier."
0 IF MTT= 6 THEN TXTA$= "un adjectif féminin singulier."
0 IF MTT= 7 THEN TXTA$= "un adjectif masculin pluriel."
0 IF MTT= 8 THEN TXTA$= "un adjectif féminin pluriel."
0 IF MTT= 9 THEN TXTA$= "un verbe à la troisième personne
  du singulier."
0 IF MT = 10 THEN TXTA$= "un verbe à la troisième
  personne du plurier."
0 LOCATE 15,5:PRINT "Je vous aide : Il s'agit d'"; TXTA$
0 RETURN
1 REM  ************************************
2 REM *                                    *
3 REM *  Vérification contenu dictionnaire.  *
4 REM *                                    *
5 REM  ************************************
0 FOR L = 1 TO 100
0 IF NMS$(I) <> "" AND MTT = 1 THEN DRM = L
0 IF NFS$(I) <> "" AND MTT = 2 THEN DRM = L
0 IF NMP$(I) <> "" AND MTT = 3 THEN DRM = L
0 IF NFP$(I) <> "" AND MTT = 4 THEN DRM = L
0 IF AMS$(I) <> "" AND MTT = 5 THEN DRM = L
0 IF AFS$(I) <> "" AND MTT = 6 THEN DRM = L
0 IF AMP$(I) <> "" AND MTT = 7 THEN DRM = L
0 IF AFP$(I) <> "" AND MTT = 8 THEN DRM = L
0 IF VS$(I) <> "" AND MTT = 9 THEN DRM = L
0 IF VP$(I) <> "" AND MTT = 10 THEN DRM = L
0 NEXT L
0 Z = INT(RND * DRM) + 1: TYMT = Z
0 FOR I = 1 TO 30
0 IF MTT = 1 THEN MT$(I) = MID$(NMS$(Z), I, 1)
0 IF MTT = 2 THEN MT$(I) = MID$(NFS$(Z), I, 1)
0 IF MTT = 3 THEN MT$(I) = MID$(NMP$(Z), I, 1)
0 IF MTT = 4 THEN MT$(I) = MID$(NFP$(Z), I, 1)
0 IF MTT = 5 THEN MT$(I) = MID$(AMS$(Z), I, 1)
0 IF MTT = 6 THEN MT$(I) = MID$(AFS$(Z), I, 1)
0 IF MTT = 7 THEN MT$(I) = MID$(AMP$(Z), I, 1)
0 IF MTT = 8 THEN MT$(I) = MID$(AFP$(Z), I, 1)
0 IF MTT = 9 THEN MT$(I) = MID$(VS$(Z), I, 1)
5400 IF MTT = 10 THEN MT$(I) = MID$(VP$(Z), I, 1)
5410 NEXT I
5500 RETURN
8201 REM  ************************************
8202 REM *                                    *
8203 REM *     Chargement du dictionnaire     *
8204 REM *                                    *
8205 REM  ************************************
9000 CLS : LOCATE 10, 20: PRINT "Chargement du
     dictionnaire en cours."
9005 LOCATE 12, 30: PRINT "0 %"
9010  ON ERROR GOTO 10000: OPEN "I", #1, "A:CADEX.DIC"
9020 FOR I = 1 TO 100: INPUT #1, NMS$(I): NEXT I:
     LOCATE 12,30:PRINT "10 %"
9021 FOR I = 1 TO 100: INPUT #1, NMP$(I): NEXT I:
     LOCATE 12, 30: PRINT "20 %"
9022 FOR I = 1 TO 100: INPUT #1, NFS$(I): NEXT I:
     LOCATE 12, 30: PRINT "30 %"
9023 FOR I = 1 TO 100: INPUT #1, NFP$(I): NEXT I:
     LOCATE 12, 30: PRINT "40 %"
9024 FOR I = 1 TO 100: INPUT #1, AMS$(I): NEXT I:
     LOCATE 12, 30: PRINT "50 %"
9025 FOR I = 1 TO 100: INPUT #1, AFS$(I): NEXT I:
     LOCATE 12, 30: PRINT "60 %"
9026 FOR I = 1 TO 100: INPUT #1, AMP$(I): NEXT I:
     LOCATE 12, 30: PRINT "70 %"
9027 FOR I = 1 TO 100: INPUT #1, AFP$(I): NEXT I:
     LOCATE 12, 30: PRINT "80 %"
9028 FOR I = 1 TO 100: INPUT #1, VS$(I): NEXT I:
     LOCATE 12, 30: PRINT "90 %"
9029 FOR I = 1 TO 100: INPUT #1, VP$(I): NEXT I:
     LOCATE 12, 30: PRINT "100 %"
9030 CLOSE #1: RETURN
10000 CLS : COLOR 12
10010 LOCATE 18, 20: PRINT "JE N'AI PAS TROUVE
      LE DICTIONNAIRE CADEX !"
10020 LOCATE 20, 16: PRINT "Vérifiez qu'il est bien
      présent sur la disquette A."
10030 END
```

Par Didier Pol

L'invention de la médecine expérimentale

Lorsque, en 1834, Claude Bernard (alors âgé de 21 ans) quitta son village pour Paris, il était plus attiré par la littérature et le théâtre que par les sciences. Il avait d'ailleurs déjà écrit un vaudeville et une tragédie...

A Paris, toutefois, l'écrivain et critique Saint-Marc Girardin lui conseille vivement de commencer par apprendre un métier pour pouvoir survivre tout en continuant à écrire. Ce sera la médecine. Après des études peu brillantes, il réussit l'internat (vingt-sixième sur vingt-neuf !) et, ayant échoué à l'agrégation, devient préparateur au Collège de France. Il se découvre alors une passion pour la physiologie expérimentale, vraisemblablement sous l'influence de son célèbre patron, F. Magendie, l'un des plus importants physiologistes de son temps, farouche partisan de la vivisection. Il lui succède en 1855, et on peut encore voir aujourd'hui le laboratoire de C. Bernard au Collège de France, à l'angle de la rue Saint-Jacques et de la rue des Ecoles.

Dix ans de recherches en physiologie, qui lui valurent de nombreux prix scientifiques et la création d'une chaire de physiologie générale en Sorbonne, le rendirent célèbre. Il collectionna tous les honneurs, devint sénateur et membre de l'Académie française. Il mourut en 1878 et fait partie de ces pères fondateurs ayant profondément marqué l'évolution de la science.

Les contributions scientifiques de Claude Bernard sont nombreuses et souvent fondamentales. Il étudia les enzymes des sucs digestifs, le foie, le système nerveux, le sang, l'action de diverses drogues, la production de chaleur, etc. La plupart de ses recherches et de ses leçons au Collège de France et à la faculté des Sciences ont été publiées et représenteraient, au bas mot, deux bons mètres de rayonnages ! Parmi ces travaux, la codification de la méthode expérimentale en biologie et les notions de métabolisme intermédiaire et de milieu intérieur ont fait de lui plus qu'un simple chercheur ou expérimentateur : un véritable théoricien de la recherche scientifique. Nombre des conclusions qu'il tira de ses expériences restent aujourd'hui valables, et beaucoup d'hypothèses qu'il formula ont été vérifiées.

Malade, il laissa inachevé un grand ouvrage théorique consacré à la médecine expérimentale, dont il est le principal inventeur. On trouve en librairie, dans des collections bon marché, le début de cet ouvrage sous le titre *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, dont la lecture devrait faire partie du cursus de tout étudiant en biologie, en médecine ou en philosophie.

Avant C. Bernard, les biologistes établissaient une coupure radicale entre le mode de fonctionnement des animaux et celui des végétaux : ils pensaient que seuls les végétaux possèdent la capacité de fabriquer des substances organiques alors que les animaux ne savent que les consommer. Ce sont les premiers travaux de recherche de C. Bernard, à partir desquels il rédige sa thèse de doctorat ès sciences naturelles, qui lui font comprendre que le fonctionnement des organes animaux est plus complexe qu'il n'en a l'air et qui lui inspirent les principes de la méthode expérimentale. Ces travaux portent sur le sucre dans l'organisme animal et sur le rôle du foie. A l'époque, on appelle encore "sucre" le glucose, une variété de sucre commune aux êtres vivants.

Il découvre que le foie ne produit pas seulement de la bile, mais aussi du glucose et, surtout, qu'il produit ce dernier même si l'alimentation est totalement dépourvue de substances chimiques apparentées. Les cellules animales sont donc capables de transformations chimiques complexes. Il montre aussi que le foie stocke le glucose sous

Claude Bernard parmi ses élèves de l'Académie de médecine, en 1889.

Giraudon

E. Malemanche

L'expérience du foie lavé

La plus célèbre expérience de Claude Bernard, qu'il réalisait, lui, sur un animal vivant...

Matériel nécessaire

Une tranche de foie (bœuf, agneau), un flacon, une passoire, des bandelettes de mise en évidence du glucose (vendues en pharmacie).

Comment procéder ?

Couper dans le foie un morceau d'environ 5 cm et le laver pour en éliminer le sang. L'eau de rinçage doit être transparente. Recouper l'échantillon en quatre ou cinq morceaux, les placer dans un petit flacon et les recouvrir d'eau. Remuer les morceaux dans l'eau pendant une minute. Tremper alors une bandelette dans l'eau. La zone réactive doit changer de couleur, indiquant la présence de glucose. Relaver les fragments de foie en les malaxant longtemps sous l'eau. Les remettre dans un flacon d'eau et refaire un test pour le glucose : il doit se révéler négatif. Refaire le test une demi-heure plus tard ; il doit être de nouveau positif.

Qu'en conclure ?

Comme Claude Bernard, on conclut de cette expérience que le foie fabrique du glucose dans l'intervalle de temps compris entre le lavage et le test. Il joue le rôle d'un "volant" de sucre permettant d'assurer un niveau constant de glucose malgré l'irrégularité des apports (repas) et de l'utilisation (exercice), en alternant stockage et déstockage.

forme de glycogène (un polymère de glucose chimiquement proche de l'amidon) au moment des repas et qu'il en libère dans le sang à jeun : c'est la fonction glycogénique du foie. Les cellules du foie sont donc capables de réaliser des synthèses chimiques qu'on croyait jusque-là réservées aux végétaux (comme la synthèse de l'amidon dans les pommes de terre). Sous l'apparente diversité des êtres vivants existe donc une profonde unité de fonctionnement.

Une autre notion d'importance émerge grâce à ses travaux sur la sécrétion interne. Jusqu'alors, on pensait que toute sécrétion s'effectuait vers l'extérieur par l'intermédiaire d'un canal excréteur, comme c'est le cas pour les glandes salivaires, sudoripares, mammaires, etc. Or, le foie, qui sécrète la bile par des canaux, libère le glucose directement dans le sang, sans l'intermédiaire de canaux. C. Bernard montre également que la thyroïde est une glande à sécrétion interne (mais il ne découvre pas que sa sécrétion est un messager chimique, appellé aujourd'hui une hormone).

Ces travaux s'appuient sur une méthode rigoureuse, qui s'avéra extrêmement féconde : l'observation des phénomènes (par exemple, la libération de glucose par le foie) conduit à l'élaboration d'une hypothèse explicative : le foie stocke le glucose sous forme de glycogène et le libère en fonction des besoins de l'organisme. Mais l'hypothèse n'est qu'une explication temporaire : soumise à l'épreuve de l'expérience, elle peut être réfutée par les résultats obtenus et conduire à de nouvelles hypothèses... C'est de cette manière que progressent, depuis C. Bernard, les sciences biologiques.

Parallèlement, la fonction glycogénique du foie va le conduire à la notion de milieu intérieur : pour lui, le milieu dans lequel vivent les cellules doit rester stable dans sa composition physicochimique (taux de glucose, température, etc.) pour assurer les conditions d'une vie "libre et indépendante". Les êtres vivants, en butte à un environnement hostile, recréent "à l'intérieur" des conditions favorables à la vie des cellules et peuvent ainsi survivre. Cette notion fut développée à la fin du XIXe siècle par un physiologiste américain, Walter Cannon, qui forgea le terme d'homéostasie pour qualifier ce concept.

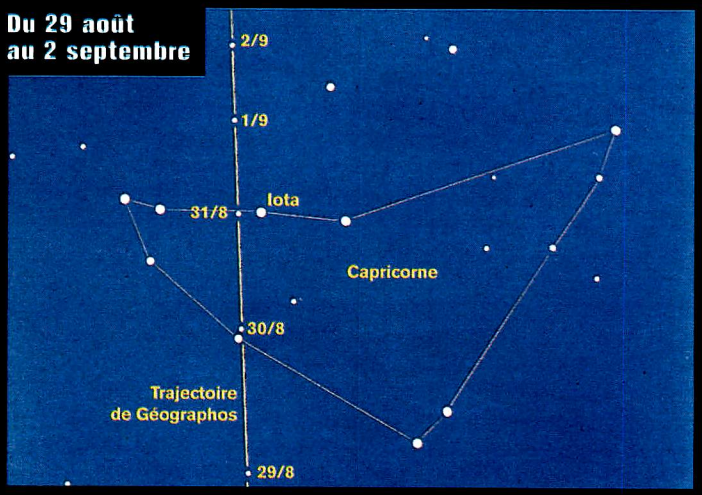
Les découvertes de Claude Bernard et sa théorisation de la science physiologique sont révolutionnaires. Mais il ne se contente pas d'établir solidement les fondements de la biologie expérimentale. Médecin de formation, il aborde la médecine avec les mêmes principes et considère que les maladies ne sont pas des entités mystérieuses, douées d'une existence propre, comme on le croyait alors : pour lui, chaque maladie reflète un désordre physiologique sous-jacent. Ainsi, le diabète, qui se traduit par la présence d'une concentration de glucose trop élevée dans le sang (avec, pour conséquence, son élimination dans les urines), est-il dû à un dysfonctionnement des mécanismes qui, normalement, maintiennent cette concentration proche de 1 g/l.

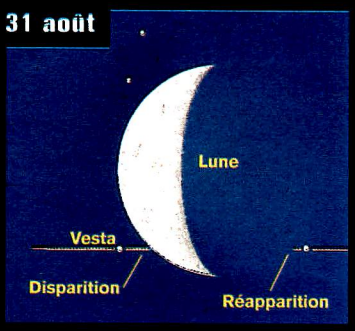
Un lien logique est établi entre recherche fondamentale et médecine, et ce lien est à l'origine des plus beaux succès de la médecine. Or, seule l'expérimentation est susceptible de le révéler. Comme le disait Claude Bernard : «Pourquoi penser quand vous pouvez expérimenter ? Epuisez donc l'expérimentation et pensez ensuite !» Cet aphorisme pourrait être la devise de notre rubrique ! ■

LE MOIS PROCHAIN :
Les navettes éclairs

Par Yves Delaye

Des milliers de petites planètes



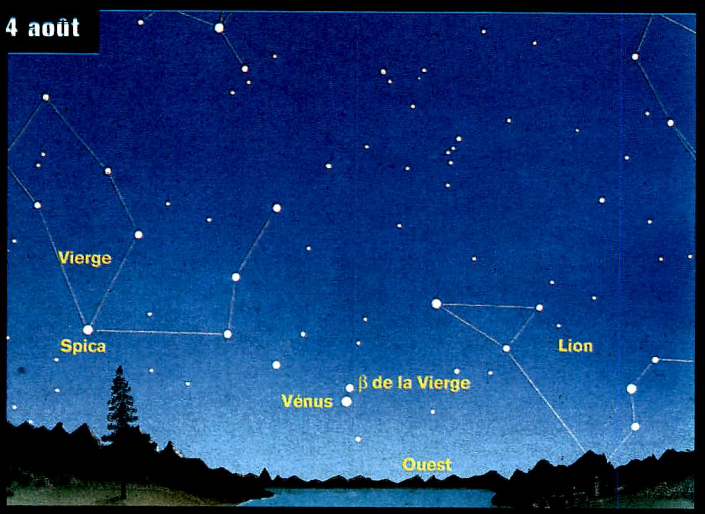


Les rendez-vous du mois

Du 29 août au 2 septembre, l'astéroïde Géographos passe à 5 millions de kilomètres de la Terre.

Le 31 août, l'un des astéroïdes les plus importants, Vesta, est occulté par la Lune.

Le 4 août, on observe, en soirée, une conjonction très serrée (49') de Vénus avec l'étoile β de la Vierge.

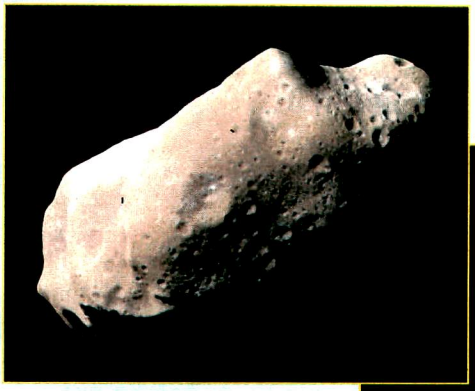


Dessins M. Roux-Saget

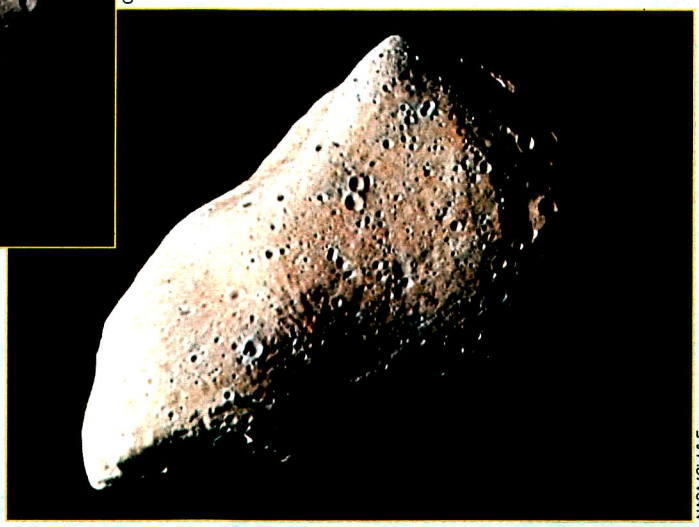
Lorsqu'on parle du système solaire, on pense essentiellement aux neuf planètes qui, de Mercure à la lointaine Pluton, gravitent autour du Soleil. En fait, il ne s'agit là que des planètes "principales", et on oublie trop souvent que plusieurs milliers de corps de toute taille, les astéroïdes, gravitent entre Mars et Jupiter. Plusieurs dizaines sont facilement observables par les amateurs. Ce mois-ci, l'un des plus importants, Vesta, sera occulté par la Lune, tandis qu'un autre, Géographos, ne passera qu'à cinq millions de kilomètres de la Terre. Une occasion de se pencher sur ces petites planètes.

En 1772, un astronome allemand, dit Titius, formula une loi mathématique de la répartition des distances des planètes au Soleil. Trois ans plus tard, le directeur de l'observatoire de Berlin, Bode, fit connaître ce travail, qu'on appelle loi de Titius-Bode. Si l'on forme la suite de nombres 0 – 3 – 6 – 12 – 24 – 48 – 96 – 192 – 384 – 768, qu'on ajoute 4 à chacun, puis qu'on le divise par 10, on obtient le résultat suivant : 0,4 – 0,7 – 1 – 1,6 – 2,8 – 5,2 – 10 – 19,6 – 38,8 – 77,2.

Or, ces nombres offrent une similitude remarquable avec les distances réelles des planètes au Soleil (en prenant la distance de la Terre pour unité). Mais, ce qui frappa Titius et Bode, c'est l'absence de planète à la distance 2,8. Et l'interrogation fut encore plus grande lorsque, en 1781, William Herschell découvrit Uranus à la "bonne distance". Cette confirmation brillante de la loi de Titius-Bode incita plusieurs astronomes, dont le Français Lalande, à partir à la recherche de la planète 2,8 ! Le 1er janvier 1801, un astronome sicilien, Giuseppe



Caption



NASA/Ciel & Espace

Des planètes de quelques kilomètres de diamètre
Ida et Gaspra, deux astéroïdes photographiés par la sonde *Galiléo*.

Piazzi, découvrit dans la constellation du Taureau une petite planète gravitant à la distance 2,8 du Soleil. Le trou était bouché, et la communauté astronomique, satisfaite ! Piazzi nomma "sa" planète Cérès, du nom de la divinité protectrice de la Sicile. En raison de son faible diamètre, 1 000 kilomètres, Cérès fut appelée astéroïde, ou petite planète. Quinze mois plus tard, le 28 mars 1802, le bel équilibre planétaire bascula : cette nuit-là, l'astronome Olbers, de Brême, découvrit un nouvel astéroïde, situé à 2,77 unités astronomiques du Soleil, auquel fut attribué le nom de Pallas. Les astronomes entreprirent alors une révision de leur carte et une surveillance systématique du ciel. C'est ainsi que, toujours aux environ de 2,8, Junon fut trouvée en 1804 par Harding, puis, en 1807, Vesta, par Olbers à nouveau. Les découvertes se succédèrent alors à un rythme croissant, d'autant que le perfectionnement des instruments autorisait l'observation de corps de moins en moins lumineux. Ainsi, en 1868, on comptait 100 astéroïdes, puis 450 en 1900 et plus de 5 000 à l'heure actuelle.

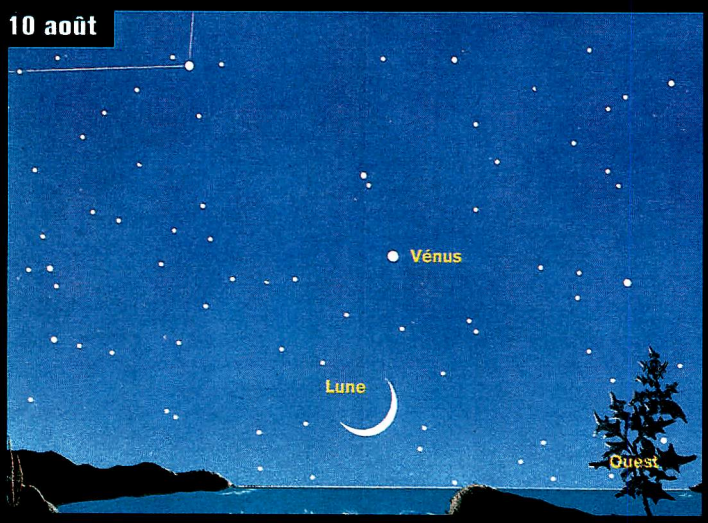
Pour nommer cette pléthore de corps célestes, la règle est maintenant la suivante : lors de sa découverte, l'astéroïde reçoit un numéro provisoire, composé de l'année en cours suivie de deux lettres. La première lettre indique le mois et la quinzaine du mois (par exemple : A si on se trouve entre le 1er et le 15 janvier, B entre le 16 et le 31 janvier, et ainsi de suite). Et la deuxième lettre est le rang de la découverte dans la quinzaine.

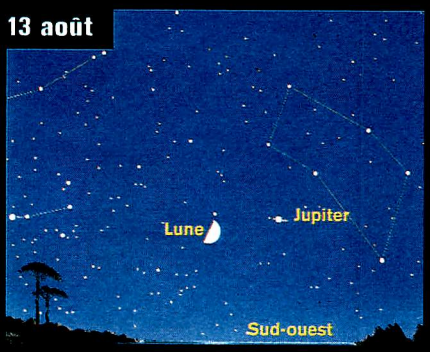
Le nom définitif de l'astéroïde est attribué par le découvreur, lorsque la petite planète est confirmée et les éléments de son orbite calculés. Mais, après avoir épuisé les ressources de la mythologie, puis de l'histoire, on attribue les noms les plus inattendus. Citons pour l'exemple : Sappho, Cléopâtre, Juliette, Einstein, Marylin, Gagarine, mais aussi Dudu, Mimi, Persévérance, Justice... Les derniers noms récompensent plusieurs astronomes amateurs comme Alcok et Bradfield, deux célèbres découvreurs de comètes, ou Jones, un observateur assidu d'étoiles variables, à qui l'on doit plus de 300 000 observations en cinquante ans !

Les astéroïdes sont certainement beaucoup plus nombreux que les quelques milliers déjà découverts. En fait, c'est leur taille qui limite leur détection. Ne réfléchissant que la lumière solaire, comme toutes les planètes, les objets les plus petits sont trop peu lumineux pour être perçus. Si le plus gros, Cérès, avec 1 000 km de diamètre, est le premier à avoir été découvert, les autres ont des dimensions bien inférieures, et les plus petits enregistrés mesurent à peine de 1 à 2 kilomètres de diamètre.

L'immense majorité gravite autour du Soleil entre Mars et Jupiter, à des distances comprises entre 300 et 550 millions de kilomètres, constituant un anneau de blocs aux tailles les plus diverses et où les collisions ne doivent pas être rares. Mais cet anneau présente des zones quasiment vides, un peu comme les anneaux de Saturne. Ces zones correspondent à des orbites qui sont sous-multiples de la période de révo-

36 15
SCV
Les positions des planètes ce soir.

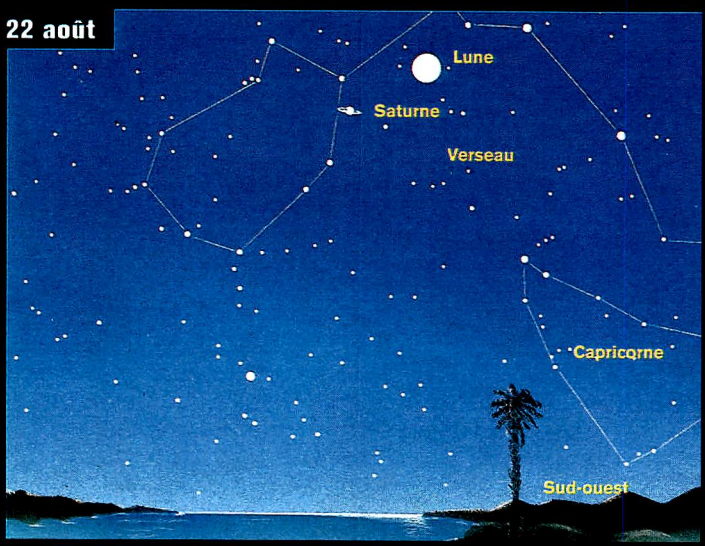




Le 10 août
La Lune et Vénus ont rendez-vous vers 22 h légales.

Le 13 août
La Lune et Jupiter sont en conjonction vers 22 h légales.

Le 22 août
On observe un rapprochement Lune-Saturne vers 4 h légales.



lution de Jupiter, le grand perturbateur gravitationnel voisin. C'est ce qu'on appelle les "vides de Kirkwood", du nom de l'astronome qui, le premier (en 1967), les mit en évidence.

Ce mois-ci offre deux bonnes occasions à l'amateur de repérer et d'observer des astéroïdes. La première se présente avec Géographos, qui passera à cinq millions de kilomètres de la Terre le 25 août et se trouvera dans la constellation du Paon, visible depuis l'hémisphère austral. Trois jours plus tard, les amateurs "boréaux" pourront l'apercevoir lorsqu'il abordera la constellation du Capricorne. Géographos a un déplacement journalier très rapide, qui atteint à cette période 12° par jour, c'est-à-dire autant que le déplacement quoditien de la Lune. La meilleure opportunité pour le localiser se présentera le 31 août, lorsque l'astéroïde se trouvera à 1° 11' de l'étoile Iota du Capricorne ; sa magnitude sera de 10, et il faudra utiliser un instrument d'au moins dix centimètres de diamètre.

L'autre petite planète en vedette est Vesta. Sa magnitude de 8,2 la rend accessible aux instruments les plus modestes, y compris les jumelles. Le 31, Vesta sera occultée par la Lune, et son identification ne posera donc aucun problème. A Paris, la petite planète disparaîtra au bord éclairé de la Lune à 4 h 09 min, heure légale, pour réapparaître au bord sombre à 4 h 52 min. Les heures différant selon l'endroit où l'on se trouve, il est donc prudent de commencer l'observation une bonne demi-heure avant.

Bonnes vacances, donc, et... bonnes "petites planètes" ! ■

LE MOIS PROCHAIN :
Le catalogue Messier

Les phases planétaires

Lorsque, en astronomie, on parle de phases, on pense immédiatement à celles de la Lune. Pourtant, il n'y a pas que notre satellite qui présente des phases ; les planètes Mercure, Vénus, et même Mars et Pluton, en ont aussi.

Le phénomène de phases d'une planète est dû à un effet de perspective. Le Soleil éclaire l'astre ; la moitié du globe de celui-ci, tournée vers le Soleil, est donc illuminée, l'autre moitié étant dans l'ombre. Depuis la Terre, nous voyons une moitié de l'astre, mais, en fonction de sa position par rapport à notre planète, nous en voyons une partie illuminée et une autre dans l'ombre. L'astre n'étant pas un disque parfait, il présente donc une phase.

Pour définir la phase d'une planète, on fait appel à l'angle de phase : c'est l'angle entre la direction de l'astre au Soleil et la direction de l'astre à la Terre. Dans le cas de la Lune, lorsque celle-ci se trouve en nouvelle Lune, la valeur de l'angle de phase est de 180° ; au premier et au dernier quartier, elle est de 90° et, lors de la pleine Lune, de 0°.

Prenons le cas de Mercure et Vénus. Leur angle de phase varie de 0° à 180° ; ces deux planètes passent donc par toutes les phases, comme la Lune. Lorsque l'angle de phase est de 0° (l'angle entre la direction du Soleil et de la Terre est nul), la planète se trouve à l'opposé du Soleil par rapport à nous : c'est alors la pleine Mercure ou la pleine Vénus.

Au contraire, pour un angle de phase de 180°, c'est la nouvelle Mercure ou la nouvelle Vénus. Pour une valeur de 90°, la planète est en quartier.

Le cas des planètes extérieures, de Mars à Pluton, est légèrement différent. L'angle de phase se définit comme précédemment, mais, comme la planète se déplace au-delà de l'orbite terrestre, la valeur maximale ne peut atteindre 180°, et la planète ne passera pas par toutes les phases. La valeur maximale de l'angle de phase dépend de l'éloignement de la planète au Soleil. Plus cette distance est grande, plus l'angle de phase maximal est petit. Les valeurs maximales sont les suivantes : Mars : 47° ; Jupiter : 12° ; Saturne : 6° ; Uranus : 3° ; Neptune et Pluton : 2°. On constate ainsi qu'aucune de ces planètes n'atteint le quartier (90°). C'est Mars qui présente la phase maximale, son globe étant alors illuminé aux trois quarts ; pour Jupiter, l'effet est sensible, mais, pour les autres planètes, il est presque invisible.

Notons que les éphémérides astronomiques indiquent l'angle de phase des planètes. ■

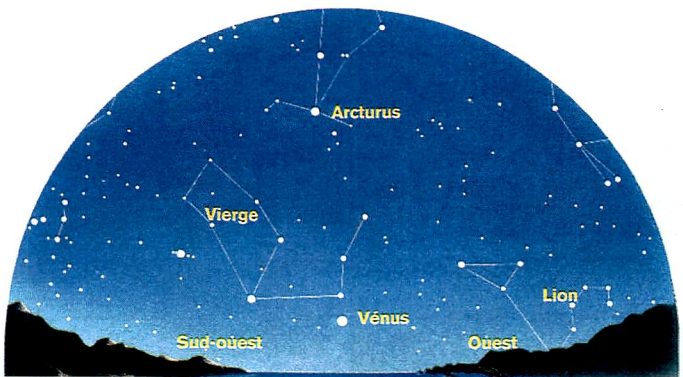
LE RENDEZ-VOUS DES DÉBUTANTS

Vénus, étoile du berger

Deuxième planète en partant du Soleil, Vénus est caractérisée par sa grande luminosité. Lune et Soleil exceptés, c'est l'astre le plus brillant. Gravitant entre la Terre et le Soleil, Vénus peut s'observer tantôt le matin, tantôt le soir. Chacune de ces périodes dure en moyenne une dizaine de mois. Vénus est "l'étoile du berger", du fait que, par son éclat et selon la période considérée, elle est le premier astre visible le soir, ou le dernier observable le matin.

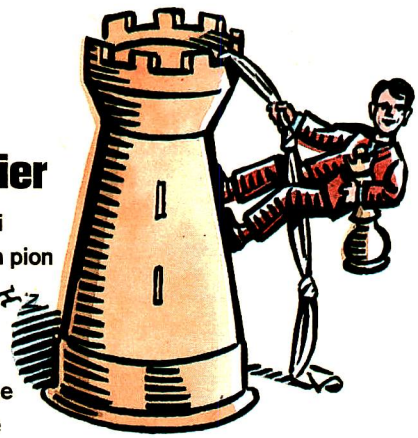
Sa forte brillance étant souvent gênante, il est conseillé, pour observer ses phases, d'utiliser un filtre atténuateur. On peut aussi observer la planète alors qu'il ne fait pas nuit, dans l'aurore ou le crépuscule. Il est également possible de la repérer en plein jour. Il faut alors une monture équatoriale avec les cercles de coordonnées et les éphémérides astronomiques.

En ce mois d'août, Vénus est visible le soir vers l'ouest. Elle se trouve sous la constellation du Lion et se couche deux heures et demie après le Soleil. ■



Par Alain Ledoux

Un choix bien cavalier



Aller à Dame... Cette expression, qui signifie que l'on va faire parvenir un pion sur la huitième rangée, est plus imagée que correcte. En effet, si le pion peut, et même doit, alors se transformer en une autre pièce, rien n'oblige à choisir une Dame, la figure la plus puissante. Il arrive que l'intérêt soit de préférer une Tour ou, plus rarement encore, un Fou, pour éviter le pat, ou alors un Cavalier, pour gagner un temps en donnant échec. Voici un exemplaire de cette possibilité qu'il ne faut jamais oublier.

(a) Les Blancs ne gagnent pas de pion avec 12. dxe6 fxe6 13. ♕xd6 ♕xd6 14. ♖xd6 à cause de l'attaque double contre la Tour d6 et le Fou g5 14...♘f7.

(b) Et non 13. ♗xh6? ♘xe4! 14. ♘xe4 ♕h4+ suivi de 15... ♕xh6.

(c) Le Roi blanc étant resté au centre, il importe d'ouvrir des lignes. Par exemple, si maintenant 16. ♕xd6, les Noirs prennent le dessus par 16... ♕a5+ 17. ♗d2 b4 avec la menace 18... ♖fd8 gagnant la Dame blanche (elle ne pourrrait quitter la colonne d à cause de 19... ♘d3 mat).

(d) Encore une fois, la prise du pion d6 laissait l'initiative aux Noirs après 18. ♕xd6 ♕a5+ 19. ♗d2 ♕a3 suivi de ♖fd8.

(e) Toujours sur le thème : contre le Roi au centre, ouvrir des lignes.

(f) Sur 19. exf5, les Noirs gagnent par 19... ♗xf3! (20. gxf3 ♘xf3+ suivi de ♘xd2).

(g) 22. ♗xd3 était la dernière chance de pouvoir mettre le Roi à l'abri par le petit roque.

(h) Menaçant d'une terrible découverte du Fou c6.

(i) L'ouverture des lignes profite au camp le mieux développé. Les Noirs ont deux pièces de moins, mais ils jouent encore avec une Tour et un Fou de plus !

(j) En espérant un échange général, mais...

(k) Les Blancs ont une Dame et une Tour de plus! Ils gagnent après 30... gxh1 = ♕ 31. ♗xg7+ ♔xg7 32.♕e7+ ♔g6 (32... ♔g8 ou h8 33. ♕xd8+) 33. ♗d3+ ♖xd3 34. ♖xh1 ♗xh1 35. ♕xa7 comme après 30... ♖xe8 31. ♗xg7+ Rxg7 32. ♖g1 gagnant le pion g2, cloué.

(l) Avec la même idée, les Noirs avaient aussi la possibilité 30... ♗d4+ 31. ♔g3 (31. ♔e1 ♖xe8+) gxh1 = ♘+ 32. ♔h3, mais ils n'avaient sans doute pas mieux que la nulle après 32... ♘f2+ 33. ♔g3 ♘h1+, etc. Ici, ils gagnent après 31. ♔e1 (31. ♔g1 ♗d4+ est suivi du mat) ♖xe8+ 32. ♔d2 ♖xf8, la meilleure résistance 32. ♗e2 ♗b5 33. ♗xg7+ ♔xg7 34. ♖c2 ♔f6 35. ♔f1 ♗xe2+ 36. ♖xe2 ♖xe2 37. ♔xe2 ♔e5 ne permettent pas de sauver la finale : 38. ♔f3 ♔d4 39. ♔g2 ♔c3 40. ♔xh1 ♔b2 suivi de 41... ♔xa2, etc.

Atalik – Miles (Grèce, 1993)

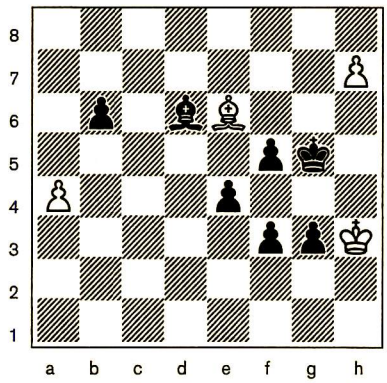
1. d4	♘f6
2. c4	g6
3. ♘c3	♗g7
4. e4	d6
5. f3	0-0
6. ♗e3	ç5
7. ♘ge2	♘c6
8. ♕d2	e6
9. ♖d1	b6
10. ♗g5	♗a6
11. d5	♘e5
12. b3 (a)	h6
13. ♗e3 (b)	exd5
14. ♘xd5	♘xd5
15. ♕xd5	b5(c)
16. cxb5	♗xb5
17. ♘c1	♗c6
18. ♕d2(d)	f5!(e)
19. ♕xd6 (f)	♕e8
20. ♕xc5	fxe4
21. f4	♘d3+
22. ♘xd3 (g)	exd3
23. ♔f2	♖c8(h)
24. ♕c4+	♔h8
25. ♕xd3	g5(i)
26. ♖c1	♖d8
27. ♕e2	gxf4
28. ♗c5 (j)	f3!
29. ♕xe8	fxg2+!
30. ♗xf8 (k) gxh1=♘+!! (l)	
Les Blancs abandonnent.	

La solution du n° 922

1. ♕xf7!! et les Noirs abandonnèrent (1... ♕xf7 2. ♘xf7 et les Noirs ne peuvent empêcher la promotion du pion. Partie Barua – P. Nikolic, Bienne, 1993).

A vous de jouer !

Dans cette partie, jouée "à l'aveugle" et en semi-rapide à Monaco, en mars dernier, les Noirs peuvent tout simplement gagner par 1... ♗e5, empêchant les Blancs de faire Dame et restant avec trois pions de plus. Mais ils ont beaucoup mieux. Ils jouent et font mat en deux coups !



La solution... dans le prochain numéro !

Par Louis Thépault

L'art du découpage

Découper une figure géométrique en respectant certaines contraintes – par exemple, en utilisant uniquement des éléments identiques ou, au contraire, tous différents – constitue une famille particulièrement riche de casse-tête. Nous allons en voir quelques exemples à partir de figures formées d'hexagones, le polygone régulier au plus grand nombre de côtés permettant de paver totalement le plan, c'est-à-dire de ne pas laisser de trous.

Dessins Honoré

Commençons par un découpage...

... en parties identiques. Il va vous falloir partager le "triangle" de la figure 1 en sept pièces identiques formées de quatre hexagones, pièces qui peuvent cependant être orientées différemment et même retournées.

Ce problème n'admet qu'une solution, aux rotations et symétries près.

Plus rares sont les problèmes...

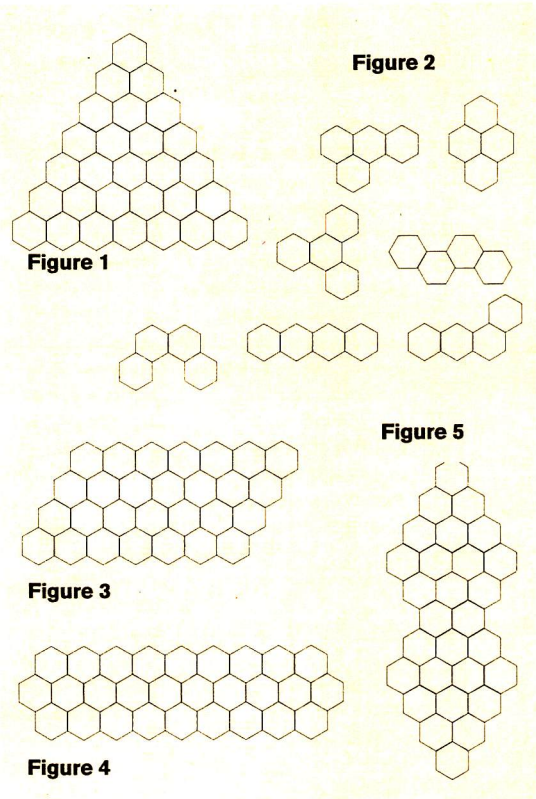
... qui consistent à découper une figure en régions toutes différentes. S'ils semblent pourtant plus faciles, ce n'est pas toujours le cas. Ainsi, il n'existe que sept figures de quatre hexagones identiques ayant deux à deux au moins un côté commun (figure 2).

Vous pouvez facilement vous confectionner un tel jeu, soit par découpage dans du carton suffisamment fort, soit en achetant un sachet d'écrous chez votre quincailler, écrous qu'il vous suffira de coller entre eux au moyen d'une colle adaptée.

Vous voici donc face à un véritable puzzle

Il s'agit de reconstituer les figures 3, 4 et 5, en utilisant les sept pièces de la figure 2.

A vous de jouer comme vous l'entendez. Avec un crayon et une gomme selon l'esprit de la rubrique ou en utilisant les sept pièces que vous aurez réalisées. Avant d'essayer à votre tour de reconstituer de nouveaux motifs...



Les solutions du n° 922

Le nom des nombres

					U	N	
+				S	I	X	
+			C	I	N	Q	
+		T	R	O	I	S	
+	Q	U	A	T	R	E	
=	D	I	X	N	E	U	F

Addition romaine

	4 3 28
+	2 6 13
=	6 9 41

Somme de lettres

DEUX CENT VINGT DEUX

Espionnage

Seule solution possible : 198 604 F pour le gros lot, cent quatre / vingt / dix / huit / mille / six / cent quatre, et chacun a gagné 28 372 F, vingt / huit / mille / trois / cent / soixante / douze.

Les solutions... dans le prochain numéro !

Dirigé par Roger Bellone

La maison télécommandée

6 VOLETS ROULANTS
Leur ouverture, ou leur fermeture, peut être commandée en fonction de l'intensité lumineuse extérieure.

5 DÉTECTEURS DE FUMÉE ET DE FUITE DE GAZ
En cas d'alerte, le système peut couper le courant, arrêter le chauffage ou ouvrir les issues.

A. Meyer

Le confort et la sécurité de son appartement ou de sa maison de campagne peuvent aujourd'hui se gérer en temps réel, où que l'on soit. La domotique s'affine de mois en mois, elle devient plus fiable, plus facile d'utilisation et moins coûteuse. Ainsi, pour contrôler et réguler à tout instant et en tous lieux son chauffage, ou programmer et commander à distance toute installation d'éclairage ou d'arrosage électrique, la firme Sonofort vient de lancer le Téléconfort 21, un équipement de télégestion pour moins de 2 500 F.
Une seconde firme, Hestia France, propose un système plus complet de gestion de l'habitat, de type modulaire, le Varuna. Le prix est aussi plus élevé (de 15 000 à 25 000 F).
Le cœur du système se compose d'une centrale de 240 x 160 x 88 mm. Par le biais de capteurs et de commandes, elle assure la gestion du chauffage, d'une installation électrique, de la climatisation, de la sécurité (vol, incendie, inondation et fuite de gaz sur plusieurs zones) et, enfin, l'automatisation de l'éclairage et des appareils domestiques. Un simple téléphone à clavier multi-fréquence ou un minitel suffit pour entrer en contact avec le système. De tels dispositifs de télégestion ne comportent plus guère de limites dans leurs possibilités. Elles peuvent aller jusqu'à simuler une occupation de l'appartement. S.F.

❹ CHAUFFAGE ET CLIMATISATION

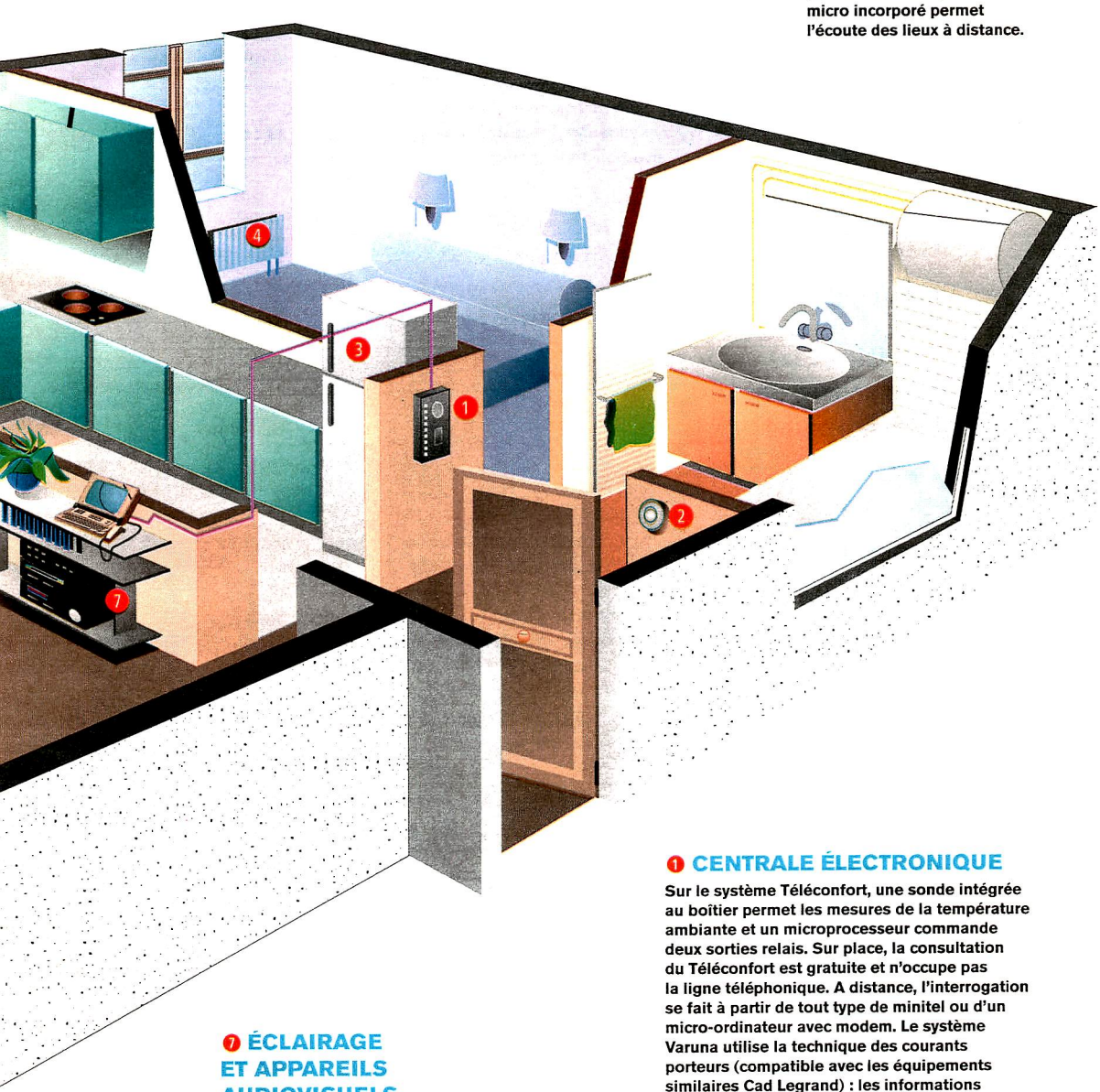
La température de chaque pièce peut être régulée, hiver comme été, en fonction de l'heure et du jour.

❸ APPAREILS DOMESTIQUES

La programmation à distance gère la mise en service du four ou la détection des arrêts du congélateur, par exemple.

❷ ALARME

Lors d'une effraction, le système peut, par synthèse vocale, contacter une personne physique ou alerter un PC de surveillance. La zone d'effraction ainsi que l'heure, le jour et le mois peuvent être indiqués. Un micro incorporé permet l'écoute des lieux à distance.



❶ CENTRALE ÉLECTRONIQUE

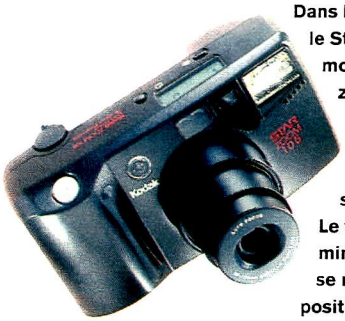
Sur le système Téléconfort, une sonde intégrée au boîtier permet les mesures de la température ambiante et un microprocesseur commande deux sorties relais. Sur place, la consultation du Téléconfort est gratuite et n'occupe pas la ligne téléphonique. A distance, l'interrogation se fait à partir de tout type de minitel ou d'un micro-ordinateur avec modem. Le système Varuna utilise la technique des courants porteurs (compatible avec les équipements similaires Cad Legrand) : les informations codées empruntent le réseau électrique traditionnel pour parvenir aux appareils. De ce fait, l'installation intérieure n'a pas à être modifiée, et il n'y a aucun câblage complexe à effectuer.

❼ ÉCLAIRAGE ET APPAREILS AUDIOVISUELS

En cas d'absence, l'allumage aléatoire des pièces et des appareils audiovisuels peut simuler une présence.

AUDIOVISUEL

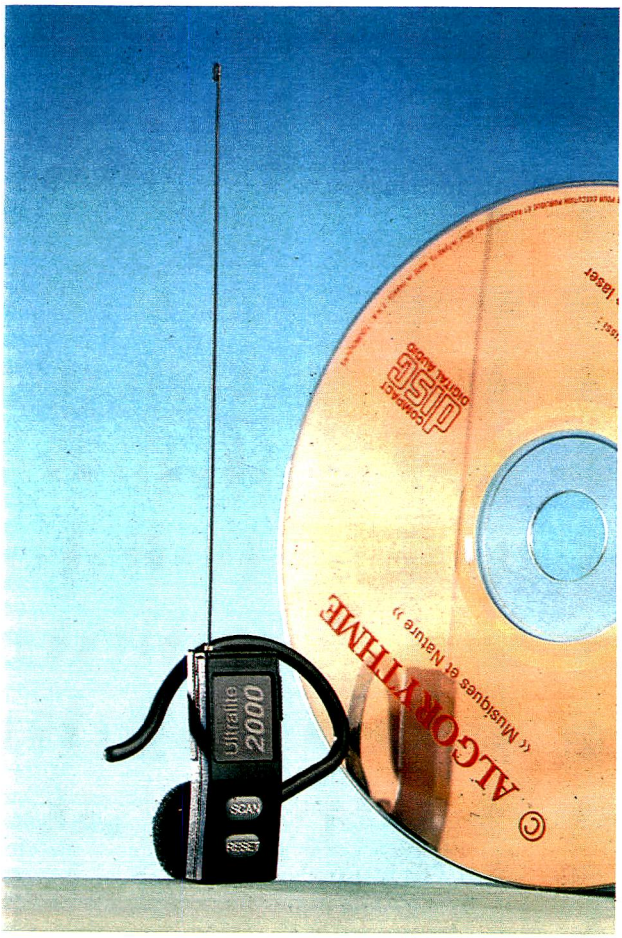
▼ Zoom avant sur une "star"



Dans la gamme de ses 24 x 36 Star, Kodak lance le Star Zoom 105, son modèle le plus perfectionné, motorisé et entièrement automatique. Il est équipé d'un zoom 3,5-11 de 38-105 mm, à mise au point automatique. Un clignotant se met en action lorsque le sujet est trop près. Le flash se déclenche automatiquement en fonction de la lumière ambiante ; sa mise en charge s'opère dès que l'appareil se trouve sous tension. Le temps de recyclage est de six secondes. Après trois minutes de non-utilisation, le Star Zoom 105 se met hors tension. L'optique se rétracte alors en position de fermeture. Prix : 2 390 F. P.S.

Télévision : le relief sonore du Dolby Surround

La chaîne de télévision satellite *France Supervision*, émanation de *France 2* et *France 3*, qui émet en D2-MAC et format 16/9, a diffusé en son numérique et Dolby Surround les derniers championnats de tennis de Roland-Garros. Rappelons que le Dolby Surround permet aux possesseurs d'une chaîne hi-fi équipée en conséquence de voir les programmes TV avec un relief sonore provenant de quatre enceintes acoustiques (voir *Science & Vie* n° 920, p. 110). Si ces émissions réalisées par *France Supervision* sont les premières en direct, elles ne sont pas les seules : la plupart des films proposés dans le format 16/9 sont déjà en Dolby Surround.



▲ Pour les accros de la radio

Ultralite 2000, le plus petit poste radio FM du monde (4 x 1,5 x 0,6 cm) s'écoute à l'oreille, au moyen d'une attache spéciale. Un scanner assure la recherche automatique des stations, et le volume sonore est réglable sur deux positions. Enfin, ce récepteur est livré avec une antenne rigide ou souple. Prix : 290 F + 30 F de port. Extrasystole, 15, rue de Montreuil, 75011 Paris.

Le pape du 6 x 6 ▶ s'électronise

Célèbre pour ses appareils 6 x 6 qui, depuis des dizaines d'années, équipent des photographes parmi les plus grands et la NASA pour ses vols spatiaux, la firme suédoise Hasselblad lance aujourd'hui un modèle électronique, le 201F. Possédant la plupart des caractéristiques des appareils de la marque (objectifs, magasins et viseurs interchangeables, entraînement par manivelle ou par moteur...), l'Hasselblad 201F permet, par le biais de magasins spécifiques, de changer de format (4,5 x 6 cm, 6 x 6 cm, 56 x 72 mm, formats Polaroid) à partir de films 120, 220, 70 mm et émulsions Polaroid. Le boîtier comporte un obturateur à rideau électronique qui permet les temps d'exposition de 1 s à 1/1 000 s (ainsi que la pose B). En outre, il peut utiliser les obturateurs centraux de tous les objectifs C et CF. Ce qui autorise un fonctionnement sans pile (l'obturateur à rideau ne permettant que le 1/90 s sans pile) et la possibilité de synchronisation au flash à toutes les vitesses (jusqu'au 1/500 s). Enfin, la mesure de la lumière est automatique et, au flash, s'effectue en temps réel à travers l'objectif, sur le film (système dit TTL-OTF). Prix : 22 700 F.

▼ Des autoradios "mains libres"

Aiwa, firme connue pour ses chaînes hi-fi, vient de lancer une gamme d'autoradios qui se distinguent par deux systèmes permettant de ne pas intervenir manuellement lors de la conduite automobile. Alors que les réglages de tonalité sont classiquement confiés à des commandes de graves et d'aigus séparées ou à un égaliseur à commande manuelle, Aiwa équipe cinq modèles d'un processeur numérique (système MSP) qui offre quatre réglages automatiques mémorisés (neutre, jazz, pop, rock). Le système ATRC évite le souffle et les parasites en commutant automatiquement la stéréophonie en monophonie quand le signal se dégrade. Les autres caractéristiques de ces autoradios sont des plus classiques : façade amovible, chargeur à télécommande pour disque compact, amplification puissante (de 4 x 15 W à 4 x 25 W selon les modèles) et équipement RDS sur les appareils CT-R75M, R55M et R35. Prix : de 1 490 F le CT-X35 à 5 990 F le CT-R75M.

F.B.

250 canaux vidéo et audio ▲

Dernier-né des récepteurs TV pour satellite conçu par la société Encom, l'Echostar SR-70 Plus est doté d'un tuner qui couvre les fréquences de 950 à 2 050 MHz, pour tous les programmes PAL, ainsi que pour les chaînes SECAM de *Canal Satellite*. Deux cent cinquante canaux vidéo et audio sont préprogrammés et peuvent être reçus au moyen de la télécommande infrarouge. L'Echostar est équipé de trois prises Péritel, d'une sortie audio pour chaîne hi-fi et d'une fonction copie sur magnétoscope. Prix : 2 290 F. P.S.

Photokina 94

Le plus grand salon mondial de la photo, de la vidéo et du son, qui se tient tous les deux ans à Cologne (RFA), aura lieu du 22 au 27 septembre prochain. Il occupera la totalité des 14 halls des Foires de Cologne, soit 230 000 m², et accueillera 1 600 exposants et près de 200 000 visiteurs.

Des cobras qui flashent ▶

Deux caractéristiques des appareils 24 x 36 Kodak Caméo ont contribué à leur succès : leur volume très compact en forme de galet et leur flash qui, une fois ouvert, donne au boîtier la forme d'un cobra. Cette gamme vient d'être complétée par deux modèles plus perfectionnés, l'Autofocus et le Zoom. Le Caméo Autofocus est équipé d'une mise au point automatique par infrarouges. Doté d'un objectif grand angle de 28 mm, il permet la prise de vue depuis 1,20 m. Le flash cobra a une portée de 3,50 m avec un film de 100 ISO et de 5,50 m avec un film de 400 ISO. Le Caméo Zoom est, lui, équipé d'un objectif 25-50 mm motorisé, avec mise au point automatique. Il est aussi doté du flash cobra. Les deux appareils possèdent un dispositif de prise de vue panoramique. Prix : 815 F l'Autofocus et 1 190 F le Zoom. P.S.

◀ Le caméscope qui voit large

Canon vient de lancer pour le format vidéo 8 mm le premier caméscope équipé d'une optique très grand angle, de 3,6 à 7,2 mm (3,6 mm équivaut à un 24 mm en photo 24 x 36). Ces focales sont obtenues au moyen d'un convertisseur intégré qui vient coiffer le zoom 1,8/5,2-62,4 mm. La prise de vue est possible à 1 cm de la lentille frontale en position grand angle. Ce caméscope (modèle UC100), présente par ailleurs des caractéristiques classiques : autofocus et exposition automatique, capteur de 320 000 pixels, utilisable avec un éclairage de seulement 2 lux, torche intégrée, balance des blancs automatique, obturateur de 1/10 à 1/10 000 s, générateur de 2 x 16 caractères, fondu au noir et sortie LANC pour le montage. Prix : 5 990 F.

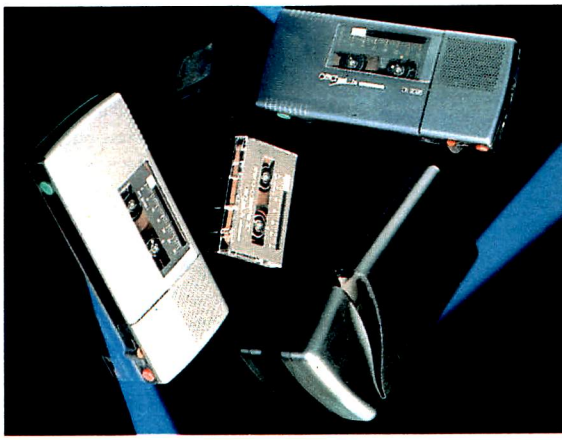
Un bon point pour le permis de conduire ▼

Sous le titre "Réussir et garder son permis de conduire", Canal+Vidéo propose une cassette de quarante minutes. Celle-ci aborde les principes de base de la sécurité routière à travers différents thèmes tels que le bon positionnement du conducteur, les règles de la conduite en agglomération, les manœuvres, la conduite sur autoroute ou le permis à points. Chaque situation est expliquée en images et met l'utilisateur face aux différents environnements qu'il est appelé à rencontrer. Cette cassette n'a pas la prétention de se substituer à l'enseignement dispensé dans les auto-écoles, mais elle aidera les

futurs conducteurs à obtenir leur permis de conduire en évitant les fautes éliminatoires, et permettra aux conducteurs plus expérimentés de réactualiser leurs connaissances.
Prix : 149 F.

BUREAUTIQUE

10 sur 10 en dictée ▶



Les deux petits dictaphones (200 g) proposés par Grundig (DH 2094 et 2095) permettent de travailler avec rapidité, les mains pratiquement libres. Ils assurent automatiquement le réglage de la modulation. Un avertisseur sonore signale l'absence ou la fin de la bande, ainsi que l'épuisement des piles. La cassette comporte une graduation en minutes qui donne les temps de dictée. L'alimentation se fait avec deux piles de 1,5 V, par batterie, ou sur secteur. Avec le modèle DH 2095, il est possible de ponctuer les fins de dictée par un marquage sonore électronique reconnu par les machines à dicter dotées d'une recherche automatique. Un micro autonome à commande vocale déclenche l'enregistrement et le coupe quatre secondes après que la voix s'arrête. Des prises permettent le branchement d'un micro cravate, d'un écouteur ou d'un coupleur acoustique assurant une transmission de texte par téléphone. Prix : 1 900 F (DH 2094) et 2 400 F (DH 2095). S.F.

▼ Le fax dans un micro-ordinateur portable

Conçu par Connex Systems, voici les SpeedFax 2400 et 14400, les deux premiers MODEM de télécopie au format carte de crédit destinés aux portables "basiques". Agréés en France et dans la plupart des pays européens, ils sont directement alimentés par le portable dans lequel ils sont insérés. Les émissions, adressées à une personne ou en multidiffusion, s'effectuent en temps réel comme en différé. Emissions et réceptions peuvent s'exécuter même si une tâche est en cours. Compatibles classe 1 et classe 2, ils assurent une fiabilité optimale pour les applications sous Windows. Egalement compatibles Hayes, ils sont livrés en standard avec les logiciels *Timtel Windows* (minitel) et *Delrina Fax* (télécopie).

Le SpeedFax 2400 : transfert de fichiers jusqu'à 19 200 Bp/s.
Prix : 3 780 F.
Le SpeedFax 14400 : transfert de fichiers jusqu'à 57 600 Bp/s.
Prix : 5 680 F. S.F.

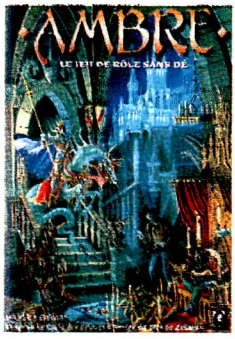
SPORTS ET LOISIRS

Des fêtes en apothéose

Un véritable feu d'artifice de professionnel mais que vous pourrez tirer vous-même, sans artificier, vous est proposé par la société Lacroix pour couronner une soirée de fête, un mariage, une naissance ou un anniversaire important. Il s'agit d'une gamme de feux qui, sous la référence "Prêt-à-tirer", comporte quatre figures : Saint-Trop, Deauville, Biarritz et Bouquet. Elles sont présentées dans un carton unique qu'il suffit de poser dans un lieu dégagé. Les divers artifices sont reliés entre eux par un système électrique automatique : il faut simplement dérouler la ligne de mise à feu et déclencher le départ des fusées avec un dispositif alimenté par une pile de 1,5 V. Quelques précautions sont toutefois nécessaires : se tenir au moins à 50 m du carton, informer les riverains et, le cas échéant, obtenir une autorisation de la mairie. Prix : de 1 900 à 5 000 F selon les modèles. F.B.

Un jeu de rôle sans dé

Ambre est un jeu de rôle novateur, car il ne nécessite pas de dé. Tiré d'un grand succès de la littérature de science-fiction, *le Cycle des princes d'ambre*, de Roger Zelazny, et édité par les Jeux Descartes, il est constitué d'un gros livre de 236 pages qui contient trois aventures complètes.
Son propos est de faire entrer les joueurs dans des univers étranges pour leur permettre de vivre des aventures au cours desquelles ils doivent développer des personnages immortels, en leur donnant une présence basée sur les capacités d'imagination et le souci de la cohérence. Chaque joueur se préoccupe avant tout de son rôle,



qui prime sur les règles du jeu. Celui-ci est entièrement basé sur la relation et la confiance entre le Maître de jeu qui prépare le scénario et les joueurs, car aucun jet de dé ne vient déterminer le résultat d'une action. Le jeu repose sur l'effet de surprise, les joueurs découvrant peu à peu les secrets du royaume. Ce jeu de rôle convient pour de deux à huit joueurs. Prix : 249 F, dans les boutiques de jeux. F.C.

Pour se rafraîchir en voiture

A l'intention des voyageurs qui circulent sur les routes brûlantes de l'été, Pelletier propose trois appareils susceptibles de combattre la chaleur et alimentés tous trois par la prise de l'allume-cigare. Le plus petit, le "Ventilateur solaire" 12 V, fonctionne aussi grâce à des cellules solaires. Il permet d'apporter un souffle d'air sur le visage. Le second appareil, le "Climauto" 12 V, est un rafraîchisseur d'air équipé d'un réservoir à eau ou à glaçons de 400 cm³. Son autonomie est d'environ trois heures. Enfin, la "Glacière" 12 V est conçue pour conserver les aliments au froid. Prix : Ventilateur solaire 150 F, Climauto 399 F, Glacière 490 F (dans les grandes surfaces). S.F.

Presbytes, faites le point ! ▼

Conçue par Bausch et Lomb, la lentille de correction pour presbytes Occasions Multifoca, fait appel à une technologie assurant une précision au nanomètre près (le cinquante millième de l'épaisseur d'un cheveu). Elle comporte une grande zone optique en progression douce du centre à la périphérie qui optimise l'acuité visuelle. Si la lentille Occasions Multifocal s'adresse d'abord aux presbytes, elle convient aussi aux myopes jusqu'à –6 et aux hypermétropes jusqu'à + 4. Elle est conçue pour être remplacée après un mois d'utilisation. Prix : 320 F la boîte de quatre.

▲ Un monoculaire dans le creux de la main

Le monoculaire Tasco est l'un des plus petits instruments d'observation : 8 cm de long, 5 cm d'épaisseur pour seulement 75 g. Mais, précise le constructeur, derrière ces chiffres se cache une optique étudiée pour les grands voyageurs : son objectif d'un diamètre de 20 mm et son grossissement de 8 X en font une lunette de qualité. En particulier, un prisme de Porro assure une vision nette, lumineuse, sans interférence et d'autant plus confortable qu'un œilleton en caoutchouc rétractable s'adapte sur l'oculaire. Prix : 195 F. F.B.

◀ Visa pour les étoiles

Grâce à un grossissement variable de 45 à 300 X, le télescope Ganymède 502T, de la Maison de l'Astronomie, permet de découvrir aussi bien les cratères de la Lune ou les anneaux de Saturne que les galaxies ou les nébuleuses distantes de plusieurs millions d'années-lumière. Son diamètre de 115 mm et sa focale de 900 mm en font un instrument très clair, assurant la perception de fins détails. Parce que les cieux sont perpétuellement en mouvement, le Ganymède 502T est équipé d'une monture équatoriale qui compense la rotation de la Terre et maintient l'objet étudié au centre du champ d'observation. Ce télescope est livré avec un grand trépied de bois réglable en hauteur, un chercheur viseur de grossissement 5 X et un filtre diaphragme étudié pour observer le Soleil et ses taches sans danger pour la rétine. Prix : 2 290 F. F.B.

QUOTIDIEN

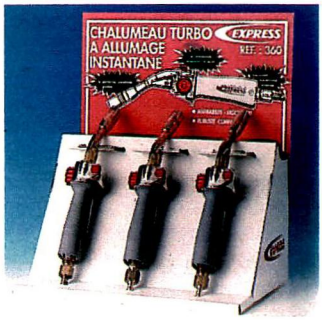
Ont participé à la rédaction de ces informations : Florence Bellone, Frédérique Chapuis, Stephan Faudeux et Paule Sully.

▲ Le plein d'énergie pour vos piles

Ne jetez plus vos piles, vous pourrez désormais les recharger. Même s'il ne remplace pas des accumulateurs, la société Tech'up affirme qu'en utilisant son Battery Manager la durée de vie des piles peut être prolongée jusqu'à dix fois. Deux modèles sont proposés : Battery Manager MK 1 pour la recharge des piles LR 03 et LR 6 de 1,5 V, et Battery Manager MK 2 pour les piles LR 03, LR 6, LR 14 et LR 20 de 1,5 V. Le temps de recharge est de huit à dix heures. Peu importe que les piles soient au chlorure de zinc ou alcalines. Seules les piles de 9 V ne sont pas rechargeables. Prix : 350 F le MK 1 et 450 F le MK 2. F.B.

MAISON ET JARDIN

Mettez un turbo dans votre chalumeau ▼



Chalumeau destiné au brasage sanitaire, le modèle Turbo 360 de Guilbert-Express est doté d'un brûleur turbo dont la flamme est modulable. Celle-ci est ainsi capable d'assurer le brasage d'un tuyau de cuivre de 18 mm de diamètre en soixante-cinq secondes à 3 bars. L'allumage est instantané grâce à un dispositif piézo-électrique. Prix : 759 F.

Des étiquettes à la carte ▼

Dernière-née des étiqueteuses Casio, la KL-300 est la première conçue pour un usage ménager. Des confitures aux vêtements, des affaires de classe aux casiers de bricolage, elle marque toutes les matières : tissu, plastique, bois, verre, métal, etc. L'étiquetage artistique n'est pas exclu, grâce à ses 379 caractères, symboles et dessins, ses quatre largeurs de bande et ses 22 couleurs. L'usage en est simple : on choisit ses éléments et on tape les signes sur un clavier. Les erreurs peuvent être corrigées. De plus, une mémoire et une touche de répétition permettent de rééditer instantanément les étiquettes. Prix : 945 F. F.B.

◀ Un micro-onde cordon bleu

Jusqu'à présent, le four à micro-ondes était davantage synonyme de rapidité de préparation que de qualité de cuisine. Whirpool a conçu un modèle électronique qui calcule automatiquement les temps de cuisson, de réchauffement ou de décongélation. Quelle que soit la nourriture, le four analyse en vingt secondes le temps maximal que prendra l'opération programmée. L'appareil permet aussi un gain de temps sur la fonction grill : elle a lieu pendant la cuisson et le réchauffement. Enfin, une fonction "crisp grill" permet d'obtenir une pâte croustillante dans toute son épaisseur. La cuisson est assurée par deux émissions d'ondes réalisant une action homogène. Prix : 3 500 F. F.B.

LIVRES

L'optique éclairée

François Favre
OPTIQUE, PRINCIPES ET TECHNIQUES EN CINÉMA ET VIDÉO
Dujarric-IF Diffusion, 360 p., 390 F.

Voilà plus de vingt ans que l'excellent ouvrage de R. Andréani, *l'Objectif photographique*, a disparu du marché, et, depuis, on ne trouvait plus le moindre livre traitant des optiques de prise de vues. L'ouvrage de François Favre vient donc combler un grand vide. Bien qu'il soit surtout axé sur l'optique destinée à l'image mobile, caméra et caméscope, il garde toute sa valeur pour l'image fixe, celle des appareils photo : les objectifs restent les mêmes dans leur conception, et ce qui est vrai pour la caméra reste vrai pour un reflex 24 x 36.

Tout le rôle d'un objectif, c'est de donner une image nette d'une scène filmée ou photographiée, et tout le rôle du livre, c'est d'expliquer comment on obtient cette image avec une demi-douzaine de lentilles en verre. Il faut donc commencer par la lumière, la réflexion et la réfraction, les prismes et les lentilles, les lois de l'optique et les aberrations. Des domaines peu faciles à décrire, car on risque vite d'être trop hermétique, ou trop évasif de peur d'être scolaire. L'auteur a su éviter ces deux écueils, et on peut suivre toutes ces notions indispensables d'optique sans crainte d'être noyé dans les équations de base – qui sont pourtant bien là – ni abandonné dans un flou artistique.

Les schémas nécessaires sont tous présents, très simples, et ils aident beaucoup à la compréhension des lois élémentaires de l'optique. On passe en revue les différents types d'objectifs, puis les paramètres un peu difficiles à cerner que connaissent tous les photographes : angle de champ, pouvoir séparateur, netteté subjective ou objective des images, contraste et limites de définition. On y trouve en particulier une description très bien faite de ce que sont les fameux tests FTM dont on entend toujours parler dans les revues spécialisées sans jamais bien savoir à quoi ils correspondent.

On passe ensuite aux côtés pratiques : visée, macrophoto, comparaison entre l'image visuelle et celle représentée sur un film donné par un objectif de tel type, relief et perspective, reproduction des couleurs et usage des filtres. On termine avec les trucages et la projection sur écran ou sur moniteur vidéo.

Ce n'est donc pas un ouvrage consacré aux objectifs, comme celui qu'avait rédigé Andréani, mais un livre qui traite de la prise de vue sous l'angle de l'optique et qui aborde donc aussi bien les combinaisons de lentilles que les principes de la perspective, la profondeur de champ ou les trucages optiques. Il y a toujours, en chaque domaine, un rappel historique qui vient aérer ce qu'un tel sujet a parfois d'un peu ardu, et, finalement, on apprend beaucoup de choses sans avoir jamais l'impression de suivre un cours. *Renaud de La Taille*

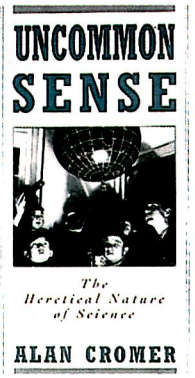
Les Grecs et les jobards

Alan Cromer
UNCOMMON SENSE THE HERETICAL NATURE OF SCIENCE
Oxford University Press, 240 p.

LA PENSÉE SCIENTIFIQUE ET LES PARASCIENCES
Albin Michel, 234 p., 98 F.

Il est tout à fait dommage qu'il y ait des lecteurs en France qui ne puissent pas lire ce remarquable ouvrage d'histoire et de philosophie des sciences : c'est l'un des plus brillants qui se puissent actuellement trouver.

Alan Cromer, physicien de métier, pose le problème d'entrée de jeu : comment se fait-il que la science ne se soit développée que depuis quelques siècles ? Réponse : c'est grâce à la Grèce, fontaine éternelle de l'esprit scientifique. Les Hindous, les Chinois, les Arabes et les autres n'étaient certes pas moins intelligents que les Grecs ; mais ceux-ci eurent le mérite de séculariser le sacré, alors que les autres, les Hindous, en particulier, sacralisaient le quotidien.



Abordant le vaste domaine des erreurs en science, de la fameuse affaire des rayons N à la fusion froide, en passant par J.B. Rhine, le père des études sur la perception extrasensorielle (pour lequel il semble avoir un respect empreint de sympathie), et les théories de Velikovsky (sur une prétendue collision entre la Terre et Vénus), Cromer relève que les discours des "coupables" pèchent toujours par religiosité ; le discours scientifique est toujours réservé et descriptif, donc sceptique. Dès qu'on s'en écarte, on tombe dans le domaine de la foi, qui gêne l'acquisition du savoir. La science ne connaît pas "la vérité" ; à la vérité, donc, elle s'en méfie comme de la peste ! Mieux : la science ne s'érige pas en foi.

Réflexion originale de Cromer : on s'imagine volontiers que les technologies n'en finissent pas de progresser. Or, l'expérience «démontre que les nouvelles technologies atteignent leurs limites pratiques tôt au cours de leur évolution. La Grande Pyramide d'Egypte fut construite en 2680 avant notre ère, quelques siècles seulement après que les Egyptiens eussent maîtrisé la taille et le transport de grands blocs de pierre. Ils continuèrent à construire des pyramides pendant mille ans, mais ils n'en construisirent plus d'aussi grandes.» Un ouvrage calme, ▶

froid et passionnant.

Le second ouvrage cité plus haut est collectif, puisqu'il reprend les communications du congrès de La Villette sur le thème annoncé en couverture, en 1993. Les textes sont d'intérêt inégal, mais on relèvera surtout ceux de Jean-Paul Dumont sur le pythagorisme et de Catherine Chevalley sur l'influence du pythagorisme dans la formulation de la théorie des quanta, qui éclairent d'un jour nouveau un chapitre fondamental des sciences contemporaines ; celui de Paul Caro sur les délires de chercheurs, la bastonnade savoureuse de notre ami Henri Broch, la dénonciation par Jean Paulhac des tests d'embauche basés sur la supercherie déguisée en science, et l'effort conseillé par Dominique Lecourt pour comprendre l'inclination publique à croire aux para- sciences. Il est vrai qu'il serait intéressant de savoir pourquoi les gens y croient.

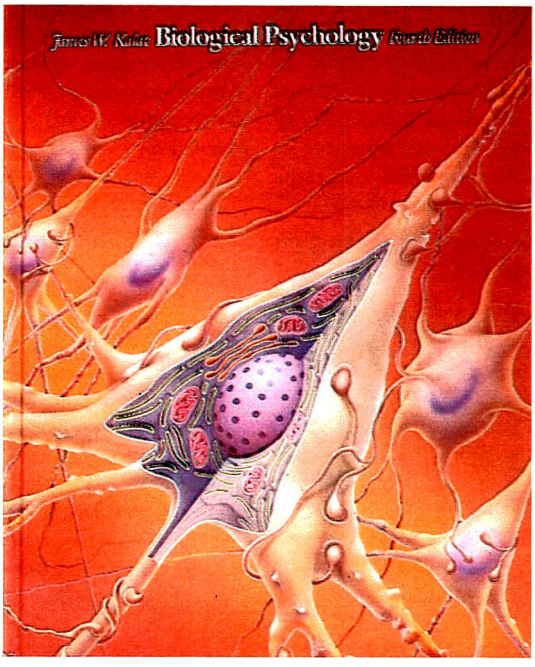
G.M.

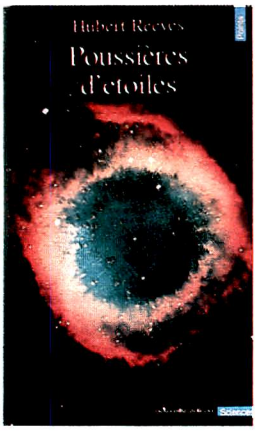
Comment l'esprit se cheville au corps

James W. Kalat
BIOLOGICAL PSYCHOLOGY
Brooks Cole Publishing Company, Pacific Grove, California, alb. ill. 680 p.

Il nous semble nécessaire de signaler aux lecteurs (et éditeurs) français l'existence de ce remarquable traité de psychologie biologique, qui vient d'être réédité pour la quatrième fois en deux ans. Il expose, en effet, de façon aussi précise que claire, ce qui est difficile pour un tel sujet, l'ensemble des connaissances anatomiques et fonctionnelles qui établissent les liens entre le cerveau et le corps. Il est, de plus, très abondamment illustré et très bien imprimé. Plus d'un étudiant et d'un médecin, pour peu qu'ils soient quelque peu anglophones, gagneraient à sa lecture.

G.M.





Le rêve et le Reeves

Hubert Reeves
POUSSIÈRES D'ÉTOILES
Seuil, "Points Science", 256 p., 49 F.

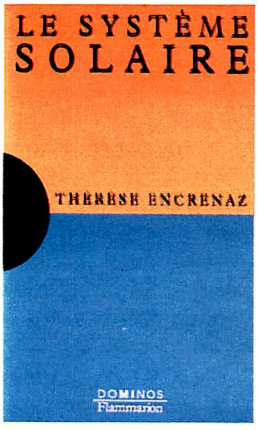
Thérèse Encrenaz
LE SYSTÈME SOLAIRE
Flammarion-Dominos, 128 p., 39 F.

Hubert Reeves confie dans la préface de ce livre qu'il a commencé à vulgariser l'astronomie, il y a vingt-cinq ans, en discutant amicalement au gré des rencontres. Ce dialogue intime et profond, il l'a poursuivi par des conférences et des livres, au succès que l'on connaît. On peut même affirmer qu'il a été, en France, un moteur et un modèle de la vulgarisation scientifique depuis une quinzaine d'années.

Il était donc tout à fait normal que le Seuil le célébrât à sa manière en rééditant un de ses premiers livres, *Poussières d'étoiles*, pour le numéro cent de sa collection "Points Sciences". Ecrit il y a dix ans, ce livre n'en demeure pas moins d'une réelle actualité. D'une part, il a été, du point de vue des connaissances, parfaitement mis à jour. De l'autre, l'aspect iconographique a été, malgré le passage d'album grand format au format de poche, renouvelé et respecté.

Au total, un guide parfait qui s'intéresse surtout à notre environnement proche (galaxies, étoiles, Soleil, planètes, Terre) plutôt qu'aux considérations cosmologiques lointaines et incertaines.

Thérèse Encrenaz, elle, a réussi à condenser en une centaine de petites pages neuf planètes réparties sur un disque de 12 milliards de kilomètres de diamètre. Si le résumé est précis et très informatif, le ton reste purement descriptif et froid. Une curio-



sité : cette présentation du système solaire ne parle pas du... Soleil. Pourtant, il semble bien que ce dernier ne soit qu'une planète qui a réussi (et la géante Jupiter, une étoile avortée). La proximité méritait la comparaison.

Le chapitre le plus intéressant est bien celui de l'origine de notre système planétaire.

36 15
SCV
Le ciel étoilé sur votre minitel !
(En fonction de l'heure et de votre latitude.)

Pourquoi y a-t-il des terres rocheuses et des boules de gaz ? D'où viennent les comètes ? Comment expliquer la diversité des paysages, des compositions et des destins ? Les données récentes ont en partie levé ces mystères aux accents mythologiques.

Jean-François Robredo

Loin de Lacan

Dr Jacqueline Renaud
QUAND ÇA NE TOURNE PAS ROND
Marabout, 248 p., 37 F.

Neuropsychiatre, et dotée à la fois des connaissances et du bon sens qu'ont pu apprécier nos lecteurs dans les nombreux articles d'elle que nous avons publiés ces dernières années, le Dr Jacqueline Renaud a voulu venir en aide, "gentiment", comme on dit, à ceux, nombreux, qui se rendent compte que leur équilibre psycho-affectif est rompu.

Elle présente donc ces troubles qui ne sont ni des névroses, ni des psychoses, puis les névroses, la psychasthénie, la névrose d'angoisse, la tristesse, les maladies imaginaires, la paranoïa sensitive, et les grands troubles : psychoses, délires, sénilité, etc.

Des encadrés permettent de se clarifier les idées sur un certain nombre de concepts, de théories et de termes employés assez souvent à tort et à travers. Nous sommes bien loin de Lacan. Un certain esprit d'analyse, et quelques notions de base, sont tout de même nécessaires pour tirer de ce livre les bienfaits qu'on en espère.

G.M.

L'écologie en collection

Hervé Le Bras
LE SOL ET LE SANG
Ed. de l'Aube, coll. "Monde en cours", 124 p., 45 F.

Benjamin Dessus
PAS DE GABEGIE POUR L'ÉNERGIE
Id., 95 p., 39 F.

Jean-Pierre Orfeuil
JE SUIS L'AUTOMOBILE
Id., 95 p., 39 F.

Edgard Pisani
POUR UNE AGRICULTURE MARCHANDE ET MÉNAGÈRE
Id., 191p., 59 F.

Pierre Calame
UN TERRITOIRE POUR L'HOMME
Id., 92 p., 39 F.

Cette collection de petits ouvrages d'une centaine de pages offre les contributions de cinq experts aux questions actuelles d'environnement : énergie, aménagement du territoire, agriculture... Pierre Calame traite de l'aménagement du territoire, cher au ministre de l'Intérieur, Charles Pasqua. Pour lui, «l'aménagement du territoire sera la traduction de la recherche d'un humanisme du XXe siècle ou ne sera pas».

Edgard Pisani, ancien ministre de l'Agriculture, prend acte de la rupture entre le monde rural et l'agriculture ; et pose les jalons d'un nouveau pacte entre la société et son agriculture. L'ouvrage de Benjamin Dessus alimentera le débat sur l'énergie lancé au printemps dernier par Michel Barnier, ministre de l'Environnement. Et comment parler d'énergie sans s'intéresser à l'automobile ? Jean-Pierre Orfeuil, expert à l'Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité (INRETS), brosse un portrait original de l'automobile en tentant «une réponse imaginative à cette culture de transport...»

Plus que jamais dans l'actualité, l'ouvrage d'Hervé Le Bras ouvre directement sur une remise en cause de nos idées de l'étranger et donc de nos politiques migratoires. Selon Le Bras, «aujourd'hui, en France, l'association entre le peuple et le territoire n'est plus pensée positivement et directement, mais négativement, en termes d'étrangers et d'invasions...»

Didier Dubrana

La médecine sous le scalpel

Anne Dutruge
RITES INITIATIQUES ET PRATIQUE MÉDICALE DANS LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE CONTEMPORAINE
L'Harmattan, 235 p., 120 F.

Yves Audève et Gérard Delteil
LA MÉDECINE MALADE DE L'ARGENT
Editions de l'Atelier, 238 p., 120 F.

Originale étude que celle d'Anne Dutruge, elle-même médecin. «Les sociétés industrielles [...] ont vu naître avec l'arrivée de l'acte anatomique une rupture entre l'homme et son corps, mais surtout entre le corps et le sacré, par une désacralisation du corps», écrit-elle. Parallèlement, le corps s'est "socialisé", voire politisé, ne fût-ce que du fait de l'existence de la Sécurité sociale, et la réponse médicale est culturelle. «C'est ainsi que l'enjeu du pouvoir dans toute institution se trouve être aussi directement ou indirectement l'emprise sur le corps.»

Emboîtant le pas à Michel Foucault, qui avait déjà relevé cette politisation du corps, l'auteur applique les méthodes de l'ethnologie à l'étude des rites médicaux. C'est aisé à lire, et le texte abonde en informations originales. Les Européens qui, de nos jours, se scandalisent de la clitoridectomie pratiquée en Afrique semblent ainsi ignorer que «la peur de la masturbation a fait pratiquer la clitoridectomie aux Etats-Unis jusqu'à la fin des années trente. [...] la chirurgie des orifices était recommandée pour tout, de la ▶

rougeole à la mélancolie, y compris la kleptomanie». Livre pointu et intelligent, donc dérangeant.

L'enquête d'Yves Audève et Gérard Delteil se situe dans le prolongement de ce point de vue : du fait de la commercialisation qui régit la médecine et de la corruption qui s'ensuit souvent, le corps devient une marchandise, comme divers scandales l'ont révélé ces dernières années : chirurgiens qui ont le bistouri un peu facile ou patrons de clinique qui prétendent régler leur concurrence à coups de feu. On parle du "prix du lit" hospitalier, et l'on a vu, dans un scandale récent, du personnel soignant s'arroger le droit de décider que des malades étaient "sans intérêt". Et faut-il reparler des "bonnes affaires du sida" ? Ces auteurs ne s'en privent pas. Un livre qui mérite d'être lu par beaucoup de monde, y compris ceux qui ne se pensent pas en cause.

Comment la nuit des temps s'est éclairée

Marc Groenen
POUR UNE HISTOIRE DE LA PRÉHISTOIRE
Jérôme Millon, 603 p., 280 F.

On estime souvent mal l'importance qu'eut pour la culture mondiale la découverte de la préhistoire. Celle-ci entraîna, au XIXe siècle, un élargissement vertigineux des horizons humains, jusqu'alors restreints à l'histoire et à des mythes. Qu'il eût existé, avant les Egyptiens, les Grecs et les Romains, des cultures dont les racines traversaient les millénaires, cela réduisit sensiblement l'image que l'être humain s'était faite de lui-même.

D'où l'immense intérêt de l'ouvrage que voici, dû à la conjugaison d'un éditeur de talent, à Grenoble, et d'un spécialiste éclairé.

On eût pu craindre un ouvrage universitaire, on trouve un travail original et fidèle, bâti avec un grand bon sens : décrire les précurseurs, définir le rôle du transformisme, raconter la naissance des méthodes de recherche des vestiges préhistoriques, plus tard changées en techniques, et aborder le thème périlleux : la naissance du concept de culture.

La quatrième partie, la plus originale, "Constructions et reconstitutions", est un essai de description de ce que fut l'homme du Paléolithique et de sa représentation du monde. Dans cette partie, qui donne déjà beaucoup à rêver, un chapitre en particulier brille d'un éclat rare, "Les manifestations artistiques comme expression d'une métaphysique". L'auteur y trace la portée et la limite des interprétations qu'on peut s'autoriser de l'art du Paléolithique, distinguant, à l'instar d'Erwin Panowsky (qu'il ne cite hélas ! pas), la distinction essentielle entre l'iconographie, qui est la description des documents, de l'iconologie, qui est leur interprétation.

Deux appendices offrent une liste des repères historiques de l'histoire de la préhistoire. On ne peut critiquer que la densité des pages, qui eussent bénéficié de paragraphes plus nombreux. Le titre de l'ouvrage indique à l'évidence que l'auteur s'interdit une version définitive des faits et que, frotté d'épistémologie, il prend le parti de raconter comment le savoir paléontologique s'est formé.

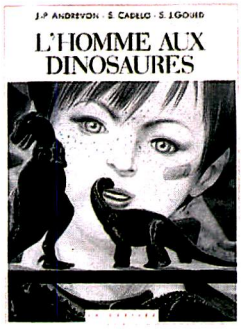
G.M.

L'anti-Jurassic Park

J.-P. Andrevon, S. Cadelo, S. J. Gould
L'HOMME AUX DINOSAURES
Seuil-La Dérivée, 128 p., 110 F.

Si les dinosaures s'obstinent à ne pas venir à nous, c'est nous qui irons vers eux. Voilà résumée l'idée de départ de cette fiction aux accents scientifiques et à la démarche volontairement anti-Jurassic Park. Jeremiah Prokosh, spécialiste des dinosaures, se retrouve donc, grâce à une machine spatio-temporelle, à la fin de l'ère secondaire. Plongé dans son univers, il décrit, avec l'enthousiasme d'un enfant gâté et la précision d'un scientifique comblé, la vie il y a 65 millions d'années à un adolescent auquel est destiné son journal de bord.

Mais la catastrophe annoncée se profile déjà, l'astéroïde qui a mis fin au règne des dinosaures pointe dans le ciel. La disparition est inévitable et comme programmée. C'est du moins l'hypothèse de notre explorateur qui se convainc, après réflexion, que l'événement terrestre est un épisode d'une guerre galactique que se livrent un empire mammifère et un empire reptile. La météorite tueuse aurait donc été téléguidée par les représentants de l'espèce, alors faible sur Terre, pour lui permettre de se développer et de prospérer pendant, au moins, les 65 millions d'années qui vont venir. En attendant peut-être une revanche (par un autre astéroïde interposé) de l'empire reptile.



Le texte se termine sur cette question. Le texte, mais pas le livre, car suit en deuxième partie un commentaire très intéressant du biologiste Stephen Jay Gould. C'est ici que, passé le plaisir de la lecture de la fiction, commence le plaisir de la réflexion. En peu de pages et quelques exemples concrets, le spécialiste américain démontre l'importance de la narration (romanesque) en science. Loin de dévaloriser l'imagination, il la réhabilite sans hésitation.

Il n'en reste pas moins que l'hypothèse de l'intervention de puissances cosmiques élaborée par le romancier s'écarte selon lui du message scientifique. En effet, c'est une manière de vider l'histoire de la notion de hasard, ce que la science ne justifie en rien : la nécessité (relation de cause à effet) n'implique pas l'intentionnalité. Pas de métaphysique (essences éternelles et supérieures) pour Gould, l'imagination devra trouver encore d'autres chemins pour raconter et, si possible, donner un sens aux grands événements de l'histoire de l'évolution du vivant.

J.-F.R.

Les fous et leurs médecins

Jean-Pierre Olié et Christian Spadone
LES NOUVEAUX VISAGES DE LA FOLIE
Odile Jacob, 316 p., 150 F.

Sven Follin
VIVRE EN DÉLIRANT
Nervure-Les Empêcheurs de Penser en Rond, 332 p., 94 F.

Les auteurs du premier de ces deux ouvrages sont psychiatres et "éclairés". Pardonnons-leur un titre faux : il n'y a pas de "nouveaux visages de la folie", il y a une nouvelle manière de considérer l'aberration mentale. Et l'on ne sortira sans doute pas de sitôt du constat de Michel Foucault : on est fou dès lors qu'on ne se conforme pas. Ils rappellent donc utilement qu'il est beaucoup de raisons pour lesquelles on peut adopter un comportement bizarre : grossesse, hérédité, refoulement sexuel, attaque cérébrale, surmenage, intoxication médicamenteuse, tumeur, etc. Comme ils ne vont pas cracher dans la soupe, ils s'insurgent contre l'idée de Thomas Szasz selon laquelle la folie n'existe pas, mais ils rejettent aussi bien la pratique de l'enfermement systématique : «Seuls 1 à 2 % des criminels sont reconnus avoir agi en état d'irresponsabilité sous l'emprise d'un trouble psychotique.»

Le livre de Sven Follin est touchant, ce qui n'est pas commun dans un domaine où chacun s'efforce de rester froid, parce qu'il parle de son expérience (elle constitue les neuf dixièmes de son texte) avec une profonde humanité et qu'il se méfie de l'enfermement, qui adapte trop bien la personnalité du malade à l'établissement. Il estime pour sa part qu'outre les causes organiques d'un dérèglement psychologique il faut faire la part des drames personnels vécus par le malade : «J'entends bien qu'il n'existe pas en pathologie mentale un drame personnel qui, à quelque degré, n'ait pas de référence aux problèmes que chacun résout, bien ou mal, au cours de son existence.»

De tels textes, comme l'ensemble des ouvrages sur la maladie mentale, laissent un certain malaise. Quand on lit dans un diagnostic (celui de "Robert", p. 105) qu'Untel souffre d'«immaturation affective», on en vient à se demander si l'on connaît autour de soi beaucoup de gens qui possèdent la "maturité" qui sert de référence. *G.M.*

Un atlas et un dictionnaire pour la cellule

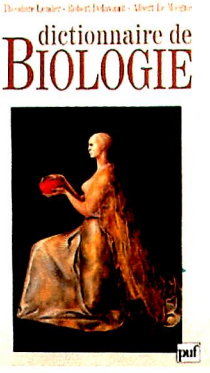
Günter Vogel et Hartmunt Angermann
ATLAS DE LA BIOLOGIE
La Pochothèque, 641 p., 149 F.

Théodore Lender, Robert Delavault et Albert Le Moigne
DICTIONNAIRE DE BIOLOGIE
PUF, 655 p., 540 F.

L'édition originale de *l'Atlas de la biologie*, publiée à Munich en 1967, était en allemand et parut pour la première fois en France en 1970, chez Stock où elle fit l'objet de plusieurs rééditions. Cette fois, il s'agit d'une version entièrement revue et augmentée des connaissances acquises ces dernières années en biologie moléculaire. Tous les domaines de cette matière y sont abordés, des plus classiques, comme la structure de la cellule, aux plus controversés, comme la théorie synthétique de l'évolution. Deux index, en fin d'ouvrage, l'un sur les noms de plantes et d'animaux, l'autre sur les noms de personnes et termes techniques, permettent de s'y retrouver facilement. La lecture est encore facilitée par de nombreux dessins clairs et agréablement conçus placés en vis-à-vis du texte.

Le second ouvrage est un excellent complément du premier. Son intérêt réside surtout dans le fait qu'il comble une lacune. Il devenait, en effet, de plus en plus difficile pour le lecteur, spécialisé ou non, de comprendre les termes de biologie employés dans les articles de revues ou de journaux. De "Aberration chromosomique" à "Zymogène", tous les termes susceptibles d'être rencontrés y sont clairement expliqués. En outre, les mots signalés par un astérisque dans le texte sont eux-mêmes expliqués.

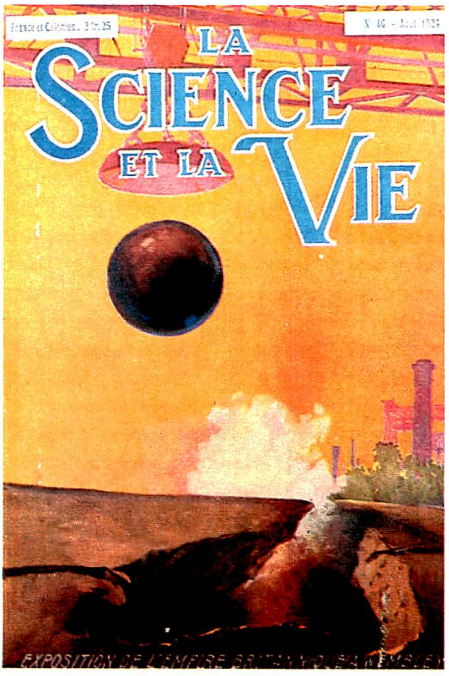
Voilà deux ouvrages de référence pour l'étudiant et tout lecteur curieux des progrès de la biologie. *Pierre Rossion* ■



Science & Vie IL Y A...

Par Marielle Véteau

...70 ANS



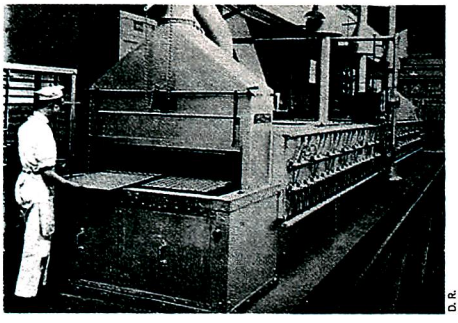
D. R.

Août 1924

«Par un système d'interrupteur qui contrôle l'excitation de l'électro-aimant porteur, la boule d'acier, de 1,70 m de diamètre et pesant 10 t, peut être maintenue au contact de la calotte sphérique de l'électro-aimant ou relâchée à volonté sur des constructions à démolir.»

L'Exposition de l'Empire britannique à Wembley

«La biscuiterie mécanique est l'une des nombreuses attractions du Palais de l'industrie de l'exposition de Wembley. Enfournés à un bout de cette immense machine, les biscuits sortent à l'autre bout cuits à point et prêts à la consommation.»



D. R.

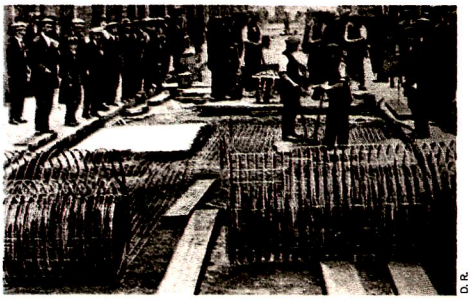
D. R.

L'enlevage et le marouflage des peintures

«Le rentoilage, le marouflage des peintures ou l'enlevage des fresques murales demandent des techniques prudentes mais ingénieuses de la part des restaurateurs. Ce fragment de fresque, très fissuré, a été enlevé par morceaux d'une muraille et transporté au Louvre.»

On construit en Angleterre des chaussées en béton armé

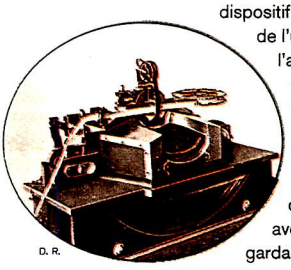
«Pour remédier à l'effondrement des chaussées, les ingénieurs britanniques ont prévu les fondations des routes en béton armé. Ici, le lit sur lequel repose le pavage est fait d'une nappe de béton de 15 cm d'épaisseur, dans laquelle est noyé un treillis de gros fils de fer.»



D. R.

Une machine qui imprime à distance

«Le système électrique réalisé par M. J. Laurent-Sema comporte, pour chaque poste, un clavier universel et un dispositif imprimeur. On tape sur le clavier de l'un des postes et c'est dans l'autre poste que le caractère est frappé par le dispositif imprimeur, sans préjudice d'une impression semblable au poste émetteur. Les services équipés de ce système pourraient échanger demandes et réponses, comme avec le téléphone, mais en gardant la trace des conversations.»



D. R.

Une pelle à poussière que la ménagère appréciera

«Présentée également à l'Exposition de l'Empire britannique, cette pelle est large, et sa lèvre inférieure assure un contact parfait avec le plancher. Une fois soulevée, elle se place verticalement et retient la poussière au fond.»

D. R.

Le directeur de la publication : Paul Dupuy – Dépôt légal n° 84007 – Numéro de Commission paritaire : 57284 du 15 décembre 1975 – Printed in France – Photogravure et impression : Imp. alsacienne Jean Didier, F/67200 Strasbourg.

Le père de la psychanalyse

FREUD

Deux grands noms marquent le XXe siècle : Einstein et Freud. Sigmund Freud est né en 1856 à Freiberg en Moravie. Quelle trajectoire conduit ce neurologue renommé - il publie dans les années 90 plusieurs mémoires sur les paralysies infantiles - à rompre avec sa pratique clinique et à poser les bases d'une nouvelle approche thérapeutique des maladies mentales : la **psychanalyse** ?

On trouve, au cœur de cette affaire, une question qui, à l'époque, passionne tout ce que l'Europe compte de sommités dans l'étude et le traitement des maladies neurologiques: la nature de **l'hystérie et son traitement**.

C'est là que se situe le point de départ de la théorie psychanalytique dont la construction, dans sa première version, va réclamer environ 20 ans. Elle s'achève en 1905 par la publication des " Trois Essais sur la Théorie de la Sexualité ".

En 1905, (c'est aussi l'année où Einstein publie la théorie de la relativité restreinte), ils sont très peu nombreux à en avoir entendu parler : tout juste une dizaine, médecins et non-médecins, qui se rendent à Vienne pour rencontrer Freud...

Ils essaimeront la psychanalyse dans quelques pays d'Europe, avec plus ou moins de succès... Elle n'y acquerra droit de cité que quelque quarante ans plus tard, rapportée sur le Vieux Continent dans les malles de l'armée américaine.

Le prochain numéro des Cahiers de Science & Vie retrace pour vous le chemin parcouru par la psychanalyse et son fondateur.

LES CAHIERS DE SCIENCE & VIE

DES HISTOIRES RICHES EN DÉCOUVERTES

Parution le 17 août

Safrane Alizé
Turbo Diesel. 162 000 F.

– Elle possède tout ce qui vous est cher et en plus elle n'est pas chère.

PUBLICIS CONSEIL K 0284 PHOTO D. ISSERMANN

Conditionnement d'air à régulation automatique, direction assistée, rétroviseurs électriques dégivrants, prétensionneurs de ceintures de sécurité, projecteurs additionnels. Tous ces équipements qui vous sont chers, la nouvelle Safrane Alizé RN 2,1 L Turbo Diesel les possède en série. Devant une telle surenchère, cela ne vous coûte pas cher d'admettre que pour 162 000 F, cette Safrane Alizé n'est vraiment pas chère. Existe aussi en version essence à partir de 151 000 F.

SAFRANE *Laissez le plaisir conduire.*

3615 3616 RENAULT

Modèle présenté : Safrane Alizé RN 2.1 dT avec options. Tarif au 01/07/94. A.M. 95. Garantie anti-corrosion Renault 6 ans. RENAULT préconise elf

RENAULT
LES VOITURES A VIVRE