

# SCIENCE & VIE

■ Rayons gamma: le plus violent mystère de l'Univers

■ La science défie la vieillesse

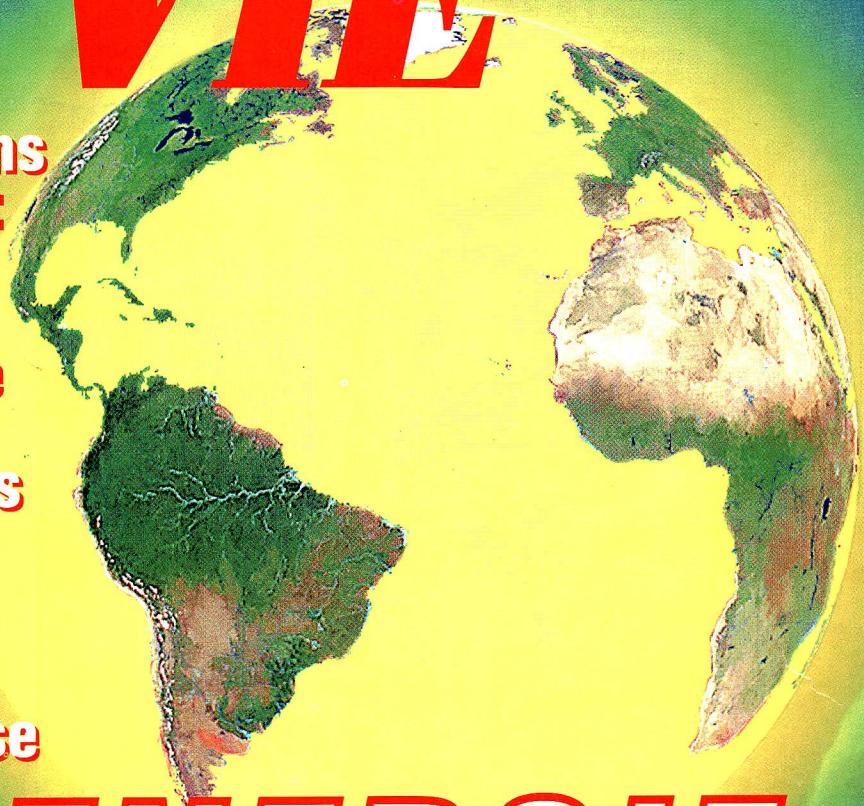
## ENERGIE

*Un fantastique trésor  
caché au fond  
des mers*

T 2578 - 931 - 23,00 F



Comment le train  
peut sauver  
la route



**NEXIA 54 900 F\***  
Direction assistée en série



# Pourquoi voir petit quand on peut voir grand ?

\* Prix TTC, siège en cuir, man. AM 95 au 30/3/95 de la NEXIA GL, 3 portes / Anti-brouillards en option / Peinture métallisée en option

## DAEWOO VOUS PROPOSE UNE GRANDE VOITURE POUR LE PRIX D'UNE PETITE

Le lancement de la NEXIA risque d'en étonner plus d'un. **MAXI ESPACE** : 5 vraies places, un grand coffre pour un prix surprenant à partir de 54 900 F\*. Trois, quatre ou cinq portes, il y a toujours une NEXIA qui correspond à vos besoins. **MAXI ÉQUIPEMENT** : DAEWOO a équipé toutes les NEXIA d'une direction assistée en série, d'un radio K7, d'un anti-démarrage électronique, de l'essuie-glace arrière, des vitres teintées, d'un compte-tours. Mais ce n'est pas tout,

**ASSISTANCE 3 ANS GARANTIE** : DAEWOO vous propose toute une gamme de NEXIA dont les versions GLX/GTX qui vous offrent la "totale" : air conditionné, Air-bag conducteur (coussin gonflable de sécurité), vitres électriques, jantes alliage, fermeture centralisée. **MAXI GARANTIE** : Vous pouvez compter sur DAEWOO : la NEXIA est garantie 3 ans\*\* ou 100 000 km et bénéficie d'une assistance gratuite 24h/24h dans toute l'Europe, assurée par le réseau DAEWOO en pleine expansion. Décidément, DAEWOO, ça vous change la vie !



**DAEWOO**  
ÇA VOUS CHANGE LA VIE

\*\* 3 ans ou 100 000 km  
échéance au premier  
des deux termes échu

**LABO**  
36.15 DAEWOO  
2.19 F. la minute

# L'ÉVÉNEMENT

**V**os gènes peuvent-ils être une source de profit ? Doit-on protéger par un brevet la découverte de nouveaux gènes, comme n'importe quelle invention ? Par 240 voix contre 188, le mercredi 1<sup>er</sup> mars, les parlementaires du Conseil de l'Europe ont répondu par la négative à ces deux questions.

Après six années de tractations délicates, les ministres et les représentants de cette assemblée avaient pourtant fini par adopter un compromis. D'un côté, le corps humain et ses éléments – gènes ou protéines – ne pouvaient être soumis à brevets "en tant que tels". Les découvertes du Généthon, par exemple, se trouvaient ainsi exclues du commerce et devaient être délivrées gratuitement à tous les chercheurs... ou aux industriels de la pharmacie. De l'autre, en revanche, une invention, un procédé technique et des connaissances utilisant des produits dérivés du corps humain, «de manière telle qu'ils ne sont plus directement liés à un individu spécifique», pourraient être protégés par un brevet.

Les opposants ont sorti les grands mots : "morale" contre "économisme"... et réclamé,



**Le commerce des gènes partage les Européens. Le Conseil de l'Europe n'a pas su adopter une politique commune : c'est à chaque Etat de décider. Les législations nationales devront respecter le juste équilibre entre réalités économiques et éthique.**

avant d'avoir à se prononcer sur un texte "technique", un accord sur les principes éthiques fondamentaux à respecter dans ce domaine. Les partisans ont souligné, à l'inverse, l'équilibre trouvé entre les nécessités de l'industrie et le problème moral posé par la commercialisation du corps humain.

Malgré ce distinguo subtil, générateur de conflits de définition, les parlementaires européens ont rejeté le compromis qui leur était proposé. Déclenchant aussitôt un tir de barrage des laboratoires pharmaceutiques européens qui agitent la menace de la «concurrence américaine et japonaise».

Difficile de savoir qui a raison. Reste que, avec cet échec du Parlement européen, ce sont des législations nationales contradictoires qui encadrent les recherches et définissent le champ des brevets. Peut-on en attendre un débat plus proche des citoyens sur les choix à faire entre mercantilisme et morale, efficacité économique et dignité de l'être humain ?

**S & V**

**EUROPE**  
**Les**  
**gènes**  
**qui**  
**divisent**

Publié par Excelsior Publications SA  
Capital social : 11 100 000 F - durée : 99 ans.  
1 rue du Colonel-Pierre-Ávila,  
75503 Paris Cedex 15.  
Tél. : 1 46 48 48 48. Fax. : 1 46 48 48 67.  
Adresse télexgraphique : Sienme Paris.  
Principaux associés :  
Yvesine Dupuy, Paul Dupuy.

## DIRECTION, ADMINISTRATION

Président-directeur général : Paul Dupuy. Directeur général : Jean-Pierre Beauvalet. Directeur général-adjoint : François Fahys. Directeur financier : Jacques Behar. Directeur marketing et commercial : Marie-Hélène Arbus. Directeurs marketing et commercial-adjoints : Jean-Charles Guérault, Patrick-Alexandre Saradell. Directeur des études : Roger Goldberger. Directeur de la fabrication : Pascal Rémy.

## RÉDACTION

Rédacteur en chef : Jean-René Germain, assisté de Marie-Anne Guffroy (documentation) et Elisabeth Latsague (secrétariat). Rédacteur en chef-adjoint : Sylvestre Huet. 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 Molinet, Roger Bellone, Jean-Michel Bader, Didier Dubrana, Hervé Pichot, Pierre Isabey, Bourdier, Thierry Piéron, Alexandre Dorozynski. Direction artistique : Gilles Moine. Maquette : Lionel Croson, Elisabeth de Garrigue. 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

Laurent Bromberger, Philippe Chambon, Germain, Chambost, Casterman, Chauveau, Fabienne Dubois, Sonia Fournel, Jean-Luc Gieck, Hélène Guillemin, Philippe Hénaréjos, Eric Kalis, Patrice Leblanc, Laurence Nahon, Pierre Poix, Mireille Véreau.

## RELATIONS EXTRÉMIERES

Michèle Hillion, Guyaline Brehin.

## SERVICES COMMERCIAUX

Chef de produit : Emmanuelle Foulon. Abonnements et marketing direct : Erick-Alexandre Saradell. Ventes : 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 : Yves Langlois. Directrice de la publicité : Véronique Moulin. Directrice de clientèle : Isabelle Sommet. Chef de marques : Jérôme Garrido.

## 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 clientèles abonnés : service abonnements, 1 rue du Colonel-Pierre-Ávila, 75503 Paris Cedex 15, tél. : 1 46 48 47 08 (à partir de 9 h). Tarifs : un an, 12 numéros, 253 F ; un an, 12 numéros + 4 hors-série, 328 F ; un an, 12 numéros + 6 cahiers, 413 F ; un an, 12 numéros + 4 hors-série + 6 cahiers, 488 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.

## À NOS ABONNÉS

Pour toute correspondance relative à votre abonnement, envoyez-nous l'étiquette collée sur votre dernier envoi. Changement d'adresse : veuillez joindre à votre correspondance 2,80 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 en cas de demande légitime. Les manuscrits non insérés ne sont pas rendus. La rédaction ne reçoit que sur rendez-vous.

Copyright 1989 *Science & Vie*.

**L'INVENTEUR DE LA RELATIVITÉ, C'EST LUI**  
C'est Henri Poincaré, ce génie méconnu. p. 114



**N° 931**  
**AVRIL**  
**1995**

Photo de couverture : T. Van Sant/ S.P.L./Cosmos et Nasa / Ciel & Espace. Infographie : Gilles Moine.

Recevez *Science & Vie* chez vous. Votre bulletin d'abonnement se trouve p. 159. Vous pouvez commander les reliures de *Science & Vie* p. 91. Vous pouvez aussi vous abonner par minitel en tapant 36 15 ABON.

**36 15 SCV**  
Votre journal en direct sur minitel.

**SCIENCE & VIE**

## RAYON GAMMA, D'OU VIENS-TU ?

De la fusion de deux étoiles à neutrons ? Des confins de l'Univers ? Les astrophysiciens planchent. Le mystère reste entier. p. 36

C. Brédin

**REPÈRE**  
**La voiture nous étouffe..... 28**

Didier Dubrana

**RECHERCHE**  
**Où sont les programmes des candidats ? ..... 30**

Sylvestre Huet

**RAYONS GAMMA**  
**La plus violente énigme du ciel..... 36**

Philippe Hénaréjos

**ESPACE**  
**En ballon dans l'Univers..... 44**

Pierre Poix

**HÉMOGLOBINE**  
**Des crocodiles donneurs de sang..... 50**

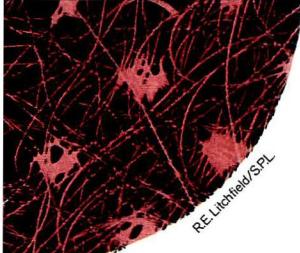
Alexandre Dorozynski

**HORLOGE BIOLOGIQUE**  
**La science défie la vieillesse..... 54**

Pierre Rossion

**FOUILLES**  
**L'Alexandrie antique retrouvée... 62**

Catherine Chauveau

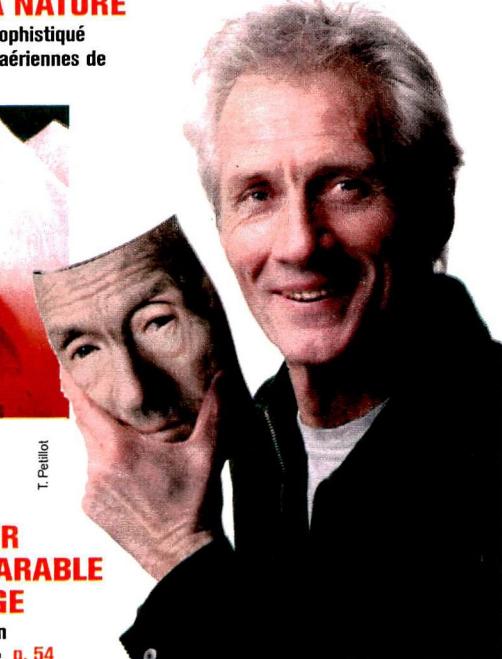


R.E. Litchfield/SPL

## TOUS LES VOLS SONT DANS LA NATURE

Le vol des insectes à la loupe, depuis l'envol très sophistiqué de cette cétoine dorée, jusqu'aux folles acrobaties aériennes de la coccinelle et autres coléoptères... p. 78

A et J. six



T. Petitot

## LES TEXTILES PRENNENT DE L'ÉTOFFE

Durs comme l'acier, et légers comme un voile. Bienvenue aux textiles de l'extrême. p. 94



Sarapis/Alexandria

## LE PHARE DE LA CULTURE

A Alexandrie, il a veillé sur la capitale de la science antique. p. 62

## RÉPARER L'IRRÉPARABLE OUTRAGE

Vivre vieux en restant jeune. p. 54

## ÉNERGIE

### Un fantastique trésor caché au fond des mers... 70

Alexandre Dorozynski

## CAHIER PHOTOS

### Le vol des insectes..... 78

Thierry Pilorge

## TEXTILES TECHNIQUES

### Les étoffes des héros..... 94

Patrice Leblanc

## DOSSIER

### Comment le rail va sauver la route..... 103

Laurent Bromberger

## RELATIVITÉ

### Poincaré a précédé Einstein..... 114

Renaud de La Taille

## PRISE DE VUE

### Adieu les images floues..... 120

Roger Bellone

<b>S</b>	<b>L'ÉVÉNEMENT</b> .....	<b>1</b>
<b>R</b>	<b>RECHERCHE</b> .....	<b>6</b>
	Rubrique dirigée par <i>Sylvestre Huet</i>	
<b>E</b>	<b>ENVIRONNEMENT</b> .....	<b>18</b>
	Rubrique dirigée par <i>Didier Dubrana</i>	
<b>T</b>	<b>TECHNOLOGIE</b> .....	<b>84</b>
	Rubrique dirigée par <i>Gérard Morice</i>	
<b>Q</b>	<b>QUOTIDIEN</b> .....	<b>124</b>
	Rubrique dirigée par <i>Roger Bellone</i>	
<b>M</b>	<b>MÉDIATHÈQUE</b> .....	<b>130</b>
<b>A</b>	<b>AGENDA</b> .....	<b>134</b>
	comment <b>ÇA MARCHE</b> .....	<b>136</b>
	<i>Renaud de La Taille</i>	
<b>E</b>	<b>ÉLECTRONIQUE</b> amusante.....	<b>140</b>
	<i>Henri-Pierre Penel</i>	
<b>I</b>	<b>INFORMATIQUE</b> amusante.....	<b>142</b>
	<i>Henri-Pierre Penel</i>	
<b>B</b>	<b>BIOLOGIE</b> amusante.....	<b>144</b>
	<i>Didier Pol</i>	
<b>B</b>	<b>journal de L'ASTRONOME</b> .....	<b>146</b>
	<i>Yves Delaye</i>	
<b>É</b>	<b>ÉCHECS &amp; maths</b> .....	<b>150</b>
	<i>Alain Ledoux et Louis Thépault</i>	
<b>F</b>	<b>FORUM</b> .....	<b>152</b>
	<b>36 15 SCV</b> .....	<b>156</b>
<b>I</b>	<b>IL Y A</b> .....	<b>158</b>
<b>R</b>	<b>Marielle Véteau</b>	



MÊME SI VOS CONCURRENTS NE SONT QU'A QUELQUES CENTIÈMES DERRIÈRE VOUS,

*Avec la nouvelle Xantia Activa, Citroën vient d'inventer une nouvelle référence en matière de sécurité active, et même de sécurité tout court. Grâce au système Citroën de contrôle actif du roulis mis au point par nos ingénieurs, pour la première fois au monde, une voiture ne s'inclinera plus dans les virages. Ce principe qui consiste à résister à la force centrifuge permet à Xantia Activa de virer totalement à plat. Une avancée technologique qui va apporter aux automobilistes une sensation de confort et un niveau de sécurité jamais atteints jusqu'à présent. Que vous soyez au volant de Xantia Activa ou même simple passager, vous vous demanderez pourquoi, depuis toutes ces années, aucune voiture n'avait été conçue avec autant d'intelligence et de rigueur. Equipée aussi de l'ABS, d'un habitacle renforcé et de l'Airbag Citroën conducteur de série, Xantia Activa restera longtemps en avance sur toutes ses concurrentes, et contrairement aux performances de Carl Lewis, cette avance*

## **ILS PEUVENT METTRE DES ANNÉES A VOUS RATTRAPER.**

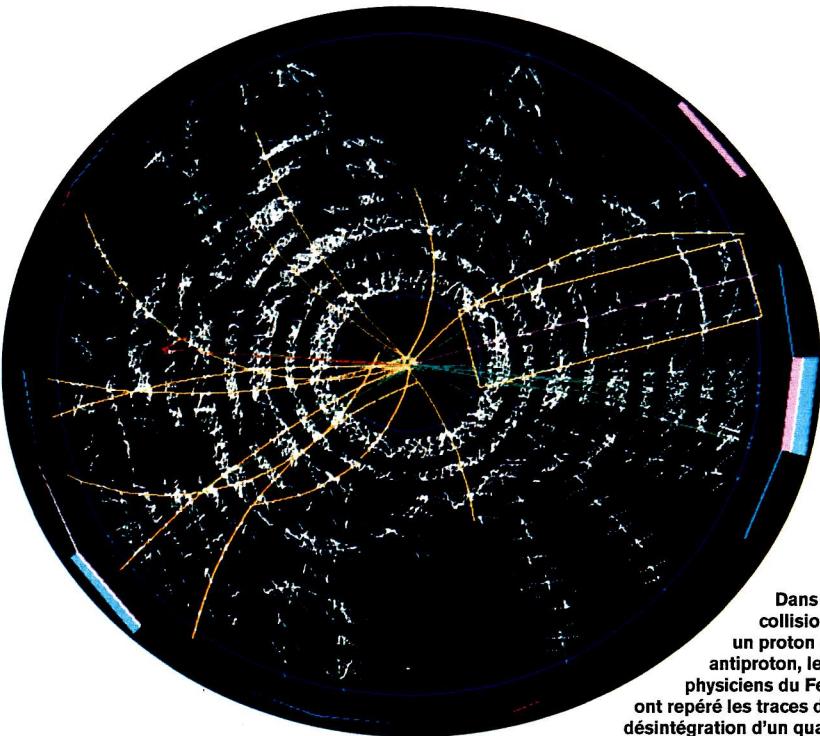
*ne se comptera pas qu'en centièmes de seconde. Motorisation essence 2 litres, 16 soupapes. Airbag Citroën conducteur de série. ABS de série. Jantes alliage et équipement haut de gamme de série. Informations clientèle : 36 63 90 00. 3615 CITROËN.*



**LA PREMIÈRE VOITURE QUI VIRE À PLAT**  
**CITROËN XANTIA ACTIVA**

# RECHERCHE

Dirigé par Sylvestre Huet



Fermilab/SPL/Cosmos

Dans cette collision entre un proton et un antiproton, les physiciens du Fermilab ont repéré les traces de la désintégration d'un quark top.

Physique

## Le dernier quark a bien été piégé

**E**t de douze ! Deux équipes de physiciens viennent, en observant chacune une quinzaine de quarks top, de mettre un point final à une aventure de trente années (1). En effet, en 1964, l'américain Murray Gell-Mann propose que les protons et les neutrons, que l'on pensait être des particules élémentaires, sont en fait constitués de quarks. Petit à petit, les physiciens construisent un modèle expliquant toute la matière connue à partir de douze particules élémentaires : six quarks, l'électron, le muon, le tau et leurs neutrinos associés (voir *Science & Vie* n° 916, p. 42). Tous sont observés sauf le plus lourd des six quarks, le top.

Il vient de l'être sans l'ombre d'un doute au Fermilab, le plus gros la-

boratoire de physique des particules des Etats-Unis. Celui-ci abrite l'accélérateur le plus puissant, le Tevatron : il est capable de projeter l'un contre l'autre deux faisceaux, l'un de protons, l'autre d'antiprotons, d'une énergie de 900 milliards d'électronvolts. Lors des collisions, cette formidable énergie permet la création de particules très lourdes. Il n'en fallait pas moins pour faire surgir le top, aussi lourd qu'un atome d'or !

« Ce résultat est sûr », souligne Armand Zylberstein, du CEA, qui participe à l'équipe D-zéro. Cette dernière avait critiqué l'annonce de la découverte du top, en avril 1994, par l'équipe CDF. « Il aurait mieux valu ne rien dire et attendre une bonne confirmation », affirme-t-il. Au-

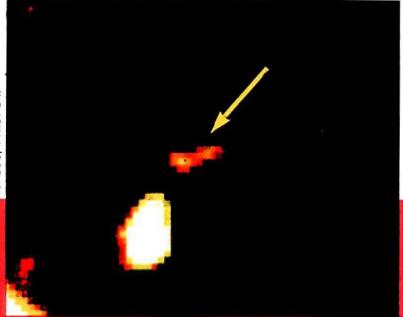
jourd'hui d'accord, les deux équipes se préparent à affiner leur calcul de la masse du top – environ 200 milliards d'électronvolts – et de ses désintégrations afin de vérifier leur théorie dans ses moindres détails.

(1) Articles des équipes CDF et D-zéro à paraître dans *Physical Review Letter*.

**36 15  
SCV**

Questions / réponses  
à la rédaction  
(sous 24 ou 48 heures,  
selon complexité).

## La plus lointaine galaxie de l'Univers



Avec la découverte de la galaxie la plus lointaine jamais observée, les astronomes espèrent lever le mystère de la formation de ces vaisseaux d'étoiles. Située à 12 milliards d'années-lumière, aussi loin que les énigmatiques quasars, cette sœur ainée de la Voie lactée s'est formée alors que l'Univers n'avait qu'un ou deux milliards d'années, contre quinze aujourd'hui.

## ELFE soutenu par les physiciens européens

● Titiller les noyaux des atomes sans les casser afin d'y étudier comment les quarks, leurs constituants, se comportent à l'intérieur de leur prison, voilà l'objectif d'Elfe – Electron laboratory for Europe –, un accélérateur d'électrons de 15 à 30 milliards d'électronvolts. Ce projet vient de recevoir l'appui du NuPECC (Comité européen pour la coopération en physique nucléaire).

## Sabotage au CERN

● Nicolas Blazianu vient d'entrer dans le cercle des célébrités du CERN, le laboratoire européen de physique des particules installé près de Genève. Pour obtenir 2 millions de FS et le licenciement de son ancienne épouse... il a sectionné des câbles et démonté 1 200 cartes électroniques. Un long travail sera nécessaire pour remettre en état les machines.

## Santé

### La salive contre le sida

L'absence de contagion du sida par la salive – ce qui est heureux vu la fréquence des échanges salivaires chez les adolescents – vient de trouver son explication. Une équipe du National Institute of Dental Research (USA), dirigée par Tessie McNeely, a identifié la protéine responsable de cet état de fait. La Secretory leukocyte

protease inhibitor, une petite protéine de la salive, inhibe le virus du sida *in vitro*, avec une efficacité dépendante de sa concentration, et semble jouer un rôle essentiel dans la protection naturelle de la salive contre le VIH.

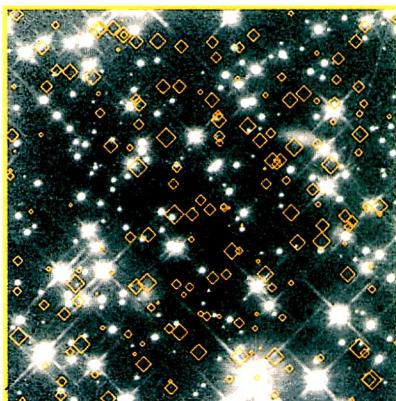
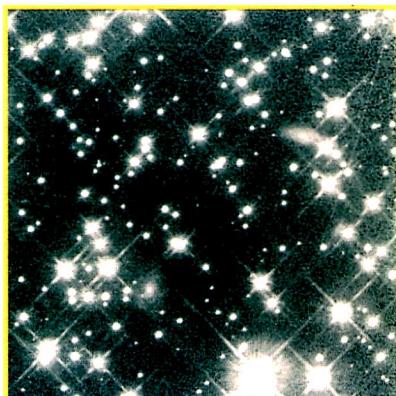


L. Choquer/Meltis

Le virus du VIH ne passera pas par la salive. Voilà une nouvelle qui ravira les adeptes du "French kiss".

## Le pentium a déjà un successeur

● Deux fois plus rapide que le pentium, P6 est le nom de code du microprocesseur qu'Intel commercialisera dès le second semestre 1995, espérant ainsi distancer les «cloneurs» et conserver sa suprématie.



Nasa/Esa

## Astrophysique

### Les naines rouges à la trappe !

**L**e télescope Hubble est cruel : en quelques photographies bien placées il a considérablement compromis l'existence des naines rouges. Ces étoiles beaucoup moins massives que le Soleil (0,2 masse solaire) devaient, selon la théorie, émettre un faible rayonnement, impossible à capter du sol mais accessible à l'œil de lynx spatial. Pourtant, le ciel est resté désespérément égal à lui-même (voir comparatif ci-contre).

Or, les plus fols espoirs reposaient sur ces astres miniatures. En effet, d'après la dynamique de l'Univers, celui-ci contiendrait

**On s'attendait à découvrir des centaines de naines rouges (petits carrés ci-contre), Hubble n'a rien vu de plus que d'habitude (ci-dessus).**

90 % de matière invisible pour 10 % de matière visible (les étoiles classiques). Une hypothèse séduisante donnait aux naines rouges une place de choix

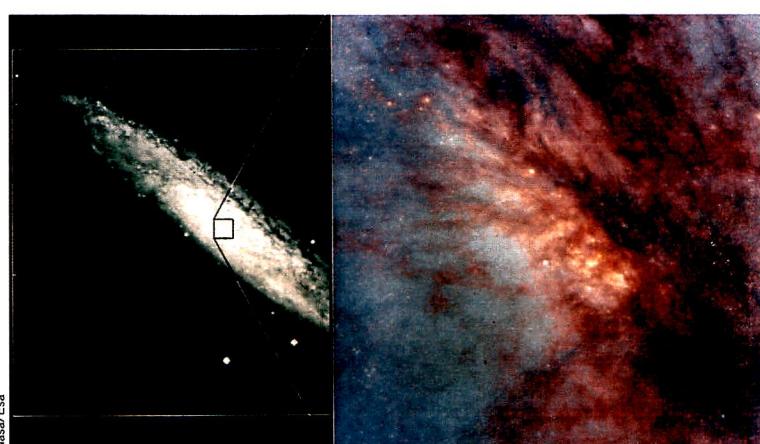
dans cette masse manquante. D'après les spécialistes elles ne pourraient représenter aujourd'hui que quelques pour cent. Autrement dit une goutte d'eau.

Alors sur qui vont se déplacer maintenant les soupçons ? Les naines brunes ? Cette catégorie regroupe des astres hybrides entre planète et étoile qui n'ont pas réussi à enclencher les réactions nucléaires stellaires. Elles ressemblent donc à des « Jupiter » épargnés en nombre dans l'Univers. Il y a quelques mois des astronomes ont annoncé en avoir vu quelques-uns passer devant des étoiles du Grand Nuage de Magellan. On attend la confirmation... C'est en tout cas la dernière chance pour que la seule matière que nous connaissons constitue la fameuse matière sombre. Après il faudra faire appel à de la matière exotique dont personne ne sait ce qu'elle peut être ni comment la détecter... J.F.R.

## Astrophysique

### Flambée d'étoiles dans la galaxie NGC 253

**A** huit millions d'années-lumière de la Terre, dans la galaxie NGC 253, le télescope spatial Hubble vient d'observer une formidable flambée d'étoiles. Déjà trahie par un excès de rayonnement infrarouge, cette pouponnière d'étoiles – proche du centre galactique – peut maintenant être étudiée en détail. On voit ainsi, dans la région de 1 000 années-lumière (à droite), des amas d'étoiles – les taches blanches – et des nuages de poussières et de gaz denses et aux structures tourmentées. Ils sont éclairés de l'intérieur par les jeunes étoiles qui s'y sont formées et demeurent invisibles derrière leur cocon.



**Vue de la Terre (à gauche), la galaxie avait montré un excès de rayonnement infrarouge. Hubble révèle des nuages de gaz où de très nombreuses étoiles naissent.**

# Zoom sur la nébuleuse du Cygne



Nasa/Esa

Il y a 15 000 ans, l'explosion d'une étoile massive a secoué l'espace à quelque 2 500 années-lumière dans la constellation du Cygne. De cette supernova subsistent ces dentelles de gaz chauds qui portent encore la trace de l'onde de choc. Les couleurs de cette image due à Hubble sont fausses : le bleu signale l'oxygène doublement ionisé, le rouge représente du soufre ionisé et le vert figure la lumière émise par les atomes d'hydrogène. Ces derniers sont concentrés juste derrière l'onde de choc et forment des filaments.

## Une neuvième vie pour l'œil de chat

● Vue par le télescope spatial Hubble, cette nébuleuse dite de «l'œil de chat» aurait mille ans d'existence. Restes d'une explosion d'étoile ayant un compagnon très proche, ces bulles gazeuses sont distordues par l'influence gravitationnelle du système binaire, au centre. Le compagnon serait aussi responsable des deux jets de gaz ultra-rapides que l'on aperçoit à droite et à gauche.

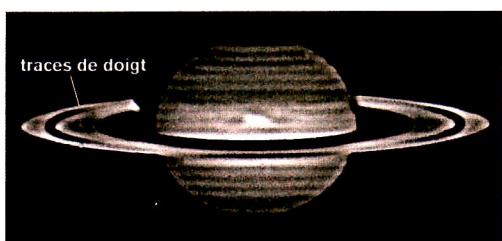


Nasa/Esa

## “Traces de doigt” sur l'anneau de Saturne

**A**u mois de novembre 1994, à l'aide du télescope du Pic du Midi, les astronomes ont réussi la performance de photographier les «spokes» (traces de doigt), taches sombres situées sur l'anneau de Saturne et à suivre leur évolution. Découvertes par les sondes Voyager en 1980, ces étranges formations n'avaient jamais été revues dans aucun télescope au sol.

«Ces «traces de doigts» semblent créées par une anomalie magnétique de la planète, explique Jean Lecacheux, astronome à l'observatoire de Paris-Meudon, qui a pris



J. Lecacheux/Obs. du Midi

Sur l'image enregistrée le 22 novembre 1994 à 18 h 27 TU, on distingue un ovale clair par 23 degrés de latitude Sud.

les clichés. Celle-ci soulève au-dessus de l'anneau des poussières sombres qui retombent en quelques heures.»

Sur les mêmes images, les astronomes ont découvert deux tempêtes dans l'atmosphère de Saturne. L'une d'elles, située quasiment sur l'équateur, semble animée d'une vitesse anormale pour sa latitude. La qualité des images permet d'apercevoir, près du pôle nord, une petite tache blanche. P.H.

## Paléontologie

# Les copains de Ramidus

L'équipe du paléo-anthropologue américain Tim White est chanceuse. Elle avait fait sensation avec la découverte de Ramidus, un australopithèque de 4,5 millions d'années – plus vieux que Lucy (3,5 millions) – publiée dans *Nature* le 22 septembre 1994. Elle vient de récidiver en annonçant la récolte de 90 fragments d'os fossilisés, attribués à Ramidus et dénichés tout près du site d'Aramis où le premier spécimen de cette espèce avait été



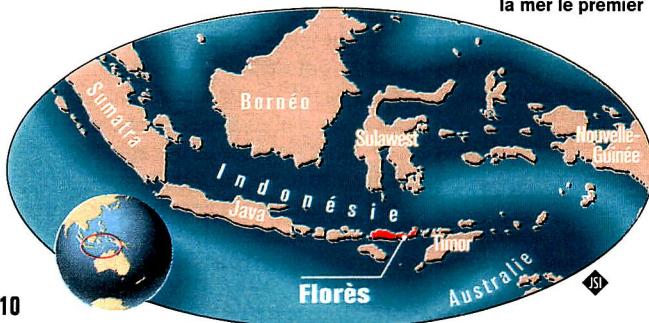
découvert. Fragments de crâne, de bras, de main, vertèbres, côtes, et surtout os de bassins et de membres inférieurs, précieux pour l'étude de la locomotion et de l'éventuelle bipédie de Ramidus... ces os proviennent de plusieurs individus mais représentent l'équivalent de 45% d'un squelette complet. Encore encaissés dans leur gangue, ils seront patiemment nettoyés et étudiés à Addis-Abeba, en Ethiopie. Dans quelques mois, on en saura un peu plus sur cette espèce et son emplacement dans l'arbre généalogique de plus en plus touffu et complexe des hominidés.

## Paléontologie

# Homo erectus était-il marin ?

Des outils de pierre taillée découverts sur l'île de Flores, en Indonésie, relancent le débat sur la date de sortie d'Afrique des hommes. Erectus, ou *habilis* (selon Yves Coppens), s'est-il mis à voyager il y a un million ou deux millions d'années ? De nouvelles datations des fossiles de Java ont repoussé à 1,8 million d'années la présence humaine en Extrême-Orient. Les outils dénichés par Pierre-Yves Sondaar semblent remonter à 700 000 ans et pourraient témoigner de la plus ancienne traversée d'un bras de mer par l'homme, exploit jusqu'alors réservé à *homo sapiens*.

L'île de Flores, une des îles de la Sonde entre Java et Timor l'Orientale, vient d'offrir un nouveau mystère : qui de l'*erectus* ou du *sapiens* a traversé la mer le premier ?



## Le dino nouveau

● *Génusarus sisteronis* est le nom d'une nouvelle espèce de dinosaure récemment découverte près de Sisteron, dans les Alpes de Haute-Provence. L'équipe du Muséum national d'histoire naturelle, dirigée par Philippe Taquet, a mis au jour des éléments de bassin et de membre postérieur. Le dino devait avoir 1,50 m de long et vivait il y a 100 millions d'années.





**Le meilleur  
des rasages  
commence ici...**

avec le gel de rasage Gillette Series. Ses agents lubrifiants d'avant-garde permettent au rasoir de glisser plus facilement, tout en douceur.

C'est la meilleure façon de commencer votre rasage.

●  
Avec ses deux lames montées sur ressorts et ses lamelles souples qui redressent votre barbe, SensorExcel vous offre le plus précis des rasages.

**...et se  
termine sur  
une note  
rafraîchissante.**

Avec le gel après-rasage Gillette Series, qui hydrate votre peau afin de l'adoucir et de la rendre plus souple tout au long de la journée.

●  
Ou l'Eau de toilette après-rasage Cool Wave, la touche parfumée vivifiante de Gillette Series, à la fois fraîche et tonique sur la peau.

Du début jusqu'à la fin, c'est vraiment le meilleur des rasages !

**Gillette**  
La Perfection au Masculin

**3615 Gillette**  
0,12 F l'accès et 1,27 F la minute

## Nucléaire

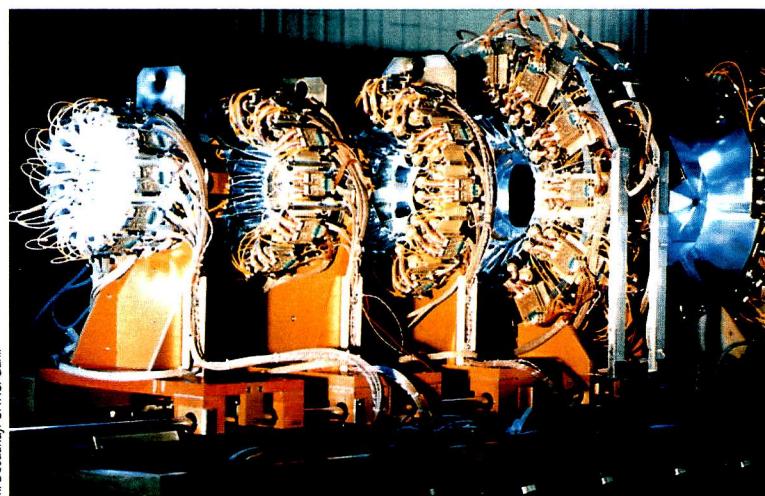
### Des noyaux atomiques vaporisés au GANIL

**U**ne vapeur de neutrons, de protons et de noyaux d'hélium, c'est tout ce qui reste de collisions violentes entre noyaux d'argon et de nickel organisées par les physiciens du Grand Accélérateur national d'ions lourds (GANIL) de

Caen. Grâce à leur nouveau détecteur – Indra –, les chercheurs de l'IN2P3 du CNRS et du CEA viennent, pour la première fois, de mettre en évidence la vaporisation intégrale d'un noyau dans une collision entre un faisceau d'ions d'ar-

gon accélérés et une cible de nickel. Habituellement, ce type d'expérience provoque la fragmentation des noyaux lourds en différents noyaux légers, ainsi que l'émission de particules, protons ou neutrons. La "vaporisation" intégrale restait un processus théorique. Elle prend maintenant statut expérimental avec la mesure de l'énergie et de la température qui la provoquent. Lors de la collision, la température au point d'impact atteint la valeur fantastique de 90 milliards de degrés ! Avec ces expériences, les physiciens espèrent mieux comprendre la matière nucléaire en état extrême et particulièrement les explosions d'étoiles massives, les supernovæ et la formation des étoiles à neutrons.

**Voici Indra, le détecteur de particules, grâce auquel on vient de mettre en pratique une théorie : la "vaporisation" d'un noyau atomique.**



M. Desaunay/CNRS/Ganil

### Le "Pic du Midi" en observation

● L'observatoire du Pic du Midi "est sauvé", a annoncé le ministre de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, François Fillon. Menacé de fermeture à partir de 1998 par une décision de l'Institut national des sciences de l'Univers, ce site astronomique de renommée mondiale devrait pouvoir continuer ses activités de recherche grâce à une solution associant le tourisme et la science. A condition que l'annonce soit suivie d'effets...

## Mutation

### Mémoire : de la souris et des hommes

**R**ecommandé pour les étudiants à la veille d'un examen, le glutamate est un neurotransmetteur du cerveau directement impliqué dans les processus de la mémoire. A ce neurotransmetteur correspondent deux types de récepteurs à la surface des neurones. Les premiers (les récepteurs ionotropiques), impliqués dans les phénomènes de mémorisation, sont bien connus des pharmacologues. En revanche, on ignorait le rôle des seconds (les récepteurs métabotropiques). Pour le mettre en évidence

des chercheurs de l'institut Glaxo, à Genève, en collaboration avec l'équipe de Francis Crépel au CNRS d'Orsay, ont produit une souris mutante dont les récepteurs métabotropiques n'étaient plus fonctionnels. Sur le plan comportemental, les souris ont présenté des troubles moteurs, dus à la perte de la mémorisation spatiale, qui est une des composantes de la mémoire. Ce travail, publié dans *Nature* (volume 372, p. 237), pourrait permettre d'approfondir les processus de la mémoire chez l'homme. P. R.

## L'Europe spatiale à la diète

● L'Allemagne et la France ont demandé à l'Agence spatiale européenne de réduire de 3,8 à 2 milliards d'ECU (1 ECU = 6,5 F) les crédits pour la station spatiale internationale pour la période 1996-2000.

### Biologie

## Congeler des embryons n'est pas sans danger

La congélation des embryons fait-elle courir un risque aux enfants nés par fécondation *in vitro*? Curieusement, les médecins n'en savent rien. Normal : ils ne sont pas vraiment posés la question, se contentant de remarquer que le bétail, lui, ne semble pas en souffrir. Or, justement, une équipe dirigée par Maurice Auroux et Pierre Roubertoux (université Paris-Sud, Inserm, CNRS) publie les résultats d'une étude sur les souris qui signale

que la congélation "ne semble pas absolument sans effets à long terme". Autrement dit, elle aurait des effets, faibles, mais mesurables, sur des souris de laboratoire. Certaines

"congelées" manifestent en effet un léger retard de développement et prennent plus de poids à la fin de leur vie. Un phénomène qui semble aussi fonction du sexe et de la lignée des souris étudiées. Une première !

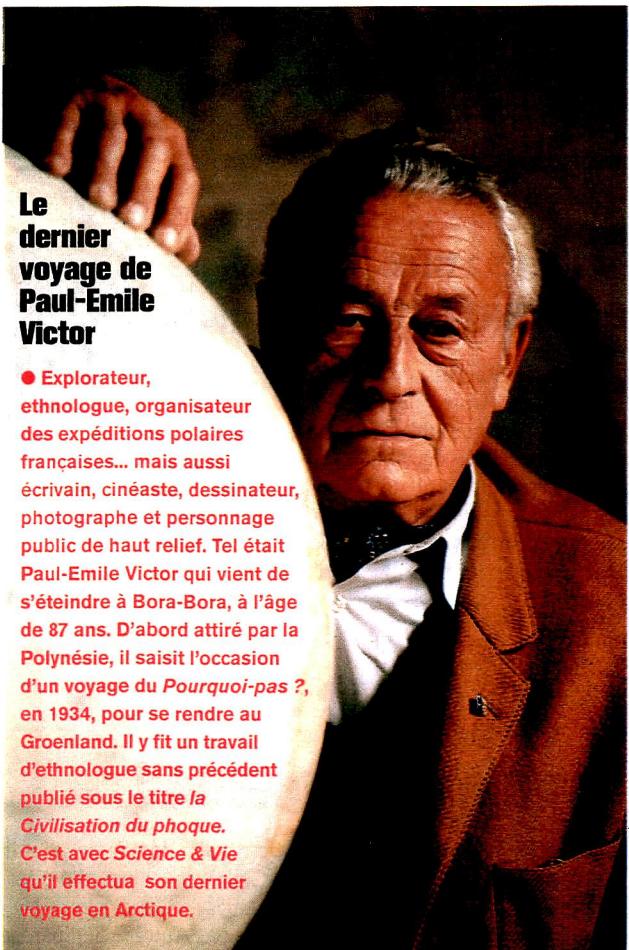
Ces conclusions sont avancées avec la plus grande prudence et

de nombreux chercheurs considèrent les données comme très insuffisantes. Cependant, si d'autres équipes les confirment, on sera en droit de s'interroger sur l'innocuité de la congélation des embryons chez l'homme.

En France, quelque 2 000 bébés sont nés ainsi et les couples "non fertiles" sont chaleureusement encouragés à recourir à cette technique lorsqu'elle est nécessaire, sachant qu'elle offre seulement environ 10% de probabilités de grossesse réussie. Très préoccupés par l'amélioration du procédé, les spécialistes n'ont encore mené aucune étude sérieuse pour évaluer son impact sur le développement des enfants. Quant à l'impact de la fécondation *in vitro*, avec ou sans congélation, sur la physiologie des femmes, il est mal connu faute de recul (la première a eu lieu en 1986).

P. C.

Les ovules fécondés non utilisés sont congelés et stockés pour une future utilisation.



R. Mellot/Sigma



H. Morgan/SPL/Cosmos

# RECHERCHE

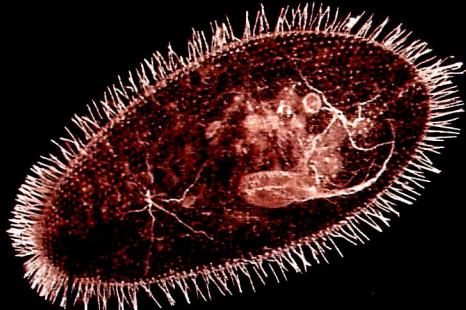
## Génétique

### La tubuline : une protéine qui "surpasse" son gène

**L**a tubuline est une protéine des tubules, sorte de piliers flexibles, indispensables à l'architecture des cellules eucaryotes (cellules possédant un noyau). On la rencontre aussi dans les cils et les flagelles d'êtres vivants unicellulaires, comme les spermatozoïdes et certains parasites, où elle parti-

cipe à leur déplacement.

Comme toutes les protéines, la tubuline est produite à partir d'un gène. Mais, une fois synthétisée, elle se modifie par adjonction d'une chaîne latérale, non codée génétiquement, qui peut com-



A. Fleury/CNRS

Les cils vibratiles qui permettent à la paramécie de se déplacer dans l'eau sont constitués de tubuline.

prendre

jusqu'à 34

acides aminés. Cette modi-

fication a été mise en évidence dans la tubuline des cils de la paramécie, par deux équipes françaises de l'institut Alfred-Fessard (Gif-sur-Yvette) et du Laboratoire de biologie cellulaire (Orsay).

Le maintien de cette modification au cours de l'évolution suggère que la tubuline modifiée pourrait avoir un rôle important dans la motilité des cils et des flagelles. Dans cette hypothèse, un défaut de cette modification pourrait entraîner des anomalies de la fécondation. L'enzyme à l'origine de ce changement pourrait permettre de mettre au point des substances antiparasitaires : il reste encore à la caractériser.

P.R.

## Biologie

### L'ovule du chevreuil

**L**'été, le chevreuil fornique. C'est bien connu des naturalistes et très original, car les autres cervidés copulent en automne. Et cela pose une colle au biologiste. Les petits chevreuils naissent au printemps, pas en hiver. Comment est-ce possible ? Par le blocage du développement de l'embryon au stade blastocyttaire, qui ne va s'implanter dans l'utérus qu'en janvier. Tous les éléments de la reproduction – ovulation, rut, copulation, développement embryonnaire – sont sous contrôle hormonal, lui-même déclenché par l'augmentation de la durée du jour au long de l'année. C'est

ce qu'a démontré l'équipe du CNRS, au centre d'études biologiques de Chizé, près de Niort, dirigée par Antoine Sempéré, en soumettant des chevreuils à un éclairage artificiel et à de nombreuses analyses de leurs productions hormonales. Parmi leurs résultats figure le taux exceptionnel de fertilité des femelles. Avec une seule ovulation par an, elles présentent un taux de réussite de 98% !

Soumis à des variations artificielles de la durée du jour en laboratoire, les chevreuils ont révélé le secret de leur reproduction.

D.J.Cov/Fovea



## Morphologie

### Les Français grandissent

**P**lus de 6 cm entre 1950 et 1991 : c'est la croissance de la taille moyenne des Français, qui culmine maintenant à 1,76 m. Les Françaises doivent se contenter de 3 cm et d'une moyenne de 1,64 m. Voici la conclusion d'une enquête de l'INSEE, fondée sur la mesure de 21 588 individus. En 1966, un homme sur dix seulement dépassait 1,80 m, chez les jeunes adultes actuels un sur trois dépasse cette taille. Du côté des petits : le nombre des moins-de-1,65 m a été divisé par deux en vingt-cinq ans.

## Tuberculose, état d'urgence

● Environ 90 millions de nouveaux cas de tuberculose devraient apparaître dans le monde entre 1990 et 1999. Chez les adultes, la tuberculose est la cause la plus importante de décès dû à un agent infectieux unique. Si rien ne change dans les politiques de santé, 30 millions de personnes en mourront d'ici à l'an 2000. Une équipe de médecins de l'Organisation mondiale de la santé et du Centre de contrôle et de prévention des maladies d'Atlanta (*JAMA*, 14 février 1995) notent que si le tiers monde est très touché,

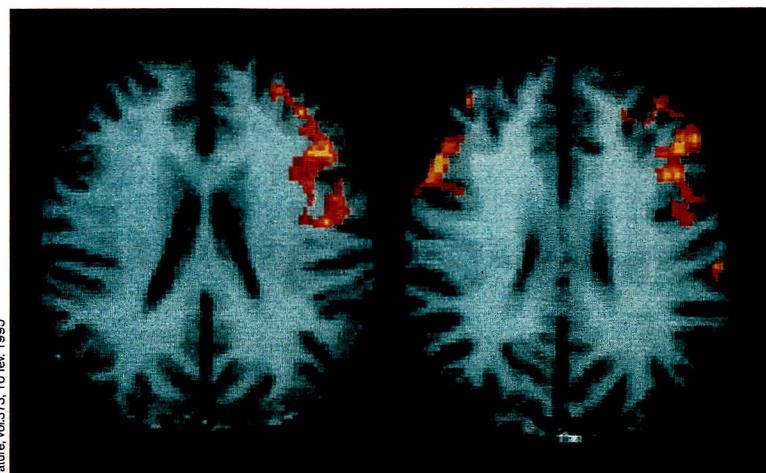


SPL/Cosmos

les pays développés ne sont pas à l'abri. Aux Etats-Unis, les cas de tuberculose ont augmenté de 14% de 1985 à 1993 et la résistance aux antibiotiques se développe de plus en plus.

**36 15**  
**SCV**

Découvrez les jeux interactifs à plusieurs joueurs : Rogue, Killer, Starbusters, etc.



Nature, vol.373, 16 fév. 1995

A gauche, un cerveau masculin dont l'hémisphère gauche est activé lors d'une recherche de rime et, à droite, les hémisphères féminins pendant une activité similaire.

### Neurologie

## La poésie, une affaire d'hémisphère

Les hommes et les femmes ne semblent pas rimer de la même manière. Les premiers utilisent surtout l'hémisphère gauche du cerveau tandis que les seconds travaillent équitablement avec les deux hémisphères. C'est la conclusion qu'ont tirée des chercheurs de Yale d'une récente expérience (1). Trente-huit "cobayes", dix-neuf femmes et autant d'hommes, tous droitiers et d'un âge moyen inférieur à 30 ans, ont été soumis à quatre tests – un test visuel et trois tests linguistiques ; leur cerveau était surveillé par IRM (imagerie par résonance magnétique) et a ainsi montré, lors du test phonologique – où le sujet devait chercher à faire rimer des mots entre eux – que les hommes activent une zone précise du lobe frontal gauche, alors que les femmes répartissent l'activité à gauche et à droite. En revanche, pour l'orthographe ou le sens des mots, les chercheurs n'ont pas trouvé de différences sensibles. Faut-il en conclure que l'élaboration de la parole varie selon le sexe ? C'est probablement attribuer une trop grande importance à

ces différences de localisation anatomique dans le cerveau... Il en est d'autres – hormonales, génétiques et culturelles – qui pourraient bien jouer un rôle plus important dans ce processus mental pour le moins complexe et peu connu.

(1) Bennet Shaywitz et al., *Nature*, 16 février 1995.

## Le plus vieux Caucasiens

● La mandibule d'*homo erectus* trouvée en 1991 à Dmanasi, Géorgie, a été datée entre 1,6 et 1,8 million d'années. C'est le vestige humain le plus ancien trouvé dans cette région.

● Ont collaboré à cette rubrique : Philippe Chambon, Philippe Hénaréjos, Jean-François Robredo, Pierre Rossion.



**Chaussures Décathlon Maya, 179 F**  
chaussures de marche (existe en lady)

— Gauche, droite, gauche  
droite. Depuis que nous sommes partis, je  
n'arrive pas à me décider. Suis-je plus à  
l'aise dans la chaussure gauche ou dans la  
chaussure droite ? Quand nous sommes  
passés sur le chemin rocheux, la semelle



en caoutchouc naturel de mes May;

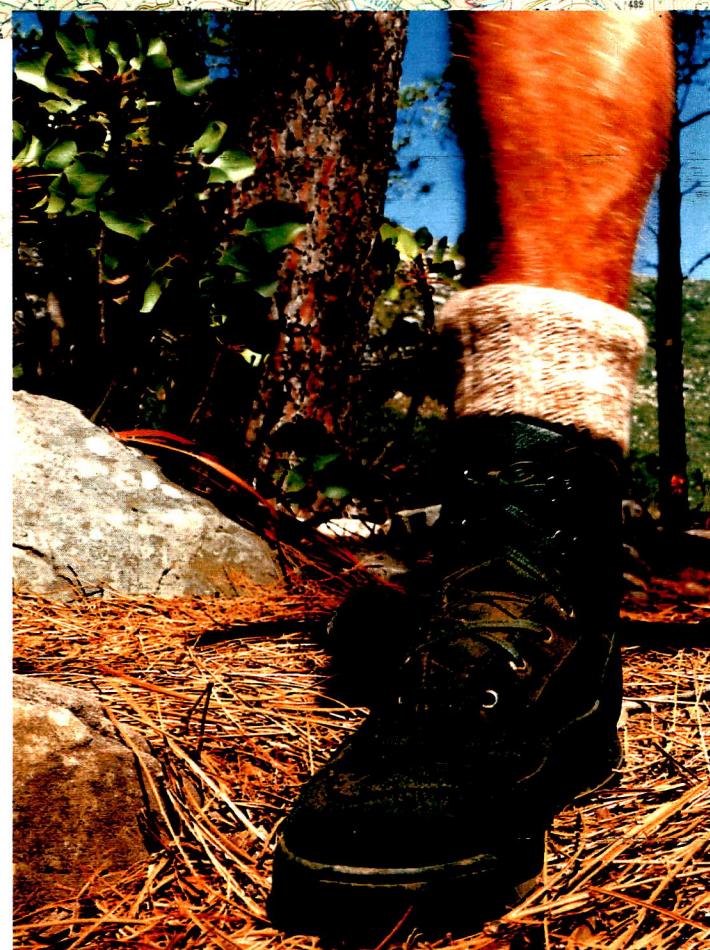
a amorti les chocs avec la même effi-

cacité des deux côtés. Il faut dire que si la Maya droite es

croûte de cuir qui permet un excellent maintien du pied

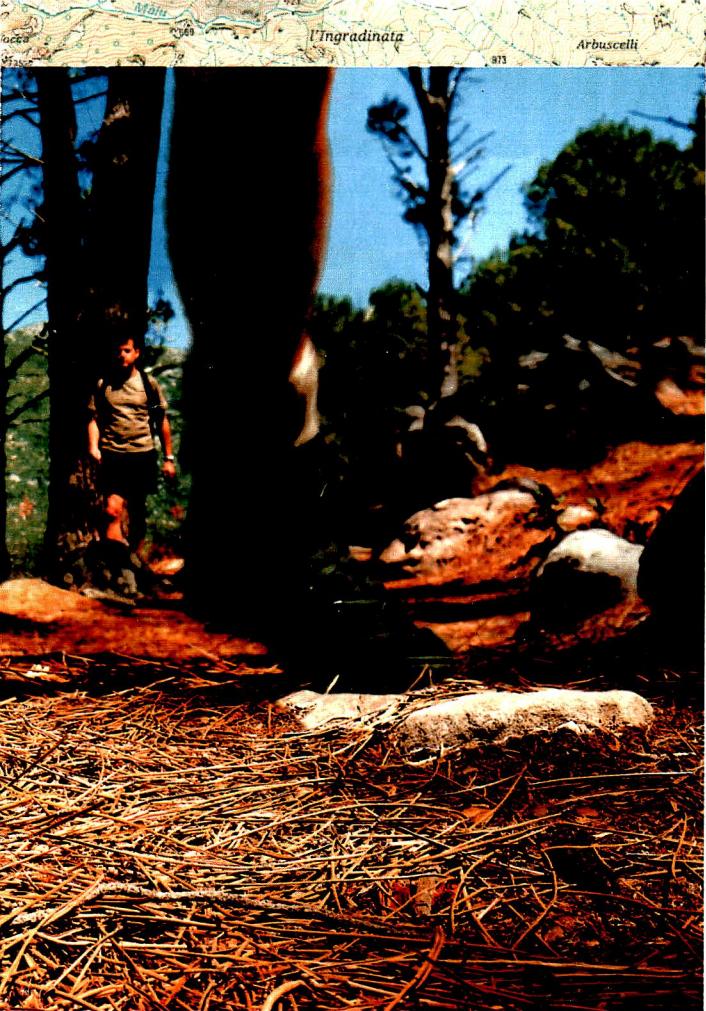
**3615**  
**DECATHLON**  
DES INFOS  
DES VOYAGES  
DES PROMOS  
DES HORAIRES  
DES EMPLOIS & STAGES  
A FOND LA FORME

la gauche est exactement semblable. L'arrangement des cellules dans la partie supérieure de la tige et la languette



# Chaussures De A gauche com elles vous prome

en mousse, le tissu 600 deniers résistant à l'abrasion, les anneaux de serrage pour maintenir la cheville sont présents sur les deux chaussures. A droite, la doublure et la semelle intérieures absorbent la transpiration et apportent un



# cathlon Maya. me à droite, tent le bien-être.

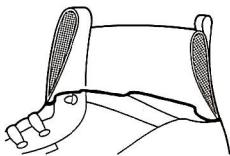
confort appréciable, mais à gauche aussi. Voilà trois heures



que je marche et que je ne regarde  
que mes pieds au lieu d'admirer la

forêt et tout ça à cause de Décathlon qui propose 31

modèles de chaussures, de la marche au



trekking de  
99 à 745 F,

avec une garantie d'un an sur la tenue

des couleurs et des coutures en usage

normal. Résistantes, confortables

et faciles

à chausser

aussi bien



des deux côtés, je sens

qu'avec mes chaussures Maya je n'aurai peut-être pas

mal aux pieds mais je risque une sacrée migraine.

— Celle de droite ou bien celle de gauche. La droite

n'est pas mal mais la gauche n'est pas si mal non plus, quoique

que en y regardant

CHAUSSURES

**DECATHLON**  
A FOND LA FORME

# ENVIRONNEMENT

Dirigé par Didier Dubrana

## Biotechnologies

### Des généticiens très fleur bleue

Pour un horticulteur, chercher à obtenir des roses bleues équivaut à la quête du Graal. Les biotechnologies rendront peut-être ce rêve possible. Cette couleur, que certaines fleurs possèdent naturellement, est due à l'accumulation de pigments d'anthocyanes dans le compartiment central des cellules végétales, la vacuole. Maîtriser la synthèse de ces pigments offrirait, grâce à la manipulation génétique, un moyen de créer de nouvelles couleurs de tulipes, de bégonias ou de roses.

Or, une équipe de chercheurs japonais vient d'obtenir un résultat qui permettra certainement d'avancer dans cette voie. On sait que les différences structurales des molécules d'anthocyanes étaient capables d'engendrer diverses couleurs, allant du rouge des pavots d'Orient au violet des baies de myrtilles. Avec cette étude portant sur des belles-de-jour, on a ap-

ris que le degré d'acidité de la vacuole, dans laquelle baigne le pigment anthocyanique, joue aussi un rôle dans la couleur du pigment.

Lorsque la fleur de la belle-de-jour est en bouton, ses pétales sont violets. En effet, les cellules constituant ces derniers possèdent alors des vacuoles au pH acide. Mais, quand la fleur s'épanouit, l'acidité

L'acidité des cellules des belles-de-jour est le secret de leur beauté.

décroît. Du coup, le pigment passe du violet au bleu clair, couleur caractéristique des belles-de-jour adultes.

Il ne suffit donc pas d'utiliser les gènes responsables des pigments bleus pour obtenir de nouvelles couleurs de fleurs : il faudra aussi trouver les moyens de contrôler l'acidité de la vacuole pour obtenir l'effet désiré. Pas si simple !

Au-delà de ses débouchés

économiques, la maîtrise de ces pigments pourrait aider à protéger les plantes. En effet, ils absorbent les rayons ultraviolets, qui, s'ils sont en quantité excessive, ont pour conséquence de ralentir la croissance des plantes. Si le trou dans la couche d'ozone laisse passer,

comme on peut le craindre, un surplus d'UV, l'introduction de pigments anthocyaniques dans les plantes pourraient les aider à résister à cette pluie de rayonnement nocifs.

L.N.





Botanique

## Arbres mangeurs d'ondes

**A**ux Etats-Unis, dans le Michigan, des arbres qui se trouvaient à proximité d'une antenne radio ont connu une croissance spectaculaire. Installée par la US Navy pour communiquer avec les sous-marins immersés, cette antenne émet à des fréquences extrêmement basses (environ 76 hertz). Les défenseurs de l'environnement s'étaient d'ailleurs élevés contre ce projet au nom de la santé publique.

Constat surprenant, les troncs des érables rouges, des trembles et des pins rouges se sont anormalement épaissis. Les chênes rouges du Nord et les bouleaux, eux, semblent insensibles aux champs magnétiques. C'est ce qui ressort d'une étude menée par l'équipe de Dave Reed, de la Michigan Technological University. Depuis 1985, ces chercheurs effectuent des analyses sur deux sites : l'un tout proche de l'antenne, l'autre distant de 50 km. Et, d'après Thomas Burton, de la Michigan State University, les arbres ne sont pas les seuls sensibles aux ondes radio : les algues qui poussent dans les rivières voisines de l'antenne ont également connu une croissance anormalement importante.

Ces champs magnétiques altèrent-ils les végétaux ? Non, semblent indiquer d'autres études : ces arbres ont le même nombre de feuilles que les autres, et le flux de nutriments puisés par les racines ne change pas. Glen Mroz, qui travaille dans la même université que Dave Reed, explique que, dans le cas du

tremble, «la croissance observée est similaire à celle qu'on pourrait attendre d'un individu fertilisé».

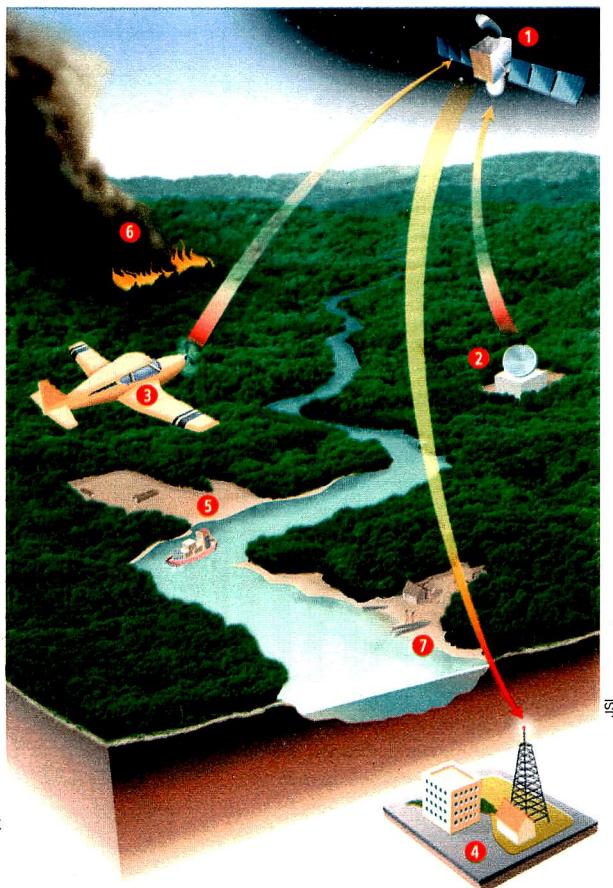
Comment le champ magnétique agit-il sur la croissance des plantes ? On ne le sait pas encore, mais les analyses suggèrent qu'il accélérerait le transport des nutriments.

S.F.

## Les gardiens de l'Amazonie

● Six années de travail seront nécessaires pour mettre au point un système unique au monde de surveillance de la forêt amazonienne. Baptisé Amazon Surveillance System (SIVAM), il couvrira 5 millions de kilomètres carrés. Son but : éviter le pillage de ce sanctuaire de la nature, qui hébergerait au moins la moitié des espèces animales et végétales de la planète. Ce réseau électronique de surveillance, utilisant le satellite *Landsat*, des stations radar terrestres, etc., sera basé à Brasilia, au Brésil.

- ① Le satellite *Landsat* est la plaque tournante du SIVAM.
- ② Le radar terrestre réunit des données sur le climat, retransmises par satellite.
- ③ Surveillance aérienne.
- ④ Trois centres régionaux coordonnent les informations et dirigent les opérations.
- ⑤ Repérage des coupes de bois illégales, dont la vente rapporte 1,2 milliard de dollars par an.
- ⑥ Les feux de forêt sont détectés par le satellite et les patrouilles aériennes.
- ⑦ Assistance aux tribus indigènes.



# 36 15 SCV

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

### Bilan partiel... et partiel

● Le ministère de la Santé noie le poisson : dans une brochure publiée par son ministère de tutelle, la Direction générale de la santé (DGS) se targue de faire le bilan scientifique des effets des champs électromagnétiques sur la santé. Seules sept publications scientifiques sont citées dans les références bibliographiques, alors qu'il existe plus d'une centaine d'articles sérieux sur le sujet. Si la DGS reconnaît que les champs électromagnétiques modifient la sécrétion de mélatonine ou la transcription de l'ARN, c'est pour mieux réfuter en bloc tous les soupçons d'effets cancérogènes et, par la même occasion, le bien-fondé des enquêtes épidémiologiques suédoises ou canadiennes, qui mettent en évidence une augmentation des cancers chez les personnes exposées...

### Pillage

● Les récifs coralliens des Philippines fournissent 70 % des poissons de mer destinés aux aquariums du monde entier.

### Archéologie

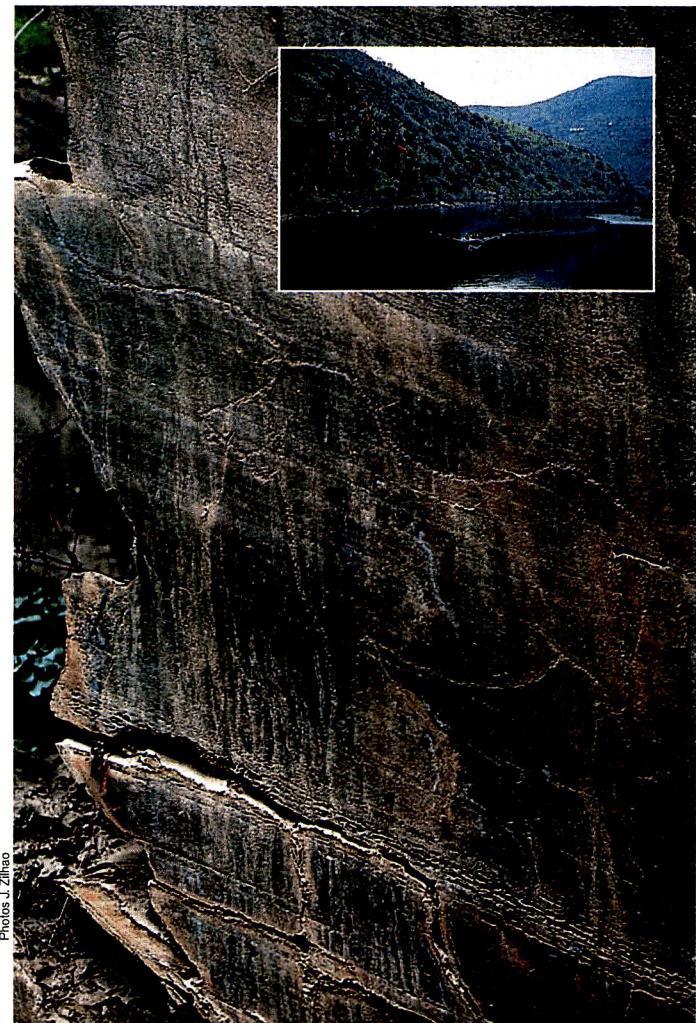
## Noyade chez les hommes préhistoriques

**A** lors que la France redouble de précautions pour préserver intacte la grotte préhistorique de Vallon-Pont-d'Arc (Ardèche), les Portugais, eux, luttent pour éviter que l'art préhistorique ne soit noyé par la construction du barrage de Coa, au Nord du Portugal.

Ce site paléolithique, comprenant une cinquantaine de gravures rupestres à ciel ouvert sur 300 mètres de parois, est considéré comme l'un des plus importants du monde. Ce-

pendant, bien que bon nombre d'archéologues affirment que ce site pourrait rapporter plus d'argent à la région que la construction d'ouvrages en béton, il semble que le barrage aura le dernier mot face à l'*Homo sapiens sapiens*... Et pour cause : il fournirait 20 % des besoins en électricité du pays.

Ces gravures rupestres seront bientôt sacrifiées sur l'autel du développement économique portugais.



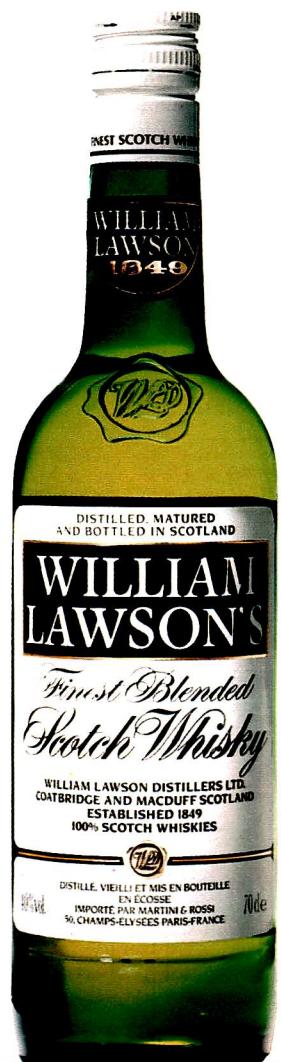
Photos J. Zilhao

Ecossais  
visiblement.

Ecossais  
assurément.



London Tavern - 3, rue du Sabot, 75006 Paris



McCANN

L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR LA SANTÉ, CONSOMMEZ AVEC MODÉRATION.

## Climat

# Ca chauffe ou ça chauffe pas ?

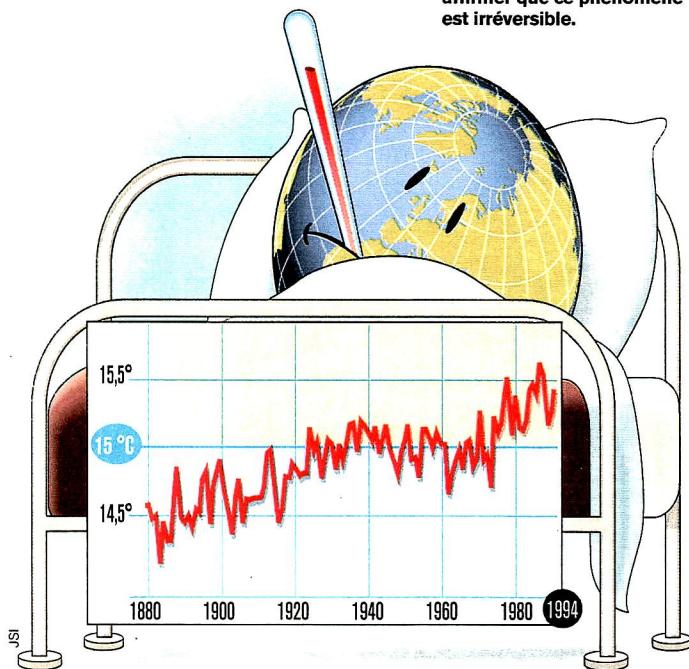
**A** près une période de refroidissement de deux ans, voici le retour du réchauffement global de la planète. En effet, l'année dernière, la température moyenne du globe s'est rapprochée du record enregistré en 1990, soit une moyenne de 60° Fahrenheit (15,6 °C). C'est l'éruption du volcan philippin Pinatubo en 1991 qui, en rejetant des milliers de tonnes de poussières dans la stratosphère, aurait freiné le réchauffement amorcé en cette fin de siècle.

Selon le Dr James E. Hansen, qui dirige l'institut Goddard de la NASA, «il est plus que jamais sûr qu'il y a un réel réchauffement : pas une fluctuation ponctuelle, mais une tendance à long terme due à

l'effet de serre». En revanche, le Dr Tim P. Barnett, climatologue à l'institut d'océanographie de Scripps (San Diego), reconnaît qu'on n'en sait pas encore suffisamment sur la variabilité du climat pour affirmer que l'effet de serre provoque un réchauffement.

Bref, si le brouillard de poussières du Pinatubo a bien quitté la stratosphère, celui de la théorie sur l'effet de serre, lui, encombre toujours la tête des chercheurs...

**Malgré une baisse des températures moyennes entre 1991 et 1993, la tendance actuelle du climat mondial est plutôt à un réchauffement global. Mais il est encore trop tôt pour affirmer que ce phénomène est irréversible.**



# 36 15 ScV

Plus facile, plus rapide :  
ABONNEZ-VOUS  
SUR MINITEL !  
(mot clé ABO, puis ENVOI)

## Bouffées d'oxygène

● Neuf grandes villes américaines viennent de rendre obligatoire l'utilisation d'une essence enrichie en oxygène donc moins polluante.

## Le Golfe pas très clair

● Selon un récent rapport de l'Organisation des Nations unies, le golfe Arabo-Persique a aujourd'hui le triste privilège d'être la mer la plus polluée du monde. Les chiffres sont inquiétants : des eaux cent fois plus sales que la moyenne, et plus d'un million de barils de pétrole déversés chaque année (un baril contient 0,14 tonne de pétrole brut). Les causes sont diverses, et les responsabilités partagées : déchets des tankers, fuites d'oléoducs ou de terminaux, accidents... Rien d'étonnant à cela, quand on sait que, chaque jour, plus de cent pétroliers traversent le détroit d'Ormuz pour y charger près du cinquième des exportations pétrolières mondiales.



# Votre moteur sous haute protection !

Quel que soit votre style de conduite et quelle que soit la qualité de votre huile, votre moteur s'use inéluctablement. Ce sont les démarriages, les petits trajets et les conditions modernes de conduite qui provoquent des micro-arrachements de métal néfastes pour le moteur. Résultat : les compressions diminuent, la puissance est altérée et la longévité du moteur est compromise. Pour lutter contre ces pertes de métal, seul un traitement à base de métaux peut le faire.

Premier remétallisant des moteurs, Métal 5 n'est pas un additif. Il est composé de microparticules extrêmement fines de métaux tendres qui viennent se «verrouiller» sous l'effet des frottements dans toutes les imperfections de surface du moteur. L'efficacité Métal 5 ? Elle se prouve graphes en main ! L'effet Métal 5 se mesure sur une fiche de compressiomètre. Après traitement, on constate que les compressions remontent et s'équilibrent, la puissance s'améliore et la pollution diminue pour le plus grand bien des moteurs et leur longévité.

Demandez la preuve de l'effet Métal 5 à votre professionnel auto, ils sont plus de 10.000 en France à pouvoir vous en parler. Métal 5 existe en 2 formules : Préventif à partir de 15.000 km et Curatif pour les moteurs de plus de 100.000 km.



Adressez moi, gratuitement, le Guide de la protection des moteurs (32 pages illustrées, 17 questions d'automobilistes et les réponses Métal 5).

Nom : \_\_\_\_\_ Prénom : \_\_\_\_\_

Adresse : \_\_\_\_\_

Code postal : \_\_\_\_\_ Ville : \_\_\_\_\_

Type de voiture : \_\_\_\_\_

Kilométrage : \_\_\_\_\_

Documentation en tapant 3615 METAL 5 ou sur  
retour de ce coupon à SODITEN S.A 127, AVENUE FELIX-  
FAURE 92000 NANTERRE - TEL : (1) 45.06.22.44 - FAX (1) 47.28.82.66

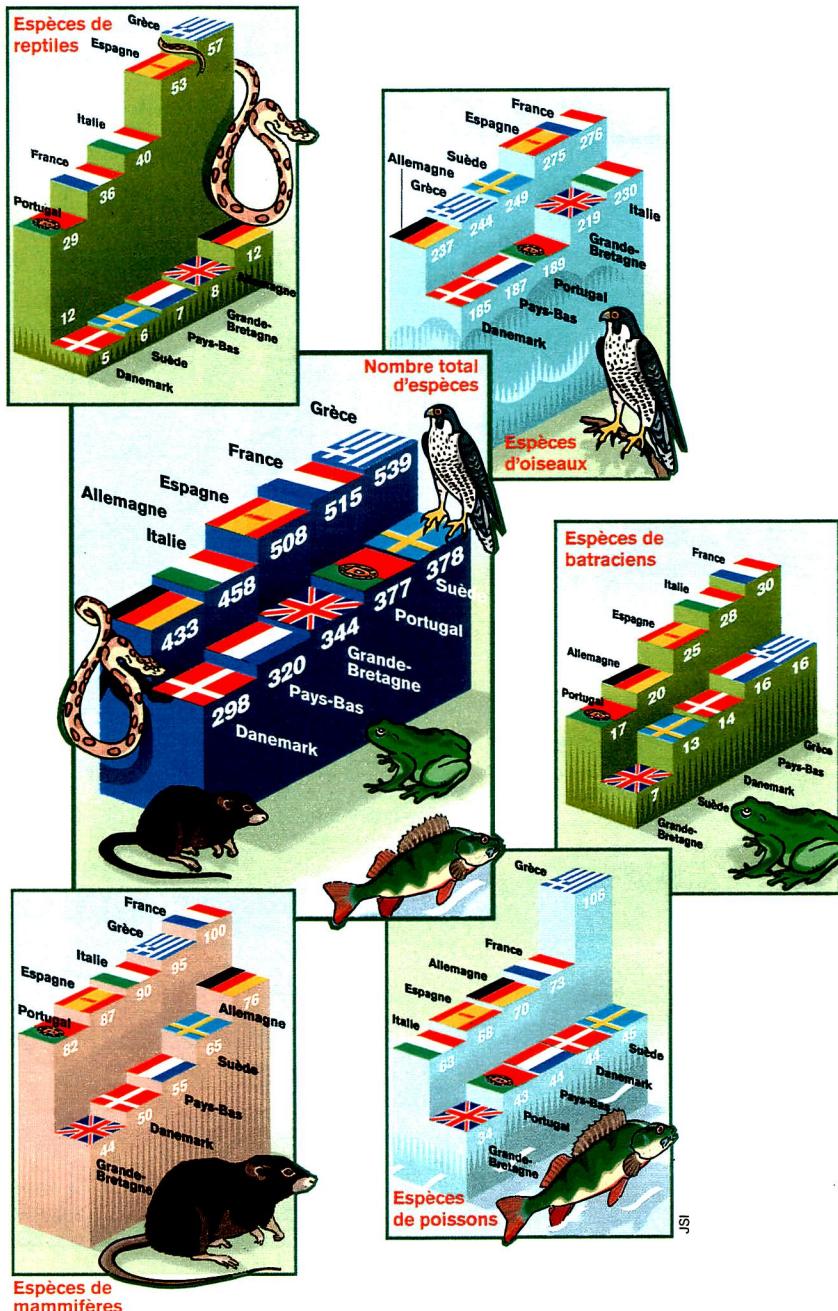
**METAL 5°, LA PROTECTION ACTIVE DES MOTEURS.**

## Biodiversité

### France : la richesse animale en péril

La France est le seul pays d'Europe à posséder de vastes territoires dans quatre domaines biogéographiques bien différents : atlantique, continental, alpin et méditerranéen. Cette particularité se reflète dans la richesse et la diversité de sa faune, qui comprend pas moins de 515 espèces de vertébrés.

Cependant, l'Institut français de l'environnement tire aujourd'hui la sonnette d'alarme : 35 % des espèces d'amphibiens, 24 % des mammifères et 15 % des oiseaux sont menacés d'extinction. Si la disparition des habitats naturels est la principale cause de ce désastre, l'usage des pesticides (multiplié par huit entre 1959 et 1990) et l'épandage des engrains (qui a quadruplé entre 1963 et 1990) n'ont rien arrangé.



CRDI

### Paludisme et noix de coco

#### ● *Bacillus thuringiensis* (ou Bti) mange les larves

d'anophèle, ce moustique qui injecte dans le sang des hommes le parasite responsable du paludisme. Or, des chercheurs péruviens (\*) ont trouvé une technique peu coûteuse et

écologique pour reproduire ce bacille. Les colonies sont cultivées dans des noix de coco. On introduit par un trou percé dans la coquille un coton-tige imbibé de bacilles. Puis l'on bouche l'orifice avec de la ouate, scellée à la bougie. Durant les deux ou trois jours d'incubation,

le Bti se reproduit en se nourrissant des acides aminés et autres hydrates de carbone de la noix. Il suffit ensuite de casser la noix et d'infester étangs et mares de bactéries tueuses. Un outil de plus pour lutter contre une pandémie qui tue plus d'un million de personnes par an.

(\*) Institut de médecine tropicale Alexandre von Humboldt, Lima.



**Science & Vie** : «Avec presque trois ans de recul, pensez-vous que la loi de juillet 1992 a bouleversé la gestion des déchets en introduisant une taxe sur la mise en décharge ?»

**Y.M.L.D.** : «Pas encore, car tous les décrets d'application ne sont pas sortis. Mais les Français auront-ils les moyens de payer le prix de cette loi ? Cela devient de plus en plus cher de respecter la loi, en raison de la sortie de nouvelles normes qui augmentent les coûts techniques. On risque même d'engendrer l'effet inverse : le maire payant de plus en plus cher le traitement, il pourra être tenté de mettre les déchets dans un terrain vague sans aucun contrôle. En ce moment, un nouveau décret extrêmement draconien, qui n'apporte pourtant aucun bénéfice à la protection de la nature, est en préparation pour les décharges de classe II (ordures ménagères) : il devrait doubler le prix du stockage. Où veulent en venir ceux qui conseillent les ministres ?»

**S & V** : «Quelles seraient vos suggestions dans ce domaine ?»

**Y.M.L.D.** : «Arrêter la surenchère sur les normes. Et que ces normes répondent à des problèmes écologiques réels.»

**S & V** : «La nouvelle loi Barnier renforçant le pouvoir des enquêtes pu-



C. Tavernier

*«Les normes inadaptées, plus financières qu'écologiques, vont conduire les maires à se mettre hors-la-loi.»*

**Yann-Marie Le Doré**

Directeur général de la Compagnie générale d'entreprises automobiles (CGEA), il dirige ONYX, une marque fédérant les services "propriété urbaine" et "déchets solides" du groupe Générale des eaux. Il est également le président de la FNADE (Fédération nationale des activités du déchet et de l'environnement).

bliques peut-elle faciliter votre travail lors de l'installation de nouvelles décharges ?»

**Y.M.L.D.** : «Il reste difficile de construire une nouvelle décharge : les Français sont toujours atteints du syndrome "Nimby" (de l'anglais "Not In My Back-Yard", ou : «Contrinez chez les autres, mais pas chez moi»). Plus l'on donne de garanties aux gens, mieux c'est. Une enquête publique complète est donc préférable pour rassurer les riverains.»

**S & V** : «La disparition des 6 400 décharges hors-la-loi d'ici 2002, fixée par la loi de 1992, est-elle une utopie ?»

**Y.M.L.D.** : «Ce chiffre ne veut rien dire. Avant, on appelait "décharge sauvage" un grand dépôt ; maintenant, cela peut-être un simple réfrigérateur. A partir du moment où les charges sociales sont trop élevées, il y a du travail au noir : de même, si les énormes taxes continuent d'augmenter sans raison, les décharges sauvages risquent de proliférer.»

**S & V** : «Evian vient de dépenser 300 millions de francs pour mettre sur le marché une nouvelle bouteille en PET compactable [voir l'article ci-contre]. Nestlé annonce un plan d'investissement similaire pour Vittel et Contrex. Marketing vert ou véritable progrès dans la gestion des déchets ?»

**Y.M.L.D.** : «Il s'agit, nous supposons, d'une opération de marketing. Pour nous, professionnels, cela ne change absolument rien.»

**S & V** : «Vous êtes dans une profession particulièrement exposée aux "magouilleurs". En tant que président de la FNADE, quels sont les moyens de contrôle dont vous disposez ?»

**Y.M.L.D.** : «Le premier contrôle, c'est celui des personnes qui vivent à proximité d'une décharge : ils s'inquiètent vite en cas de mouvement suspect et le font savoir à la gendarmerie. Mais, vous savez, cela coûte tellement cher aujourd'hui d'ouvrir une décharge que cela décourage les moins sérieux. Je fait entièrement confiance aux professionnels appartenant à la FNADE. Devant les "magouilleurs" qui causent du tort aux vrais professionnels, on ne se gêne pas pour prévenir la préfecture. La balle est alors dans le camp de l'administration, qui doit faire respecter la loi.»

## Quand l'eau minérale s'écrase, les poubelles se vident

À près être passées du verre au polychlorure de vinyle (PVC), les eaux minérales "s'emballent" pour le polyéthylène téraphthalate (PET). Ainsi, la nouvelle bouteille d'Evian conserve les propriétés d'une bouteille classique (la solidité, une légèreté et une transparence accrues) tout en offrant l'avantage de pouvoir être compactée après usage par le consommateur.

Si le mariage PET-eau minérale n'a rien d'extraordinaire en soi, en

revanche, la compression à la main de la bouteille – impossible avec le PVC – est une innovation technologique. Cette première mondiale, qui aura nécessité trois années de recherche et un investissement de 300 millions de francs, selon Danone, s'appliquera prochainement à Volvic, l'autre marque du groupe.

Le passage du PVC au PET dans le secteur des eaux minérales semble bel et bien amorcé. Nestlé annonce à son tour un plan d'investissement de 600 millions de francs sur quatre ans pour ses marques Vittel et Contrex, sans préciser, toutefois, si elles seront également "compactables".

Bien qu'exempt de chlore, le PET n'a cependant pas plus de vertus écologiques que le PVC ; son emploi n'induit pas de bouleversement au niveau du recyclage, si ce n'est qu'il permet des débouchés plus diversifiés, notamment dans le textile (fibres pour tapis, fibres industrielles, de rembourrage...). Avec la nouvelle Evian, la collecte des bouteilles, leur tri et leur expédition dans des centres de recyclage ou de régénération (où elles seront débarrassées de leurs étiquettes, bouchons et autres) restent à ce jour inchangées. Selon Danone, qui en fait son argument de vente, l'atout majeur du PET est donc sa grande malléabilité, qui accroîtra, à terme, la capacité de collecte et de stockage des bouteilles usagées.

F.D. ■



En permettant de réduire le volume des déchets, le groupe Danone espère séduire les buveurs d'eau minérale à la fibre écologiste.



Photo X tous droits réservés

### Lutte contre le saturnisme

● La Commission européenne, s'inspirant des recommandations de l'Organisation mondiale de la santé, propose de diminuer de... 80 % la teneur maximale en plomb autorisée dans l'eau potable : elle passerait de 50 à 10 µg/l. Remplacer les vieilles tuyauteries en plomb coûterait plus de 50 milliards d'ECU (330 milliards de francs).

### Les tortues de Floride s'attaquent aux enfants

● On connaît le désastre écologique causé par l'importation annuelle de 300 000 tortues de Floride (*Trachemys scripta elegans*), qui éliminent leurs cousines les cistudes d'Europe (*Emys orbicularis*) de l'Hexagone. Voilà que le *Quotidien du médecin* signale, chez un enfant de 10 ans, un cas d'allergie aux crevettes séchées dont on les nourrit. Si l'on ajoute que l'aquarium qui les héberge est un véritable bouillon de culture (salmonelles, etc.), mieux vaut donc se passer d'une telle compagnie !

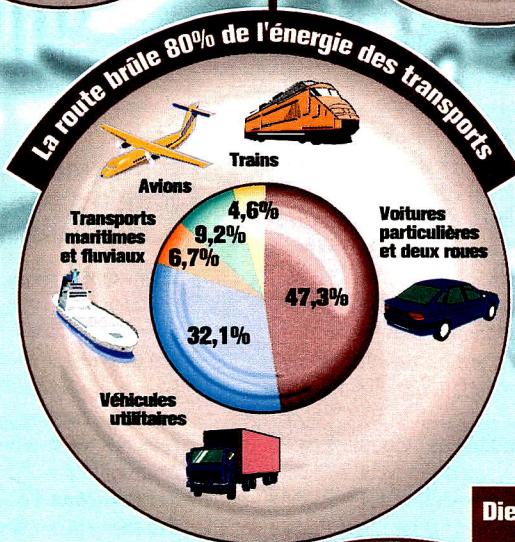
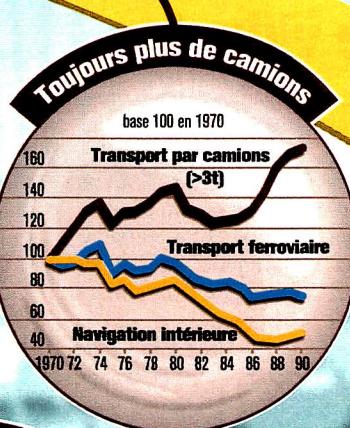
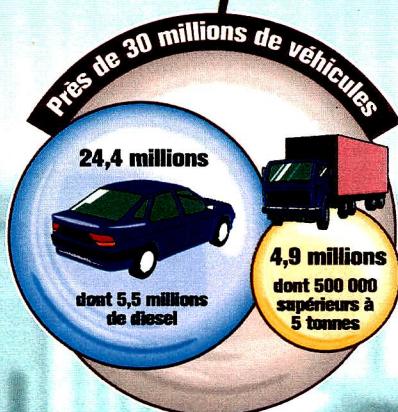
● Ont collaboré à cette rubrique : Fabienne Dubois, Sonia Feertchak et Laurence Nahon.

**36 15**  
**SCV**

Vos remarques et suggestions ?  
Ecrivez-nous dans la rubrique  
"Courrier des lecteurs"

## ÉTAT DES LIEUX

La

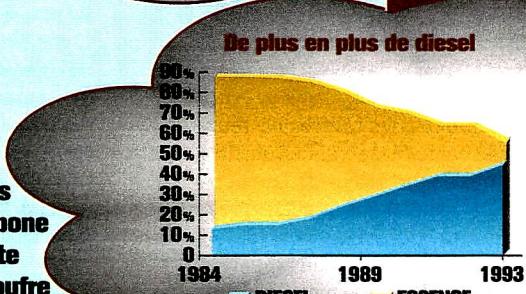


### Les 7 polluants majeurs

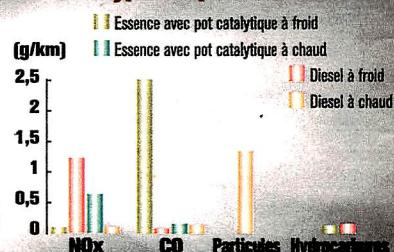
NO<sub>x</sub> SO<sub>2</sub> CO  
Particules O<sub>3</sub>  
HC Plomb

### Diesel ou essence : qui pollue le plus ?

#### De plus en plus de diesel



#### Des types de pollution différents



O<sub>3</sub> = ozone

HC = hydrocarbures

CO = oxyde de carbone

NOx = oxydes d'azote

SO<sub>2</sub> = dioxyde de soufre

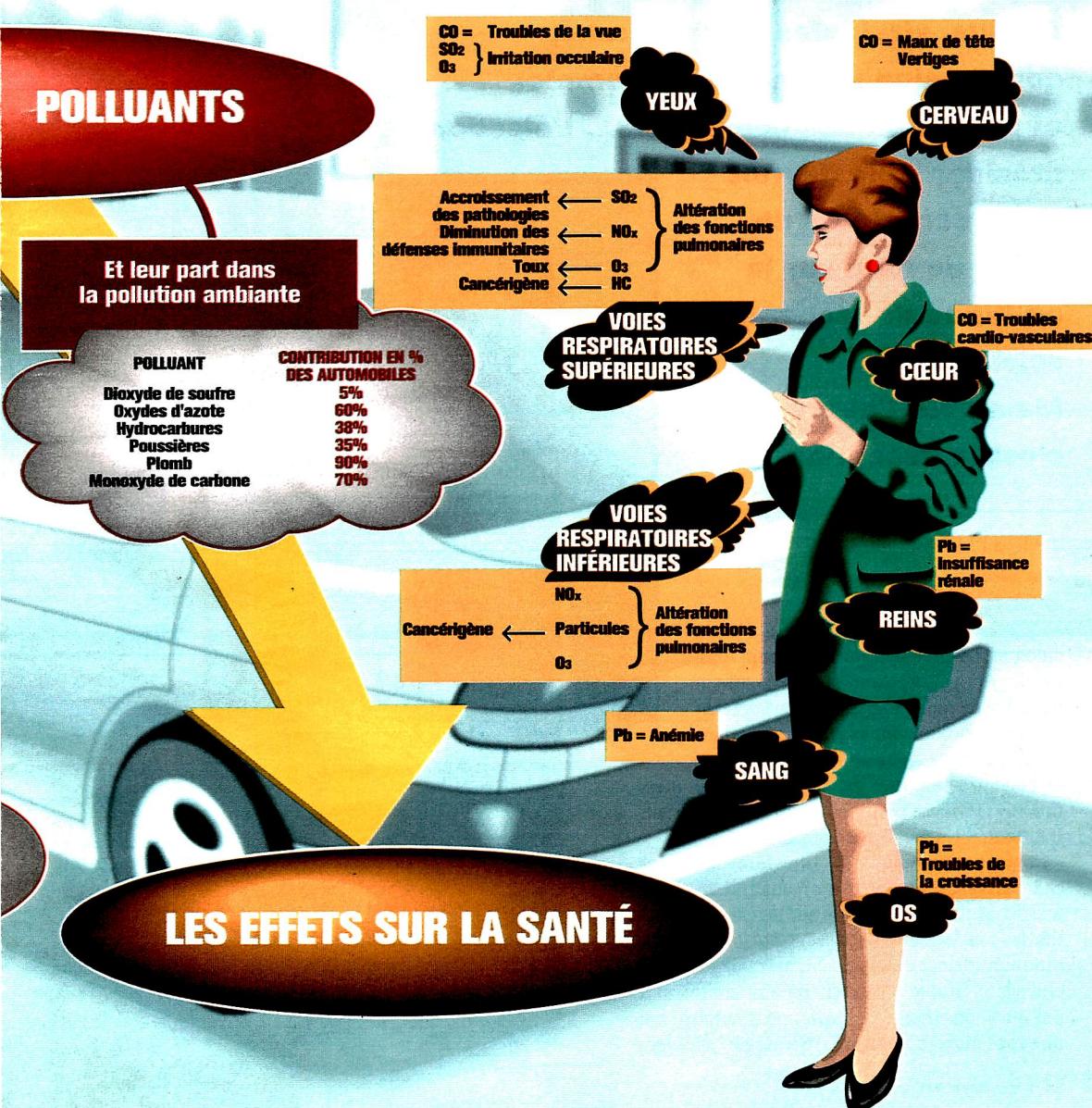
Pb = plomb

# REPÈRE

# voiture nous étouffe

Les polluants dégagés par l'automobile empoisonnent l'atmosphère. Mais, l'augmentation du nombre de véhicules en ville est telle que médecins et épidémiologistes s'inquiètent pour la santé des citadins.

PAR DIDIER DUBRANA



# RECHERCHE

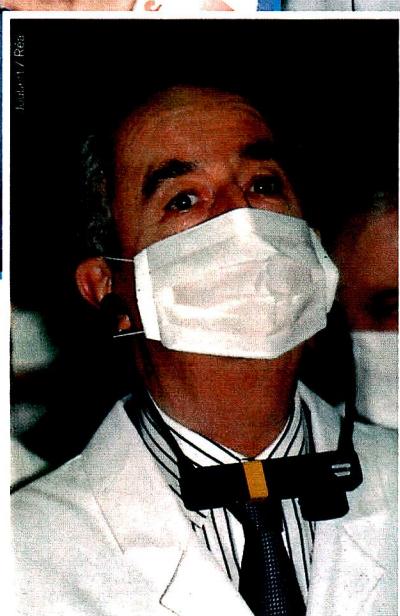
# Où sont les programmes des candidats ?

**Crédits, stratégies de recherche,  
coopération internationale, emploi  
et formation des chercheurs... L'élection  
présidentielle devrait  
être l'occasion d'un  
débat de fond sur la  
politique de recherche  
scientifique.  
Mais pour l'heure,  
c'est la déception.**

PAR SYLVESTE HUET

**L**avenir. Mot clé de toute élection. La présidentielle n'y coupe pas. Le citoyen naïf s'attend donc à ce que la politique de recherche scientifique et technologique occupe une place de choix dans les débats. Il est, pour le moment, déçu... et en conclura peut-être qu'il s'agit là d'une question trop sérieuse pour une campagne électorale. Pourtant, il y a matière à discussion.

Côté gouvernement, le ministère de la Recherche s'est senti obligé d'organiser, l'an passé, une "consultation nationale sur les grands objectifs de la recherche française". Côté laboratoires, l'inquiétude est de mise... Si, hier, les rapports entre la politique et la recherche se limitaient à des questions d'argent, ils prennent aujourd'hui une tout autre dimension. "Stratégie", "objec-



tifs", "mobilisation", "réorganisation", "bioéthique" ... à mesure que les sciences et les technologies voient leur rôle grandir, elles peuvent de moins en moins s'affranchir des enjeux sociaux et des choix politiques. En quels termes ce lien se pose-t-il aujourd'hui ? Argent, stratégie, emplois, liens avec l'université, priorités, coopérations internationales... sur tous ces terrains, il faut choisir, et parfois dans la douleur.

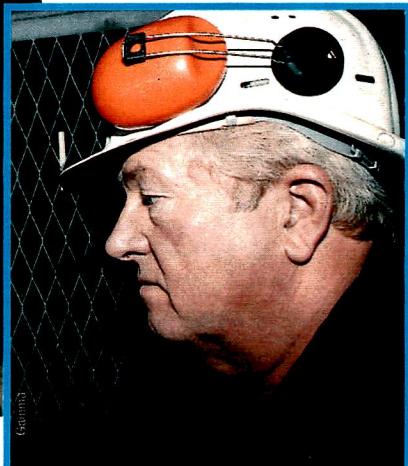
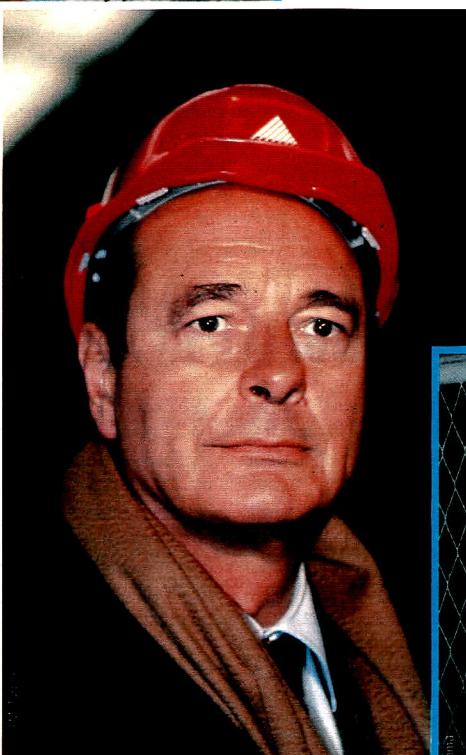
L'argent, tout d'abord. Nerf de la recherche et sujet de violentes tensions. C'est la panne sèche.

Pour les entreprises, la récession s'est traduite par une diminution des dépenses de recherche. La recherche publique, quant à elle, a subi un véritable renversement de tendance. Après une décennie - 1980-1990 - d'augmentation du budget de la recherche civile, les années quatre-vingt-dix commencent très mal. Pour la première fois depuis dix ans, le pourcentage de la richesse nationale consacré à la recherche stagne, voire diminue (voir graphiques pages suivantes). A l'automne 1994, il fallut même des protestations vigoureuses pour que la crise financière du CNRS - le principal organisme public de recherche - n'entraîne pas la suspension de travaux en cours.

Au début des années quatre-vingts, l'objectif officiel était de consacrer rapidement 3 % du produit intérieur brut (PIB) à la recherche. Dans son "Rapport sur la recherche française", le ministre François Fillon ne parle plus que «d'accroître la dépense intérieure pour rattraper, dès 2005 (sic !), l'écart séparant la France de l'Allemagne, des Etats-Unis et du Japon.» Les hommes politiques ont du mal à accorder le discours - «la recherche est une priorité nationale» - et les actes. La présidentielle sera-t-elle l'occasion pour les candidats de prendre des engagements plus précis ? Pour l'instant, silence radio. Les ➤

## Peu loquaces, les politiques

Les hommes politiques décident des grandes orientations de la recherche publique. Quel avenir réservent-ils à l'espace, à la recherche biomédicale ou au nucléaire ?



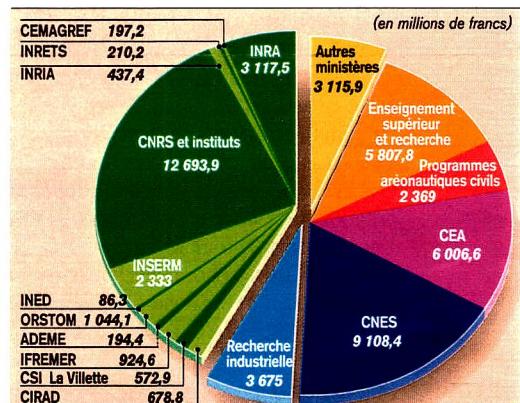
## RECHERCHE

► décisions prises par le gouvernement d'Edouard Balladur, comme les coupes claires lors du passage de Jacques Chirac à Matignon en 1986-1988, montrent qu'ils sacrifient allégrement la recherche et singulièrement la recherche fondamentale. Et, lors des deux dernières années du gouvernement de Pierre Bérégovoy, le ministère a maquillé la stagnation des crédits en augmentant les autorisations de programmes (promesses de financement) sans les couvrir par des crédits de paiement (argent effectivement versé aux organismes de recherche).

Toute baisse des crédits déclenche une crise dans le système de recherche. On ne peut toucher aux salaires, qui représentent plus de 80 % des dépenses. Ni aux grands programmes internationaux, encadrés par des accords stricts. Les coupes portent donc sur l'argent "frais". Celui de la vie quotidienne des laboratoires, qui permet de tester des idées nouvelles et qui garantit la souplesse d'une recherche réactive et vivante. On crie alors à la sclérose du système... comme on accuse un chien de la rage pour mieux l'abattre. C'est la manœuvre que des observateurs ont cru déceler dans la gestion très politique de la crise financière du CNRS par le ministère.

Derrière ces problèmes d'argent se profilent des choix stratégiques. Qui doit piloter la recherche, décider des programmes, des objectifs ? La question n'est pas évidente. L'ampleur de l'effort financier suppose rigueur dans sa répartition. La politique scientifique doit concilier un front de recherche large – de l'écologie à la physique des particules – avec la détermination de priorités. Ici, renforcer un secteur d'excellence. Et là, attirer de nouvelles compétences sur un secteur faible mais jugé indispensable. Les grosses machines exigent beaucoup d'argent et des pro-

## Les priorités de la France



Espace (CNES), énergie nucléaire (CEA), recherche fondamentale pluridisciplinaire (INSERM, CNRS) : ces trois choix fondamentaux de la politique française se lisent à chiffres ouverts dans le budget civil 1995 de la recherche, qui représente 52,573 milliards de francs. Le budget militaire s'élève à 28,360 milliards de francs.

## Glossaire

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

**CEA** : Commissariat à l'énergie atomique. **CEMAGREF** : Centre national du machinisme agricole, du génie rural, des eaux et forêts.

**CIRAD** : Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement. **CNES** : Centre national d'études spatiales. **CNET** : Centre national d'étude des télécommunications.

**CNRS** : Centre national de la recherche scientifique.

**IFREMER** : Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer.

**INED** : Institut national d'études démographiques. **INRETS** : Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité. **INRA** : Institut national de la recherche agronomique. **INRIA** : Institut national de recherche en informatique et automatique. **INSERM** : Institut national de la santé et de la recherche médicale. **ORSTOM** : Institut de recherche scientifique pour le développement en coopération.



## LA NOUVELLE GÉNÉRATION ARRIVE

Les chercheurs français sont mûrs. Un peu trop même. La moyenne d'âge des enseignants-chercheurs est de 47,5 ans, celle des chercheurs des organismes publics de 44,8 ans. La pyramide des âges, déséquilibrée, va déclencher une vague d'embauches massive au début du XXI<sup>e</sup> siècle. On ne comptait que 440 départs en retraite en

1992, ils seront 1 600 en l'an 2000 et 2 130 en l'an 2004 ! Si l'on ajoute l'augmentation prévisible des postes universitaires, et celle, souhaitable, de l'emploi scientifique, privé et public, un véritable boulevard s'ouvre devant les étudiants capables d'aller décrocher une thèse. Cette dernière exige de sept à neuf ans d'études supérieures... Les

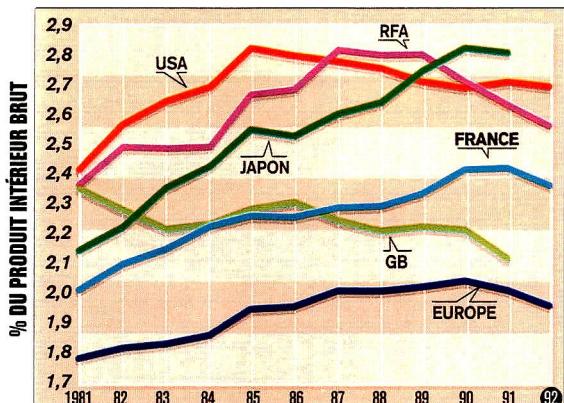
chercheurs de l'an 2000 sont déjà en troisième année d'étude supérieure, ceux de 2004 passent leur bac. Mais pour éviter un changement de rythme trop brutal, il faut anticiper sur ces départs et élever dès aujourd'hui le nombre d'embauche. Actuellement, le nombre des chercheurs s'élève à 140 000 (dont la moitié dans le public)

L'une des priorités de la recherche : la lutte contre le sida, ici à l'Institut Pasteur.

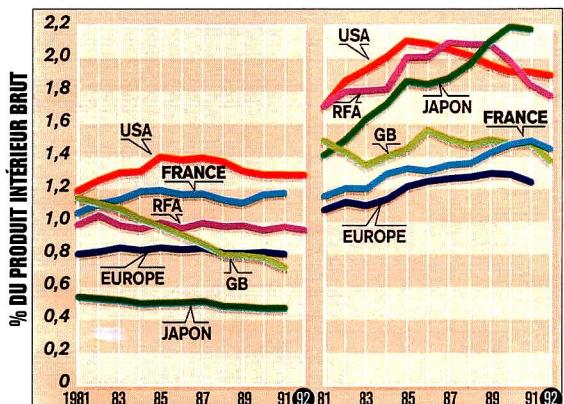
94 D. Vo Trunge / Eurelia

# La recherche sacrifiée dans le monde entier

FINANCEMENT PUBLIC ET PRIVÉ



DÉPENSES PUBLIQUES. DÉPENSES PRIVÉES.



Le Japon prend la tête, l'Angleterre décline, la RFA paye le prix de l'unification, la France demeure à distance du trio de tête. Derrière ces mouvements contrastés se cache une baisse générale du financement de la recherche dans le monde depuis 1990. En France, la dépense nationale (Etat et entreprises) a représenté 174,6 milliards de francs en 1993.

grammes... mais les découvertes proviennent souvent de petites équipes aux idées originales.

La recherche plus finalisée – technologie spatiale, nucléaire, télécommunications, informatique, biologie végétale et animale appliquée à l'agriculture – relève d'organismes comme le CNET, le CNES, le CEA, l'INRIA, l'INRA (voir glossaire ci-contre) qui ont des liens étroits avec l'économie, les entreprises ou les choix politiques. Le pouvoir politique dispose, pour les piloter, de moyens de commande précis. En revanche, le système français de

recherche fondamentale, en particulier à l'INSERM, au CNRS et à l'université, accorde une grande place aux discussions et aux choix des chercheurs. Ces derniers sont majoritaires dans des commissions qui évaluent le travail des chercheurs et les propositions de recherche. Même si l'Etat dispose d'importants moyens – nominations des dirigeants des organismes, crédits incitatifs – pour peser sur les décisions.

Ce fonctionnement est susceptible de perversion. Mandarinat, sclérose... Mais il reste le moins mauvais. Il s'attire les foudres de l'actuel gouvernement. «L'Etat a perdu la maîtrise de ses organismes de recherche...», soupire le ministre dans son rapport, déplorant «l'absence de vision stratégique». Et de mettre sur pied un «comité d'orientation stratégique» composé d'une douzaine d'«experts». Solution simple... forcément trop simple.

Les défis que doivent affronter les décideurs seront rudes. Comment assurer l'équilibre délicat entre recherche fondamentale et appliquée, entre grands équipements et petits labos ? Faut-il ou non dépenser des milliards dans les vols spatiaux habités ? Quelles orientations donner à la recherche nucléaire ? Comment attirer des chercheurs et financer des sujets de recherche – environnement, santé dans le tiers-monde, problèmes sociaux des villes – qui s'inscrivent mal dans les structures actuelles ? Comment gérer la montée en puissance des programmes européens accusés de pratiques technocratiques ? L'explosion démographique universitaire doit-elle entraîner la fin du statut d'enseignant-chercheur pour laisser la place à deux types d'universitaires, dont l'un serait uniquement enseignant ? Comment faut-il encadrer la recherche biomédicale ?

Les interrogations ne manquent pas... mais les réponses se font attendre. Peu loquaces sur le sujet, les candidats à la fonction suprême ont-ils d'autres chats à fouetter ? Où est-ce le signe d'un relatif consensus ? Sous François Mitterrand, la recherche publique a connu une croissance de ses ressources et une évolution contradictoire : une titularisation de l'ensemble des chercheurs qui a pu favoriser l'immobilisme... mais une véritable explosion du nombre de contrats entre CNRS et entreprises, montrant que la fameuse tour d'ivoire est parsemée de nombreuses ouvertures. Quant à l'ambition initiale – faire de la recherche l'un des outils permettant de résoudre les problèmes sociaux majeurs –, elle semble abandonnée ou réduite à l'état de vœu pieux... Dommage.

# HOMEADVENTUREWORK INDIANA

Avec Indiana, votre imagination n'a pas de limites. Découvrez en jouant, apprenez en créant votre propre monde.

Aujourd'hui, l'ordinateur est aussi banalisé que le magnétoscope. Plus vite vous l'utiliserez, plus rapidement vous le maîtriserez. Avec Indiana, votre découverte sera facilitée.

Son installation est un jeu d'enfant. Branchez-le tout simplement !

Créez votre propre monde, qu'il soit ludique ou plus studieux, Indiana en couvre tous les paysages technologiques. Vous pouvez créer, dessiner, écrire des rapports, faire des montages vidéo, composer de la musique et découvrir le monde à travers l'encyclopédie Encarta sur CD-ROM.

Créer son propre monde avec Indiana est la plus grande des aventures.

Indiana. le nouveau PC  
Fujitsu ICL.



Intel Inside est une marque déposée de Intel Corporation

## INDIANA C602



# Créez votre

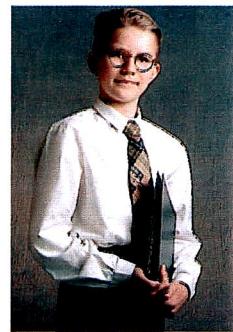


- Processeur Intel 486 DX2/66
- RAM 4 Mo, extensible à 32 Mo
- 3 connecteurs d'extension ISA
- CD-ROM Double vitesse
- Carte son 16-bits
- Contrôleur SVGA intégré sur bus local
- Moniteur 14" ou 15"
- MS DOS 6.2
- Windows 3.1
- Microsoft Works
- Suite de logiciels ICL

# propres mondes.



Que votre monde soit ludique ou studieux,  
Indiana saura vous accompagner.



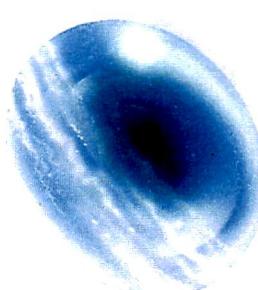
J'ai éliminé 132  
envahisseurs.  
Ensuite j'ai  
terminé mon  
projet sur les  
Incas.

Appelez dès aujourd'hui :  
Tél (1) 34 65 81 16  
ou fax: (1) 34 65 82 16

**FUJITSU** **ICL**

## Fusion d'étoiles à neutrons

L'un des meilleurs modèles pour tenter d'expliquer les sursauts gamma est, à l'heure actuelle, la coalescence de deux étoiles à neutrons. Dans ce système double, les étoiles tournent l'une autour de l'autre. Sensiblement, les deux astres se rapprochent jusqu'à se toucher, se mélanger et ne plus former qu'une seule étoile à neutrons. C'est à ce moment précis que le sursaut gamma serait émis.



17 février 1994 : pendant une heure et demie, un rayonnement gamma d'une violence inouïe s'abat sur la Terre. D'où vient-il ? Qui est le responsable ? Avec ce dernier venu, le phénomène des flashes gamma demeure la plus intrigante des questions astronomiques. L'imagination des chercheurs se déchaîne pour tenter d'y répondre.

# RAYONS GAMMA La plus violente énigme du ciel

PAR PHILIPPE HENAREJOS

«**A**ce jour, plus de 130 modèles ont été élaborés pour tenter d'expliquer les flashes gamma.» Cette phrase, lâchée par Robert Mochkovitch, de l'Institut d'astrophysique à Paris, donne le ton : le mystère des sursauts gamma est sans doute l'un des plus touffus de l'astrophysique moderne. Indétectables depuis le sol, ces bouffées d'énergie, qui surgissent de manière totalement imprévisible, sont aussi brèves que puissantes. Elles témoignent sans doute de cataclysmes violents qui ont lieu quelque part dans l'Univers. Mais personne ne sait dire lesquels ni à quel endroit...

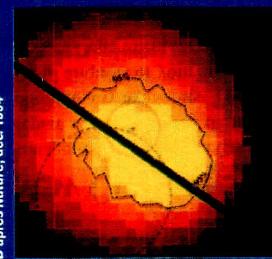
Et ce n'est pas la réception du plus fort des sursauts gamma, le 17 février 1994 (*Nature*, vol. 372, décembre 1994), qui risque de faire changer les choses. Ce jour-là, pendant quatre-vingt-dix minutes, une véritable grêle de photons gamma a été interceptée par le satellite GRO (Gamma Ray Observatory), et par la sonde européen-

# Les sursauts gamma viennent de partout



Dessins A. Meyer

Les détecteurs du satellite *GRO* montrent que les sursauts gamma surviennent en n'importe quel point du ciel (dessin de gauche), et qu'ils ne proviennent donc pas, de manière préférentielle, du plan de la Voie lactée. Le plus fort sursaut gamma jamais enregistré (ci-dessous), le 17 février 1994, a duré 90 min. Mais les détecteurs de *GRO* n'ont pu le localiser exactement : il est quelque part dans le grand cercle en pointillés.



D'après *Nature*, déc. 1994

► ne *Ulysse*, qui est en orbite autour du Soleil.

Dès 1967, le satellite militaire *Vela*, chargé de surveiller les essais atomiques soviétiques grâce aux rayons gamma de faible énergie qu'ils émettent, détecte beaucoup trop d'événements pour que ceux-ci aient lieu dans l'atmosphère terrestre. En 1970, les scientifiques commencent à élaborer des hypothèses. En particulier, ils doivent trouver un modèle qui soit capable d'expliquer à la fois la violence (1) et la courte durée des sursauts, qui va de quelques millisecondes à quelques minutes.

«La durée du flash est obligatoirement fonction de la taille de la "lampe" qui l'émet», remarque Jacques Paul, astrophysicien au Commissariat à l'énergie atomique (CEA). «Par exemple, si le Soleil s'éteignait brusquement, il ne disparaîtrait pas instantanément. Nous verrions d'abord la partie la plus proche – au centre du disque – s'éteindre, et puis, progressive-

ment, les parties les plus éloignées, situées sur le pourtour du disque, disparaître à leur tour. La lumière venant des bords étant plus éloignée de nous d'environ 700 000 km, il lui faudrait deux secondes de plus pour cesser de nous parvenir. C'est le temps minimum qu'il faudrait au Soleil pour disparaître.» Donc, pour expliquer les sursauts gamma de deux ou trois millisecondes seulement, il fallait avoir recours à des phénomènes se produisant sur des astres de quelques centaines de kilomètres.

Les étoiles à neutrons répondent parfaitement à ce critère – puisqu'elles ne mesurent qu'une ving-

taine de kilomètres de diamètre –, furent donc les premières suspectées. Résidu central d'une étoile après son explosion en supernova, l'étoile à neutrons peut contenir jusqu'à trois fois la masse du Soleil dans une sphère de vingt kilomètres de diamètre. En raison de leur taille et de leur faible éclat, ces astres ne sont, la plupart du temps, pas visibles dans un télescope. D'autre part, la formidable énergie des rayons gamma implique que, à la source de leur émission, se trouvent des phénomènes d'une grande violence, des chocs entre des astres denses, par exemple. Les scientifiques pensaient donc que de la matière, tombant à la surface d'un de ces astres hyper-denses que sont les étoiles à neutrons, pouvait produire des réactions thermonucléaires propres à l'émissions de sursauts gamma. Malheureusement, dès 1980, cette théorie fut anéantie par de nouvelles observations. Si ce modèle était le bon, les sursauts gamma

mauraient dû se trouver réunis dans le plan de la Galaxie, où gravitent le plus grand nombre d'étoiles et, par conséquent, d'étoiles à neutrons. Au lieu de cela, ils se répartissent de manière isotrope sur la sphère céleste, ce qui signifie qu'il surviennent absolument n'importe où. Lancé en avril 1991, le satellite *GRO* a réalisé plus de mille détections avec une précision de 5 à 6° carrés, et a confirmé cette répartition (carte ci-dessus).

Pour compliquer le tout, il se révèle absolument impossible de mesurer à quelle distance naissent les sursauts. Cela tient, pour une part, à l'impréci-

(1) A titre de comparaison, rappelons qu'un photon lumineux "transporte" une énergie de 3 électron-volts (3 eV), alors qu'un photon gamma en contient entre mille et mille milliards fois plus.

## Impossible d'évaluer à quelle distance ils naissent

# Toutes les manières de capter la lumière



Les signaux émis depuis l'espace ont des longueurs d'ondes différentes. Des plus grandes aux plus courtes : les ondes radio 1, captées par des antennes au sol ; l'infrarouge 2, par le satellite *IRAS* et des caméras en hauteur ; la lumière visible 3, par *Hubble* et les télescopes au sol ; l'ultraviolet 4, à partir duquel les signaux ne traversent plus l'atmosphère terrestre, par des satellites comme *IUE* ; et les rayons gamma 5, par *Granat* et *GRO*. Pour capter ces derniers, les astrophysiciens se servent de détecteurs spéciaux (ci-dessous), constitués d'un cristal scintillant (iodure de sodium) 1. Lorsqu'un photon gamma 2 touche le cristal, celui-ci produit une lumière qui est ensuite reprise par un photo-multiplicateur 3. Plusieurs détecteurs sont nécessaires pour déterminer une trajectoire approximative d'arrivée du rayon gamma.



sion des détecteurs gamma, qui définissent seulement des «boîtes d'erreurs», petites régions du ciel de 5° carrés, dans lesquelles galaxies, nébuleuses, étoiles et autres sources se comptent par plusieurs milliards, à tel point qu'il est impossible de dire de quel astre vient le sursaut détecté. D'autre part, comme l'énergie captée décroît avec le carré de la distance, pas moyen d'évaluer l'éloignement des sursauts. Un même flash gamma peut provenir d'un événement très violent aux confins de l'Univers, ou d'un phénomène beaucoup plus modeste aux abords du système solaire...

«Sur la localisation des sursauts gamma, nous ne savons que deux choses,» dit Robert Mochkovitch, «leur distribution sur le ciel est isotrope et ils disparaissent au-delà d'une certaine distance.» Ce point de départ permet une déduction et trois axes de recherche. La déduction est la suivante : si, à partir d'une certaine distance, il n'y plus de sursauts gamma, cela signifie qu'il y a une limite cosmologique à leur apparition. En effet, plus on regarde loin dans l'Univers, plus on regarde dans le passé : par exemple, la galaxie d'Andromède, située à 2,2 millions d'années-lumière, nous apparaît telle qu'elle était il y a 2,2 millions d'années, date à laquelle la lumière que nous en recevons a été émise. Si les sursauts gamma cessent à une certaine distance, cela veut dire que leur existence est liée à la formation d'un certain type d'objets célestes, qu'on appelle «sursauteurs»...

Pour établir des modèles compatibles avec la répartition isotrope des sursauts gamma, il a fallu trouver quelles structures dans l'Univers pouvaient abriter ces sursauteurs. «Tout se passe comme si la Terre occupait le centre d'un volume à l'in-

terior duquel ont lieu les «sursauts gamma», rappelle Jacques Paul. La Galaxie ne pouvant représenter un tel volume à cause de sa forme aplatie, trois «sphères célestes» se sont détachées comme axes de recherche. Il s'agit du système solaire, du halo galactique et de... l'Univers tout entier.

La première hypothèse postule qu'une structure sphérique englobe le système solaire bien au-delà de l'orbite de Pluton. Le nuage de Oort, probable réservoir de comètes à courte période, pourrait, à supposer qu'il soit sphérique, faire un bon candidat. On le situe à environ 400 unités astronomiques (1 UA = 150 millions de kilomètres = la distance Terre-Soleil) : qu'est-ce qui pourrait produire, à de telles distances, des sursauts gamma ? La collision d'une petite planète avec une comète respecte les limites de tailles imposées par la durée des sursauts. Mais, si le choc entre Shoemaker-Levy 9 et Jupiter a produit des rayons gamma, l'essentiel de l'énergie a rayonné en infrarouge et en lumière visible. Le problème, dans cette hypothèse serait donc : comment une grande partie de l'énergie se transformerait-elle en photons gamma ? Autre idée : la chute de comètes dans des mini-trous noirs. Alors que les trous noirs, classiquement issus d'effondrements d'étoiles ou de noyaux galactiques, ont, au minimum, une masse supérieure à trois fois celle du Soleil, il pourrait exister des trous noirs dits «primordiaux», d'origine différente et de masse plus petite. Nés de fluctua-

# OÙ NAISSENT LES FLASHES GAMMA ?



## Dans l'Univers lointain ?

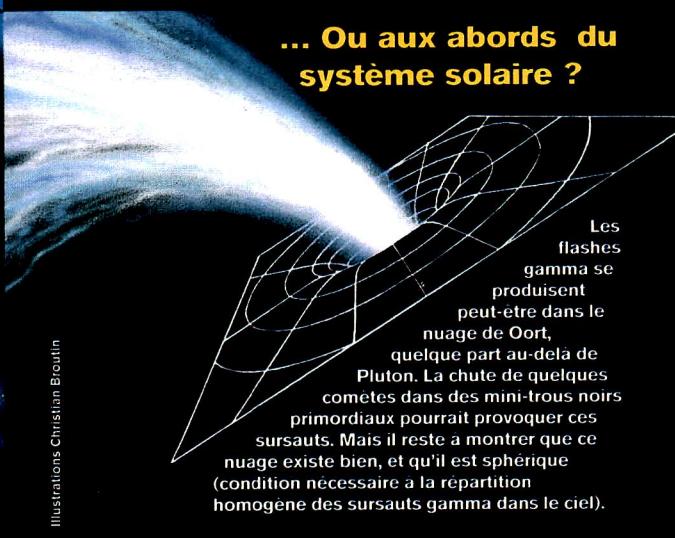
L'hypothèse la plus convaincante pour les astrophysiciens est que les sursauts gamma pourraient naître dans l'Univers tout entier. Ils proviendraient alors de la coalescence, c'est-à-dire de la fusion, d'étoiles à neutrons (dessin du haut) ou de collisions entre trous noirs dans d'autres galaxies (dessin de droite).



## Dans le halo de la Voie lactée ?

Les sursauts gamma surviennent peut-être dans un gigantesque halo qui entoure la Voie lactée. Ils pourraient alors avoir pour origine la chute de matière à la surface d'étoiles à neutrons qui, pour se trouver dans le halo, auraient été expulsées hors du plan galactique lors de leur transformation en supernova.

## ... Ou aux abords du système solaire ?



Les flashes gamma se produisent peut-être dans le nuage de Oort, quelque part au-delà de Pluton. La chute de quelques comètes dans des mini-trous noirs primordiaux pourrait provoquer ces sursauts. Mais il reste à montrer que ce nuage existe bien, et qu'il est sphérique (condition nécessaire à la répartition homogène des sursauts gamma dans le ciel).

## RAYONS GAMMA

suite de la page 39

► tions de densité de l'espace lors des premiers âges de l'Univers, ils engloutiraient régulièrement des comètes dans une débauche de rayons gamma... Mais des inconnues de taille demeurent : le nuage d'Oort est-il sphérique ? Les trous noirs primordiaux existent-ils vraiment ?

Le deuxième axe de recherche est le halo galactique, sorte d'immense volume englobant toute la Galaxie. Jusqu'à présent, personne n'a eu aucune preuve de son existence. Seuls quelques indices, tels que les arcs gravitationnels<sup>(2)</sup> observés autour de certaines galaxies, sous-entendent que les étoiles ne constituent pas la totalité de la masse des galaxies. Il y aurait donc des corps célestes sombres, comme des naines brunes par exemple (petites étoiles émettant peu ou pas de lumière), regroupées dans le halo (voir *Science & Vie* n° 914, p. 32). Mais le casse-tête ne fait que commencer, car il faut peupler ce halo d'objets capables de produire des sursauts gamma. Ici, le scénario de grumeaux de matière, nuages de gaz ou même astéroïdes, chutant sur des étoiles à neutrons semble convenir. Mais encore faut-il expliquer la présence d'étoiles à neutrons aussi loin du plan de la Voie lactée. « Il

semble que les étoiles à neutrons, quand elles explosent en supernova, soient propulsées à grande vitesse, remarque Jacques Paul. Parfois, la vitesse d'évasion étant atteinte, certaines étoiles pourraient donc être propulsées dans le halo.» Mais cela ne dit pas comment de la matière aurait pu rester en orbite autour de tels astres.

Le scénario d'une étoile à neutrons se contractant brusquement a également été avancé. Mais, étant dix fois plus éloigné que dans la Galaxie, un tel phénomène devrait, pour être capté, produire cent fois plus d'énergie que prévu...

Enfin, pour que cet axe de recherche survive, il faut que le halo soit gigantesque. Dans le cas contraire, comme la Terre se situe sur le bord de la Voie lactée et non pas au centre, au fil des mesures effectuées par *GRO* et ses successeurs, la répartition isotrope des sursauts finirait par disparaître. D'un autre côté, si le halo est aussi vaste que prévu, les instruments devraient à la longue enregistrer un excès de sursauts en provenance d'un autre halo,

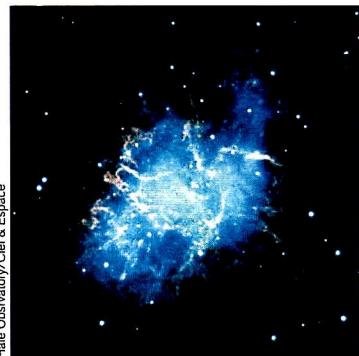
celui de la galaxie d'Andromède, si proche qu'elle est visible à l'œil nu. On voit que, pour l'hypothèse du halo galactique, les contorsions théoriques, voire les contradictions, ne manquent pas...

Il reste encore la troisième origine imaginée par les chercheurs, celle d'une répartition des sursauts dans tout l'Univers. Favorisée à l'heure actuelle par le plus grand nombre des astrophysiciens, elle n'échappe pas aux contraintes : le «sursauteur» doit rester petit (quelques centaines de kilomètres au plus) mais délivrer une quantité d'énergie largement plus considérable, vu son éloignement, que dans les hypothèses précédentes. Il a donc fallu imaginer un nouveau phénomène : la coalescence d'étoiles à neutrons. Il s'agit d'un système de deux étoiles à neutrons tournant l'une autour de l'autre, qui finissent par se rencontrer et fusionner. Cette rencontre produit environ cent fois plus d'énergie que celle contenue dans un sursaut gamma. Malgré tout, le modèle reste compatible puisque seulement 1 % de cette énergie serait émise en rayons gamma, le reste se changeant en neutrinos et en ondes gravitationnelles.

En fin de compte, même si

de tels événements ne sont pas très courants, sur les milliards de galaxies connues, le millier de sursauts enregistré jusque-là ne semble pas anormal.

Dans le cadre de cette même hypothèse cosmologique, d'autres scénarios sont envisagés : coalescences de trous noirs avec des étoiles à neutrons, ou encore collisions entre deux trous noirs... L'espoir de lever bientôt ce qui est la plus entêtante énigme astrophysique du moment pourrait bien venir des futurs satellites, capables d'observer de grands champs du ciel dans différentes longueurs d'ondes. Les astrophysiciens auraient alors l'occasion d'associer un sursaut à une contrepartie X ou visible, en pointant un télescope capable de capter ces dernières longueurs d'onde. L'intérêt en serait la précision des détecteurs X ou visible – de quelques secondes ou minutes d'arc. Mais la chance devra sourire : en un an et demi de pose continue, le télescope Sigma, embarqué sur le satellite *Granat*, n'a pas vu le moindre sursaut... ■



Haute Observatory/Ciel & Espace

## Une fontaine de rayons gamma

Lorsqu'une étoile massive explode en supernova, elle se transforme en étoile à neutrons, ou pulsar. C'est le cas du pulsar du Crabe, d'une densité inouïe et qui tourne sur lui-même à très grande vitesse, émettant un intense rayonnement gamma.

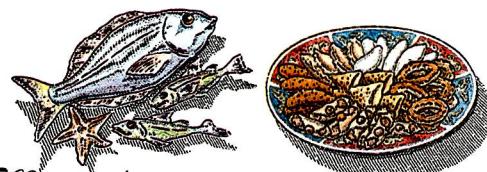
(2) Il s'agit de portions d'anneaux de lumière, qui témoignent de l'existence de galaxies lointaines dont l'image est déformée par la masse de la galaxie observée.

M



A

R



Petit tour en calèche  
sous les remparts  
de Taroudant.



O



Marc essaie  
de toucher  
le ciel.

C



L'EBLOUISSEMENT DES SENS

# ESPACE

# En ballon dans l'Univers

**La crise n'a pas épargné le secteur de l'espace : Hermès est enterrée, la future station orbitale se réduit comme peau de chagrin.**

**Et pourtant, en dehors de l'industrie spatiale officielle, il existe une technologie fiable et bon marché : le système gonflable.**

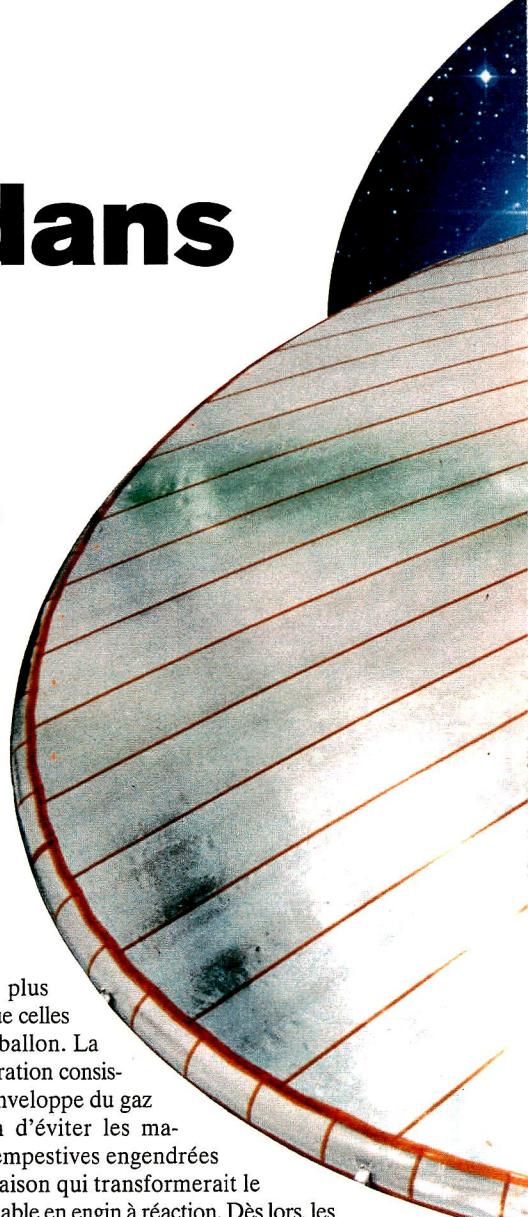
PIERRE POIX

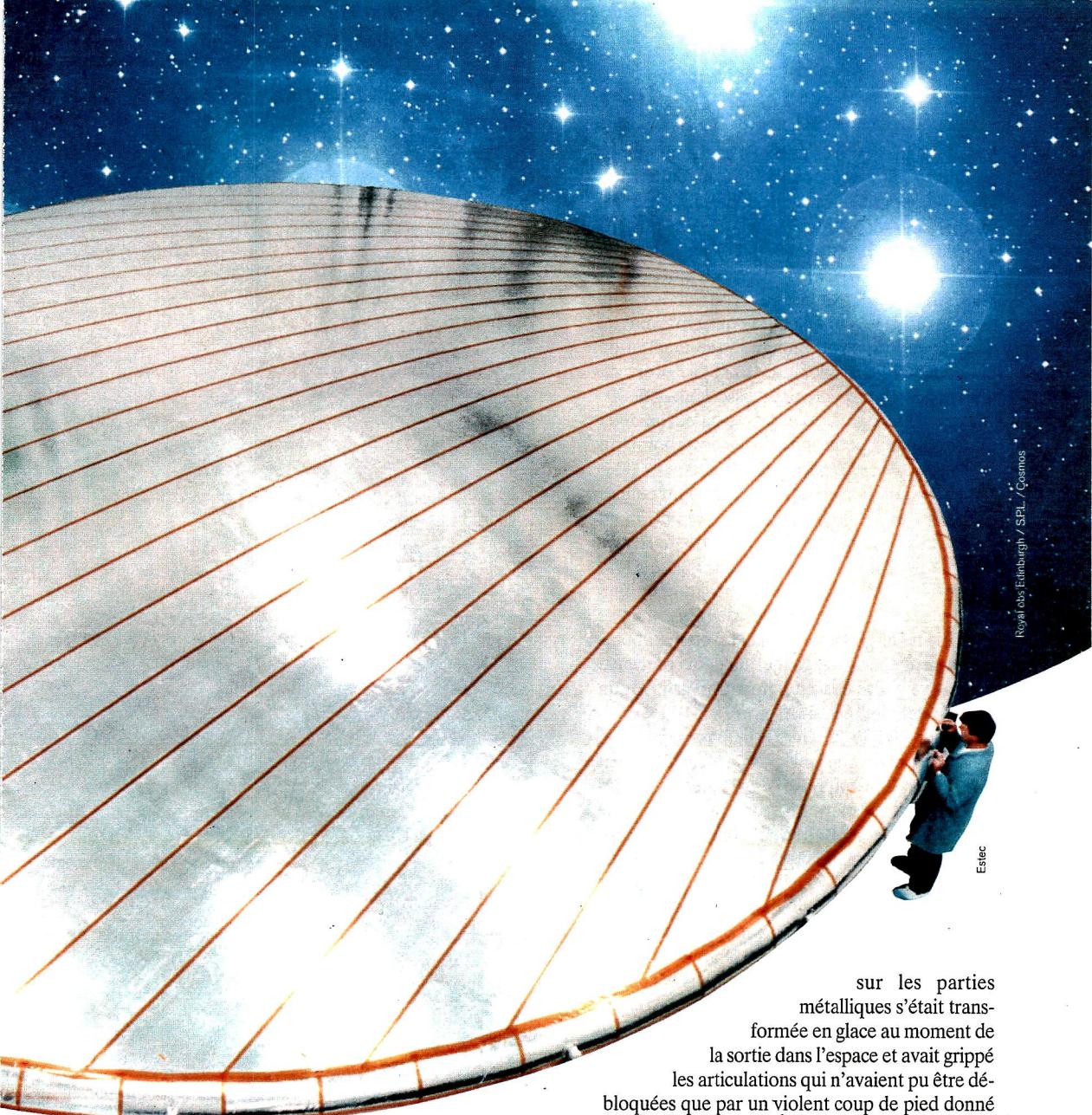
La technique du gonflable date des années 1960 avec le lancement de deux satellites de communications américains Echo 1 et Echo 2 : simples ballons de plastique de 30 et 40 mètres de diamètre recouverts d'une fine pellicule d'aluminium pour mieux réfléchir les ondes électriques. L'avantage réside dans le fait de mettre en orbite un système léger et compact qui, gonflé, peut atteindre des dimensions impressionnantes. Les économies dues au gain de poids sont plus qu'intéressantes : actuellement, la satellisation sur une orbite géostationnaire d'une masse d'un kilo revient entre 100 000 et 200 000 francs.

L'inconvénient tient à sa fragilité. Dès que les enveloppes sont transpercées – ce qui est fréquent compte tenu de la pollution de l'espace –, les belles sphères laissent échapper le gaz qui les dilate et ne sont plus assez rigides pour réfléchir correctement des signaux. La solution pour stabiliser les enveloppes en les empêchant de se déformer consiste à utiliser une résine spéciale qui se polymérise et durcit sous l'effet du rayonnement ultraviolet émis par le Soleil, assurant en quelques jours et définitivement l'aspect donné au moment de la solidification. A l'instar des montgolfières modernes, un tel satellite peut prendre des formes

beaucoup plus complexes que celles d'un simple ballon. La dernière opération consiste à vider l'enveloppe du gaz résiduel afin d'éviter les manœuvres intempestives engendrées par une crevaison qui transformeraient le système gonflable en engin à réaction. Dès lors, les perforations provoquées par les micrométéorites ou les dégâts dus à des objets plus importants ne peuvent influer sur son apparence. L'intérêt de ce système réside dans sa grande simplicité et sa fiabilité totale : la phase de gonflement est lente, progressive et sans à-coups. Dans le cas de structures plus complexes que des sphères, de simples mâts gonflables constituent l'architecture de base. Sous la pression du gaz, ils gonflent lentement et déplient la toile sur laquelle ils ont été soudés.

Un tel procédé est à l'abri des pannes, ce qui n'est pas le cas des autres systèmes de déploiement qui font appel à des moyens mécaniques infinité plus complexes. Or, dans l'espace, les conditions naturelles sont très agressives et les écarts de température extrêmes. Les mâts télescopiques, les moteurs électriques, les électro-aimants et les





## Une antenne de taille

L'ESA (European Space Agency) travaille depuis quelques années sur un projet d'antenne gonflable développé par la société suisse Contraves et qui fait appel à la technique du gonflable rigidifiable. Mais pour l'instant, les études semblent marquer le pas.

câbles divers deviennent des mécaniques délicates qui multiplient considérablement les risques d'incidents. On se rappelle encore des difficultés rencontrées par Jean-Loup Chrétien lors d'une sortie hors de la station Mir pendant la mission Aragatz en décembre 1988 pour déployer un prototype d'antenne télescopique : de l'humidité condensée

sur les parties métalliques s'était transformée en glace au moment de la sortie dans l'espace et avait grippé les articulations qui n'avaient pu être débloquées que par un violent coup de pied donné par le spationaute...

Au début des années 1980, l'association Arsat a construit une voile solaire gonflable pour participer à la course Terre-Lune, qui n'eut jamais lieu ! Alors que les autres concurrents travaillaient sur des systèmes complexes, la voile carrée Arsat était simplement soudée sur quatre boudins gonflables disposés en croix suivant les diagonales : leur seul gonflement garantit un déploiement automatique de la voile, assurée de conserver définitivement sa forme après la rigidification des mâts.

«Une telle voile est très facile à manœuvrer en utilisant le champ magnétique local, explique Christian Marchal, directeur de recherches à l'ONERA (Office national d'études et de recherches aéronautiques). Il suffit d'installer deux ►

► barres magnétiques en croix en son centre et un double circuit électrique fixé le long du bord et alimenté par quelques panneaux solaires. En faisant circuler un courant électrique dans un sens ou dans l'autre, il est possible d'orienter la voile dans la direction voulue. Ce procédé est beaucoup plus fiable que des ailerons qui risquent toujours de se coincer. Quant à la durée de la manœuvre, elle dépend du champ magnétique local et de l'éloignement de la voile. Elle est de l'ordre du quart d'heure pour obtenir un basculement de 90° sur une voile évoluant en orbite basse, de deux ou trois heures pour une orbite géostationnaire et d'un jour dans l'espace interplanétaire.»

Les voiliers solaires, ultra-légers, sont conçus pour tirer profit de la pression de radiation du Soleil. Ces voiliers sont déjà opérationnels avec une charge alaire — le rapport de la masse par la surface — de 500 gr/m<sup>2</sup>, mais l'utilisation de film de polyuréthane ou de fibres modernes, comme le mylar, le tedlar, le kapton, le kevlar ou le carbone, permettent encore de gagner un poids précieux. La charge alaire descend alors à 50 gr/m<sup>2</sup> et on espère atteindre bientôt 10 gr/m<sup>2</sup>.

Quoique faible, la force de la lumière est mille fois plus grande que celle des particules du vent solaire. Sur une voile carrée parfaitement réfléchissante de 100 mètres de côté, ils exercent une pression qui peut atteindre 8 grammes au voisinage de la Terre. L'accélération constante qui en résulte suffit à mouvoir un véhicule dans l'espace en lui donnant une vitesse de plus en plus grande.

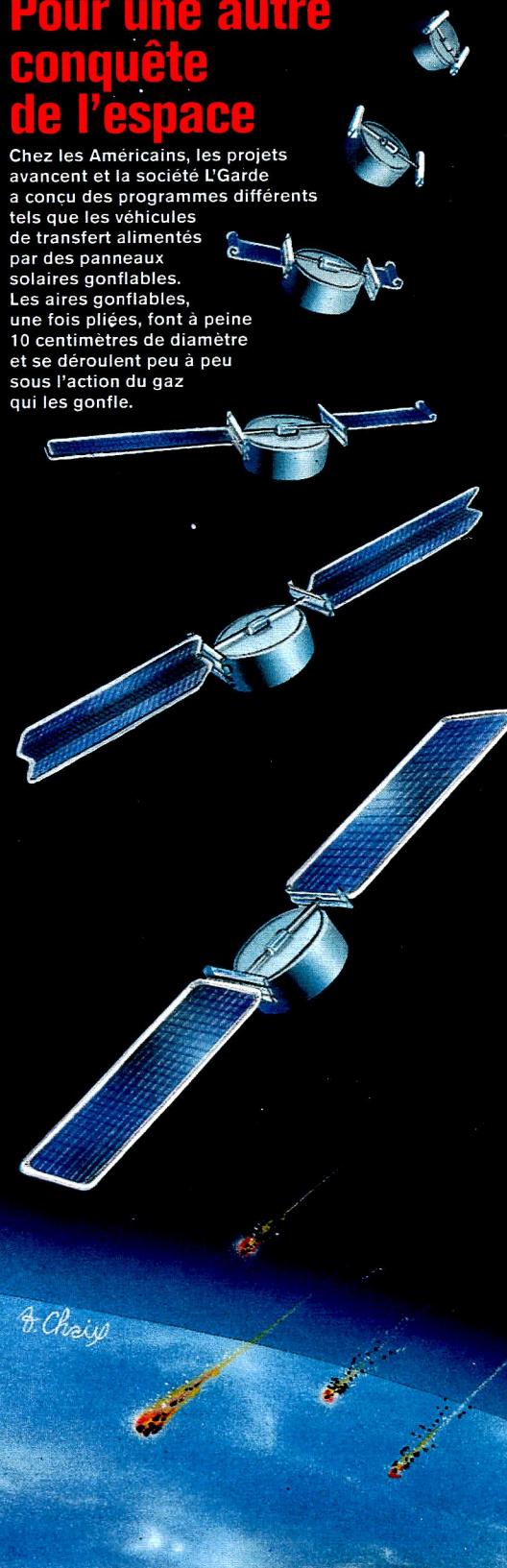
En Europe, aux Etats-Unis et au Japon, les programmes officiels concernant le gonflable sont gelés et seuls les Russes restent dans la course. Après avoir lancé Znamia 2 en 1994 — une voile de 10 mètres de diamètre —, ils sont prêts à passer au stade suivant avec Znamia 3, un voilier de 70 mètres de diamètre qui verrait le jour en 1996.

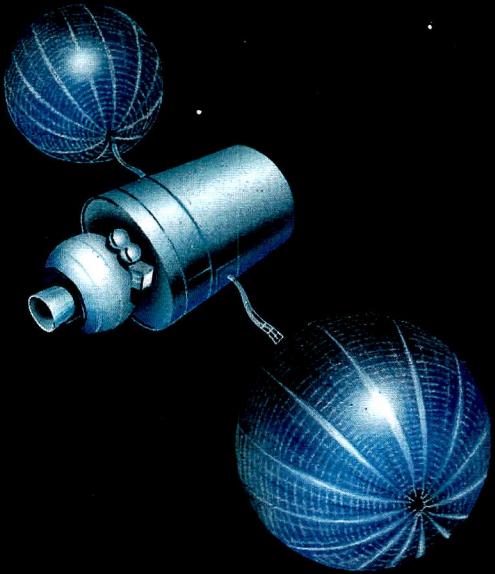
Pour Christian Marchal, la voile solaire constitue l'engin idéal pour étudier le Soleil puisque la pression de radiation qui lui sert de moteur augmente lorsqu'on se rapproche de cette étoile. Comparé à la sonde scientifique *Ulysse* qui vient de passer à 430 millions de kilomètres au-dessus du pôle sud du Soleil (soit trois fois la distance Terre-Soleil) quatre ans après son lancement, il affirme qu'une simple voile solaire aurait pu effectuer la même mission plus vite et plus efficacement puisqu'elle aurait pu s'approcher à moins de 20 millions de kilomètres.

L'ennui avec le gonflable, c'est qu'il est bon marché. Trop bon marché même, disent certains esprits chagrins qui redoutent de voir notre ciel envahi par une flottille d'engins plus ou moins publicitaires placés en orbite. Ces "ballons" ont sur-

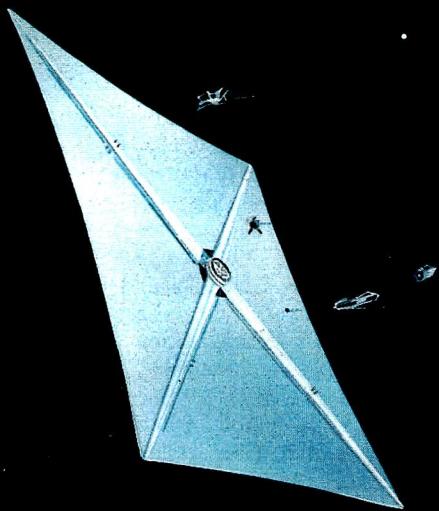
## Pour une autre conquête de l'espace

Chez les Américains, les projets avancent et la société L'Garde a concu des programmes différents tels que les véhicules de transfert alimentés par des panneaux solaires gonflables. Les aires gonflables, une fois pliées, font à peine 10 centimètres de diamètre et se déroulent peu à peu sous l'action du gaz qui les gonfle.





**Les ballons sphériques recouverts de panneaux solaires utilisent la totalité de leur surface pour récupérer l'énergie quelle que soit la direction du Soleil et permettent de stabiliser les oscillations de systèmes lourds.**



**Les voiles solaires gonflables feraient d'excellentes stations-service mobiles et pourraient apporter aux satellites épuisés l'énergie nécessaire pour prolonger leur durée de vie ; ou aussi servir de voiles-balais afin de débarrasser l'espace des débris qui le polluent...**

Vincent Chau

tout réveillé les craintes de la communauté scientifique, car les astronomes, dont les conditions de travail sont de plus en plus perturbées par la pollution de l'air, la luminosité des villes, le trafic aérien et les satellites en activité, se sentent agressés par ces projets qui risquent de limiter encore plus leur temps d'observation, et craignent que les reflets lumineux émis par ces satellites artificiels détruisent les éléments les plus sensibles et les plus précieux de leurs instruments, comme les caméras à photons. Face à une pareille menace, Paul Mervin, le directeur de l'Observatoire royal de Greenwich, a donné l'alarme. En niant la valeur esthétique de telles réalisations et en amplifiant exagérément leur impact visuel, il en a stigmatisé l'irresponsabilité et dénoncé le risque de voir un jour «les barbares triompher de la science».

Dans cette ambiance empoisonnée, quelques projets scientifiques sont cependant à l'étude dans les bureaux de l'ONERA. Notamment celui d'un appareil qui pourrait se montrer très utile, justement, pour les astronomes : «Du point de vue de sa structure, explique Christian Marchal, un radiotélescope se présente essentiellement comme une sorte de cuvette qui peut aisément être obtenue à partir d'une demi-sphère dans laquelle il est facile d'installer une antenne mobile. Avec cette méthode, on peut réaliser une sphère de 100 mètres de diamètre, ce qui nous permettrait d'obtenir, en fait, un instrument comparable aux plus grands radiotélescopes terrestres, mais dans des conditions infinitement meilleures.»

Sur Terre, les radioastronomes disposent de quelques rares plages de fréquences pour écouter l'Univers, l'invasion des émissions terrestres produites par les multiples stations de radio et de télévision créant un brouillage permanent. Dans l'espace, en revanche, on peut écouter dans toutes les directions et avec de bien meilleures possibilités pour localiser l'origine des sources.

D'autres utilisations sont encore possibles. De vastes voiles-balais pourraient nettoyer l'espace des millions de débris qui le polluent depuis qu'on en a commencé l'exploration : le risque de collision est de plus en plus élevé. Pendant les premières années, on n'a pris aucune précaution particulière et les déchets ont commencé à s'accumuler. Actuellement, deux zones sont dangereuses. La première va de 500 à 1 100 kilomètres d'altitude et la seconde se situe dans le voisinage des orbites géo-stationnaires. En dessous de 400 kilomètres, le risque est moindre.

Dans la première zone dangereuse, des millions de débris de toute taille tournent sur les orbites les plus variées, à des vitesses de l'ordre de 7 à 8 km/s. Certains d'entre eux ne retomberont pas avant

► plusieurs siècles. Or, dans l'espace, le plus petit grain de matière devient un redoutable projectile. On retrouve régulièrement des impacts impressionnantes sur les navettes américaines et celles-ci sont de plus en plus souvent obligées d'effectuer des manœuvres complexes pour éviter les collisions avec les morceaux les plus importants.

Il n'est évidemment pas question de ramasser tous ces débris dans une gigantesque balayette. Le but consisterait à perturber leur trajectoire et à leur faire perdre assez de vitesse lors de l'impact, quand ils traversent la toile, pour les faire retomber rapidement sur Terre. En effet, plus les débris sont petits, plus ils seront perturbés par cet impact. Or, les plus nombreux, ceux qui font moins de 2 grammes, devraient perdre suffisamment de vitesse pour passer dans l'atmosphère et être détruits, tandis que les plus gros continueront, malheureusement, leur course folle dans l'espace.

Sachant que la plupart de ces débris évoluent dans le sens

de rotation de la Terre, il suffit de lancer les voiles-balais en sens opposé, sur une orbite équatoriale, pour optimiser leur efficacité grâce aux vitesses relatives extrêmement élevées ainsi obtenues au moment de l'impact. La voile-balai n'est pas conçue comme un bouclier pour arrêter tous les déchets. On estime qu'une voile kilométrique pourrait retirer 1 % ou 2 % des débris en une année. Pour maintenir ces balayettes solaires en orbite, il suffit de leur fournir l'impulsion nécessaire en les orientant de façon qu'elles reçoivent le rayonnement solaire quand elles s'éloignent du Soleil et qu'elles n'en reçoivent aucun lorsqu'elles s'en rapprochent. Elles pourraient être taillées dans des matières noires et absorbantes qui éviteraient tout reflet perturbateur.

Paradoxalement, cette technologie reste pratiquement confidentielle. Le CNES, qui s'intéresse aux ballons gonflables depuis longtemps, a acquis une maîtrise parfaite de la technique du ballon stratosphérique. Il met la dernière touche au pro-

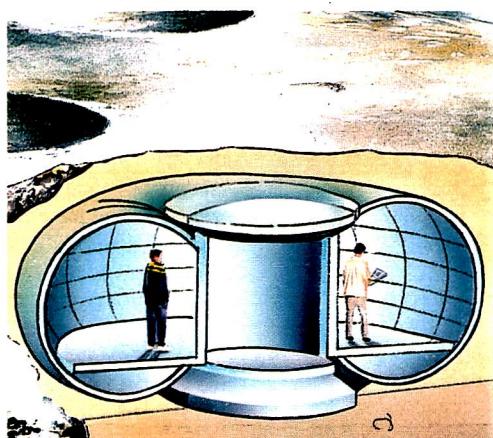
gramme Pronaos qui lui permettra, en 1995, d'envoyer, par l'intermédiaire d'un ballon, un télescope à 37 kilomètres d'altitude. Ce mode d'exploration est envisagé également pour étudier d'autres planètes du système solaire. Et, pour la mission franco-russe programmée pour 1996 sur Mars, c'est un ballon pressurisé qui sera envoyé en observateur pour dresser les premières cartes de la planète rouge.

Aux Etats-Unis, des sociétés comme Solvionics et L'Garde se sont spécialisées dans le domaine du gonflable rigidifiable. Elles ont commencé par proposer divers types de panneaux solaires gonflables équipés de cellules photovoltaïques plus souples et plus légères à base de silicium amorphe. De ce côté-là de l'Atlantique, les projets avancent et les ingénieurs de L'Garde travaillent en étroite relation avec la NASA.

En France, en 1993, deux jeunes ingénieurs des Arts et Métiers, Vincent Chauvin et Patrice

Pétré, ont imaginé, avec l'aide des services techniques du groupe Bouygues, un système un peu plus sophistiqué qui pourrait être utilisé comme base lunaire. Leur projet, d'une grande flexibilité, permettrait d'accueillir des équipages de trois à plusieurs dizaines de personnes. Dans sa version la plus réduite, l'avant-poste lunaire ressemble à une énorme roue dont on aurait enlevé une tranche pour accéder au noyau qui sert à la fois de sas d'accès et de lieu de survie (voir dessin). L'ensemble de cette base représente une masse totale de 7 tonnes. Son installation sur la Lune est estimée à 500 millions de dollars – ce qui correspond, pour une entreprise comme Bouygues, au prix d'un pont.

A voir la diversité et la multiplicité des projets spatiaux conçus à partir de cette technique du gonflable, l'intérêt suscité par un tel procédé devient évident. Il reste cependant encore à faire le plus important : réaliser l'un d'entre eux pour enclencher le processus de validation. ■

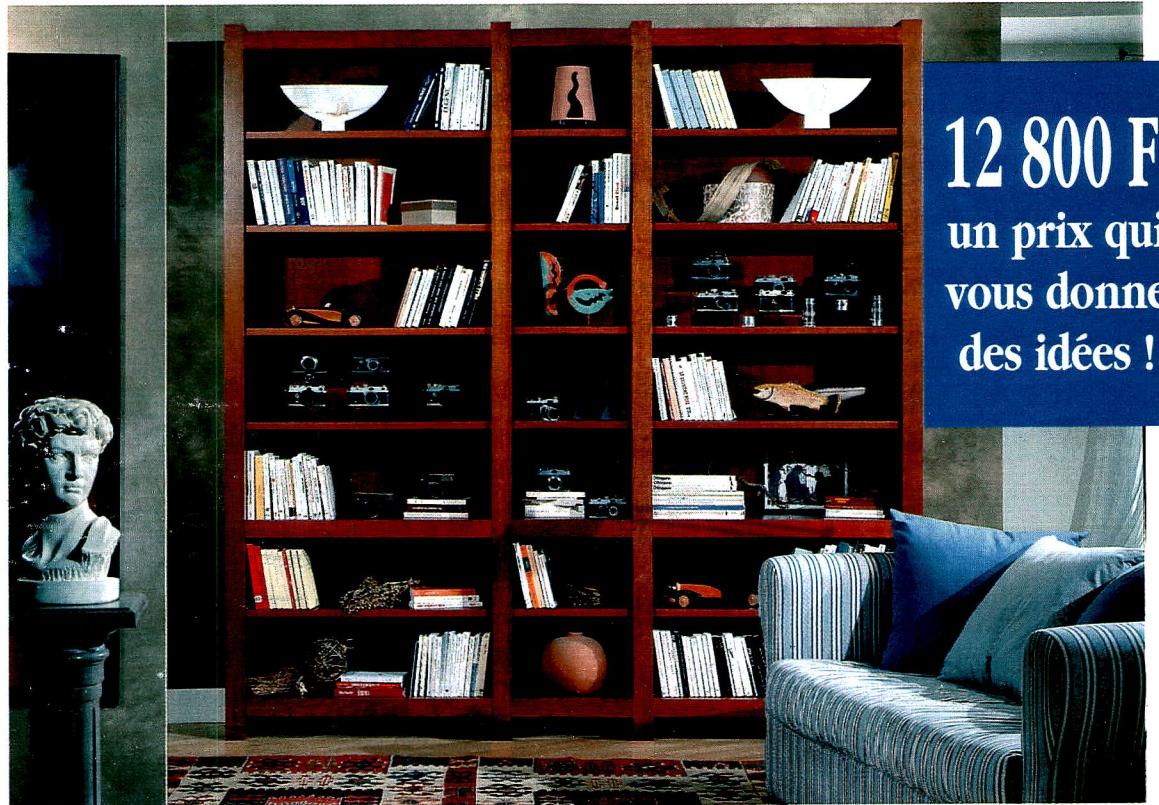


## Avant-poste lunaire

**Récouverte de régolite, la poudre lunaire, cette base, dont l'enveloppe gonflable est soudée sur sa face externe, est faite d'une couche d'aramide prise entre deux couches de kapton. Une fois déployée, elle offre 100 m<sup>2</sup> habitables.**

# MD, matière à idées.

Photo non contractuelle.



LITTERA - (\*) Offre valable jusqu'au 30 / 06 / 95 - Meuble présenté : H 243,8 x L 234,3 x P 35 - Epaisseur du côté : 7 - Placage merisier 2 teintes disponibles -15 étagères mobiles - Panneaux arrières - Existe aussi en placage frêne.



## des idées pour réaliser les vôtres

Pour connaître la liste de nos dépositaires sur la France,  
consultez notre service minitel **3615 MEUBLES MD**

Je souhaite recevoir une documentation gratuite ; retourner ce coupon à :  
MD - 85, rue du Bac - 75007 Paris

Nom : \_\_\_\_\_  
Prénom : \_\_\_\_\_  
Adresse : \_\_\_\_\_  
Ville : \_\_\_\_\_  
Code postal : \_\_\_\_\_  
Téléphone : \_\_\_\_\_  
S.A.V. - LITTERA  
23/05/95

# HÉMOGLOBINE

# Des crocodiles donneurs de sang

**Des gènes de crocodile pourraient améliorer  
la libération d'oxygène par l'hémoglobine... humaine.  
Cette étonnante découverte représente un pas de plus  
vers l'élaboration, très attendue, d'un "sang artificiel".**

PAR ALEXANDRE DOROZYNSKI

**L**es crocodiles tuent leur proie en la noyant : nul n'en réchappe, car le terrible reptile est capable de passer plus d'une heure sous l'eau sans respirer. Le mystère de cette formidable endurance en apnée restait entier jusqu'à

ce qu'une équipe du Medical Research Council de Cambridge (Angleterre) découvre les propriétés étonnantes de l'hémoglobine des crocodiles : en apnée, elle libère plus d'oxygène que l'hémoglobine des autres animaux. Aussi, quand la proie a épuisé ses réserves en oxygène, le crocodile, lui, trouve-t-il encore le moyen de s'en procurer à l'intérieur de ses globules rouges.



Baleines, phoques, dauphins et autres mammifères qui plongent longtemps sous l'eau ont une hémoglobine tout à fait ordinaire, comparable à celle de l'homme. Leur capacité à séjournier sous l'eau vient de ce qu'ils stockent de l'oxygène dans la myoglobine de leurs muscles. Mais les muscles des crocodiles du Nil (*Crocodylus niloticus*) contiennent cent fois moins de myoglobine que ceux des mammifères. Les causes de leurs performances sous-marines sont donc à rechercher ailleurs.

Or, l'équipe anglaise, dirigée par Kiyoshi Nagai, a découvert que l'hémoglobine du crocodile du Nil a une structure très particulière. Comme toutes les hémoglobines, elle est formée de quatre chaînes d'acides aminés, repliées en "peignes" douées de la faculté de piéger l'oxygène (voir dessin page suivante). Mais les maillons de ces chaînes d'acides aminés diffèrent en plusieurs endroits. Ces petites différences lui confèrent la faculté de fixer un sous-produit de la respiration, le bicarbonate ( $\text{HCO}_3$ ). Or, l'hémoglobine ainsi chargée de bicarbonate retient moins l'oxygène qu'elle transporte. En vertu de ce phénomène, baptisé "effet bicarbonate", l'hémoglobine crocodilienne libère donc plus d'oxygène que les autres.

La réaction s'adapte parfaitement aux besoins de l'organisme. En effet, le fonctionnement de

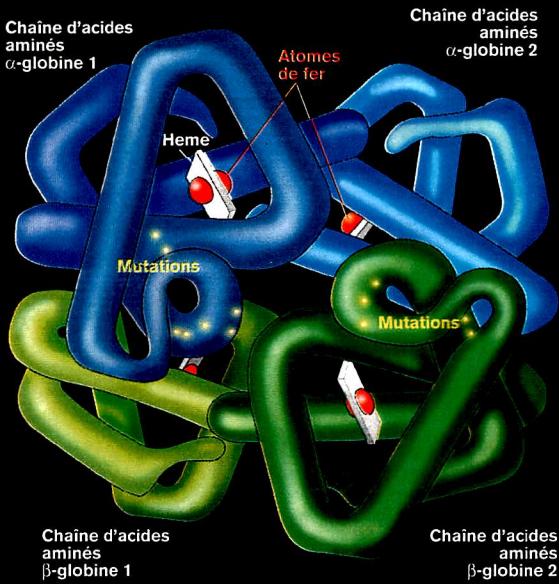
l'organisme produit du gaz carbonique ( $\text{CO}_2$ ) qui se dissout dans l'eau du sang. De l'acide carbonique ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) se forme alors, qui se dissocie pour donner, d'un côté, des ions d'hydrogène ( $\text{H}^+$ ) et, de l'autre, des ions bicarbonate ( $\text{HCO}_3$ ). En apnée, le taux de bicarbonate dans le sang devient critique, et le besoin d'oxygène se fait pressant. A ce stade, la plupart des hémoglobines de mammifères ont libéré tout l'oxygène qu'elles pouvaient. L'hémoglobine de crocodile, elle, peut encore en relâcher, grâce à l'effet bicarbonate.

Restait à déterminer précisément comment l'hémoglobine de crocodile a acquis cette faculté. Le meilleur moyen de le découvrir : modifier l'hémoglobine d'un mammifère – l'homme, par exemple – afin qu'elle ressemble à celle du reptile. Kiyoshi Nagai et son collègue Hennaka Komiya ont donc procédé, étape par étape, au remplacement de certains acides aminés de l'hémoglobine humaine par des acides aminés d'hémoglobine de crocodile. Ils ont ainsi découvert que la substitution de douze acides aminés, sur les 287 de l'hémoglobine humaine, suffit à doter cette dernière de l'"effet bicarbonate". Ces acides aminés sont situés sur la molécule d'hémoglobine aux endroits précis où les chaînes alpha et bêta qui la forment glissent l'une sur l'autre, au moment où elles captent l'oxygène.

Cette transformation de l'hémoglobine humaine

## Une heure sous l'eau sans respirer

Grâce à la structure particulière de leur hémoglobine, les crocodiliens sont capables de rester très longtemps en apnée... bien plus que leurs proies, qui périssent noyées.



A. Meyer/Source Nature vol. 373, janvier 1995.

## De l'hémoglobine d'homme-crocodile !

Chaque molécule d'hémoglobine humaine est constituée de quatre chaînes d'acides aminés et de quatre atomes de fer situés sur des plaquettes appelées hèmes. Lorsque les globules rouges parviennent aux poumons, chacun de ces atomes de fer capture un atome d'oxygène, qui sera relâché dans l'organisme en fonction de ses besoins. Or, chez l'homme, l'hémoglobine est incapable de libérer la totalité de l'oxygène qu'elle transporte. Le crocodile, lui, possède cette faculté, grâce à la structure de son hémoglobine, qui a subi douze mutations au cours de son évolution. En créant ces mêmes mutations (points jaunes) dans l'hémoglobine humaine, on a obtenu une hémoglobine hybride, baptisée Hb-Scuba, capable de donner tout son oxygène à l'organisme en apnée.

► ne passe évidemment par une manipulation génétique, qui consiste à introduire les mutations correspondant aux douze acides aminés du crocodile dans la séquence d'ADN codant pour l'hémoglobine humaine. La nouvelle séquence ainsi obtenue est alors introduite dans des bactéries qui fabriquent la nouvelle hémoglobine.

Cette molécule hybride, les chercheurs l'ont appelée Hb-Scuba (*scubadiving* signifie "plongée sous-marine" en anglais). Une hémoglobine d'homme-crocodile permettant de créer une race d'hommes-grenouilles capables de plonger sans bouteille ? Bien sûr que non ! Plus sérieusement, cette faculté de libérer davantage d'oxygène pourrait servir à la préparation d'un nouveau substitut sanguin. En effet, dans ceux dont on dispose aujourd'hui, l'hémoglobine n'est pas aussi efficace qu'il le faudrait. Hb-Scuba ou sa version humanisée seraient donc d'excellents candidats pour servir à la préparation d'un sang artificiel,

estiment les chercheurs.

Un sujet qui les passionne, puisqu'ils ont déjà mis au point un produit de ce type, le rHb1.1, testé avec succès chez l'homme et actuellement en cours d'évaluation par la Food and Drug Administration, l'organisme américain de contrôle des produits alimentaires et pharmaceutiques. L'enjeu de ces travaux est d'autant plus grand que les donneurs de sang se raréfient et que les risques de la transfusion restent importants.

Hb-Scuba a été réalisée dans le laboratoire même où, voilà plus de trente ans, Max Perutz avait décrit par cristallographie aux rayons X la structure spatiale de l'hémoglobine (ce qui lui valut le prix Nobel de médecine). Perutz, toujours passionné par le sujet, voit dans les travaux de ses confrères une nouvelle confirmation de sa théorie de l'évolution moléculaire. Selon lui, de nombreuses mutations se produisent au hasard, mais seules perdurent celles qui restent neutres ou se révèlent utiles pour survivre lorsque l'environnement change.

Dans les années soixante et soixante-dix, la détermination des séquences d'hémoglobine chez toutes sortes d'animaux a inauguré une véritable discipline scientifique : la comparaison, molécule par molécule, de l'hémoglobine des espèces les plus diverses. Elle a permis d'établir une échelle de l'évolution dans laquelle l'ancêtre de l'hémoglobine humaine est la leghémoglobine des

plantes, une chromoprotéine voisine de l'hémoglobine qui participerait à la fixation de l'azote dans les racines des légumineuses. Cette accumulation de mutations à partir d'une molécule ancestrale est confirmée par l'étude des hémoglobines de plusieurs espèces de crocodiliens, qui sont les seuls doués de l'effet bicarbonate. Les chercheurs de Cambridge ont observé ce phénomène chez le caïman (*C. crocodylus*) et l'alligator (*A. mississippiensis*) aussi bien que chez le crocodile du Nil. Trois espèces qui, pour supporter de longs séjours sous l'eau, sont parvenues à la même solution grâce à des mutations différentes.

Cette histoire confirme qu'une fonction radicalement nouvelle, permettant à une espèce de s'adapter à un environnement nouveau, peut s'élaborer à partir d'un petit nombre de mutations dans une seule protéine. Chez les crocodiliens, *C. niloticus* détient le record, avec douze mutations seulement, lui assurant de maîtriser ses proies. ■



Serge KNAUSS  
Directeur des recherches au Centre  
Européen de Recherche  
pour l'Efficacité Personnelle  
« En tant que professeur, j'affirme  
et je répète souvent à mes  
élèves que réussir ses études  
n'est pas une question de don  
mais de méthode. »

## LE CEREP OFFRE EN CADEAU A 700 ETUDIANTS\* LE NOUVEAU GUIDE

GRATUIT  
pour les étudiants

# “Comment réussir tous vos examens”

**A** l'occasion d'une campagne nationale d'information  
Le Centre Européen de Recherche pour l'Efficacité  
Personnelle a décidé d'offrir gratuitement 700\* de ses  
guides «Comment réussir tous vos examens».

**Découpez et renvoyez  
simplement le bon ci-dessous -  
les photocopies  
ne sont pas acceptées.**

Ce guide gratuit vous informe sur une  
étonnante méthode de préparation et  
de réussite aux examens.

Vous comprendrez pourquoi certains  
étudiants, ni spécialement doués, ni  
spécialement intelligents, travaillent  
nettement moins que d'autres et réussissent  
brillamment leurs examens.  
Vous saurez comment en faire autant.

**Maintenant  
ayez la certitude de réussir  
à vos examens**

Les étudiants qui ont déjà pu utiliser  
cette méthode sont enthousiasmés. Ils  
écrivent par exemple :

«J'ai le grand plaisir de vous annoncer  
mon succès au concours de l'école  
HEC. Il ne fait aucun doute que, grâce  
à votre méthode, j'ai accompli des pro-  
grès spectaculaires pendant l'année.  
Votre méthode est d'une efficacité  
absolue.» M. Chevreau (Seine)

«Mes études sont devenues plus faciles  
et plus agréables. Depuis que j'ai votre  
méthode je mémorise les noms, dates,  
chiffres et formules avec une facilité  
désconcertante.»

M. Godebert (Pas-de-Calais)

«Lorsque j'applique votre méthode  
mes résultats varient entre 11 et 19 (sur  
20), lorsque je ne l'applique pas, ils  
varient entre 3 et 10 !»

M. Lambert (Bas-Rhin)

«Voici un mois que j'ai commencé à  
étudier avec la Méthode CEREP. Tout  
de suite j'ai veillé à mettre en applica-  
tion ses conseils. Et je commence à me

rendre compte que cette méthode est  
un petit «bijou» pour réussir. Merci  
d'avoir pensé à tous ceux qui ne  
connaissaient pas ces «trucs» et qui  
désespéraient de réussir.»

Mlle Metetal (Doubs)

**Profitez de cette  
offre gratuite**

**avant qu'il ne soit trop tard**

Ne pensez-vous pas qu'il serait dom-  
mage de laisser passer cette occasion  
unique de réussir vos examens et vos  
études tout en réduisant vos efforts?

Renvoyez dès aujourd'hui le bon ci-  
dessous, vous serez ainsi certains de ne  
pas arriver trop tard. Dans quelques  
jours vous recevrez chez vous le livret  
guide «Comment réussir tous vos ex-  
amens». Ce guide vous montrera qu'il  
existe des techniques qui permettent :

1. D'étudier plus efficacement en tra-  
vaillant moins.
2. D'assimiler plus vite et plus facile-  
ment toutes les matières ardues.
3. De multiplier par 2, 3 voire 4 votre  
vitesse de lecture.
4. D'augmenter la puissance de votre  
mémoire et de retenir sans effort les  
noms, les dates, les chiffres, les  
formules, etc...
5. De retenir l'essentiel d'un exposé, ou  
d'un livre après une seule lecture.

**Et ce n'est pas tout**

Cette méthode jusqu'ici réservée au  
training de haut niveau vous montrera  
également :

- Un moyen facile qui vous recharge  
d'énergie en 15 minutes.
- Comment être au plus haut de votre  
forme le jour de l'examen.
- Une technique à utiliser la veille de

l'examen pour être sûr de ne pas avoir  
le trac.

Ce ne sont là que quelques exemples.  
Il y a encore d'autres techniques. Le  
guide d'information que vous offre ici  
le CEREP (Centre Européen de Recherche  
pour l'Efficacité Personnelle) vous fera découvrir toutes les  
techniques contenues dans la Méthode  
«Comment réussir vos examens et vos  
études». La Méthode du CEREP -  
véritable guide du succès - révèle  
votre potentiel de réussite et enclenche  
cette dynamique du succès qui donne  
des résultats étonnantes (et attestés !).  
Pour recevoir gratuitement votre  
exemplaire du guide d'information,  
remplissez et renvoyez l'original du  
bon ci-dessous, en joignant 3 timbres  
(lettre) pour participation aux frais.

\* **IMPORTANT** : Les 700 premières  
demandes seront servies dans leur  
ordre d'arrivée, les suivantes, le seront  
dans la limite des stocks disponibles.  
En cas de rupture de stock, nous vous  
renverrons vos 3 timbres.

C.E.R.E.P. - 5 H 1 - 71, rue Etienne  
Dolet 94145 Alfortville Cedex.

**GRATUIT**

**Un seul guide par demande**

Bon pour recevoir gratuitement et  
par courrier, sans engagement d'aucune  
sorte, le guide «Comment réussir  
tous vos examens». Joindre 3  
timbres (lettre) pour participation  
aux frais. □ M. □ Mme □ Mlle

Date de naissance \_\_\_\_\_

Nom \_\_\_\_\_

Prénom \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

Code postal \_\_\_\_\_

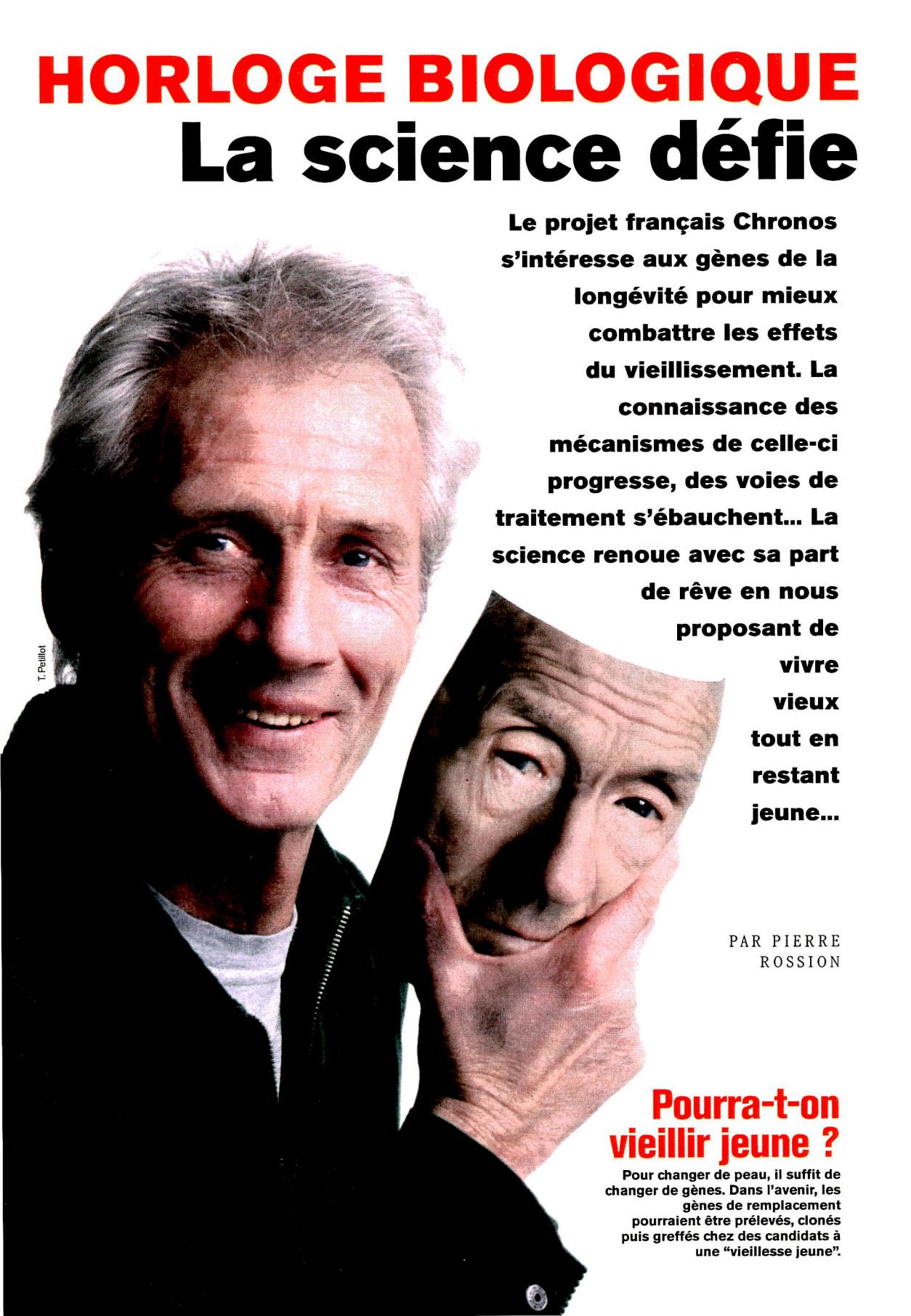
Ville \_\_\_\_\_

Découpez et renvoyez ce bon à :

C.E.R.E.P., 71, rue Etienne Dolet  
94145 Alfortville Cedex. 5 H 1

# HORLOGE BIOLOGIQUE

## La science défie



Le projet français Chronos s'intéresse aux gènes de la longévité pour mieux combattre les effets du vieillissement. La connaissance des mécanismes de celle-ci progresse, des voies de traitement s'ébauchent... La science renoue avec sa part de rêve en nous proposant de vivre vieux tout en restant jeune...

T. Peillot

PAR PIERRE ROSSION

### Pourra-t-on vieillir jeune ?

Pour changer de peau, il suffit de changer de gènes. Dans l'avenir, les gènes de remplacement pourraient être prélevés, clonés puis greffés chez des candidats à une "vieillesse jeune".

# la vieillesse

**V**ivre le plus longtemps possible tout en restant jeune, beau et en bonne santé : tel est le programme des chercheurs pour les années futures. Les recherches concernent surtout les plus de 70 ans, car c'est à cet âge que commencent à apparaître les maladies invalidantes, comme le cancer, les maladies cardio-vasculaires, le diabète gras non insulinodépendant, la cataracte, la surdité, la perte des dents, etc. C'est également l'âge auquel se manifeste une plus grande susceptibilité aux microbes, du fait de l'affaiblissement progressif du système immunitaire.

C'est aussi le moment où s'intensifient les processus conduisant à la destruction progressive de l'organisme, et dont les signes extérieurs sont les rides du visage, les taches brunes sur les mains, les fesses molles, les cheveux blancs... Phénomènes comparables – qu'on nous passe l'image –   ceux qu'on observe dans le moteur d'une voiture avec l'usure des pistons et du joint de culasse...

Or, si l'on parvenait à el miner les maladies de la vieillesse, l'espérance de vie des Françaises et celle des Français ne seraient plus respectivement de 83 ans et de 75 ans, comme c'est le cas actuellement. Elles pourraient atteindre 95 et 87 ans. Et, si l'on réussissait à remettre à neuf le "moteur" de la vie et à améliorer son rendement, on pourrait aller bien au-delà de ces chiffres... Le record de longévité humaine, détenu par la Française Jeanne Calment, qui a f t  ses 120 ans, serait pulvérisé. Les moins optimistes des gérontologues parlent de 150 ans. Les plus optimistes ne donnent pas de chiffre...

A défaut de pouvoir appréhender le vieillissement dans son ensemble, il faut descendre au niveau de la cellule, et, plus loin encore, au niveau moléculaire, pour en comprendre les mécanismes. Dans les années soixante, un chercheur américain, Leonard Hayflick, montra que des cellules humaines en culture (en l'occurrence, des fibroblastes de poumon) se divisaient en moyenne une

soixantaine de fois. Ce qui sugg rait que les cellules sont programm es pour vivre pendant une durée déterminée, au terme de laquelle elles cessent de se diviser et meurent.

De leur côté, Daniel Cohen, François Schächter et Laurence Faure-Delanef, du Centre d'étude du polymorphisme humain (CEPH), ont montré que certaines cellules prélevées chez des centenaires, des lymphocytes T, se divisent au moins une centaine de fois, et qu'elles survivent après qu'elles ont cessé de se diviser. Les cellules des centenaires semblent donc échapper à la règle de Hayflick.

Mais, quoi qu'il en soit, la question demeure : pourquoi les cellules vieillissent-elles ? Deux théories tentent d'y répondre. La première, celle de l'Américain Leslie Orgel, suppose que c'est la mécanique cellulaire qui s'use avec le temps, ce qui a pour conséquence d'entraîner des erreurs au niveau de la synthèse des protéines, qui ne remplissent plus leur fonction. Contre cette usure, il n'y aurait rien à faire.

La seconde théorie, défendue par l'Australien MacFarlane Burnet, l'un des pères de l'immunologie moderne, prétend qu'avec le temps l'ADN subit des altérations ponctuelles (comme, par exemple, le remplacement d'une base nucl  ique par une autre). Le sens du message génétique en est modifié, ce qui se traduit par des anomalies dans la synthèse des protéines. Cependant, ces altérations de l'ADN ne seraient pas irréversibles : la cellule serait parfois capable d'y remédier

grâce au système de réparation dont elle dispose. Mais ce système n'est pas toujours infaillible...

Dans les deux hypothèses, l'accumulation d'erreurs dans la synthèse des protéines finit par engendrer des perturbations graves ; par exemple, au niveau des mitochondries, ces centrales thermiques de la cellule, où l'oxygène apporté par la respiration brûle les graisses de l'alimentation pour produire l'énergie nécessaire au métabolisme.



C. Puech/Eurelics

## "Chronos" contre le temps

Laurence Faure-Delanef dirige le projet Chronos qui a pour but d'isoler les gènes de la longévité.

► me cellulaire. Cette combustion engendre des "déchets", les radicaux libres, ainsi appelés parce que leur couche périphérique contient un électron libre, ce qui les rend très réactifs. Or, avec le vieillissement, la production de radicaux libres s'accélère, causant des dommages de plus en plus importants aux membranes nucléaire et cellulaire ainsi qu'à l'ADN (voir le dessin de la double page suivante).

De fait, au microscope électronique, un ADN jeune ne ressemble pas à un ADN vieux : les cellules âgées ont des fibres d'ADN plus courtes, plus espacées, qui n'adhèrent plus à la membrane nucléaire. «On a pu voir, note Ladislas Robert (1), qu'il existe deux étapes dans la transformation de ces filaments d'acide désoxyribonucléique au cours du vieillissement. La modification avec l'âge n'est donc pas uniforme et continue, mais procède par paliers.» On a également mis en évidence, dans des cellules âgées, de l'ADN coupé en deux, dont l'un des fragments avait pris la forme d'un anneau circulaire.

Concrètement, ces anomalies de l'ADN se traduisent par une perturbation des tissus, des organes et des fonctions. Les divisions cellulaires deviennent aberrantes, et, dans les cellules filles, le nombre de chromosomes ne se distribue plus toujours en deux lots égaux. L'expression des gènes se trouve perturbée, et c'est ainsi tout le programme de la cellule qui est modifié...

Les altérations de l'ADN ont également un impact sur le système immunitaire. On sait que les anticorps sont des protéines fabriquées à partir de petits segments d'ADN (ou gènes) de certaines cellules du sang, les lymphocytes B. Lorsque l'ADN est en bon état, ces gènes sont d'une plasticité remarquable et peuvent organiser la lutte contre les envahisseurs (virus, bactéries) de toutes sortes. Le vieillissement de l'ADN signe le déclin de cette plasticité, ouvrant ainsi la porte aux maladies infectieuses et auto-immunes.

Les modifications de l'ADN peuvent aussi être responsables de cancers quand elles touchent des gènes particuliers, appelés proto-oncogènes, qui participent à la vie de la cellule. Une fois altérés, ces proto-oncogènes deviennent des oncogènes, qui déclenchent la multiplication anarchique des cellules, donc le cancer.

Quant aux boucles issues d'une fracture de l'ADN, elles peuvent s'introduire en n'importe quel endroit de l'ADN et perturber le fonctionnement du génome. La prolifération cellulaire ob-

servée au cours de la formation de plaques d'athérome, cause fréquente d'infarctus du myocarde (responsable de plus de la moitié des décès dans les sociétés industrialisées, surtout après la cinquantaine) relèverait d'un tel mécanisme.

En résumé, aucun territoire de l'organisme ne semble pouvoir échapper au vieillissement. Ainsi, sur les dix milliards de neurones que possède l'homme à la naissance, il ne lui en reste plus que de deux à trois milliards quand sonne l'heure du trépas. Le cerveau est certainement l'un des organes les plus touchés par la vieillesse (voir encadré ci-dessous).

Jeanne Calment attribue son grand âge à une bonne "marque de fabrique" : autrement dit, elle aurait hérité d'un bon patrimoine génétique. De fait, dans sa famille, on trouve un grand nombre d'octogénaires et de nonagénaires. Quels que soient les mécanismes du vieillissement, il ne fait aucun doute qu'ils impliquent des gènes. Plusieurs expériences sur l'animal en ont apporté la preuve. Celle de Michael Rose, de l'université de ►

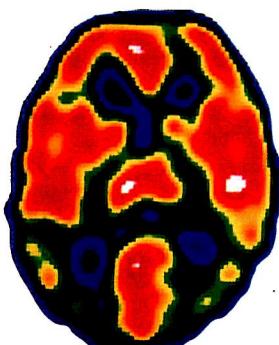
(1) *Les Horloges biologiques*, Flammarion.

## Le secret : un bon patrimoine génétique

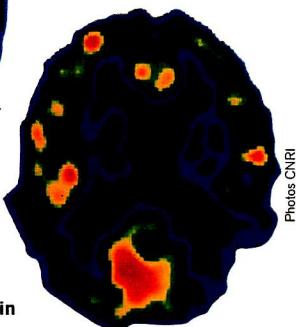
## DÉMENCE SÉNILE, MALADIE

● Avec l'âge, le stock de neurones dont on dispose à la naissance s'amenuise progressivement. Cette perte va

de pair avec une baisse des capacités du cerveau. Les fonctions les plus touchées sont l'aptitude à apprendre, la mémoire immédiate et l'attention "divisée", qui permet d'effectuer plusieurs opérations mentales en même temps. En revanche, l'esprit de synthèse peut rester particulièrement développé, à condition que le



Chez un sujet jeune, les lobes pariétaux du cerveau sont bien irrigués par le sang (ci-dessus). Chez un sujet atteint d'Alzheimer, le débit sanguin s'est tarri (ci-contre).



Photos CNRI

# DES CENTENAIRES FLORISSANTS

En un siècle, l'espérance de vie a presque doublé dans les pays occidentaux, passant de 40 ans à 75 ans (hommes et femmes confondus). Et ce phénomène continue de s'amplifier, puisque l'espérance de vie augmente actuellement d'un trimestre chaque année.

Quant au record de longévité humaine, c'est-à-dire l'âge maximal que peut atteindre un être humain, il ne cesse d'être battu. Au début du siècle, il était d'une centaine d'années. Aujourd'hui, on en est à 120 ans. C'est une Française, Jeanne Calment, qui en est la détentrice (photo ci-contre). Et ce n'est pas fini, car notre Arlésienne, qui vient de fêter son anniversaire, n'a pas encore soufflé

sa dernière bougie...

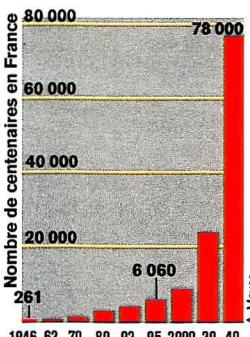
Pour mémoire, rappelons que la longévité maximale de la tortue des Galapagos est de 152 ans, celle de l'anémone de mer, de 80 ans, et celle du homard, de 50 ans ; elle est de 66 ans chez l'alligator, de 6 ans chez la grenouille verte, de 7 200 ans pour le cèdre japonais, et de... 1 jour chez l'éphémère.

La France, où l'on dénombrait 261 centenaires en 1946, près de 1 000 en 1970 et 3 500 en 1990, en compte aujourd'hui plus de 6 000. Ces derniers dépasseront les 9 000 en l'an 2000 et seront 78 000 en 2040 (diagramme ci-contre).

En 2020, on s'attend à ce que la France compte également 7,6 millions de sexa-

génaires, 5,5 millions de septuagénaires, plus de 2 millions d'octogénaires et plus de 200 000 vieillards ayant dépassé les 95 ans.

Un vieillissement global de la population qui se retrouve dans tous les pays industrialisés et commence à s'amorcer dans les pays en voie de développement.



Jeanne Calment



J. M. Turpin/Gamma

## D'ALZHEIMER : LE LENT DÉCLIN DU CERVEAU

cerveau soit sollicité autant que possible par la lecture, l'évocation des souvenirs, l'intérêt pour la marche du monde, etc. La perte des neurones est alors compensée par l'établissement de nouveaux circuits entre les neurones survivants. Encore faut-il que les vieillards échappent à la démentie séniile qui les guette...

En effet, d'après une étude du Dr Karen Ritchie, épidémiologiste et neuropsychologue chargée de recherche à l'INSERM de Montpellier, 0,9 % des Français âgés de 60 à 64 ans manifestent les premiers signes de séniilité. Et, chez 36,7 % des vieillards de plus de 95 ans, c'est de démentie séniile véritable qu'il s'agit. Actuellement,

15 226 Français en sont atteints. En l'absence d'un traitement efficace (et sans effets secondaires), et si l'âge moyen de survenue de la maladie n'est pas reculé, il faut s'attendre à ce qu'ils soient 74 000 en 2020.

La démentie séniile peut prendre plusieurs formes suivant qu'elle est d'origine vasculaire, due à des toxiques ou à des déficiences en certaines vitamines, ou encore d'origine neurodégénérative (chorée de Huntington, maladies de Pick, de Creutzfeldt-Jakob, de Parkinson et d'Alzheimer).

La maladie d'Alzheimer, la forme la plus courante de la démentie séniile, fait l'objet d'actives recherches. Elles ont récemment débouché

sur un médicament (1) actuellement à l'essai et pour lequel on attend l'autorisation de mise sur le marché du gouvernement britannique. C'est le THA (Tetra Hydroamino Acridine), plus connu sous le nom de Tacrine. En bloquant la détérioration des cellules nerveuses cholinergiques du cerveau, il restaure le fonctionnement cérébral et le comportement des malades. On la soupçonne cependant de provoquer des lésions hépatiques.

Il faut citer aussi deux autres voies de recherche. La première, celle d'une équipe du National Institute of Health des Etats-Unis, part du constat que la protéine bêta-amyloïde sécrétée par les malades atteints

d'Alzheimer forme des canaux au travers de la membrane cellulaire : la pénétration du calcium à l'intérieur du neurone étant facilitée, il s'y accumule et devient toxique. D'où l'idée d'utiliser la trométhamine, qui a la propriété de bloquer les canaux et empêche donc la pénétration du calcium dans la cellule.

La seconde stratégie, développée par des chercheurs de Cambridge (Massachusetts), consiste à délivrer dans le cerveau un facteur de croissance, le NGF (Neuron Growth Factor), qui freine la perte des neurones cholinergiques.

(1) Pour les autres formes de démentie séniile, il n'existe encore aucun traitement.

## HORLOGE BIOLOGIQUE

► Californie (Irvine), a consisté à croiser des mouches entre elles et à sélectionner dans leur descendance les mouches qui survivent le plus longtemps. Ces dernières furent ensuite à leur tour croisées entre elles. En procédant ainsi sur plusieurs générations, Michael Rose a réussi à multiplier par trois la longévité de ces drosophiles.

A l'université de Boulder (Colorado), l'équipe de Thomas Johnson est parvenue à doubler la longévité d'un ver nématode (*Caenorhabditis elegans*) en induisant des mutations dans un gène appelé *Age-1*. Des chercheurs de l'université de Californie ont obtenu un résultat comparable en agissant sur le gène *Daf-2*. Bien que la nature exacte des protéines codées par ces gènes soit encore inconnue, les nématodes dont le gène *Age-1* est muté manifestent une résistance accrue au peroxyde d'hydrogène (eau oxygénée), grand pourvoyeur de radicaux libres.

Et chez l'homme ? Pour cerner les gènes de longévité (ou gérontogènes), différentes voies de recherche sont utilisées : mutations expérimentales et transfert de gènes dans des modèles cellulaires en culture ; obtention d'hybrides par fusion de cellules normales et de cellules immortelles<sup>(2)</sup> ; étude comparative de gènes exprimés chez des sujets jeunes et chez des sujets



L'énergie nécessaire à l'entretien de la vie est synthétisée dans les mitochondries à partir de l'oxygène 1 et des graisses 2. Ce qui produit des déchets : les radicaux libres 3. Très réactifs, ceux-ci sont annihilés par deux enzymes : la superoxyde dismutase 4 qui les transforme en eau oxygénée 5, et le glutathion peroxydase 6 qui convertit l'eau oxygénée en eau ordinaire 7. Si cette enzyme vient à manquer, l'eau oxygénée, en présence de fer 8, produit des radicaux libres hydroxyles 9, très toxiques pour les membranes cellulaire 10 et nucléaire 11 et pour l'ADN 12.

## LA PEAU TÉMOIGNE DU VIEILLISSEMENT

- La dure loi du look nous impose une lutte acharnée contre la plus manifeste des marques du vieillissement : les rides. Au fil des ans, la peau change en profondeur, elle devient moins souple, moins hydratée, perd sa fermeté et se creuse de sillons.

Elle perd en moyenne 6 % de son épaisseur tous les dix ans. Cela resterait peu visible si le processus était uniforme. Malheureusement, les différents composants de la peau déclinent de manière inégale.

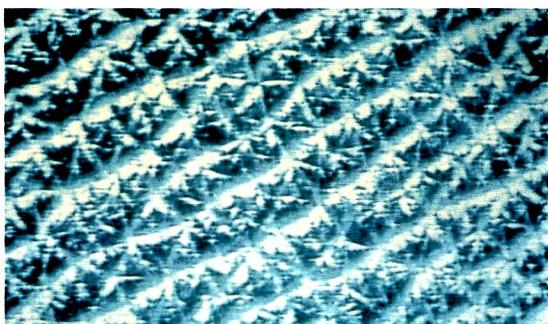
Première victime du

vieillissement : l'hyaluronane, une molécule très fragile impliquée dans l'hydratation. Beaucoup trop grosse pour franchir la couche cornée, elle ne peut entrer dans la composition d'un cosmétique efficace.

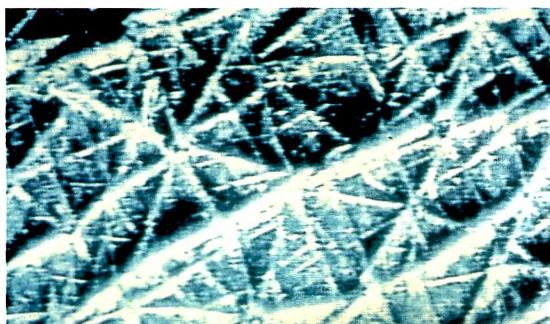
L'acide lactique, un autre

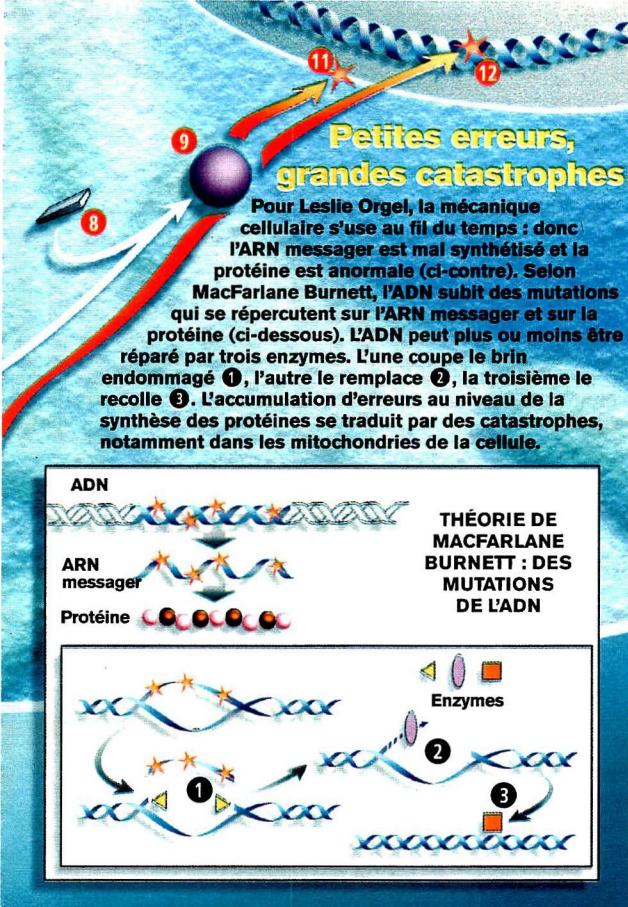
hydratant, pénètre plus profondément, mais son action ne dure que quelques minutes. Ladislas Robert, du laboratoire de biologie cellulaire de l'université Paris VII, estime que l'hydratation peut durer plusieurs heures si l'on utilise des peptides d'élasti-

### Peau à 6 mois



### Peau à 30 ans





âgés ; étude comparative de gènes exprimés chez des individus normaux et chez des individus atteints de vieillissement accéléré (syndrome de Werner, progeria de l'enfant) ; et, enfin, étude génétique de centenaires.

De ces recherches, on peut retenir plusieurs choses. La sénescence est un caractère dominant. Le chromosome 1, le 7 et le 11 sont porteurs de gènes "inducteurs de sénescence". Le gène p 53, connu pour être un gène "suppresseur de tumeur", ne s'exprime que dans les cellules âgées, et il agit en symbiose avec d'autres gérontogènes comme le gène Sdi 1 (inhibiteur de la synthèse de l'ADN dans les cellules sénescentes en culture). Le proto-oncogène c-fos, qui active la prolifération cellulaire lorsqu'il est sous forme d'oncogène, est réprimé dans les cellules sénescentes : il ne peut être activé par les agents mitogènes et donc devenir oncogène. Les gènes impliqués dans la synthèse d'enzymes chargées de neutraliser les radicaux libres et dans celle des enzymes de réparation de l'ADN jouent certainement un rôle dans la longévité.

Le projet Chronos (3), lancé il y a trois ans et demi par le CEPH et la fondation Ipsen, a pour but d'isoler les "gènes de la longévité" et d'en comprendre le rôle. Des Français à la longévité ►

## ET LES COSMÉTIQUES N'Y PEUVENT RIEN !

ne, c'est-à-dire des fragments d'un composant naturel de la peau. Une autre voie consisterait à agir directement sur les mécanismes de dégradation et de production de l'hyaluronane. Mais, pour l'instant, aucun produit doué de telles capacités n'est arri-

vé sur le marché.

Deuxième victime : l'élastine, une substance fibreuse responsable de l'élasticité des tissus conjonctifs. Pour combattre sa dégradation, il faut agir directement sur les cellules du derme en bloquant les enzymes qui la dé-

naturent. A partir des travaux de Ladislas Robert sur le récepteur de l'élastine, les laboratoires Roc ont mis au point un produit à base de miélose, qui protégerait la précieuse élastine.

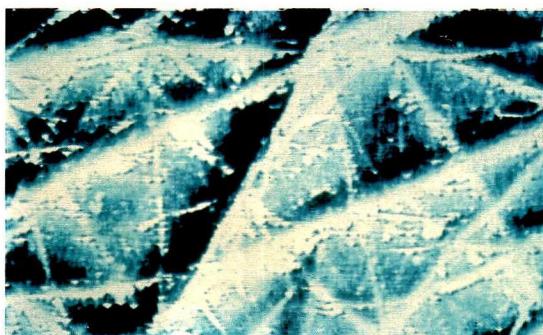
Troisième victime : le collagène, qui occupe les interstices des tissus et leur confère leur consistance. En vieillissant, ses fibres se soudent les unes aux autres et deviennent plus rigides. L'acide rétinoïque, un dérivé de la vitamine A utilisé contre l'acné aiguë, stimule leur renouvellement, mais il donne un collagène de mauvaise qualité. De plus, en cas d'utilisation prolongée (inutile, puisque la dégradation du

collagène est tardive), le risque d'activer des oncogènes n'est pas exclu... Quant aux injections de collagène animal et aux crèmes qui en contiennent, leur contenu est rapidement éliminé par l'organisme.

L'arsenal des cosmétiques pourrait cependant évoluer très vite si l'industrie était autorisée à franchir la barrière de la couche cornée et à agir en profondeur. L'idée : aider les cellules de la peau à maintenir la production des composants fonctionnels. Un projet de loi européen est à l'étude. Nos petits-enfants vieilliront peut-être dans la peau de leurs 20 ans.

Philippe Chambon

### Peau à 90 ans



## HORLOGE BIOLOGIQUE

► exceptionnelle ont été recensés, et une "banque" comprenant plus de 450 centenaires et 120 fratries de nonagénaires a été constituée. A partir d'échantillons de sang, leur ADN a été passé au peigne fin.

Chronos a aussi pour projet d'identifier les gènes impliqués dans les principales maladies de la vieillesse. Les premiers gènes étudiés sont ceux liés aux pathologies cardio-vasculaires, première cause de mortalité en France. Parmi ceux qu'on a retrouvés chez les sujets de l'étude figure le gène ACE, impliqué dans le contrôle de la pression artérielle (il existe sous deux formes, ACE/I et ACE/D). Or, ce gène est connu pour être un facteur de risque de l'infarctus du myocarde. Il semble donc paradoxal, à première vue, qu'il puisse aussi être un facteur de longévité...

On a également retrouvé le gène APOE, responsable de la régulation du cholestérol, et qui existe sous trois formes (APOE/2, APOE/3 et APOE/4) fonctionnellement différentes. Les chercheurs ont montré que ces trois variants APOE favorisaient la longévité.

Autre découverte des chercheurs du projet Chronos : le déclin et la disparition, au cours du vieillissement, d'une protéine impliquée dans les transmissions intercellulaires, l'antigène CD28, qui s'exprime à la surface des lymphocytes T. En l'absence de CD28, les lymphocytes T deviennent sénescents et cessent de proliférer.

Pour mettre en évidence ce mécanisme, des lymphocytes T de centenaires ont été mis en culture. On a constaté que l'activité respiratoire de leurs mitochondries déclinait avec l'âge ; une baisse d'activité qui se répercute sur toutes les fonctions cellulaires. Au cours du vieillissement, l'expression des gènes devient elle aussi moins performante. Enfin, le génome des lymphocytes T subit des réarrangements et des mutations au fil des divisions successives.

Mais la lutte contre le vieillissement emprunte également d'autres voies de recherche. L'une des

dernières en date est la "pilule anti-âge" du Pr Etienne-Emile Baulieu, directeur de recherche à l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM) de Paris. Elle se compose de sulfate de DHEA (déhydroépiandrostérone), une substance normalement sécrétée par les glandes surrénales. Elle apparaît dans le sang vers l'âge de 7 ans, croît ensuite jusqu'à 25 ans, puis diminue régulièrement pour atteindre chez les septuagénaires des valeurs égales à 10 % de celles observées à 25 ans. De ce fait, le sulfate de DHEA est un bon marqueur du vieillissement. Cependant, son rôle biologique reste mystérieux, et on ne sait pas si sa présence est la cause ou... la conséquence de l'âge. Réponse dans quatre ans, quand on sera

en possession des conclusions de l'étude pilote qui va bientôt être menée sur 600 personnes de plus de 65 ans, et qui a pour but de déterminer s'il y a, oui ou non, un lien entre l'évolution du taux sanguin de sulfate de DHEA et l'état de santé général et mental des patients. A suivre...

D'autres recherches se poursuivent sur les radicaux libres, redoutables poisons pour la cellule. Certaines de ces recherches se basent sur l'étude des gènes impliqués dans la synthèse des enzymes qui les neutralisent naturellement dans l'organisme. Une autre stratégie consiste à les piéger avec des substances apportées par une alimentation appro-

priée : vitamine E (légumes verts, viandes grasses), vitamine A (œufs, beurre, huile de foie de morue), méthionine (acide aminé des œufs et du lait) et sélénium (légumes et céréales) (4).

Enfin, n'oublions pas les recettes de "bonne femme" – potions magiques et remèdes miracles –, dont l'influence dans les esprits n'a d'égal que le manque de justification scientifique et l'inefficacité... Certaines de ces pratiques, comme la cellulothérapie (5), sont même dangereuses. La science, pour sa part, va sans aucun doute intensifier sa lutte contre le vieillissement : c'est déjà l'un des enjeux majeurs de la recherche médicale. Et l'un des plus grands espoirs... ■

(2) Cellules qui, en culture, se reproduisent indéfiniment.

(3) Vous avez dans votre famille des centenaires ou des fratries (au moins deux frères et sœurs) de plus de 95 ans pour les femmes et 90 ans pour les hommes ? Téléphonez au 05 04 57 75 (appel gratuit) et contribuez à Chronos.

(4) Lire à ce sujet le *Secret des peuples sans cancer*, Jean-Pierre Willem, éditions du Dauphin.

(5) Voir *Science & Vie* n° 772, p. 77.



A et J Six

### Drosophile Mathusalem

En croisant sur plusieurs générations des mouches dont les parents avaient une longévité supérieure à la moyenne, on a obtenu des individus vivant trois fois plus longtemps que des mouches ordinaires.



**Qu'est-ce que le voyage astral ?**  
Sylvan Muldoon le définit comme une évasion de l'esprit hors du corps, un rêve éveillé parfaitement maîtrisé en quelque sorte.



**L'esprit peut-il s'évader du corps ?**

Les témoignages sont nombreux et les avis partagés... Voici la représentation photographique d'un état « hors du corps » par le photographe new-yorkais Duane Michals.



Helena Blavatsky, fervente spécialiste de la religion orientale s'intéressant au voyage astral, elle fonda la société théosophique en 1875



**Jusqu'où peut-on résister entre la vie et la mort ?**

Cet indien est enterré vivant, il teste les limites de son autocontrôle. En état de transe, son besoin en oxygène est considérablement réduit...



**Le romancier Hemingway raconte sa propre vision de l'au-delà :**  
« Je me sens sortir tout entier hors de moi-même, j'eus l'impression de flotter, je me sens retomber... »



**Avons-nous eu des vies antérieures ?**  
Les enfants prodiges bénéficiaient du savoir acquis lors de leurs vies précédentes ? Ainsi pourrait-on expliquer pourquoi Mozart composa sa première mélodie à 4 ans et sa première symphonie à 8 ans.



**Upsturion d'identité, transfert de personnalité ou réincarnation ?**

L'affaire Virginia Tighe bouleversa les États-Unis des années 60...



**Que ressent-on au seuil de la mort ?**

La psychiatre Elisabeth Kubler-Ross, au chevet d'une malade à l'agonie a rassemblé des centaines de témoignages saisissants.

# EXISTE-T-IL UNE VIE APRÈS LA VIE ?

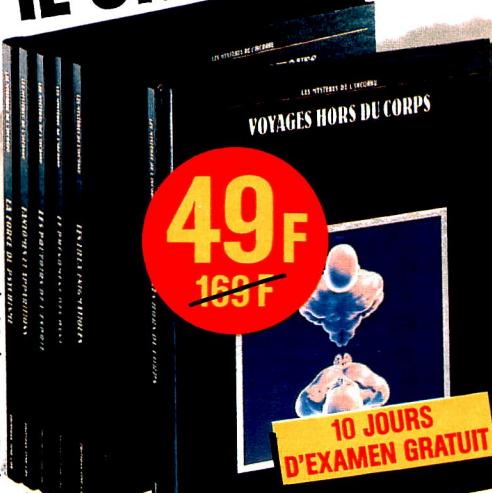
**Osez aborder les questions brûlantes qui défient la science.**

Pénétrez dans le monde fascinant de l'irrationnel, franchissez les limites de votre imagination...

Aux quatre coins du monde, découvrez ce que tout le monde n'ose croire : phénomènes paranormaux, lieux mystérieux, pouvoirs extra-lucides, événements inexpliqués...

Avec **Voyages hors du corps**, premier volume de la collection **LES MYSTÈRES DE L'INCONNU**, la réalité quotidienne prendra pour vous un nouveau sens.

Dans chaque volume de cette collection exclusive, vous découvrirez 160 pages grand format de stupéfiantes révélations, des photos et des témoignages irréfutables sur tous les sujets qui défient la logique et le sens commun.



## VOTRE CADEAU DE BIENVENUE



Photos non contractuelles

**VOTRE 2ème CADEAU**  
pour réponse sous 8 jours:  
UN JEU DE CARTES DIVINATOIRES  
qui vous réserve bien des surprises

## BON D'EXAMEN GRATUIT

A retourner rapidement et sûrement rempli, sous enveloppe non affranchie à :  
TIME-LIFE, Libre Réponse 0675 NORD - 75851 PARIS CEDEX 17

**EDITIONS  
TIME  
LIFE**

OUI, je désire consulter **Voyages hors du corps**, 1<sup>er</sup> volume de la collection **LES MYSTÈRES DE L'INCONNU**. Envoyez-le moi pour un examen gratuit de 10 jours avec mon cadeau de bienvenue : les 10 pierres fines. Si je réponds sous 8 jours, je recevrai, en plus, mon 2<sup>ème</sup> cadeau : le jeu LENORMAND.

Si je décide de garder **Voyages hors du corps**, je réglerai la facture qui accompagne ce volume au prix spécial de 49 F (plus frais d'envoi : 20 F). Vous m'enverez alors les volumes suivants de la collection **LES MYSTÈRES DE L'INCONNU**, à raison d'un toutes les 4 semaines environ, toujours pour un examen gratuit de 10 jours, au prix normal de 169 F (plus frais d'envoi : 20 F). Je ne suis nullement obligé d'acheter un nombre minimum de livres et je suis en droit d'arrêter ma collection à tout moment en vous le faisant savoir par écrit. Si le volume **Voyages hors du corps** ne répond pas exactement à mon attente, je vous le retournerai dans les 10 jours suivant sa réception. Vous cesserez toute autre expédition de cette collection et je ne vous devrai rien.

Inscrivez en majuscules vos nom et adresse Mme  Mlle  M  F

F3WAJ41

NOM \_\_\_\_\_ PRÉNOM \_\_\_\_\_

N<sup>o</sup> \_\_\_\_\_ RUE \_\_\_\_\_

VILLE \_\_\_\_\_

CODE POSTAL \_\_\_\_\_

N<sup>o</sup> DE TÉLÉPHONE \_\_\_\_\_

Signature obligatoire

POUR PROFITER DU PRIX EXCEPTIONNEL DE **49 F**  
SEULEMENT AU LIEU DE **169 F**, RENVOYEZ DÈS  
AUJOURD'HUI VOTRE BON D'EXAMEN GRATUIT !



# FOUILLES

# L'Alexandrie antique retrouvée

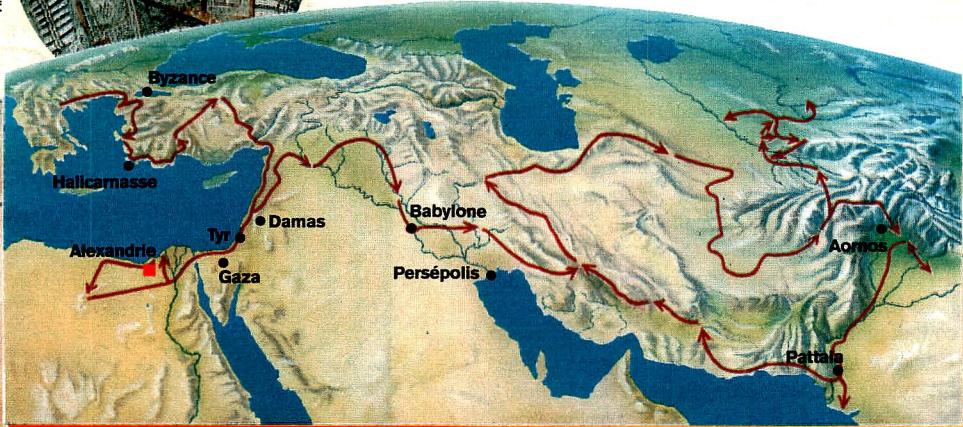
PAR CATHERINE CHAUVEAU

**La récente supercherie du faux tombeau d'Alexandre le Grand a braqué les projecteurs de l'actualité sur Alexandrie. La capitale de l'ancien empire des Ptolémées mérite pourtant mieux qu'un canular. Des fouilles, sérieuses, celles-là, tentent de retracer son passé, marqué par la science grecque à son apogée, trois siècles avant notre ère.**



## La cité des Ptolémées

- 1 Le phare, l'une des sept merveilles du monde. A son sommet brûlait un grand feu, reflété par des miroirs de métal qui en amplifiaient l'éclat.
- 2 Le port royal, où s'élevait notamment un temple d'Isis, protectrice des voyageurs.
- 3 Le quartier des palais : entièrement clos, il abritait les résidences royales, de fabuleux jardins, et le Musée-bibliothèque.
- 4 L'agora, grande place centrale autour de laquelle se trouvaient les principaux bâtiments publics.
- 5 Le Sérapeum, grand temple de Sérapis, dieu typiquement alexandrin "inventé" par Ptolémée I<sup>er</sup>.
- 6 L'île d'Antirrhodos, où Cléopâtre se fit édifier un palais.



## Le périple du conquérant

De 334 à 324 av. J.-C., Alexandre le Grand et ses troupes formèrent cet immense empire, le plus grand de l'Antiquité, s'étendant de la Méditerranée orientale à l'Inde. Il fonda Alexandrie en 332 av. J.-C.



## FOUILLES

Alexandrie ? Un paradis sur Terre, selon les anciens... Ne disait-on pas qu'il y avait à Alexandrie tout ce que l'on pouvait désirer, «les gymnases, les spectacles, les philosophes, l'argent, les garçons, l'enceinte sacrée des dieux, le roi généreux, le Musée, le vin, et les femmes, plus nombreuses que les étoiles dans le ciel et belles comme des déesses» ? Comme son phare, l'une des sept merveilles du monde, la ville brillait de tous ses feux et attirait à elle les curieux, les aventuriers, les commerçants... et les savants venus travailler à la Bibliothèque.

Une cape jetée sur le rivage : c'est ainsi qu'Alexandrie apparaissait aux voyageurs de l'Antiquité venus de toute la Méditerranée contempler ses merveilles ou tenter leur chance. Une cape grecque, bien entendu, puisque la ville fut fondée par Alexandre le Grand de Macédoine, en 332 av. J.-C. Elle fut embellie par Ptolémée I<sup>er</sup> Sôter (le Sauveur), l'un des grands généraux d'Alexandre qui s'empara de l'Egypte à la mort de son souverain, en 323 av. J.-C.

Tournée vers la mer, coupée du reste du pays par le lac Mariout, les lagunes et les marécages du delta du Nil, mais reliée au fleuve par des canaux, la «ville des étrangers» – comme l'appelaient les Egyptiens – occupait une position très marginale. C'était une cité militaire, la marque de l'autorité de l'empereur macédonien sur le

## L'art alexandrin sauvé de l'oubli

Jean-Yves Empereur, du Centre d'études alexandrines, dirige depuis 1992 des fouilles de sauvetage à Alexandrie. La topographie de la ville antique a été mise en évidence, mais aussi l'originalité de la production des artisans, qui surent adapter leurs techniques très élaborées aux formes et aux motifs grecs.



## LE 139<sup>e</sup> FAUX TOMBEAU D'ALEXANDRE

Supercherie, coup médiatique, la récente découverte du prétendu tombeau d'Alexandre le Grand dans l'oasis de Siwa, en Egypte, a choqué les esprits. L'adhésion et l'enthousiasme pré-maturés du conseil supérieur des antiquités égyptiennes ont mis l'accent sur le souci égyptien de créer un nouveau pôle d'attrac-

tion touristique : les actes terroristes ont en effet considérablement fait chuter le nombre de visiteurs dans le pays.

Plus graves que ces pré-occupations économiques sont les motivations clairement nationalistes de la «découvreuse». Son annonce a déclenché une véritable hystérie en Grèce, exacerbée

par la crise qui oppose déjà le pays à la jeune république de Macédoine : en plus du nom, cette dernière a pris pour emblème l'étoile des rois macédoniens, ce que la Grèce lui refuse, suscitant la réprobation des pays européens.

L'héritage du conquérant est autant convoité que le fut sa dépouille... Alexandre mourut de la malaria en 323 av. J.-C., à Babylone. Son corps y resta jusqu'en 321, quand Perdiccas, l'un des généraux d'Alexandre, décida d'organiser un convoi pour le ramener en Macédoine. Ptolémée I<sup>er</sup> s'empara alors du corps et le fit enterrer à Memphis,

capitale pharaonique, afin de légitimer sa prise de pouvoir sur l'Egypte. Une prophétie avait révélé que «le royaume de celui qui posséderait le corps d'Alexandre serait stable et florissant».

Certains auteurs antiques racontent que la «relique» fut ensuite transportée à Alexandrie, en un lieu recherché depuis le IV<sup>e</sup> siècle de notre ère : la récente «découverte» est la cent trente-neuvième répertoriée !

Les obsédés du mythe peuvent repartir en campagne. La commission d'experts envoyée sur le site a en effet conclu qu'il ne s'agissait nullement du fameux tombeau.





Les *Elegantes*, figurines en terre cuite de l'époque ptolémaïque.



La reine Bérénice, sujet de prédilection des artistes alexandrins sous les Ptolémées.

fums, des pierres précieuses et des objets de luxe réputés pour leur perfection et leur originalité. En échange, elle recevait métaux, marbre, laine, épices, vins, chevaux, et les bois indispensables à la construction d'une flotte qui dominait la Méditerranée orientale.

Tout en se conformant à la configuration du site, la ville était de modèle grec : construite selon un plan orthogonal centré sur l'agora, grande place près de laquelle se trouvaient les bâtiments publics, gymnase (institution culturelle et sportive), théâtre, tribunaux et salle du conseil.

Alexandrie se démarquait cependant de ce modèle. Premièrement, par l'établissement, au nord, près de la mer, du quartier clos des palais et du port royal, véritable ville dans la ville. On raconte que cet ensemble fortifié de palais et de jardins somptueux était ouvert au peuple une fois par an, lors des fêtes tumultueuses organisées en l'honneur d'Adonis, dieu du cycle de la végétation.

L'emplacement du sanctuaire principal était la deuxième particularité d'Alexandrie. La tradition grecque aurait voulu qu'il soit proche de l'agora. Or, ce temple dédié au nouveau dieu Sérapis, révélé en songe à Ptolémée I<sup>er</sup>, fut édifié sur une grande colline dominant une ancienne petite ville égyptienne, au sud d'Alexandrie. On ne sait si c'est cette position particulière, ou la vo-

lonté de s'établir sur un site cultuel indigène pré-existant, ou encore tout autre chose, qui a dicté ce choix. On ignore également si le tombeau d'Alexandre se trouvait près de l'agora – position traditionnelle grecque du tombeau du fondateur de la cité – ou bien dans le quartier des palais, les Ptolémées s'étant déclarés héritiers du roi divinisé et protecteurs de sa dépouille.

Hélas ! aucun de nous ne peut plus contempler les vestiges des splendeurs édifiées dans cette ville pendant les périodes ptolémaïque, romaine, chrétienne et arabe. Ceux qui subsistaient à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle ont été sauvagement détruits

par les opérations immobilières. Mais une opportunité exceptionnelle s'offre d'en retrouver les traces : le lancement d'une nouvelle campagne de construction immobilière.

Cependant, si les archéologues n'en profitent pas pour intervenir, il ne restera bientôt plus de moyens de retracer ce qu'a été cette ville au fil des âges, car les nouvelles tours sont construites sur plusieurs niveaux de sous-sols, avec de profondes fondations.

Le projet du gouvernement égyptien, initié en 1988, de construire une grande bibliothèque à l'emplacement supposé de la fameuse bibliothèque d'Alexandrie (voir l'encadré en fin d'article) avait déjà relancé l'espoir de retrouver des vestiges de la ville antique. Le service égyptien

## Les fouilles de la dernière chance

► des antiquités a mis en œuvre ce "sauvetage archéologique", réalisé par le service archéologique égyptien avec la collaboration, depuis 1992, d'équipes françaises du Centre d'études alexandrines, dirigées par Jean-Yves Empereur (CNRS). Les découvertes, comme, par exemple, deux splendides mosaïques du II<sup>e</sup> siècle av. J.-C., témoignent de la beauté, de la richesse et du caractère exceptionnel des monuments qui contribuèrent à la réputation d'Alexandrie. Les premières années, ce sont surtout des traces de la ville romaine et de la ville arabe qui ont été mises au jour, ainsi que des implantations agricoles et des nécropoles de diverses époques.

La plus grande surprise fut de découvrir l'opulence et la vitalité d'Alexandrie au Moyen Age, alors que les historiens avaient établi que la ville périclitait après sa conquête par les Arabes en 640 apr. J.-C. En 1992 et 1993, l'équipe de J.-Y. Empereur a dégagé des milliers de tessons dans les couches médiévales (XI<sup>e</sup> et XIV<sup>e</sup> siècles) des terrains voisins du cinéma Majestic et du Billiardo Palace. Ils attestent des rapports que la ville entretenait avec l'Europe et l'Orient : céladons de Chine, céramiques d'Iran et de Syrie mais aussi de Constantinople, d'Italie, d'Espagne... Les nombreuses productions locales sont de très belle facture. L'habileté légendaire des artisans alexandrins ne s'était donc pas perdue.

On voyait déjà dans ce site l'emplacement du Césaréum, un important sanctuaire bâti par Cléopâtre en l'honneur de l'empereur romain Marc-Antoine, voué au culte impérial et temple des navigateurs. Mais ce qui n'était qu'une supposition est devenu très vraisemblable quand les fouilleurs ont dégagé plusieurs inscriptions, dédicaces aux Césars et appels à la protection des marins, ainsi que les restes imposants d'un mur épais de type hellénistique.

Les fouilles ont aussi permis de déterminer les phases d'occupation et d'abandon de cette zone, au cœur de l'Alexandrie ptolémaïque. Les toutes premières implantations, situées sous la nappe phréatique dont le niveau est actuellement en hausse, n'ont pas pu être mises au jour, faute de moyens adaptés (pompes puissantes). Le plus ancien aménagement découvert est donc ►

## ALEXANDRIE, CAPITALE

► L'argent de l'empereur, le rassemblement des érudits en un même lieu, une bibliothèque sans équivalent : c'est l'union de ces trois éléments qui explique la force de l'esprit alexandrin et sa créativité scientifique. Elle s'appuya aussi sur un intérêt tout nouveau pour la compilation et le commentaire des textes. Ajoutez la conscience de l'importance, pour un scientifique, de connaître l'histoire des sciences, et un penchant prononcé pour les sciences appliquées aux techniques, et vous comprendrez pourquoi les savants alexandrins furent autant des inventeurs de machines que des innovateurs de la pensée, des littéraires que des mathématiciens, des poètes que des médecins – à une époque où le clivage intellectuel actuel n'existant pas.

Les plus célèbres de ces savants sont ceux du III<sup>e</sup> siècle av. J.-C., aux débuts du Musée. A commencer par Euclide, dont le postulat : «Par un point du plan,

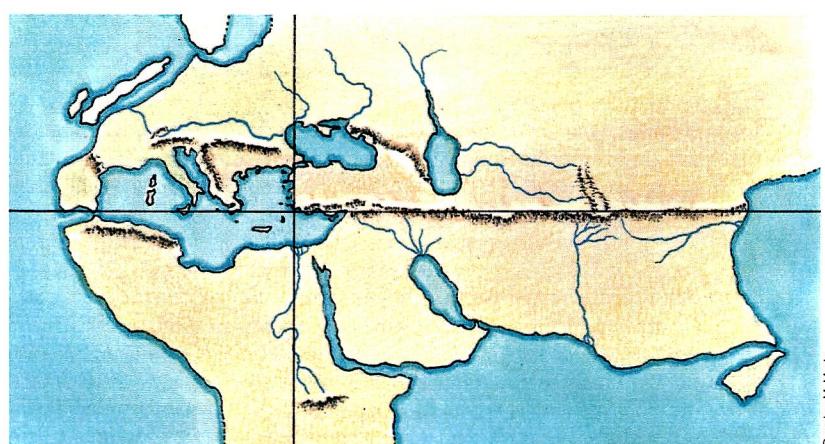
on ne peut mener qu'une parallèle à une droite» sera la base des raisonnements mathématiques jusqu'au XVII<sup>e</sup> siècle !

Euclide utilisa les apports de l'astronomie babylonienne pour déterminer les paramètres des mouvements de la Lune et des planètes. Des mesures très utiles aux navigateurs antiques, qui, ignorant les effets du vent et des courants, la latitude et la longitude, devaient se contenter de faire du cabotage en se repérant grâce aux étoiles. Les calculs des érudits alexandrins, s'approchant des notions de latitude et de longitude, permirent enfin aux marins de naviguer au large.

Quant à Eratosthène, passionné de géométrie et correspondant privilégié d'Archimète (qui, lui aussi, étudia à Alexandrie), il renouvela la cartographie en rassemblant toutes les mesures notifiées dans les textes, sans établir lui-même de relevés. Sa carte du monde, ne tient pas compte de la convergence

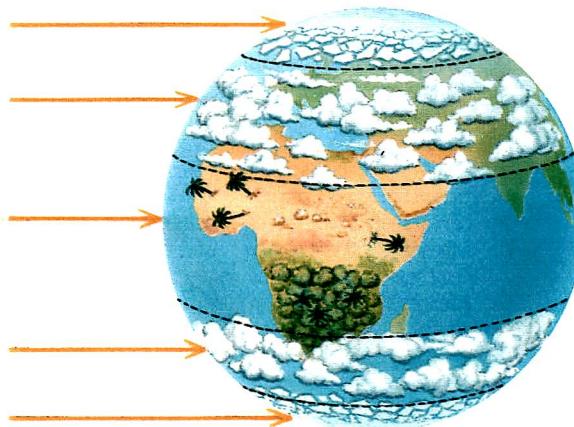
### La carte d'Eratosthène

Les marins des Ptolémées ont exploré de nouvelles côtes, de l'Ecosse à l'océan Indien. Rassemblant ces données, les géographes alexandrins dressèrent les meilleures cartes du monde antique.



Dessin M. Marie

# DE LA SCIENCE ANTIQUE



## Les climats expliqués

L'hypothèse d'une Terre ronde et de rayons du Soleil parallèles : il n'en fallut pas plus à Eratosthène pour expliquer la répartition des climats sur la planète.

des méridiens aux pôles, pourtant connue, et n'établit pas leur équidistance. C'est plus une projection intellectuelle qu'une représentation réaliste.

Eratosthène étonne surtout par la mesure de la circonference terrestre qu'il réalisa en partant de l'hypothèse que les rayons du Soleil, par leur éloignement, frappent la Terre en lignes parallèles. Il constata qu'à Syène, une ville proche d'Alexandrie, le jour du solstice d'été, à midi, le soleil tombe à la verticale au fond d'un puits. Il mesura à la même heure l'ombre d'une obélisque à Alexandrie (dessin ci-contre), puis l'angle qu'elle formait avec les rayons de soleil et enfin, par calcul trigonométrique, la valeur de l'angle, au centre de la sphère terrestre, qui sépare

les deux villes situées sur le méridien. Il établit ainsi une mesure de la circonference terrestre exacte à quelques centaines de kilomètres près !

Les savants alexandrins essayèrent aussi d'ordonner les planètes selon leur distance à la Terre, et de fixer un calendrier d'après les mouvements des étoiles, de la Lune et du Soleil. On leur doit, par exemple, nos jours de la semaine établis selon la séquence Lune, Mars, Mercure, Jupiter, Vénus, Saturne, Soleil. Sur des bases mathématiques, astronomiques et mécaniques, ils créèrent toutes sortes de machines : engins de guerre,

instruments de musique, automates, systèmes de mesure...

A la même période, Hérophile distingue les veines des artères, identifie les ovaires et jette les bases de la terminologie anatomique. Peu après, Erasistrate se pose en précurseur de la physiologie moderne en observant certains fonctionnement du corps.

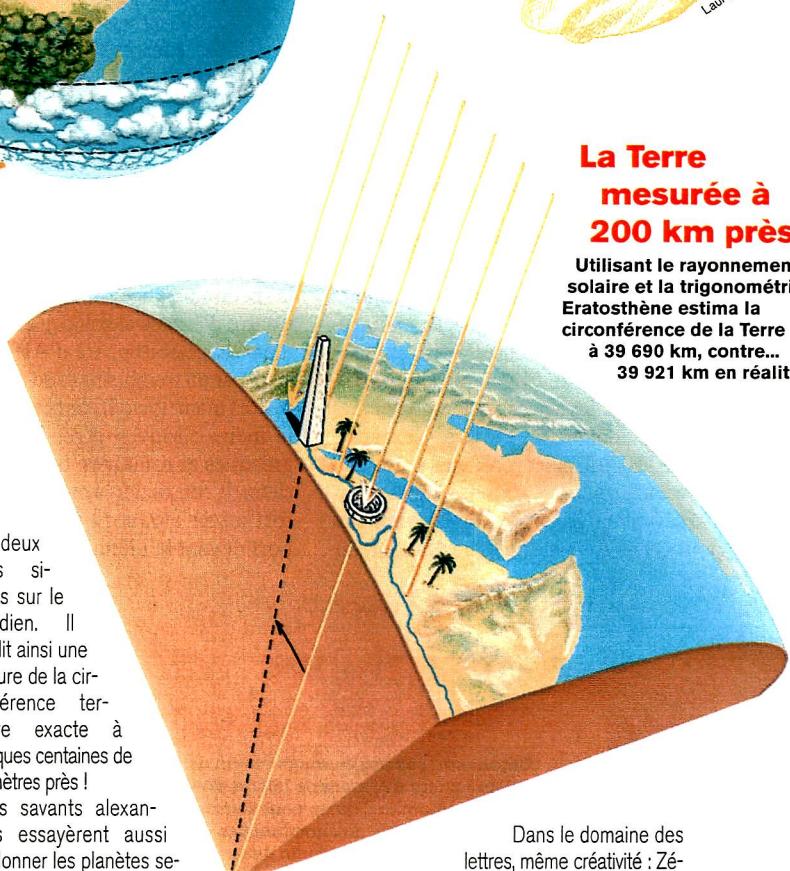
## Eratosthène géographe de génie

Né à Cyrène vers 284 av. J.-C., mort à Alexandrie vers 192, il s'installa à Alexandrie vers 245 pour diriger la bibliothèque... et éduquer le fils de Ptolémée III.



## La Terre mesurée à 200 km près

Utilisant le rayonnement solaire et la trigonométrie, Eratosthène estima la circonference de la Terre à 39 690 km, contre... 39 921 km en réalité !



Dans le domaine des lettres, même créativité : Zénodote, le premier bibliothécaire, est aussi le premier à comparer différentes versions d'un texte, à la recherche de la plus ancienne et des causes de cette évolution. Bref, il invente la philologie... C'est lui (et ses successeurs) qui, triant, choisissant et copiant, nous a légué ce que nous savons de la science et de la littérature antiques !

## FOUILLES

► le Césaréum. Au IV<sup>e</sup> siècle de notre ère, la ville se christianise – non sans mal, comme le laissent penser les nombreuses couches, datées de cette période, marquées par les incendies et les destructions. Le temple est alors transformé en église. Le site semble avoir été ensuite délaissé et avoir tenu lieu de dépotoir pendant la période médiévale. Abandonné pendant l'occupation d'Alexandrie par les Ottomans, il renaît après leur départ, au début du XIX<sup>e</sup> siècle.

La topographie de la ville et son évolution restent néanmoins encore mal connues. Les fouilles permettront de rassembler de nouvelles données et de reconstituer les différents aspects d'Alexandrie, mieux qu'on ne peut le faire actuellement à l'aide de la documentation datant du siècle dernier (gravures, découvertes fortuites, rapports urbanistiques...) ou d'après les descriptions des auteurs antiques – Grecs, Juifs ou Romains. Les grands travaux de la fin du XIX<sup>e</sup> siècle ont remblayé, nivelé et gagné sur la mer, façonnant l'aspect actuel de la ville. Son ancien visage, tout en collines et en terrasses, ressurgit par endroits. Plusieurs fouilles ont permis de retrouver ces aménagements à flanc de pente, mi-creusés mi-construits.

La grande quantité de fragments architecturaux, de statues et d'inscriptions hiéroglyphiques de tradition pharaonique retrouvés à Alexandrie indiquent que les Ptolémées – comme, par la suite, les empereurs romains – ont été impressionnés par l'art égyptien. Ils ont démonté les temples locaux pour orner Alexandrie. Une douzaine de

## LA BIBLIOTHÈQUE

Le gouvernement égyptien, en collaboration avec l'UNESCO, a décidé de faire revivre la célèbre bibliothèque d'Alexandrie. La première pierre a été posée le 26 juin 1988. Pôle culturel, scientifique et éducatif, la Bibliotheca Alexandrina verra le jour à l'horizon 2000. Elle réunira deux musées (histoire des sciences et calligraphie), un

pavillon d'astronomie, une école internationale des sciences de l'information, des salles accueillant expositions, conférences et manifestations artistiques. Et, surtout, une immense bibliothèque informatisée, spécialisée dans les sciences, les techniques, les cultures méditerranéennes, l'environnement et le développement écono-

sphinx, des colonnes papyriformes en granit, une statue colossale (sans doute d'Osiris, dieu égyptien de la mort et de la renaissance) et des fragments d'autres statues ont été retrouvés lors de la reconnaissance sous-marine effectuée par le Centre d'études alexandrines près de l'emplacement du célèbre phare d'Alexandrie, détruit en 1303 par un tremblement de terre et remplacé par un fort mamelouk. Ils ont certainement été jetés à la mer au Moyen Age, avec d'autres statues grecques et romaines, par les Mamelouks soucieux de consolider la base de leur fort ou de bloquer l'entrée du port devant la menace d'inva-



## La septième merveille du monde

Détruit en 1303 par un tremblement de terre, le célèbre phare d'Alexandrie impressionna tellement ses contemporains qu'on peut aisément le reconstituer grâce aux nombreuses descriptions qu'il suscita. A gauche, l'une de ses répliques : le phare hellénistique de Taposiris Magna, à cinquante kilomètres d'Alexandrie. A droite, une maquette récente du phare (réalisée d'après la reconstitution de H. Thiersch).



Sarapis/Alexandria

# RESSUSCITÉE

mique. Plus quatre sections spéciales : restauration et consultation des manuscrits anciens, cartes et plans, musique, audiovisuel et électronique. Des bases de données consacrées à l'histoire des sciences et au développement des cultures méditerranéennes depuis l'Antiquité seront accessibles aux chercheurs du monde entier.

Une maquette de la future Bibliotheca Alexandrina.



UNESCO

sions par la mer. A présent, toujours pour protéger le fort, ces blocs antiques sont recouverts de béton. Leur enlèvement nécessite de puissants et coûteux moyens de levage, et aucune décision n'a été prise pour les préserver, alors que les archéologues espéraient dénicher sous ces blocs les installations du port royal et un sanctuaire d'Isis, déesse protectrice des voyageurs. Mais ils ont quand même pu dresser le relevé de ces éléments monumentaux, afin de les comparer avec ceux retrouvés au cours de fouilles terrestres et de déterminer ainsi leur provenance.

La topographie des côtes pourra être précisée grâce à l'équipe de Frank Goddio, un homme d'affaires amateur d'antiquités, qui travaille avec d'énormes moyens privés et le conseil de spécialistes, archéologues et ingénieurs. Vers le V<sup>e</sup> siècle de notre ère, tremblements de terre et glissements de terrain ont entraîné l'engloutissement de constructions côtières – ports, palais, temples, villas... dont celle de Cléopâtre sur l'île d'Antirrhos.

Ce que l'on ne retrouvera jamais, en revanche, ce sont les textes amassés dans la Bibliothèque. Cinquante mille, cent mille, deux cent mille, sept cent mille ? Les auteurs antiques s'enflamme-  
quand ils essaient de les comptabiliser. La dispara-  
tion de cette collection unique au monde est  
restée mystérieuse. Les Romains, puis les Chré-  
tiens, ont été accusés de l'avoir incendiée volon-  
tairement ou accidentellement. Dans une autre  
version, le calife Omar, à la prise de la ville en  
640, considérant ces textes comme inutiles, au-  
rait ordonné leur destruction : ils servirent de  
combustible aux étuves des bains publics. On dit

qu'il fallut six mois pour en venir à bout !

Autant d'histoires qui soulignent combien la fascination qu'exerçait la bibliothèque d'Alexandrie sur ses contemporains en a fait un véritable mythe – toujours vivace. Elle était bien la plus grande, la plus remarquable, la plus prestigieuse des bibliothèques. A la mort d'Alexandre, les nouveaux rois qui se partagèrent son empire firent collecter et traduire les textes des peuples vaincus afin de maîtriser les esprits comme les corps. Tous entretenaient des artistes et des penseurs chargés de proclamer leur gloire ; mais Ptolémée Sôter avait d'autres ambitions. C'est sa volonté d'établir un savoir

universel qui fit de sa bibliothèque un modèle, puis un mythe. Des émissaires furent envoyés pour acheter ou s'emparer des textes de toutes les civilisations. Le roi

créa dans son palais une institution pour les savants, le Musée ou "collège des Muses". Libérés des soucis matériels, les érudits y étudiaient les écrits du monde connu et se consacraient à leurs recherches. Il ne semble pas qu'il y ait eu une salle réservée à la bibliothèque. Les textes, écrits sur des rouleaux de papyrus, étaient disposés sous les portiques bordant les cours.

Enfin, en sus de cette riche collection, les savants du Musée disposaient d'un observatoire astronomique, d'un parc zoologique, de salles de dissection... et de condamnés à mort pour cobayes ! Cette "politique scientifique" – probablement la première du genre –, liée aux objectifs économiques et politiques de la dynastie des Lagides inaugurée par Ptolémée I<sup>er</sup>, favorisa l'émergence de la "science grecque".

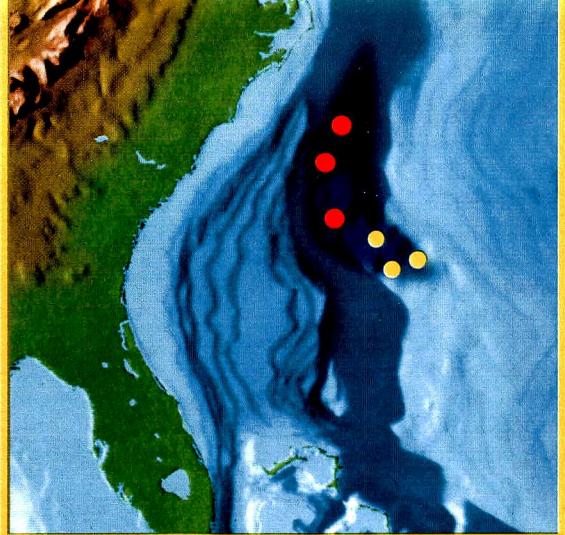
## La volonté d'un savoir universel

# ÉNERGIE

## Un fantastique trésor caché au fond des mers

**Des forages vont explorer un gisement d'hydrates de méthane par 3 000 mètres de fond au large de la côte est des Etats-Unis. Ce mineraï naturel, contenant d'énormes quantités de gaz emprisonnées dans des cristaux, est une source encore inexploitée d'énergie fossile.**





## Des forages par 3 000 m de fond

A bord du *JOIDES Resolution*, les chercheurs vont se rendre au large de la Caroline du Nord pour prélever douze carottes en trois endroits différents (ronds rouges). C'est lors de forages plus anciens (ronds jaunes) qu'on a découvert l'existence en hydrates de méthane de cette zone de 3 000 km<sup>2</sup>. Cette région n'est pas unique, ainsi, au large de l'île de Trinidad, le sous-marin *Nautilus* a photographié ces roches qui retiennent des hydrates de gaz.



Le 26 octobre prochain, le *JOIDES Resolution* quittera Saint John's, Terre-Neuve, pour se rendre au large de la Caroline du Nord. Ce navire de forage océanique est un vieux routier des mers. Depuis 1983 il a foré dans tous les océans pour les scientifiques du programme ODP - Ocean Drilling Program, programme de forage océanique (1). Mais là, il va effectuer une première. Une série de douze forages consacrés à l'exploration d'un éventuel trésor énergétique - c'est le leg 164 du programme. Sous sa quille, par 2 000 à 3 000 m, se trouve une vaste zone de 3 000 km<sup>2</sup>, site d'un étrange minéral dans lequel sont piégées d'énormes quantités de gaz, du méthane surtout. Des études sismiques et des forages réalisés au débuts des années soixante-dix font penser qu'il y a là un gisement d'une cen-



## ÉNERGIE

► taine de mètres d'épaisseur qui contiendrait à lui seul treize mille milliards de mètres cubes de méthane, soit environ 70 fois la consommation annuelle de gaz naturel des Etats-Unis.

« Attention, ce n'est pas un gisement de gaz », nous dit Charles Paull, géologue à l'université de Caroline du Nord, à Chapel Hill, et un des responsables de l'expédition ODP. « C'est du clathrate de méthane, un minerai très particulier, que fort peu de géologues ont eu l'occasion d'examiner. » Pour la bonne raison que, ramené à l'air libre, ce minerai se délite, libérant 150 fois son volume de gaz... et une flaque d'eau. Mais, si on n'attend pas trop longtemps, une allumette suffit pour l'enflammer. Il brûle alors d'une flamme orangée, très chaude, et disparaît sans laisser de traces visibles.

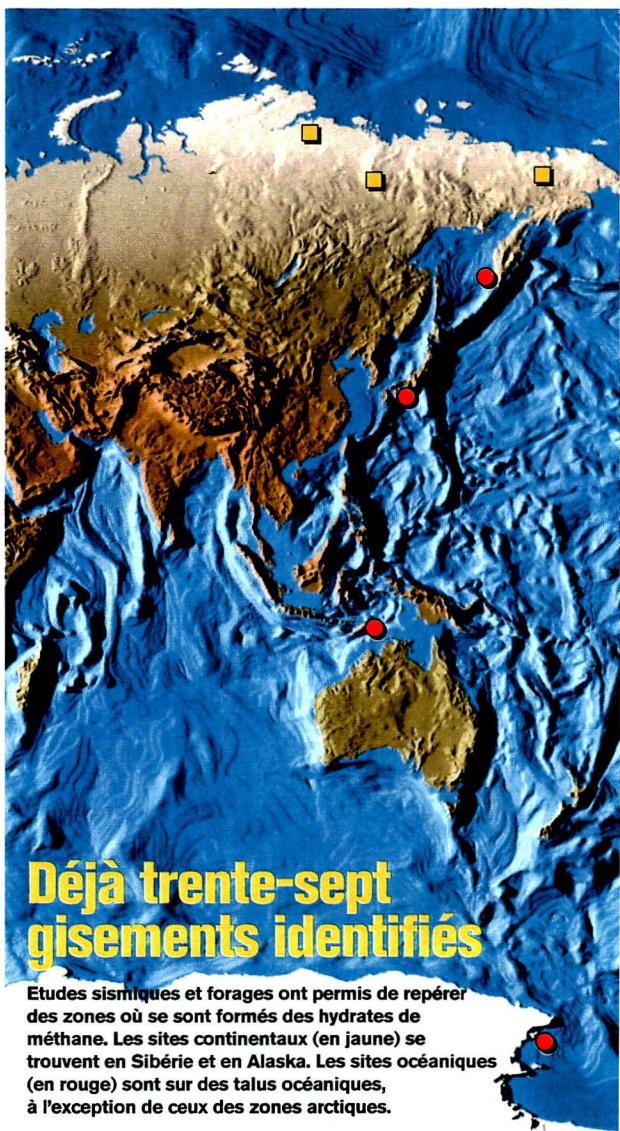
Un clathrate est l'association cristalline de deux espèces chimiques dans laquelle les molécules de l'une des espèces se logent dans les lacunes du réseau cristallin formé par les molécules de l'autre. Ici, des cristaux de glace ( $H_2O$ ) enferment des molécules de méthane ( $CH_4$ ). Ces hydrates contiennent surtout du méthane, mais aussi d'autres gaz énergétiques comme l'éthane, le propane et le butane. Leur formation requiert une température proche de zéro à pression atmosphérique et une concentration de seulement 0,4 cm<sup>3</sup> de gaz par cm<sup>3</sup> d'eau. L'hydrate précipite alors dans les pores du sédiment. Mais, à quelques degrés au-dessus de zéro, il peut se former si la pression est suffisante.

Ces clathrates se forment donc dans deux environnements privilégiés. D'une part, les régions froides – continents et sous la mer. Et d'autre

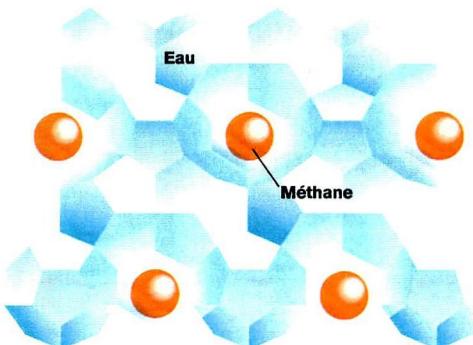
(1) Ce programme regroupe 20 pays. Plus de 900 chercheurs ont participé aux croisières et 1 500 scientifiques ont analysé les échantillons. Le programme pour 1994 et 1995 se déroule en Atlantique.

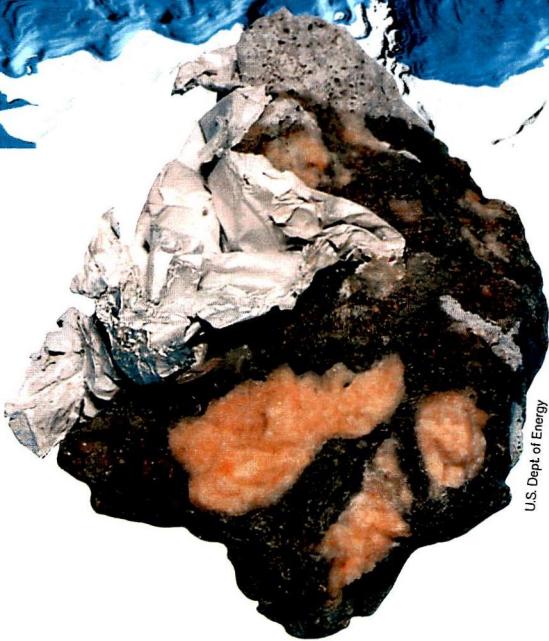
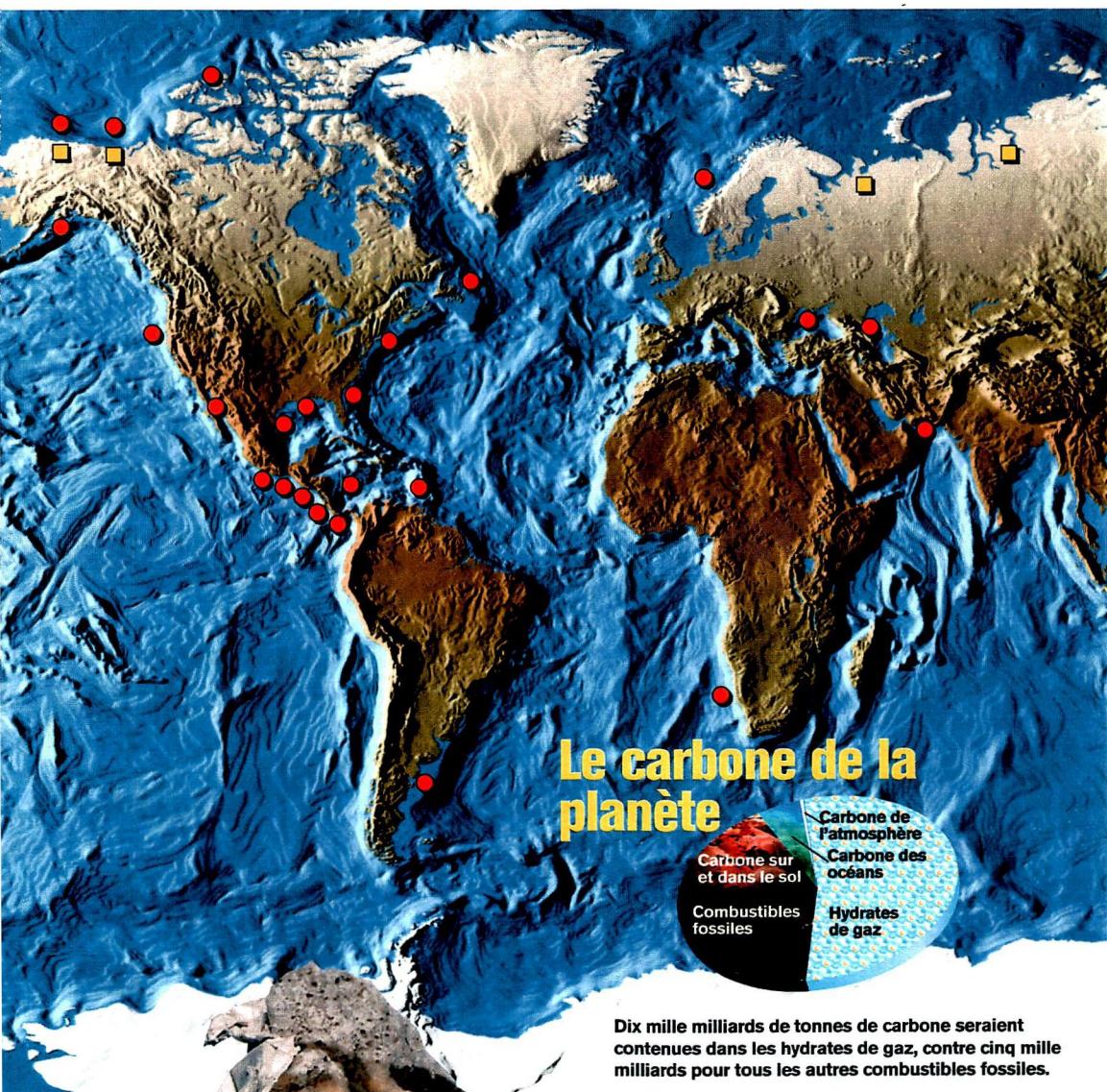
## Le cristal et la flamme

Les hydrates de méthane se forment par cristallisation de molécules d'eau et de méthane lorsque température et pression le permettent. Mêlés à des sédiments argileux ou sableux, ils forment des nodules (photo centrale). On les rencontre au fond des mers ou dans les zones dont le sol est perpétuellement gelé dans les zones arctiques. Par décompression ou par échauffement, cet étrange minerai dégaze le méthane qui peut alors s'enflammer (photo de droite).



Etudes sismiques et forages ont permis de repérer des zones où se sont formés des hydrates de méthane. Les sites continentaux (en jaune) se trouvent en Sibérie et en Alaska. Les sites océaniques (en rouge) sont sur des talus océaniques, à l'exception de ceux des zones arctiques.





U.S. Dept. of Energy



U.S. Dept. of Energy



## ÉNERGIE

- part dans les fonds marins où la pression dépasse les 200 bars pour une température inférieure à 2 °C, paramètres qui règnent à partir de quelques centaines de mètres de fond.

En théorie, il devrait donc y avoir des hydrates de méthane partout où les conditions de leur formation sont réunies. Selon Keith A. Kvenvolden, géologue à l'US Geological Survey, on a identifié des gisements d'hydrates de gaz sur la terre ferme au nord de l'Alaska et de la Sibérie, en Russie dans la province d'Arkhangelsk au nord de Moscou; dans les fonds marins au large des Etats-Unis, du Japon, du Pérou, du Costa Rica, du Guatemala, et du Mexique; sous la mer Noire, la mer Caspienne et la mer d'Okhotsk.

L'estimation des volumes d'hydrates de méthane qui a donc été faite à partir des échantillons prélevés lors des précédentes campagnes de ODP et d'études sismiques, est encore approximative, mais néanmoins impressionnante : quelque 10 000 milliards de tonnes d'hydrates de gaz. « C'est-à-dire, précise Kvenvolden, que la quantité de carbone organique contenue dans les gisements d'hydrates de gaz est deux fois plus importante que celle contenue dans la totalité des réserves de carburant fossile – pétrole, charbon et gaz naturel ». Et il ajoute, pour illustrer : « C'est comme si la surface de la Terre toute entière était recouverte d'une couche de méthane épaisse de 40 mètres ». A première vue, un pactole énergétique.

Les questions restent nombreuses. « Nous ne connaissons pas vraiment l'étendue réelle des hydrates, leur épaisseur, le pourcentage qu'ils représentent dans le sédiment avec lequel ils sont associés (les estimations vont de 10 à 40 %) », explique Jacques Boulègue, du laboratoire de géochimie et métallogénie de l'université Pierre et Marie Curie à Paris. L'échantillonnage connu est très réduit. D'où l'importance de ce leg 164. Les douze trous de 50 à 750 m seront forés par une profondeur d'environ 3 000 m pour remonter des « carottes », celles-ci seront comprimées mécaniquement *in situ* dans des conteneurs, de manière à éviter la décompression et la dissociation des hydrates.

Leur étude devrait permettre aux chercheurs de répondre à sept questions clés. Quelle est la quantité de gaz piégée dans une zone étendue ? Ce gaz est-il uniformément distribué ? Comment

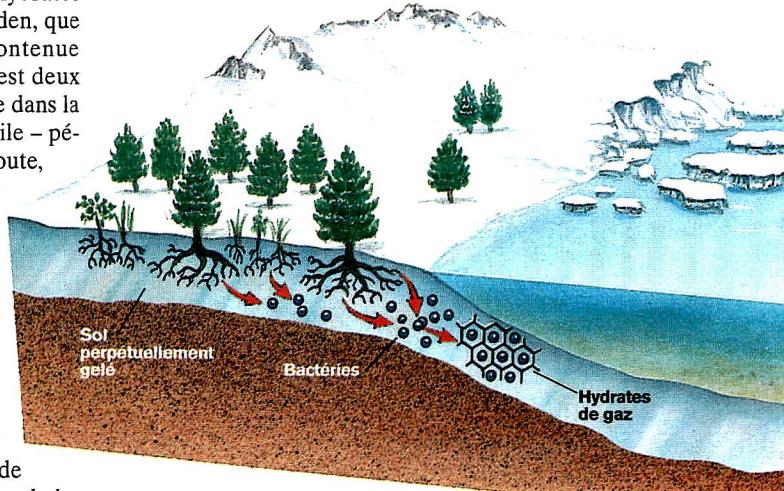
## À L'ORIGINE DU MÉTHANE,

- Le méthane piégé dans les hydrates provient de deux sources. La première est liée au cycle de la vie. En mer, le phyto- et le zooplancton plongent vers les fonds en fin de vie. Sur les continents, plantes et micro-organismes se décomposent dans le sol. Les agents principaux de cette décom-

position sont les bactéries. Parmi ces dernières, on trouve, dans les deux cents premiers mètres du sol et des sédiments marins, les organismes unicellulaires les plus primitifs que l'on connaisse, qui ont dominé la Terre pendant quelque deux milliards d'années : les bactéries méthanogènes.

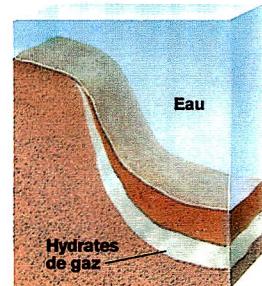
## La formation des hydrates...

**Les hydrates de méthane se forment par fermentation bactérienne. Dans les zones arctiques, les hydrates sont stabilisés dans le sous-sol gelé en permanence. Dans les grands fonds océaniques (ci-contre), la pression élevée compense une température supérieure à 0 °C.**



## Le dégazage lors d'une glaciation...

**Les hydrates de méthane peuvent se dissocier lors de changements climatiques. La baisse du niveau des mers entraîne une diminution de la pression et une libération du méthane.**



# DES BACTÉRIES DE DEUX MILLIARDS D'ANNÉES

Par fermentation, elle transforme cette matière organique selon la formule :  $4\text{H}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CH}_4$  (le méthane) +  $2\text{H}_2\text{O}$ . Cette réaction ne peut se produire en présence d'oxygène libre, car il capture l'hydrogène pour former de l'eau. Ces organismes primitifs sont donc anaérobies, ils ne peu-

vent survivre à l'air. Ils n'existent aujourd'hui que dans le sol, les marécages, les fonds lacustres et marins. Ce sont eux qui, en dégagent du méthane, alimentent les feux follets...

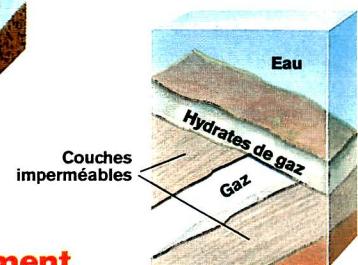
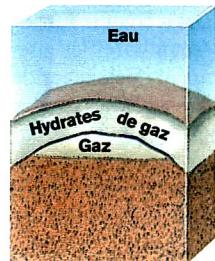
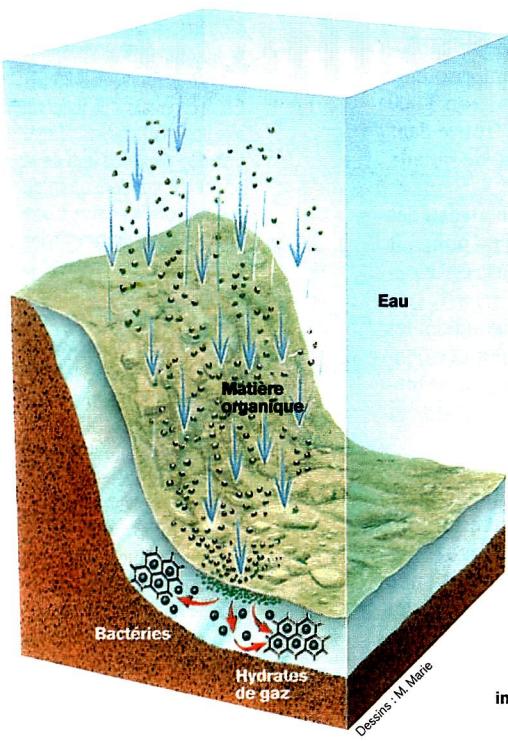
La deuxième source de méthane provient des profondeurs de la Terre. Entre deux cents mètres et trois

ou quatre kilomètres, ce qui reste de matière organique subit une évolution chimique. C'est là que se forme le kérogène, nom générique pour toutes les formes d'hydrocarbures, dont le pétrole. Puis en dessous de cette limite, lorsque la température atteint  $120^\circ\text{C}$ , ces hydrocarbures sont à leur tour dé-

gradés – "cassés" – par la chaleur et se transforment en méthane. Ce dernier, léger, peut alors diffuser vers le haut dans les sédiments poreux et venir alimenter des poches de gaz, se retrouver piégé dans des hydrates, ou dégazer vers l'atmosphère selon les conditions géologiques.

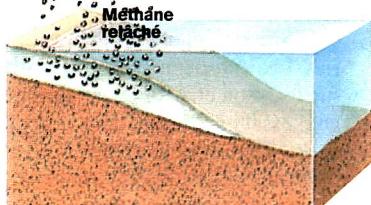
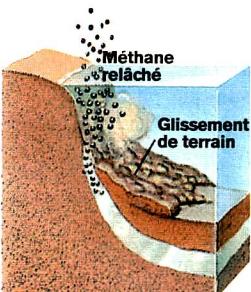
## ... et le piège qu'ils tendent

Les hydrates de méthane sont imperméables. En couches, ils peuvent donc piéger le gaz qui remonte du sous-sol.



## ... et lors d'un réchauffement

Les mers montent et réchauffent le sol gelé, libérant le gaz des hydrates.





## ÉNERGIE

► les hydrates se forment-ils dans le sédiment ? Quelles sont les propriétés physiques du talus continental liées aux processus de formation et de décomposition des hydrates ? Le gaz piégé est-il produit localement ou provient-il d'ailleurs ? Comment évolue la porosité ou l'imperméabilité de la structure ? Les hydrates modifient-ils la circulation des fluides dans le sédiment ?

L'approche et le type d'interrogations de cette campagne sont donc plus scientifiques que tournés vers une éventuelle exploitation. Les hydrates de méthanes peuvent en effet jouer un grand rôle dans les changements climatiques. La libération dans l'atmosphère de grandes quantité de méthane pourrait rapidement augmenter l'effet de serre qui contribue au réchauffement de la planète. Le méthane produit un effet de serre 60 fois plus puissant que le gaz carbonique. Or, la quantité de méthane emprisonnée dans les gisements d'hydrates est environ 3 000 fois plus importante que celle qui se trouve dans l'atmosphère. Il est donc crucial de mieux connaître le cycle de ce méthane.

Selon les géologues, une baisse du niveau des mers – comme lors d'une glaciation – pourrait déséquilibrer les gisements des talus continentaux et déclencher des libérations massives de méthane. Mais les climatologues qui étudient les carottes prélevées en Antarctique et au Groenland trouvent, à l'inverse, que la quantité de méthane dans l'air baisse lors des glaciations et augmente lors des périodes chaudes...

« D'ailleurs, remarque Jacques Boulègue, si ce site était intéressant au plan énergétique, ODP le laisserait aux pétroliers. La grande profondeur du gisement le met, pour de longues années à l'abri d'une exploitation. » C'est là une sorte d'accord tacite entre les chercheurs et les ingénieurs des sociétés pétrolières. Les premiers évitent à dessein les zones les plus intéressantes économiquement. En échange, les seconds leur livrent gratuitement des données sismiques sur des zones qui ne peuvent plus être utilisées par leurs concurrents.

Si les pétroliers décident d'exploiter les hydrates de gaz, ils se tourneront d'abord vers les zones continentales froides, notamment l'Alaska et la Sibérie, où des gisements ont été répertoriés. Les compagnies sont très discrètes sur le sujet. Exxon et ARCO ont ainsi réalisé un forage d'essai en Alaska, dans la région de la baie de Prudhoe et de la rivière Kuparuk. Selon Timothy Collet, de l'US Geological Survey, ces forages ont montré qu'une remontée de gaz d'une

Une chute de "neige" convergant vers un point. Une neige faite d'hydrates de gaz. Et un point qui grossit jusqu'à former une comète, et même une planète. C'est un scénario qui, selon le chercheur russe Youri Makogon, s'est déroulé lors de la formation du système solaire.

Avec des températures inférieures à  $-200^{\circ}\text{C}$  et de très basses pressions, les conditions étaient réunies pour que les gaz autres que l'hydrogène, l'hélium et le néon se trouvent à l'état d'hydrates (de gaz carbonique surtout). Ceux-ci ont alors pu jouer un rôle important dans la formation des planètes lors de la phase de condensation du nuage protoplanétaire. Comme une sorte de ciment, les hydrates ont pu favoriser la constitution des premiers amas de matière qui se sont mis ensuite à chuter vers le centre de gravité de la future planète. Une fois cette dernière formée, l'élévation de la température a dissocié les hydrates, libérant des gaz pour l'atmosphère primitive.

Un bon moyen de tester cette hypothèse fut, en 1986, le survol de la comète de Halley par les sondes russes Véga et par la sonde européenne Giotto. Et si les



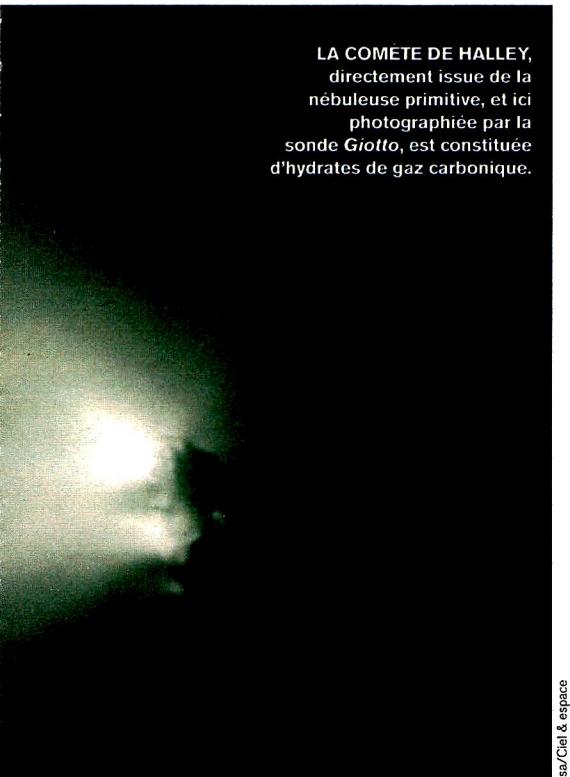
astrophysiciens ont l'habitude de parler de "grosse boule de neige sale", les analyses des sondes ont confirmé que l'on pourrait tout aussi bien dire : boule d'hydrates de gaz. L'essentiel de la masse de la comète est en effet un bloc

centaine de mètres cubes par jour s'effectuait à partir d'hydrates de méthane. Quant aux travaux effectués sur le sujet par des laboratoires publics sous contrat, les résultats ne sont pas publiés. On sait, par exemple, que l'Américain Jim Brooks a travaillé pour Exxon sur cette question, mais on n'en sait pas plus.

Y a-t-il là une ressource énergétique de grande ampleur ? En théorie, assurément. Le mois dernier, une douzaine de scientifiques américains de haut niveau se sont réunis à Atlanta, en Géorgie,

# COMÈTES !

LA COMÈTE DE HALLEY,  
directement issue de la  
nébuleuse primitive, et ici  
photographiée par la  
sonde Giotto, est constituée  
d'hydrates de gaz carbonique.



Esa/Ciel & espace

d'hydrate de dioxyde de carbone. Lorsque le rayonnement solaire, du fait de la course de la comète, se fait plus intense, les hydrates se décomposent, libèrent violemment leur gaz et déclenchent de véritables geysers à la surface. Ces rejets, au

rhythme d'un million de mètres cubes par jour lors du passage au plus près du Soleil, donnent une espérance de vie d'environ 20 millions d'années pour la comète de Halley... nous avons le temps d'aller l'observer lors de ses futurs passages.

pour évaluer le potentiel de cette source d'énergie, les techniques de son exploitation, et les risques que celle-ci pourrait entraîner. Le Japon, qui importe la quasi-totalité de ses combustibles fossiles, est entré dans la course, avec un plan de cinq ans de recherche et développement intensifs soutenu par le gouvernement et l'industrie.

Mais cette ressource se transformera-t-elle en "réserve" – une ressource exploitables, selon le vocabulaire des pétroliers – ? Il y faudra deux conditions. D'abord résoudre de délicats pro-

blèmes technologiques. Pour extraire les hydrates, deux solutions théoriques existent. La première, pour les gisements continentaux uniquement, est tout simplement d'opérer comme dans une mine à ciel ouvert et de récupérer le méthane libéré par la décompression ou le réchauffement... sans le laisser s'échapper dans l'atmosphère.

La seconde consiste à injecter de la chaleur ou à abaisser la pression par pompage d'une poche de gaz incluse dans le gisement d'hydrates. Comme cela s'est passé au site de Messoïakha dans la fosse de l'Iénisseï-Khanti, en Sibérie occidentale. Exploité depuis 1969, ce site associe un gisement de gaz libre et, au-dessus de lui, un gisement d'hydrates de méthane de 84 mètres d'épaisseur avec une température de 8 à 12 °C et une pression de 7,8 millions de pascals. Ce type d'association ne devrait pas être rare, car une couche d'hydrates de gaz peut piéger, au-dessous d'elle, une poche de gaz ou de pétrole. A Messoïakha, après plusieurs années d'exploitation, la décompression provoquée par le pompage a produit une décomposition d'une partie des hydrates, libérant le méthane qui a migré jusqu'à la poche et aux puits d'extraction. Ce phénomène a augmenté la production de ces gisements de 5 milliards de m<sup>3</sup>, soit un "bonus" de 36 % en plus des réserves répertoriées sous forme gazeuse. C'est là, peut-être, le premier exemple d'un procédé envisageable à long terme : d'abord vider la poche de gaz ou de pétrole située sous les hydrates, puis exploiter celle-ci.

La technologie n'est pas le seul paramètre. C'est l'économie qui déterminera la date à laquelle les hydrates seront exploités à grande échelle. « Il est bien moins cher de récupérer le gaz inutilement brûlé dans les torchères des puits de pétrole », souligne Jacques Boulègue. L'exploitation des gisements d'hydrates ne devrait donc pas commencer avant que les gisements de gaz soient en grande partie épuisés.

Depuis le second choc pétrolier, en 1979, sa consommation a considérablement augmenté et, vers 2010, le marché du gaz naturel va rattraper celui du pétrole. Les pays du Golfe notamment investissent dans la construction d'usines de liquéfaction du gaz (*Science & Vie* n° 906, p. 98), et les méthaniers font la navette entre le Golfe et les acheteurs. On sait que les réserves de gaz naturel, jusqu'à présent sous-utilisées, pourront répondre aux besoins mondiaux pendant encore plusieurs dizaines d'années. Reste une conclusion plutôt optimiste : les hydrates de méthane éloignent encore pour longtemps le spectre de la pénurie d'énergie.

**Du vol plané au surplace, de l'attaque en piqué au "transport de marchandises", les insectes ailés exécutent toutes les variations sur le thème du vol. Le comble : initialement, les ailes n'auraient pas servi à voler, mais à... ramer ! L'évolution du vol en dix épisodes.**

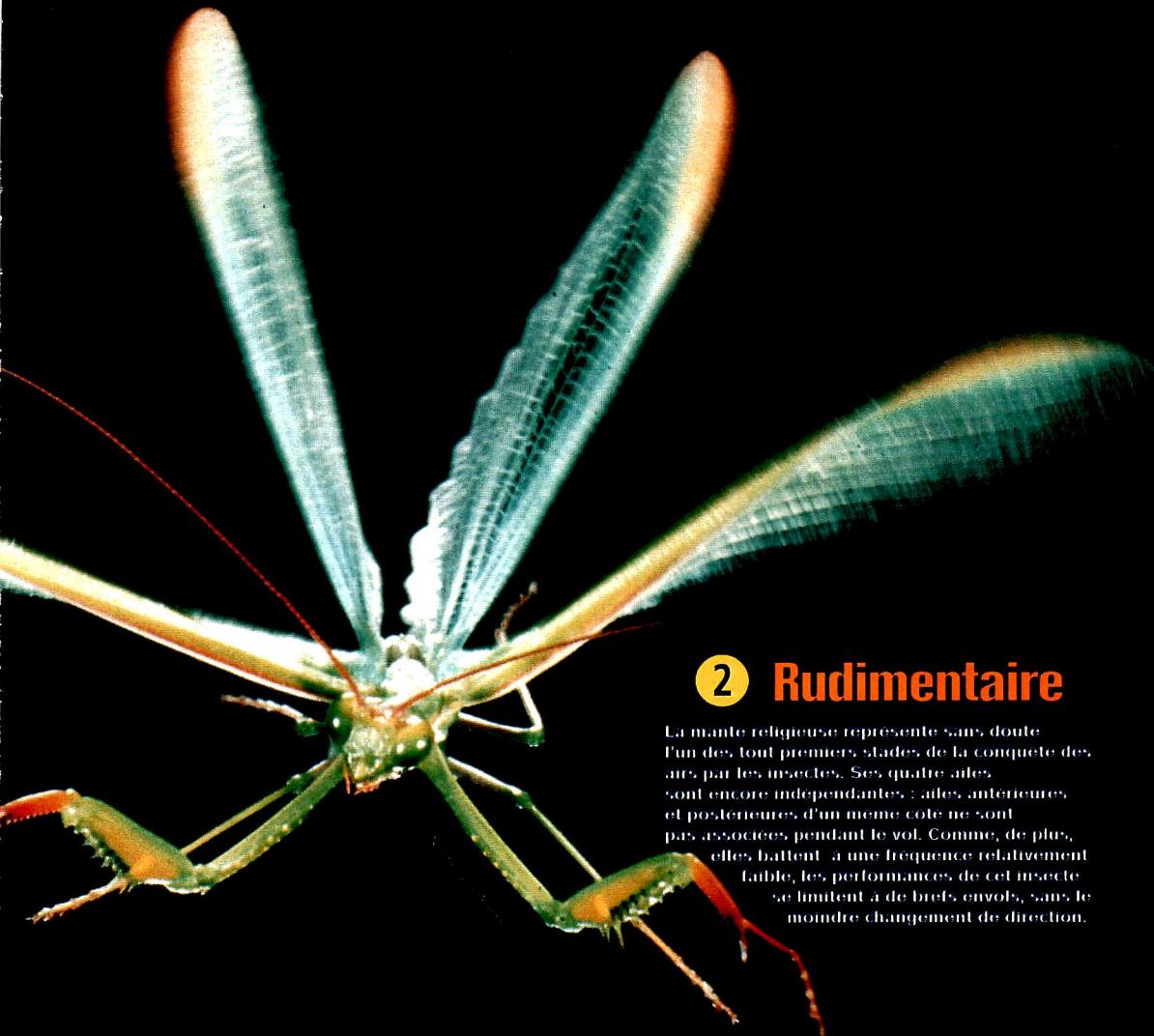
PAR THIERRY PILORGE

## Premiers battements d'ailes



### 1 Le chaînon manquant

Si l'on en croit la dernière théorie en date, émise par des chercheurs américains (1), ce serait en "brossant" la surface de l'eau avec leurs ailes, comme le fait ce plecoptère, que les premiers insectes ailés se seraient déplacés. L'évolution aurait peu à peu sélectionné des ailes de plus en plus grandes et des muscles alaires de plus en plus puissants. Et, un beau jour, un insecte se serait envolé...



## 2 Rudimentaire

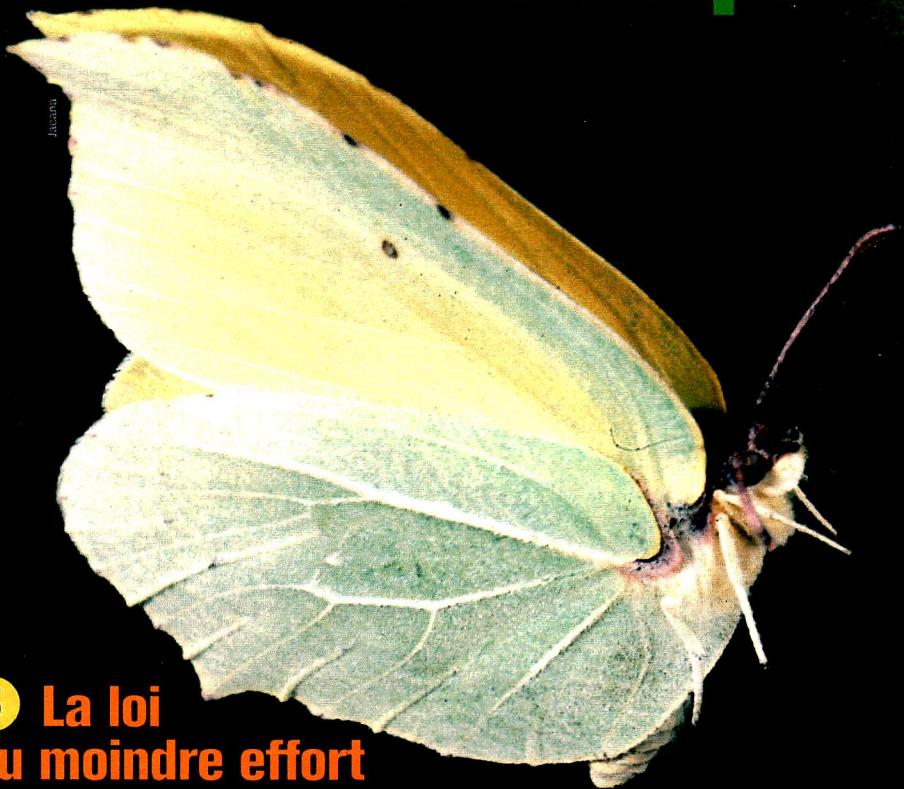
La mante religieuse représente sans doute l'un des tout premiers stades de la conquête des airs par les insectes. Ses quatre ailes sont encore indépendantes : ailes antérieures et postérieures d'un même côté ne sont pas associées pendant le vol. Comme, de plus, elles battent à une fréquence relativement faible, les performances de cet insecte se limitent à de brefs envols, sans le moindre changement de direction.

## 3 Élémentaire mais efficace

Les libellules forment un rameau assez ancien dans l'arbre généalogique des insectes. Leur vol est assuré par une mécanique fort simple : quatre ailes indépendantes, de grande taille, qui soutiennent la masse du corps. Ce dispositif permet néanmoins à ce prédateur de brusques changements de direction, des accélérations fortes et une vitesse élevée, pouvant atteindre dix mètres à la seconde.



## L'envol des techniques



### 5 La loi du moindre effort

Chez les papillons dits diurnes, le couplage des ailes, associé à leur très grande surface, permet aux papillons de voler en fournissant le minimum d'efforts musculaires. La faible fréquence des battements d'ailes (rarement plus de cinq par seconde) leur confère un vol ondulé, voire plané chez les plus grandes espèces.

### 4 Vers l'aérodynamisme

Après les premiers décollages, les divers groupes d'insectes ont évolué dans différentes directions selon leur mode de vie. Chez les ascalaphes, des prédateurs aériens, les ailes postérieures et antérieures sont liées par un embryon de système de couplage. Les turbulences entre les deux paires d'ailes sont ainsi limitées, ce qui permet un vol soutenu et rapide.





Nuridsany et Pérennou

## 6 En quête d'équilibre

Contrairement aux insectes au corps allongé, les coléoptères, très compacts, sont intrinsèquement instables. Chez certains, comme les coccinelles, le problème de la stabilité en vol a été résolu par les élytres, ailes antérieures durcies et bombées, qui emprisonnent de l'air au-dessus du centre de gravité. Mais ils doivent souvent se contenter de vols simples et brefs.



A. et J. Six

## 7 Vol assisté par ordinateur

Chez d'autres coléoptères, comme cette cétoine dorée, les élytres restent repliées en vol. Chez eux, l'équilibre est assuré par le système nerveux, informé en permanence par des organes sensoriels de "l'altitude" de l'insecte et des changements de direction. Ces coléoptères "high-tech", dotés d'une fréquence de battements d'ailes élevée, peuvent voler longtemps, à grande vitesse, exécuter des virages très secs ou encore faire du surplace.

## La maîtrise des airs



### 8 L'as du vol stationnaire

A l'instar du colibri chez les oiseaux, ce papillon, un macroglosse, est capable de butiner sans se poser même quand souffle la brise. Grâce à ses ailes courtes, battant à une fréquence très élevée, il se maintient en permanence à la distance nécessaire pour plonger sa trompe, d'une longueur inhabituelle, dans le calice des fleurs.



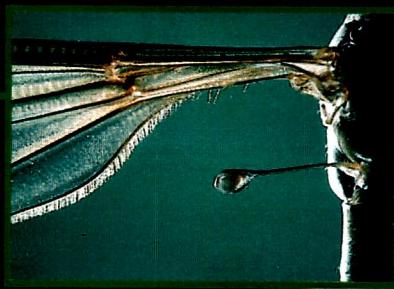
### 9 Transport de marchandises

Les abeilles se doivent d'apporter à la ruche le maximum de nourriture. Cette spécialisation a fait d'elles les poids-lourds du monde des insectes : lentes et peu maniables, elles peuvent emporter de lourdes charges. Elles restent néanmoins capables d'une vitesse ascensionnelle et d'accélérations élevées, grâce à leurs ailes petites, légères et résistantes, qui battent très vite : plus de deux cents battements par seconde.



## 10 Haute voltige

Les diptères (mouches, moustiques et Cie) sont de véritables acrobates aériens. Avec deux petites ailes battant extrêmement vite (mille battements par seconde chez le moucheron), tout leur est possible : surface, loopings, tonneaux, crochets... Ils doivent aussi ces performances à leurs balanciers (ou haltères). Ces vestiges des ailes postérieures originelles, sensibles au moindre changement d'attitude ou d'accélération, permettent à l'insecte d'ajuster en permanence les paramètres de son vol.



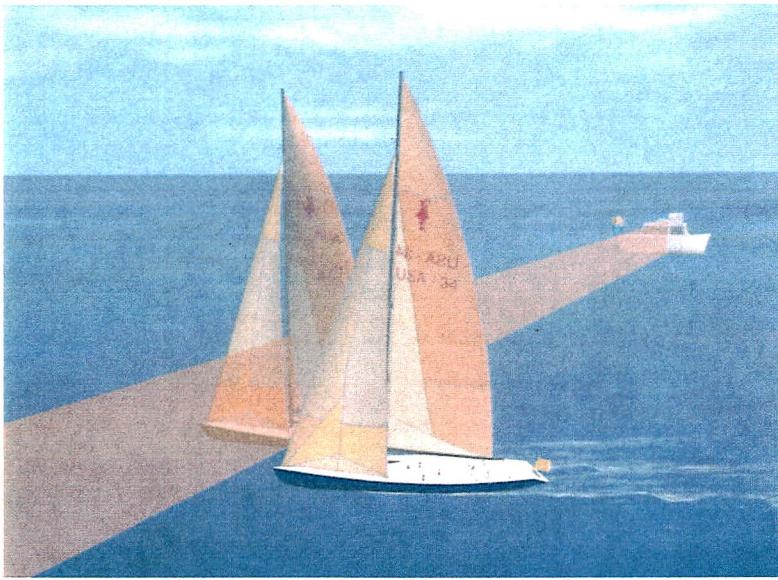
Naudany et Perennou



Sunset

# TECHNOLOGIE

Dirigé par Gérard Morice



Louis Vuitton

La Coupe de l'América comme si vous y étiez : un écran, de "fausses" images de bateaux sur une mer modélisée, et des informations en temps réel sur le déroulement de la régate, fournies par des capteurs embarqués et transmises par radio...

## Nouvelles images

### Navigation dans la réalité virtuelle

Monte-Carlo, les 1<sup>er</sup>, 2 et 3 février dernier, Silicon Graphics et Médialab, filiale de Canal+, présentaient au salon Imagina une première mondiale, les retransmissions en direct et en 3D des régates de la Coupe de l'América. A l'origine du projet, Philippe Gouard, chargé de la recherche à la Fédération française de voile, avait pour objectif de faire évoluer scientifi-

quement le monde de la compétition nautique en faisant appel à l'informatique et à l'électronique embarquées. Il réussit à convaincre Louis Vuitton, chargé de la communication sur l'ensemble des épreuves, ainsi que la firme américaine Silicon Graphics, et le coup d'envoi est donné.

Les bateaux de la course et les bouées sont équipés d'un capteur, qui permet d'établir un positionnement par satellite et de mesurer la vitesse et la direction du vent. Les informations sont transmises par radio et acheminées jusqu'au lieu de production d'images par une ligne téléphonique. Outre le fait de proposer au spectateur des images en temps réel, la nouveauté réside dans les incrustations graphiques représentant des lignes virtuelles de marquage, comme la ligne de départ, la distance entre deux concurrents ou, encore, les zones de priorité. «Le public a envie de

comprendre ce qui se passe dans une course de voiliers» explique Philippe Gouard, qui montre au bas de l'écran géant du stand Louis Vuitton une série de textes et de tableaux : le classement est assuré toutes les deux secondes ainsi que la mesure de la vitesse du vent. Même si on pourrait s'attendre à mieux en ce qui concerne la qualité des images, ce système de contrôle en temps réel a le mérite de rendre visibles les contraintes techniques qui existent sur un plan d'eau.

Après la Coupe, les précurseurs de cette aventure du virtuel visent la retransmission des régates des Jeux olympiques d'Atlanta. Et de multiples applications dans le monde du sport sont envisageables : pourquoi, par exemple, ne pas matérialiser la ligne de hors-jeu pendant les matchs de football par un mur virtuel ? En attendant, espérons que ces images seront adoptées par les diffuseurs. M.-S. G.

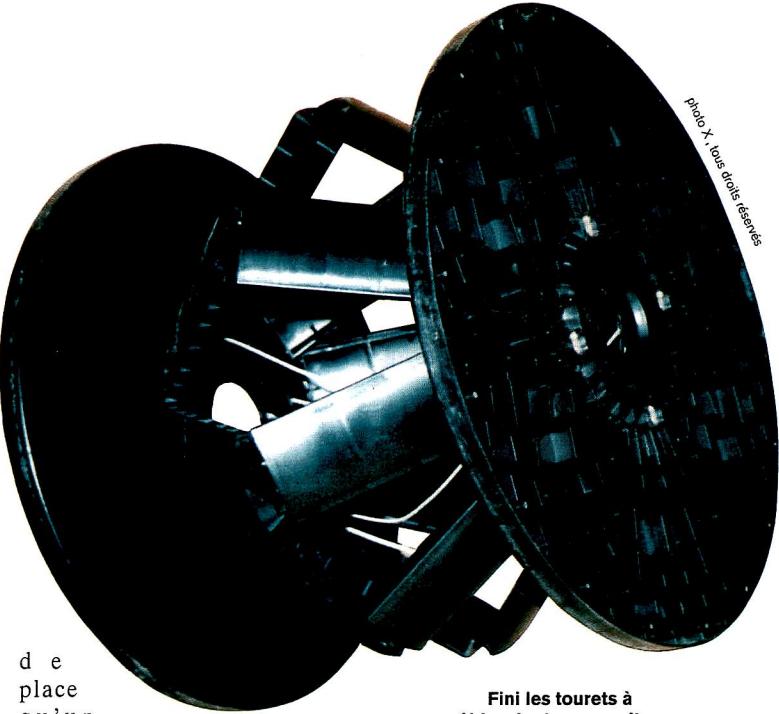
## Nouveau préservatif

● Depuis soixante-dix ans qu'il existe, le préservatif n'a pratiquement pas évolué. Mais sa version latex vit peut-être ses derniers jours. A Cambridge, l'équipe de chercheurs d'un industriel vient en effet de mettre au point un préservatif en polyuréthane. Avantage : il est deux fois plus fin et deux fois plus résistant.

## Le touret se plie et se recycle

**S**'il est un domaine qui semblait peu propice à l'innovation, c'est bien celui des tourets à câbles. Quoi de plus traditionnel que ces encombrantes bobines de bois sur lesquelles sont stockés, enroulés, les câbles électriques les plus variés ? Des bobines volumineuses à usage unique et qui, jusqu'ici, devaient être brûlées sur les chantiers ou qu'il fallait, à ses frais, transporter jusqu'à une décharge.

Seulement, la crise est passée par là : en deux ans les besoins en tourets ont baissé de 45 % et, sur les neuf fabricants français, six seulement ont survécu. L'un d'eux, EMS, une petite entreprise de la région de Clermont-Ferrand, a refusé la fatalité : fabricants de câbles, techniciens, commerciaux et scientifiques, elle a pris l'initiative de réunir différentes compétences au sein d'un "groupe d'analyse de la valeur" pour étudier de nouveaux tourets. Moins de dix-huit mois après la première réunion de ce groupe – et après avoir travaillé sur plusieurs prototypes –, EMS commercialise "Colibri", un touret en polyéthylène constitué d'un tambour et de douves articulées, pliable sans outillage (il occupe alors quatre fois moins



de

place

qu'un

touret en bois et ne pèse que 5 kg) et recyclable, ne serait-ce que pour continuer à fournir le marché allemand. Celui-ci représente 18 % du chiffre d'affaires d'EMS, et les nouvelles directives de recyclage des emballages industriels en Allemagne interdisent l'incinération des tourets.

Les "Colibri" usagés sont récupérés gratuitement auprès des clients. EMS les recycle elle-même, et fabrique de nouveaux tourets aux caractéristiques identiques, remoulés après broyage et retraitement du polyéthylène. Dernier avantage des nouvelles technologies utilisées : EMS a pu diminuer de 5 % les prix de vente de ses "Colibri"...

Et l'entreprise n'en a pas fini avec l'innovation : elle travaille à la mise au point d'un nouveau touret. Il ne sera pas perdu, mais consigné, et aura une durée de vie de cinq à sept ans, au terme desquels il sera avantageusement incinéré, puisque le pouvoir calorifique du polyéthylène utilisé est le même que celui du fuel.

**Fini les tourets à câbles dont on ne sait que faire après les avoir vidés... Le touret d'EMS est pliable, léger et recyclable.**

## L'Australie s'agrandit de 14,8 millions de km<sup>2</sup>

- La Convention de l'Organisation des nations unies (ONU) sur le droit de la mer, au titre de laquelle l'Australie a revendiqué cette surface, vient en effet d'entrer en vigueur. L'Australie a donc déclaré "zone économique exclusive" le territoire marin et sous-marin qui s'étend jusqu'à deux cents miles marins de ses côtes. Seules exceptions où il faut négocier la frontière économique : les endroits où les frontières de l'Australie viennent "buter" contre celles d'un autre pays, comme l'Indonésie, la Nouvelle-Zélande, la Nouvelle-Guinée et les territoires français d'outre-mer.

**36 15**  
**SCV**

MESSAGERIES  
INTERNATIONALES :  
Communiquez avec  
des utilisateurs du monde  
entier, en direct avec  
un réseau  
de sept satellites.

## Alimentation

## De la luzerne dans notre assiette...

Faire de la meringue ou de la mayonnaise avec des protéines de luzerne en guise d'œufs comme agent moussant ou émulsifiant est désormais possible. Les protéines "blanches" des feuilles de luzerne sont en effet capables de prendre 800 % de leur volume, plus que le blanc d'œuf, ou d'émulsifier de 900

fois concurrent pour les protéines fonctionnelles extraites du lait ou de la graine de soja.

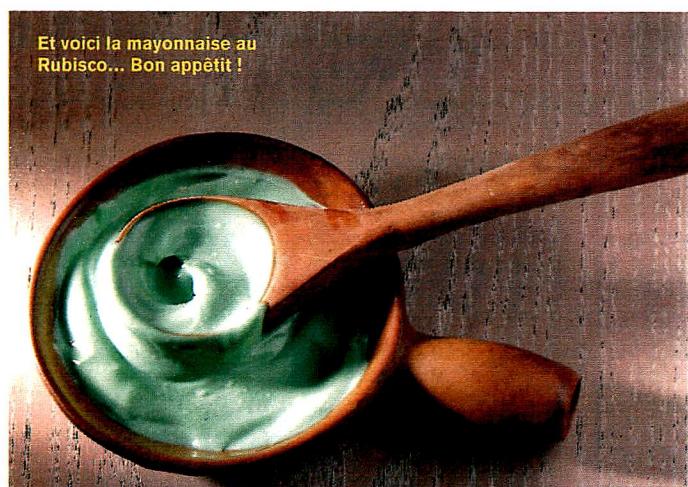
Le nouveau produit contient en majorité la Rubisco (ribulose 1,5-biphosphate carboxylase/oxygénase !), protéine abondante dans les feuilles vertes, qui fixe le gaz carbonique de l'atmosphère (lors de

thophylles, masqués par la chlorophylle), qui colorent les œufs et la chair des poulets.

Aujourd'hui, le projet de France-Luzerne est donc de pousser un peu plus loin le "cracking" de la luzerne, en extrayant d'un côté un concentré protéique du type PX, de l'autre les fractions protéiques solubles de la Rubisco, commercialisables en une poudre de couleur crème, à haute valeur ajoutée. La séparation des protéines "vertes" et "blanches" étant difficile à froid, le nouveau procédé conduit à cuire la luzerne sous vide et à la presser, ce qui donne d'abord un jus vert, dont on extrait les protéines vertes, puis un jus brun dont on extrait les protéines "blanches".

Le rendement de l'extraction est faible (4 kg par tonne de luzerne fraîche), mais le gisement (la luzerne) est abondant et bon marché.

M.-L. M.



Eric Malenanche

à 1 100 ml d'huile par gramme !

La seule difficulté pour l'Union de coopératives France-Luzerne, qui a réussi l'extraction au stade pilote de ces protéines, est d'intéresser des partenaires industriels (agro-alimentaire, cosmétique). Mais, d'ores et déjà, elle est un sé-

la photosynthèse) et son oxygène (lors de la photorespiration). Ces protéines extraites de la feuille de luzerne sont dites "blanches" par opposition au concentré protéique vert que France-Luzerne commercialise déjà depuis plusieurs années sous le nom de PX. Ce concentré est issu de la précipitation thermique (à 85 °C) de toutes les protéines contenues dans le jus de pressage de la luzerne (la matière sèche de la plante récoltée, broyée, pressée est destinée à l'alimentation animale). La couleur verte est due à la chlorophylle, pigment lipidique lié aux protéines des chloroplastes contenus dans les cellules végétales et où s'opère la photosynthèse. Mais le PX est surtout apprécié pour sa richesse en pigments jaunes naturels (xan-

**36 15 SCV**

Calculez les meilleurs itinéraires de vos week-ends et vacances (France, Allemagne, Suisse, Belgique)

### Le bleu de travail se fait câble

- La première combinaison de travail recyclable vient d'être lancée sur le marché. Ultra-léger, ce vêtement futuriste, fabriqué à base de polyéthylène, peut ensuite être transformé en câbles. Pour assurer le recyclage, le fabricant est en train de mettre sur pied un programme de diffusion et de récupération qui s'adresse en premier lieu à l'industrie automobile.

## Un vin encore plus naturel

Les composés polyphénoliques donnent au vin sa couleur, sa "rondeur" et sa "charpente". Extraire davantage de composés polyphénoliques contenus dans les grains de raisin, c'est ce que permet un tout nouveau traitement de la vendange, mis au point par la société Aurore Développement et la distillerie gardoise La Gardonnenque, en partenariat avec l'INRA-IPV (station expérimentale "Pech-rouge" de l'Institut national de la recherche agronomique, qui est la plus importante d'Europe en matière de recherche sur les produits de la vigne).

Les composants polyphénoliques sont situés en grande partie dans la peau du raisin. L'action du nouveau procédé "Flash Dé-tente" consiste à fragiliser cette peau. On augmente ainsi l'extraction des polyphénols pendant la vinification de 20 à 60 % par rapport aux quantités traditionnellement extraites (qui représentent de 30 à 60 % des polyphénols contenus dans les grains), suivant les essais comparatifs menés sous la responsabilité du chercheur de l'INRA Jean-Louis Escudier.

Pour obtenir ce résultat, on chauffe d'abord les raisins par de la vapeur issue du jus d'égouttage. La température atteint 80 °C en deux minutes. La vendange passe ensuite immédiatement dans une chambre de détente sous vide. La température du raisin est abaissée instantanément par vaporisation entre 30 et 40 °C et le vide a pour effet de dilater et donc de fragiliser encore sans trituration la peau des grains.

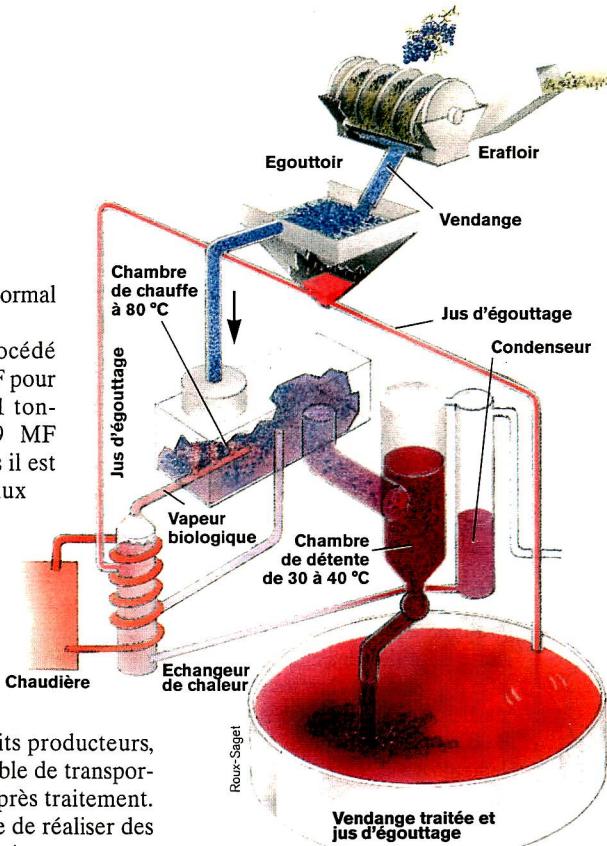
Un échangeur tubulaire complète le refroidissement à 25 °C, opération nécessaire pour la mise en fermentation de la vendange. Pompée vers une cuve ou directement dans une citerne, la vendange retrouve

ensuite le circuit normal de vinification.

Le nouveau procédé est cher (800 000 F pour une capacité de 1 tonne/heure, et 1,9 MF pour 10 t/h), mais il est bien adapté aux caves coopératives. Il permet en outre de pré-traiter les vendanges "à façon" pour de petits producteurs, puisqu'il est possible de transporter la vendange après traitement. C'est une manière de réaliser des cuvées personnalisées.

La procédé connaîtra d'autres applications agro-alimentaires. La "récupération" d'arômes intéressera en effet tous les distillateurs.

C. R.



Pour donner au vin plus de "rondeur", on extrait de la peau des grains davantage de composés polyphénoliques. Pour ce faire, on chauffe les grains à 80 °C et on abaisse ensuite cette température à 30 °C afin d'en fragiliser la peau et d'en tirer plus de polyphénols.

### Le scooter des champs

● Le Harl' Trac est un petit tracteur hydrostatique à chenilles, d'une largeur de 0,60 m. Ce petit véhicule est apte à recevoir tous les équipements d'un transporteur de taille : benne, atomiseur, pulvériseur, épandeur, rogneuse, etc. Avec une vitesse maximum de 9 km/h, il permet une bonne productivité en plaine, alliée à l'usage possible en côte. La position du poste de conduite place son utilisateur ainsi que son moteur à l'abri des nuisances dues aux

outillages. Son arceau démontable le rend transportable dans un fourgon. Le Harl' Trac convient à la gestion de l'espace vert, aux travaux publics et au maréchage. Bien évidemment, les forestiers seront parmi les tout premiers intéressés.



Photo X.ous trois séries

## Génome humain

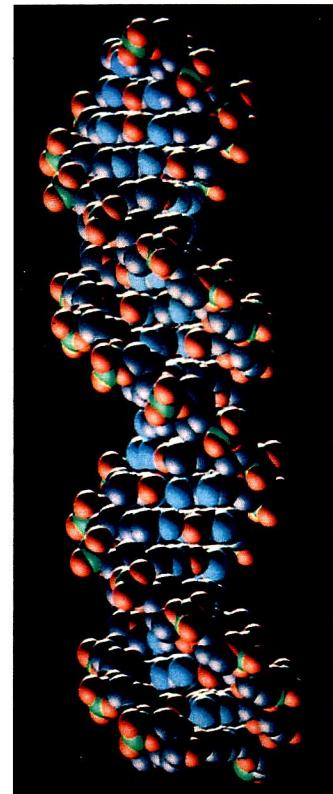
## Grandes manœuvres dans la bio-informatique

Il y a quatre ans, sous la houlette de James Watson, prix Nobel de médecine et l'un des découvreurs de la double hélice ADN, était lancé le programme international "Génome humain". Organisé autour des National Institutes of Health, aux Etats-Unis, et du Centre d'études du polymorphisme humain (CEPH), en France, ce programme a pour but d'établir une carte détaillée des chromosomes, afin d'y localiser tous les gènes, en particulier ceux impliqués dans les 3 000 maladies héréditaires actuellement recensées. La connaissance de ces gènes est le passage obligé pour mettre au point des tests de diagnostic de ces maladies. Le marché en est estimé à plusieurs centaines de milliards de dollars.

Ce travail, qui va durer de dix à quinze ans et coûter environ trois milliards de dollars, est le plus grand programme de recherche biologique jamais entrepris. Pour le mettre en œuvre, la biologie moléculaire fait largement appel aux logiciels d'analyse des séquences d'ADN et notamment à

ceux de la société américaine IntelliGenetics, l'un des leaders mondiaux en ce domaine. IntelliGenetics vient d'être acquise par la société anglaise Oxford Molecular, spécialisée dans la modélisation moléculaire (outils servant à l'industrie pharmaceutique pour simuler le comportement des nouvelles molécules), c'est-à-dire spécialiste des produits complémentaires à ceux d'IntelliGenetics.

Ainsi se trouve créé un "groupe élargi", offrant la gamme complète des outils d'analyse de données bio-informatiques. En bénéficiant du savoir-faire d'Oxford Molecular, IntelliGenetics va pouvoir s'orienter vers de nouveaux logiciels utiles au programme Génome humain. P.R.



Un exemple de système moléculaire modélisé par Oxford Molecular.

Oxford Molecular Biophysics Laboratory/Science Photo Library

## Papier

## Bientôt un recyclage total ?

De grandes quantités de papier de bureau sont gaspillées faute de pouvoir être recyclées, car on ne peut en retirer l'encre intégralement et obtenir du papier de belle qualité.

Tout va changer, si l'on en croit Tom Jeffries, professeur de bactériologie à l'université de Wisconsin-Madison, qui a découvert qu'une enzyme était capable de nettoyer totalement le papier usagé, pour en faire du papier de haute qualité. Ce procédé de "désencrage enzymatique" est peu coûteux et plus efficace que le système traditionnel. Avantage non négligeable : l'industrie du papier réduirait ainsi l'emploi de produits chimiques, les enzymes étant biodégradables.

Un essai à l'échelle industrielle

est en cours depuis le mois de novembre 1994 pour vérifier que cette découverte ne présente aucun aspect néfaste.

Si les résultats sont probants, la nouvelle technique sera d'autant plus rapidement exploitée qu'on s'achemine vers une tension en matière de production de papier et une flambée des prix. S.M.

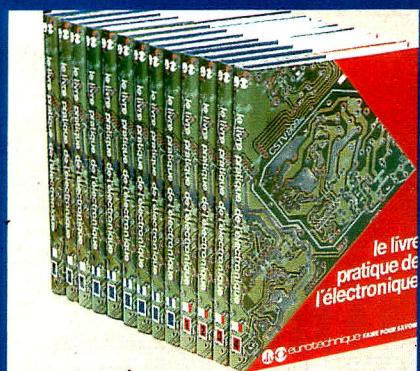
## Réseau Télécom 100 % électronique

Le dernier commutateur électromécanique vient d'être remplacé par un central téléphonique tout électronique. Le réseau France-Télécom devient ainsi le premier grand réseau européen utilisant exclusivement la technologie électronique et, avec ses 31,6 millions de clients, l'un des plus modernes du monde.

**36 15**  
**SCV**

Abonnez-vous  
sur minitel  
(mot clé ABO, puis envoi)

# L'ELECTRONIQUE ET LA MICRO-INFORMATIQUE SUR LE BOUT DES DOIGTS



## Des coffrets pratiques de matériel

Dans tous les domaines, la pratique est indispensable pour évoluer rapidement. C'est pourquoi, EUROTECHNIQUE vous propose une série de coffrets pratiques de matériel : 13 pour l'électronique ou 16 pour l'électronique digitale et le micro-ordinateur. Débutants ou initiés, ce matériel de pointe vous permettra d'appliquer vos connaissances et de réaliser de façon progressive des appareils de plus en plus sophistiqués (appareils de mesure, centrale d'alarme, micro-ordinateur).

## Des livres-guides très détaillés

Spécialement conçus pour assurer la réussite de tous vos montages, ces livres-guides pratiques vous séduiront immédiatement. Toutes les notions théoriques fondamentales y sont expliquées, dans un langage clair et accessible à tous, par des ingénieurs et des techniciens hautement spécialisés. Abondamment illustrés de nombreux schémas, vous y trouverez également toutes les indications détaillées vous permettant de réaliser et de réussir vos montages.

*Une superbe collection que vous serez fier de posséder dans votre bibliothèque et que vous pourrez consulter à tout moment.*

 **eurotechnique**  
FAIRE POUR SAVOIR  
rue Fernand Holweck - 21000 DIJON

**Renvoyez-nous vite ce bon**

## BON POUR UNE DOCUMENTATION GRATUITE

à compléter et à retourner à EUROTECHNIQUE - Rue Fernand Holweck - 21000 DIJON

Je désire recevoir gratuitement et sans engagement de ma part votre documentation sur :

- LE LIVRE PRATIQUE DE L'ELECTRONIQUE
- LE LIVRE PRATIQUE DE L'ELECTRONIQUE DIGITALE ET DU MICRO-ORDINATEUR

15093

Nom \_\_\_\_\_ Prénom \_\_\_\_\_  
Adresse \_\_\_\_\_  
Code Postal \_\_\_\_\_ Ville \_\_\_\_\_

## Nutrition

## Sur la piste du goût

**D**e quoi est fait le goût, de quels mécanismes dépend-il, quels comportements induit-il ? Ces questions seront traitées au Centre européen des sciences du goût, créé à Dijon par le Centre national de la recherche scientifique (CNRS) et le groupe Danone (ex BSN).

Parce que, selon le professeur Stylianios Nicolaidis, directeur de ce centre, les scientifiques ont pris conscience que "la satisfaction du goût et de l'ingestion occupe l'essentiel de nos actes". Pour comprendre comment le cerveau dirige nos comportements, il faut commencer "par ceux dont le mécanisme neurobiologique est plus accessible à l'exploration, c'est-à-dire les comportements ingestifs, la faim, la soif, et le rôle des "goûts" dans nos préférences et dans nos aversions".

Le Centre européen des sciences

du goût regroupe, dans une totale interdisciplinarité, neuf laboratoires spécialisés, depuis la physiologie de l'olfaction jusqu'aux études cliniques, en passant par la neurophysiologie de la gustation, la neurochimie, le métabolisme et la biologie moléculaire.

En effet, le goût ne se forme pas dans le palais, pas plus que le plaisir de la musique n'est localisé dans le tympan ni dans les cellules sensibles de l'oreille. Les organes gustatifs informent simplement le cerveau de la part sucrée, salée, acide, amère, aqueuse du contenu de la bouche. Cette information converge vers les structures cérébrales spécifiques où la sensation de "goût pour..." commence à se former. D'autres voies dans le cerveau vont véhiculer, les unes les souvenirs, d'autres des informa-

## Tente automatique

● Elle se monte elle-même en se déployant automatiquement, évitant à son utilisateur la tâche laborieuse qui consiste à planter des piquets dans le sol. Repliée, elle se range dans un petit sac circulaire.

Ses inventeurs, deux Américains, sont en train de la mettre sur le marché aux Etats-Unis.

tions sur l'état nutritionnel de l'organisme – il est rassasié ou affamé – ou sur son état hormonal.

Toutes ces informations convergent dans des centres spécialisés du cerveau pour y être traitées, pondérées, évaluées, intégrées avant de donner naissance à cette sensation qui régit notre comportement, le plaisir de manger ou de boire, ou, au contraire, l'aversion envers ce qu'on juge avoir mauvais goût.

Le traitement de ces informations pourra conduire à un comportement ingestif normal ou perturbé. Car on sait déjà expérimentalement induire une préférence, soit pour le sucré, soit pour le salé : il suffit pour cela d'implanter une microcanule dans un endroit très précis du cerveau et d'y injecter une quantité infinitésimale d'un peptide spécifique ! Ce n'est qu'un début, un peu inquiétant, de la science du goût.

## L'offensive du nougat liquide

● Comment faire évoluer une confiserie aussi typée et traditionnelle que le nougat ? En le rendant liquide par broyage des amandes et divers ingrédients qu'il comporte. Didier

Chabert a déposé un brevet européen sur la "crème de nougat de

Montélimar". Arrière arrière petit-fils (cinquième

génération) du pâtissier de

Montélimar Alexandre

Chabert qui, à la fin du

18<sup>e</sup> siècle confectionnait

déjà ce dessert provençal,

il dirige aujourd'hui

"Nougat Chabert & Guillot

S.A.", qui fabrique les deux

tiers des 2 500 tonnes de nougat

produites en France. Depuis la mise

au point en 1992 des nouvelles formes de

présentation – brisures, crème, poudre soluble – le chiffre d'affaires

de la société a doublé. Le nougat liquide pourra entrer dans la

composition des fourrages de biscuits, des desserts laitiers, des

liqueurs, etc.

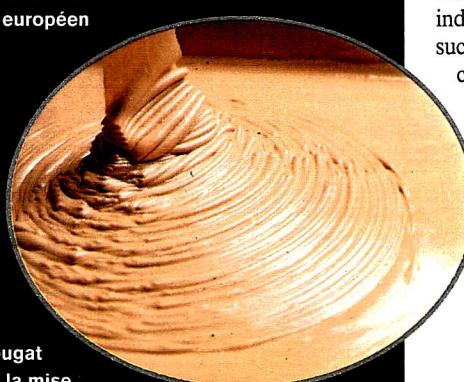


Photo X tous droits réservés

**36 15**  
**SCV**

Questions/réponses  
à la rédaction  
(sous 24 ou 48 h,  
selon complexité)

# Où en est la roue sans moyeu ?

**A**u Salon des inventions de Genève de 1989, Franco Sbarro et Dominique Mottas avaient défrayé la chronique en présentant leur roue sans moyeu. La jante était remplacée par un roulement à billes dont, seule, la couronne extérieure tournait. La couronne intérieure était fixe, et c'est sur elle que venait s'ancrer les éléments de liaison avec le châssis.

*Science & Vie* avait fait à l'époque l'inventaire des avantages revendiqués par les concepteurs de cette roue, baptisée "Osmos". Le roulement de grand diamètre et de section mince est emprunté à la mécanique des robots. Avec un diamètre intérieur de 30 cm et une section de 13 mm, il ne pèse pas plus de 400 grammes et peut supporter une

charge de 2 tonnes. La proximité de la liaison au châssis avec le sol permet d'éliminer les contraintes parasites du bras de levier exercées par la distance moyeu-péphérie dans le cas d'une roue classique et d'abaisser le centre de gravité. En faisant pivoter la bague intérieure, et donc la position relative de l'ancre des liaisons au châssis, on peut introduire un système de chasse ou de garde au sol variable.

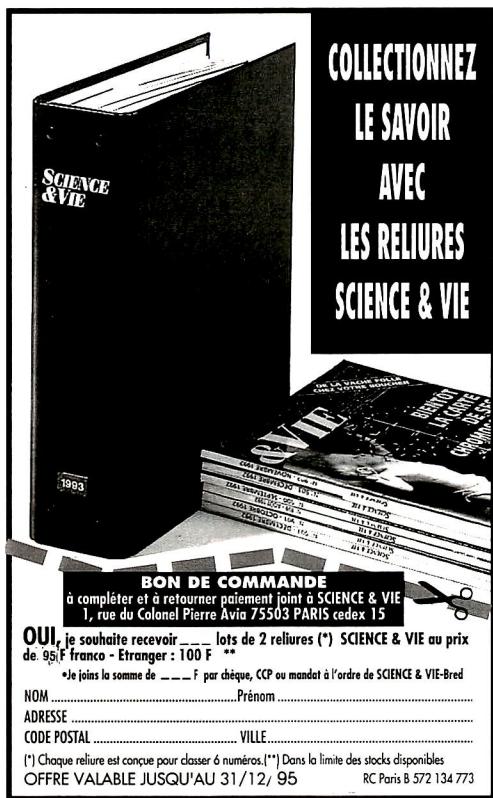
Enfin, toujours à proximité du point de réaction, on fixe l'étrier de frein qui agit sur un anneau de grand diamètre, donc bien refroidi, solidaire de la couronne extérieure.

Depuis, Dominique Mottas fait équipe avec un groupe de financiers qui ont créé la société Brevets et Licences SA, détentrice de la totalité

des droits, brevets et prototypes pour le monde entier. Le développement et les applications éventuels de la roue sans moyeu sont laissés à l'initiative des industriels intéressés, pour autant qu'ils acquittent des droits d'exploitation.

Pour l'heure, les projets en cours ne relèvent que de l'initiative artisanale et n'en sont qu'au stade des velléités. Ils concernent des motos suisses et américaines, un fauteuil roulant mettant à profit le vide des roues pour se compacter dans un volume minimum, un véhicule futuriste imaginé par les employés de Toyota, et un vélo très esthétique.

Mais, de l'aveu des initiateurs du principe, le développement butte sur les problèmes d'étanchéité et de lubrification.



**COLLECTIONNEZ  
LE SAVOIR  
AVEC  
LES RELIURES  
SCIENCE & VIE**

## Il y a forcément quelqu'un pour vous



*Fabienne*  
*Assistante Ion International*

Pour découvrir cet être qui répond à votre idéal, l'Office International vous propose un choix de personnes motivées dont le caractère, la sensibilité et même la sexualité sont en harmonie avec les vôtres.

Jon International c'est :

- le sérieux d'une méthode qui fait ses preuves depuis 45 ans.
- une équipe de psychologues et de graphologues diplômés.
- un suivi personnalisé assuré jusqu'au succès complet.

© Ion International

Tel. : (1) 45 26 70 85

Pour recevoir une documentation gratuite, sous pli discret, sans engagement, faites 3615 Ion, téléphonez, ou retournez ce coupon :

M., Mme, Mlle

Prénom ..... Âge .....

Adresse

16

PARIS 94, rue Saint-Lazare, 75442 Paris cedex 09 - Tél.: (1) 45 26 70 85  
MARSEILLE (13002) 11, boulevard Victor - Tél.: 01 40 79 55

■ MARSEILLE (13004) 11, rue de la Visitation - Tél.: (71) 47.77.55 ■ BRUXELLES - Tél.: (02) 645.09.91 ■ GENEVE - Tél.: (022) 46.84.88 ■ POLOGNE - USA

-----

*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 appareil pour mesurer le diamètre des arbres

**Quoi ?** Cet appareil permet de mesurer diamétriquement les arbres. Lorsque les propriétaires forestiers font une évaluation des arbres d'une forêt comprenant un comptage et une estimation de cubage, par exemple en prévision d'une coupe, il est en effet nécessaire d'effectuer cette mesure.

**Comment ?** Actuellement la mesure s'effectue soit en ceinturant chaque arbre avec un mètre à ruban, dénommé chevillère, pour connaître la circonférence et, par déduction, le diamètre, soit au moyen d'un compas forestier, sorte de pied à coulisse géant, en général lourd et encombrant. La mise en œuvre de ces deux moyens de mesure se trouve gênée par les branches basses, ce qui conduit à des mesures erronées.

L'"Euro compas" supprime ces inconvénients. L'appareil est lé-



ger, facilement transportable et permet d'effectuer une mesure sans être gêné par les branches basses lorsque ces dernières n'ont pu être élaguées.

L'Euro compas est composé de deux branches en "S", articulées l'une sur l'autre à la façon de ciseaux. Chaque branche comporte côté arbre un bras arqué avec une

touche de contact à son extrémité, et, côté opérateur, une poignée qui est solidaire d'une tablette comportant une règle circulaire graduée. Un index se déplace devant la règle graduée et indique immédiatement le diamètre de l'arbre que l'on mesure. La tablette est munie d'une pince servant à fixer des fiches, protégées par un film plastique, ce qui permet de travailler même par temps de pluie ou de neige. L'appareil est traité anti-corrosion.

Avec un tel appareil, léger, maniable, peu encombrant, les fiches continuellement sous la main, le gain de temps est considérable et on peut travailler seul, si bien que le coût de l'"Euro compas" est amorti après seulement quelques jours de travail.

**Pour qui ?** L'inventeur désire céder brevet ou licences.

**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.

### Des antifoulings naturels

● Pour lutter contre le phénomène de biofouling, fixation d'algues et autres organismes marins sur les surfaces immergées comme les coques des bateaux, on utilise actuellement des peintures contenant des antibiotiques, du cuivre ou du TBT. Ces composés qui

pénètrent progressivement dans les tissus des organismes fixés.

Ils n'affectent pas seulement les organismes indésirables et posent des problèmes écologiques. Aussi des recherches ont-elles été menées pour remplacer ces substances par des composés naturels.

Une équipe anglaise a isolé d'une algue rouge dix composants

inhibant la fixation des larves de bernacle et stoppant le développement de bactéries marines.

Le Marine Biotechnology Institute (MBI), au Japon, réalise le plus important effort de recherche sur le sujet, mobilisant 18 scientifiques et 11 techniciens à la recherche de molécules actives.

## Recherche : le Japon en tête

● Il consacre 3 % de son produit national brut à la recherche et au développement, ce qui constitue un record parmi les pays de l'OCDE, l'organisation de coopération et de développement qui réunit les pays les plus industrialisés du globe. En outre, 80 % de cette somme sont financés par le secteur privé, contre un peu moins de 50 % en France et 55 % aux Etats-Unis (hors recherche militaire).

## Des terrains de basket avec des chaussures usées

● Ce magnifique terrain de basket, inauguré à Berlin, est entièrement fabriqué par récupération et recyclage de vieilles chaussures Nike.

Elles ont été collectées dans les magasins de sport de la ville – sauf celles à pointes ou à clous. Pour Nike, cette inauguration doit marquer le lancement d'un vaste programme de récupération de chaussures en Europe.

Techniquement, les chaussures sont déchiquetées, broyées et chauffées. On obtient ainsi une pâte de caoutchouc qui, mélangée à de vieux pneus, assure à la surface du court les qualités d'amorti et de résistance requises. Au terme de cette opération, on obtient des plaques de 1m<sup>2</sup>, qui sont ensuite assemblées et solidarisées pour créer le court.



Photo X droits réservés

### Simulation

## De la mécanique quantique aux images de synthèse

La société française ArSciMed (pour art, science, média) présente "Dexter", un logiciel qui permet la simulation en 3D de systèmes et interactions comportant jusqu'à plusieurs millions de particules. L'éventail des applications industrielles, techniques et scientifiques de ces simulations est vas-

te : réactions chimiques, métallurgie/fonderie, dynamique des polluants, processus de production, particules élémentaires et plasma, simulation de nuages, fumée, fluides, etc. Tout ce qui est susceptible d'être représenté sous la forme d'un système complexe d'objets interactifs peut être simulé. De

puissantes fonctions de paramétrage sont offertes à l'utilisateur. Grâce à Dexter, on peut réaliser aussi bien des simulations scientifiques au niveau de la mécanique quantique que des effets spéciaux en images de synthèse ou vidéo. Les qualités de Dexter, dans ce domaine, lui ont valu d'être choisi par Softimage, le leader mondial de l'image de synthèse.

Dexter, qui travaille sous Unix et Windows NT, est livré "sur mesure" selon les besoins spécifiques de l'utilisateur.



Sur cet écran, le logiciel Dexter simule les interactions se produisant au sein d'un système de particules.

Ont collaboré à cette rubrique : Marie-Sophie Germain, Anne Lesure, Marie-Laure Moinet, Sylvie Morice, Catherine Revault et Pierre Rossion.

# TEXTILES TECHNIQUES

## Les étoffes des héros

**Matériaux de l'extrême, ils résistent au feu, au froid, au temps : ce sont les "textiles techniques".**

**Ils peuvent être légers comme un voile mais durs comme de l'acier. On les trouve partout, jusque dans le fond des lacs artificiels. Et ils n'ont pas fini de nous surprendre.**

PAR PATRICE LEBLANC





## L'épreuve du feu

Grâce aux fibres organiques haute ténacité qui constituent le revêtement externe de leurs nouvelles tenues, les combattants du feu peuvent approcher au plus près des incendies pour les neutraliser.

Orban / Sigma

**E**n mai 1989, sur le circuit d'Imola, la F1 de Gerhard Berger percute le muret de protection. La monoplace prend feu instantanément. Coincé dix-neuf secondes dans l'habitacle, le pilote autrichien sortira indemne du brasier... Sa survie n'a tenu qu'à un fil, ou plutôt à un entrelacement de fils dotés d'une résistance thermique et chimique supérieures à celles des matériaux ignifugés traditionnels : une combinaison multicouche à base de fibres organiques haute ténacité.

Le même type de fibres associées (Kermel ou Nomex), produites par la société française DMC Tissus Techniques, leader européen dans le domaine des textiles de protection, constitue l'épaisseur externe de la nouvelle tenue des sapeurs pompiers. Comme l'explique Jean-Pol Kahn, directeur de DMC : «Leur veste en cuir avait une fâcheuse tendance à rétrécir sous l'effet d'une trop forte chaleur». Mais un vêtement protecteur, aussi performant soit-il, ne doit pas rendre imprudent son utilisateur. C'est le défaut de la cuirasse. Pour y remédier, on a prévu de doter ces équipements d'un capteur de température ou d'une petite ouverture pour rappeler au pompier qui l'aurait oublié qu'il y a bien le feu dans la maison...

Ces matières, conçues pour résister à des conditions thermiques extrêmes et à l'attaque des acides, ont leur origine dans une filière de composants surdoués : les fibres tissées d'origine chimique (pour les deux tiers) et/ou naturelles destinées aux applications techniques. D'où leur nom de "textiles techniques" qui sert à les différencier des tissus utilisés de manière traditionnelle dans l'habillement et l'ameublement.

Principalement employés dans l'industrie (28 % du marché français), l'agriculture (20 %), les transports (19 %), le génie civil (13 %) et le secteur médical (11 %), ce sont des matériaux à part entière. Ils se travaillent aussi bien que le béton, le verre, ou l'acier, avec des caractéristiques mécaniques comparables, tout en conservant leur fonction "textile" : légèreté, solidité, souplesse, hygiène...

Ainsi, qu'ils tapissent le fond des lacs artificiels, consolident des remblais ou des couches de fondation (routes asphaltées, pistes, voies de chemin de fer...), couvrent des stades olympiques, neutralisent l'impact d'un projectile ou le tranchant d'une lame, piègent des bactéries ou accélèrent la croissance des légumes, les textiles techniques ne cessent de s'étendre et de se diversifier.

L'ascension de ces tissus tout-terrain date de l'immédiat après-guerre, avec le succès commercial des fibres chimiques (voir encadré p. 98), en particulier du fameux Nylon, élaboré dès 1938 par la firme américaine DuPont de Nemours. Les "synthétiques" ont débarqué chez nous avec les

## TEXTILES TECHNIQUES

► G.I. Mais ce n'était qu'une avant-garde. L'invasion se produira au tournant des années quatre-vingts. Ainsi, les textiles synthétiques qui ne représentaient que 1 % du tonnage mondial de fibres tissées en 1952, en fourniront 44 % en 1990. La production des textiles techniques, qui, aujourd'hui, représente déjà 20 % du marché des textiles dans les pays industrialisés, est appelée à doubler d'ici à la fin du siècle.

En plus de leurs qualités fonctionnelles, ces nouveaux matériaux offrent un intérêt économique évident. D'abord en gains de productivité : il faudrait cultiver 10 000 ha de coton pour obtenir l'équivalent des 150 tonnes de polyester produit journalièrement par une usine de taille moyenne. Ensuite, en flexibilité : la réduction spectaculaire des durées de fabrication engendrée par le filage des synthétiques a maintenu dans la course des entreprises en passe d'être asphyxiées par les aléas des commandes et la concurrence des pays à bas salaires. En moins de trente ans, les vitesses de filage sont passées de

70 m à 6 000 m par minute, et des machines expérimentales produisent 8 000 m de fil à la minute !

C'est en constatant la résistance phénoménale des synthétiques lors des opérations de filage que des scientifiques ont pris la peine d'y regarder de plus près. Du fait de l'extrême solidité des liaisons qui se créent entre les molécules de carbone (élément de base, avec l'hydrogène, des macromolécules de type organique), le filage confère à ces objets une très haute tenue mécanique dans le sens de la fibre. Pour un diamètre identique et une résistance égale, le fil de carbone s'avère ainsi quatre fois plus léger qu'un fil d'acier. Mais le carbone craint les chocs (à moins de l'associer à un partenaire moins abrasif). Il redoute aussi les hautes températures, où excellent les fibres céramiques – quoique des composites carbone-carbone résistent à des températures de 3 500 °C...

## Sur tous les fronts

Des gilets pare-balles à base de polyéthylène équipent certains militaires (ci-contre, casque bleu à Sarajevo). Ils sont plus légers et tout aussi efficaces que les gilets en céramique.



## A la conquête de l'espace

Les jupes en composites qui protègent les tuyères des propulseurs des fusées Ariane (ci-contre) sont à base de fibres de carbone, de graphite ou de silice, imprégnées de résines phénoliques ou furaniques. Elles peuvent résister à des températures de plus de 3 000 °C.



Le succès des tissus techniques tient en grande partie à leur hétérogénéité et à leur plasticité fonctionnelle. Chaque nouvelle combinaison peut déterminer un usage spécifique. Leur texture entrelacée et métissée en fait des matériaux sur mesure. Mais cette façon a son revers : le coût. Certaines fibres minutieusement ajustées relèvent de la haute couture technologique. Et leur prix peut excéder de 40 % celui d'une pièce de carbone. Si le marketing fait des miracles dans le secteur des sports et des loisirs, d'autres industriels se montrent de plus en plus sélectifs.

«Le seul nom de composite ne suffit plus à faire vendre. Il faut aujourd'hui en justifier l'utilité», reconnaît M. Bompard, directeur de la recherche et du développement chez Brochier. Cette entreprise lyonnaise, spécialisée dans les fibres optiques, réalise plus de 70 % de son chiffre d'affaires avec les commandes de l'aéronautique et du secteur spatial. «Notre métier, explique encore M. Bompard, consiste à définir et à disposer

les fibres des pièces en composite suivant la bonne orientation afin de répondre exactement aux sollicitations auxquelles elles seront soumises». Dans une seule direction pour une canne à pêche, dans deux pour un aileron d'avion. Il est même possible de tisser un matériau en trois dimensions pour le rendre isotrope comme l'acier, c'est-à-dire ayant des propriétés physiques identiques dans toutes les directions.

Des résines sélectionnées avec soin sont associées à ces filaments. Non pour leur tenue mécanique, insinuante, mais pour

leur capacité à répartir l'effort de manière égale sur toute la longueur des fibres. Des capteurs d'effort, en l'occurrence une fibre optique entrelacée dans la texture d'un élément de voilure d'avion, pourrait à l'avenir transmettre au pilote, en temps réel, les degrés de sollicitation que subit la voilure.

Les nouveaux textiles nous invitent au voyage par la grâce aérienne et lumineuse de ces toiles de tente nomades qui ont redonné un second ►

## 8 000 mètres de fil à la minute

### L'architecture renaît

Comme à Massy, où la gare du TGV (ci-dessous) s'est parée de membranes rigidifiées en toiles précontraintes. Ce procédé consiste à tirer dans les deux sens le support textile avant de l'enduire d'une substance protectrice.



Institut textile de France

### La vie s'habille de couleurs

Dans nos machines à laver, la technologie du greffage moléculaire redonne vie aux tissus. Les molécules du sac «piégeur de couleurs» (ci-dessus) emprisonnent les ions des colorants, préservant ainsi les couleurs des textiles.

► souffle à l'architecture ferroviaire. Les membranes rigidifiées qui couvrent plusieurs gares du réseau TGV valent bien les marquises et les verrières du temps des locomotives à vapeur. Elles sont rapides à monter, faciles à entretenir, étanches et enduites de pigments insensibles aux intempéries comme aux attaques conjuguées des ultraviolets et de la pollution. Pour éviter qu'après les fastes de l'inauguration le carrosse ne redevienne citrouille, et la toile immaculée une bâche grisâtre qui pende lamentablement au bout de ses câbles, les ingénieurs de chez Ferrari, une société de tissage et d'enduction, ont conçu des toiles précontraintes. Ce procédé consiste à tirer dans les deux sens le support textile avant de l'enrouler, afin de prévenir la formation de poches et

## Une production mondiale de 1750000 tonnes

le fluage qui s'en suivrait. Pas question que ces étendards portant haut les couleurs du génie textile se mettent en berne !

Fort de son expérience, Ferrari accommode dorénavant ces composites de polyester et de poly-chlorure de vinyle (à 95 %, les 5 % restants sont en fibre de verre imprégnée de Téflon) à toutes les sauces. Ils peuvent prendre la forme de barrages flottants gonflés au gaz liquide pour endiguer une marée noire, ou bien d'un atelier de réparation provisoire pour les Boeing qui font escale dans des aéroports dépourvus d'un hangar à leur mesure. Repliées, ces structures mobiles voyagent dans la soute des avions.

D'autres applications, moins spectaculaires mais tout aussi utiles, font des tissus techniques des concurrents des métaux, des matériaux de gros œuvre (briques, tuiles, ciment...) et de la terre. Utilisés par les géotechniciens et les agronomes, les géotextiles et les agrotextiles mobilisent le tiers des 1 750 000 tonnes de tissus à usage technique fabriqués dans le monde. Des agrotextiles non tissés d'une grande légèreté – 17 grammes par mètre carré – en polypropylène ou polyester, entretiennent un microclimat qui favorise la croissance régulière des cultures. D'autres tissus font écran aux parasites tout en préservant la ventilation des plantes. De conception récente, un tapis tissé conçu par la société Tissavel permet d'assurer l'en-gazonnement des toits et des balcons. Nos villes vont peut-être s'habiller de verdure...

En dépit de leurs mues successives, les fibres ►

## UN FANTASTIQUE JEU

Des fils de verre retrouvés dans un tombeau égyptien aux galons d'or ou de cuivre, l'homme s'est ingénier depuis l'Antiquité à tisser (presque) tous les matériaux qu'il avait à sa disposition. Y compris ceux qui n'avaient aucune vocation à le vêtir ou à l'abriter.

Extrite de la cellulose du bois régénérée, la viscose (découverte en 1898) sera la première des fibres chimiques "artificielles", à ne pas confondre avec les "synthétiques". Les premières sont dites "artificielles" simplement parce qu'un artifice de fabrication permet de donner une forme filamentaire à une substance non fibreuse à l'état naturel.

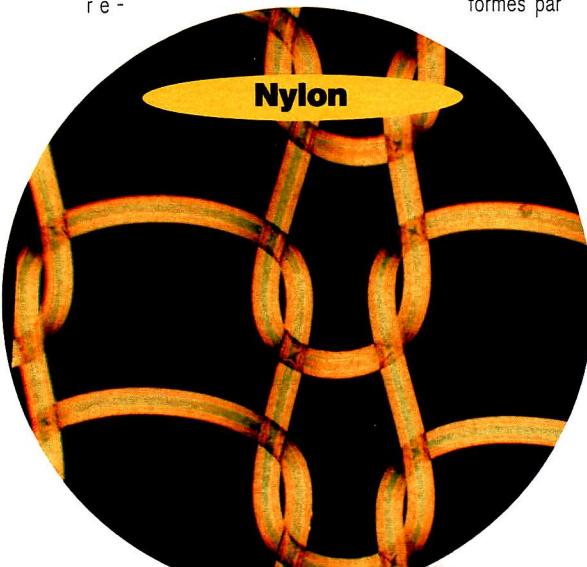
Les synthétiques, apparus dès 1893 avec la fibre de verre, le plus ancien des textiles chimiques, ne prendront leur essor qu'avec les travaux fondamentaux de l'Allemand Hermann Staudinger. Dans les années 20, ce savant met en évidence la structure chimique des macromolécules. La preuve est faite que ces grandes molécules comparables à des chaînes formées de maillons

r é -

guliers et linéaires, peuvent, une fois assemblées en faisceaux parallèles peu ou prou imbriqués, constituer des "corps fibreux".

Percée décisive, car elle ouvrira la voie à la préparation de macromolécules entièrement nouvelles. Autrement dit à ces matières plastiques bâties à partir de polymères, nom générique des molécules à longue chaîne, qui sont les dénominateurs communs de la plupart des textiles de synthèse. Les synthétiques à base de polymères naturels seront les premiers exploités. Les chimistes n'ont eu qu'à puiser dans le vivier des innombrables molécules organiques décrites avec soin par leurs prédecesseurs pour se livrer à un fantastique jeu de construction.

Leur modèle, imité mais jamais égalé, restait la soie : fibre noble et monofilament d'une "longueur infinie" (en réalité de 400 m à 1 200 m), dont le Nylon, matériau par ailleurs très robuste, sera l'analogue de synthèse, et les "multifilamentaires" de cuieux avatars : déformés par



# DE CONSTRUCTION

une action mécanique et un traitement thermique, leurs fils continus ont donné naissance, sous un aspect frisotté, aux... collants "mousse".

Fibres roturières mais taillées aux mesures du monde moderne, les synthétiques organiques ont éssaimé à tout vent ; on dénombre aujourd'hui plus de 5 000 marques déposées ! En réalité, ces produits ne regroupent qu'une dizaine de familles de hauts polymères dont il suffit de modifier un tant soit peu la composition physico-chimique pour les doter de propriétés différentes et justifier leur nouvelle dénomination commerciale...

Se sont ainsi succédés : les chlorofibres, en 1940 (1), aux propriétés triboélectriques (elles se chargent en électricité statique) ; les polyacryliques (1943), des substituts de la laine ; les polyesters (1947) rendus célèbres en France par le Tergal et devenus les champions toutes catégories des fibres

techniques à cause de leur tenu mécanique et de leur résistance à l'abrasion ; les polyoléfines (1954) qui ont engendré les polypropylènes très prisés pour leur robustesse ; enfin, les thermostables (1968), connus sous la marque Kevlar, qui viendront concurrencer les métaux grâce à leur bonne résistance aux températures élevées.

Mais les chimistes, jamais en panne d'imagination, ont aussi façonné des textiles à partir de fibres synthétiques inorganiques (à base de polymères synthétiques) : le carbone (1950), les fils de bore, enfin le carbure de silicium (1980) et les fibres de céramique – obtenues par cuisson de pâtes à base d'argile et d'oxydes métalliques.

Ces dernières ont notamment remplacé l'amianté (ou l'asbeste), fibre minérale incombustible et infusible, longtemps utilisée dans les renforts de ciment et plâtre et dans

les vêtements de protection, mais dont la poussière s'est avérée cancérogène. Le problème n'est pas réglé pour autant : les fibres céramiques se trouvent à leur tour dans le collimateur des épidémiologistes qui les suspectent de causer des lésions pulmonaires proches de celles de l'asbestose...

(1) Date du début de la production.

**Polypylène**

R.E. Litchfield / Science Photo Library

**Polypropylène**

R.E. Litchfield / Science Photo Library

DMC

**Carbone-Kevlar**

DMC

## TEXTILES TECHNIQUES

► textiles nous servent encore de "seconde peau". Elaborés par DMC, des polyéthylènes haute ténacité, tissés puis moulés dans de la résine, équipent les "casques bleus" en mission dans l'ex-Yougoslavie. Moins lourds et moins encombrants que les plaques de céramique des anciens gilets pare-balles, ils s'avèrent tout aussi efficaces. Un gilet anti-arme blanche, aussi souple qu'un anorak, protégera aussi les policiers des mauvais coups. Mais ils devront attendre un peu : le brevet n'a pas encore été déposé...

Autre domaine de grande importance, le médical. Face aux risques de contamination virale (principalement hépatite B et VIH) qu'entraîne la manipulation d'instruments souillés, le corps médical et le personnel hospitalier doivent eux aussi se protéger. Substituts du caoutchouc, les textiles "imper-respirants" ont l'avantage de n'être pas suffocants. Leurs mailles sont trop serrées pour laisser filtrer un liquide mais assez lâches pour laisser s'évaporer la transpiration.

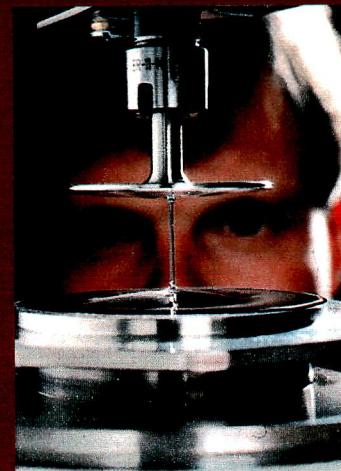
Les soins médicaux et le secteur paramédical figurent déjà parmi les principaux débouchés des fibres techniques. Dans la course à la technologie du ligament artificiel, DuPont de Nemours, 3 M et Cendis Medical sont en tête, mais ce dernier a pris une longueur d'avance grâce à une tresse de 4 mm de diamètre : prévue pour remplacer les ligaments du genou, de nombreux

## Un succès tempéré par les écologistes

tests ont prouvé qu'elle était capable de résister sans dommage à 40 millions de cycle d'étiements successifs.

La compétition est rude sur un marché des biomatériaux qui connaît une progression annuelle de 15 % dans notre pays. Le traitement par greffage moléculaire auquel travaillent les chercheurs de l'Institut du textile français (ITF), à Lyon, pourrait bien relancer la donne. Cette méthode vise à conférer aux filaments nus ou tissés des propriétés fonctionnelles permanentes.

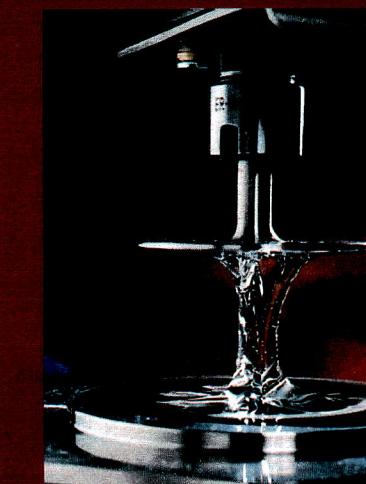
La première étape consiste à briser certaines liaisons secondaires dans la chaîne macromoléculaire du polymère, créant ainsi des "sites radicaux". Amené à proximité, un monomère spécifique possédant au début de sa formule chimique une double liaison peu stable verra celle-ci activée par ces sites et se combinera avec le polymère. Cette réaction sera la base de départ d'une nouvelle chaîne macromoléculaire constitue-



J. Forest / CNRS / LPMT

## Liquides et élastiques

Les polymères liquides sont utilisés comme épaississants de teintures ou d'enduits pour textiles. Leur fluidité, qui doit être parfaite, est contrôlée à l'aide d'un rhéomètre. Ici, l'instrument teste l'élasticité de trois polymères liquides différents.



J. Forest / CNRS / LPMT



J. Forest / CNRS / LPMT

tuée par la polymérisation du monomère greffé.

La quasi-totalité des fibres existantes, y compris naturelles, autorisent un tel procédé. Le secteur biomédical en sera l'un des premiers bénéficiaires. En collaboration avec l'ITF, la société Rhovil a mis au point une nouvelle chlorofibre dotée, par greffage moléculaire, de propriétés aseptiques permanentes. Destiné à la literie des hôpitaux, ce textile contient un agent antibactérien. Lavage, blanchissement, et teintures répétées n'en viendront jamais à bout !

Les textiles traités par greffage moléculaire ont commencé à descendre dans la rue. Ainsi, Rhovil commercialise des sous-vêtements et des chaussettes "olfactivement correctes", tissés avec une fibre antiseptique. A l'inverse, les Japonais parfument leurs collants à la fraise ou à la vanille toujours par le même truchement moléculaire. Des goûts et des couleurs... Le sac "piégeur de couleurs", ainsi baptisé parce que ses molécules emprisonnent les ions de colorants, permet de laver le blanc et le noir en machine sans risquer de voir le premier faire grise mine au séchage.

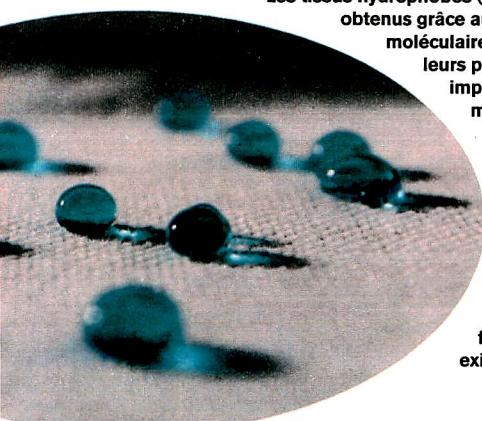
Dans le registre des teintures, parler de révolution n'est pas excessif. L'ennoblissement d'un tissu par greffage fixerait les colorants non plus en surface mais dans leur structure intime. Plus de teintes qui passent au lavage, ni de cours d'eau pollués par les bains de teinture. Mais la généralisation de cette technique ne semble pas être pour demain. Faire évoluer l'utilisation d'un matériau est un chose ; disqualifier un métier et un art par une complète rupture technologique en est une autre.

Le succès des textiles techniques rencontre ici des limites socioculturelles. L'hostilité des écologistes envers des produits non biodégradables comme les fibres de verre, de carbone ou d'aramide risque d'en restreindre, voire d'en condamner l'usage. Certes, les géotextiles peuvent faire valoir à leur actif qu'ils assurent l'étanchéité de sites de stockage de déchets, contribuant ainsi à préserver l'environnement, mais le procès des textiles de synthèse est en marche. Il y a urgence. C'est tellement vrai que la protection des milieux naturels constitue, de l'aveu des ingénieurs de la société Ferrari, un de leurs principaux axes de recherche et de développement. Plomb, baryum, cadmium, n'entrent déjà plus dans la fabrication des toiles. Quant à leur constituant essentiel, le PVC qui, lui, est dégradable, on cherche à en maîtriser le vieillissement pour le synchroniser avec la durée d'utilisation du produit.

A l'ITF, même souci d'adapter le textile à la conjoncture. Ses laboratoires lyonnais étudient la possibilité de remplacer des filaments chimiques par des fibres naturelles. Des prototypes de pièces automobiles ont déjà été réalisés à partir de composites à base de lin ! Cette fibre posséderait des affinités mécaniques avec le verre ou l'aramide mais pécherait par le manque de constance de ses caractéristiques. De tels projets reçoivent des aides financières du ministère de l'Agriculture. Cela s'appelle un retour à la terre, ou à la case départ.

## Avec les hydrophobes, chantons sous la pluie !

Les tissus hydrophobes (ci-contre), obtenus grâce au greffage moléculaire, gardent leurs propriétés imperméables de manière permanente. Ce procédé fait appel à un activer chimique et permet de traiter la quasi-totalité des fibres existantes.

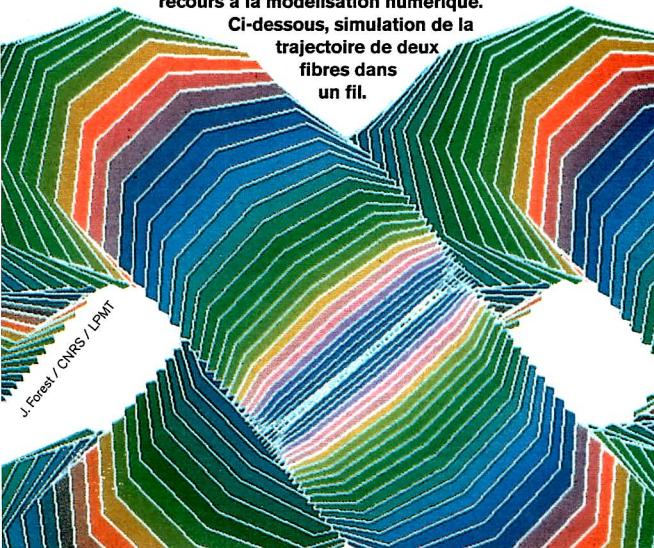


Institut textile de France

## Mystérieuses fibres

Pour comprendre le phénomène, lors de la filature, de la formation d'un fil à partir d'une infinité de fibres, les spécialistes ont recours à la modélisation numérique.

Ci-dessous, simulation de la trajectoire de deux fibres dans un fil.



# CONDOTTIERE

Partez  
à la conquête  
de l'Italie de la Renaissance



A la fois jeu de cartes et jeu de plateau, CONDOTTIERE est un jeu rapide et intense, associant stratégie et diplomatie



Un Jeu



Édité par



Pour 2 à 6 joueurs à partir de 12 ans

Je souhaite recevoir le jeu de société CONDOTTIERE au prix de 320 F.  
(franco de port). Ci-joint mon règlement à l'ordre de :

Jeux Descartes, 1 rue du Colonel Pierre Avia - 75503 Paris cedex 15

Nom ..... Prénom .....

Adresse .....

Code Postal ..... Ville .....



Offre valable pour la France métropolitaine uniquement

## COMMENT LE RAIL PEUT SAUVER LA ROUTE

**Le fret ferroviaire perd du terrain face au transport routier, tandis que le trafic de marchandises augmente. Danger sur les routes, coût global accru, dégradation de l'environnement... La SNCF a mis au point trois concepts qui pourraient redonner au rail une place prépondérante dans le transport des marchandises – à condition que l'Etat les finance et que les gouvernements fassent preuve de courage face au lobby routier.**

### **L'autoroute ferroviaire**

Le projet le plus imposant est celui dit « d'autoroute ferroviaire ». Il s'agit de réaliser, le long des axes routiers très encombrés, des lignes de chemin de fer sur lesquelles rouleront des trains spéciaux chargés de poids lourds.

### **Les conteneurs sur rails**

Le second projet, baptisé Commutor, consiste à créer un réseau ferroviaire pour le transport de conteneurs maritimes et de caisses, avec, en son centre, une gare entièrement automatisée où serait assuré le transbordement des caisses.

### **Le TGV fret**

Enfin, le troisième projet vise à créer une flotte de TGV Fret, impliquant des délais d'acheminement des colis de moins de douze heures...

PAR LAURENT  
BROMBERGER

# L'autoroute ferroviaire

**Il y a trop de poids lourds sur les autoroutes.**

**Pourquoi ne pas mettre les camions sur des trains, et faire rouler le tout sur une ligne ferroviaire spécialement conçue pour cela ?**

Les poids lourds semblent chaque jour plus nombreux sur les autoroutes. Au volant de son automobile, à certaines heures de la journée, on s'y sent vraiment petit... L'explosion du trafic routier ne va pas sans inconvénients graves. En termes de vies humaines : il est démontré que les accidents impliquant des poids lourds causent plus de morts que ceux qui ne concernent que des automobiles. En termes de pollution : un tiers des gaz polluants rejetés dans l'atmosphère est imputable au transport routier. Le coût social du transport routier, estimé par le ministère des Transports, serait de 8 à 13 centimes la tonne transportée par kilomètre.

L'intégration croissante de l'économie européenne implique toujours d'avantage d'échanges de marchandises. Or, il faut bien constater que les gouvernements français successifs ont fait plutôt preuve d'une attitude frileuse devant le lobby routier. A tel point que le transport routier en France semble être presque « subventionné ». Il en va ainsi de la différence de prix entre le litre de gazole et celui du super, qui n'est pas le résultat d'un équilibre du marché, mais bien d'une pression fiscale moindre – un taux moins élevé de la TIPP (taxe intérieure sur les produits pétroliers). Sans oublier le fait que les routiers bénéficient d'une infrastructure financée par les contribuables alors qu'ils ne supportent même pas le coût induit par l'usure de cette infrastructure. Car, on l'imagine sans peine, un semi-remorque de 40 tonnes cause infinité plus de dommages aux chaussées que les 800 ou 1 000 kg de votre automobile.

Si aucun renversement de tendance ne se produit, les grands axes autoroutiers français, et spécialement l'axe Nord-Sud, connaîtront d'ici 2010 une saturation complète : 26 000 poids lourds cir-

culeront chaque jour entre Beaune et Lyon... Certes, mettre sur pied une vraie politique de transports, qui définisse des priorités, réclame avant tout du courage. Tout le monde a en mémoire les routes bloquées par les camions lors de l'instauration du permis à point...

Mais il existe d'autres solutions que des mesures autoritaires d'interdiction. Ainsi, celle de notre bonne vieille SNCF, qui a conçu un projet phare. Un projet qui pourrait bien favoriser un changement de donne – à condition que l'Etat la suive sur le plan financier. Le projet « d'autoroute ferroviaire », c'est son nom, part d'une idée simple : pourquoi ne pas mettre les camions dans les trains sur les grands axes en voie de saturation ? Exposée comme telle, l'idée n'a, *a priori*, rien de révolutionnaire. Les Suisses et les Autrichiens la pratiquent depuis longtemps avec leur « route roulante » sous les tunnels alpins. Plus récemment, Eurotunnel a affiné la solution avec ses navettes Shuttle, dans lesquelles s'engouffrent les camions tandis ▶

## Une gare pour des trains de 2 km de long

Dans un terminal de l'autoroute ferroviaire, situé à proximité d'une autoroute ①, les camions accèdent latéralement aux wagons ②. Ces plates-formes de 20 m de long, affleurant les quais ③, forment des convois pouvant atteindre plus de deux kilomètres, tractés alors par plusieurs motrices ④ jusqu'à un autre terminal ferroviaire.



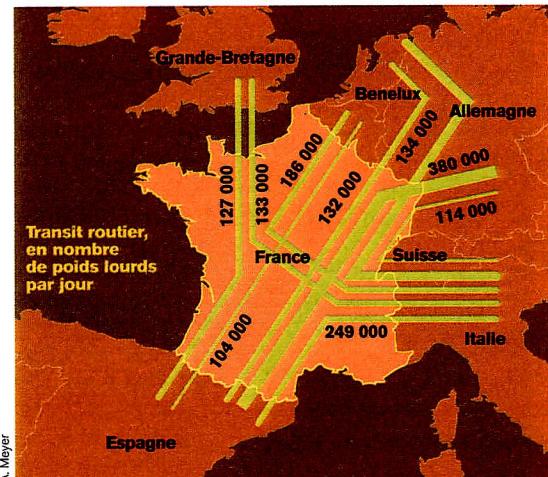
► que les chauffeurs se rendent dans une voiture-salon le temps de la traversée du tunnel sous la Manche. Mais l'objectif de la SNCF avec l'autoroute ferroviaire c'est bien de mettre en place une infrastructure qui ne serve pas simplement au franchissement d'un obstacle géographique, mais qui constitue une alternative aux autoroutes sur plusieurs centaines de kilomètres.

Tout comme une ligne TGV, l'autoroute ferroviaire suppose donc une infrastructure nouvelle. Et ce qui importe, en l'occurrence, ce n'est pas que les trains roulent à des vitesses de l'ordre de 300 km/h, mais bien plutôt qu'ils emmènent sur leurs wagons des mastodontes de la route pouvant mesurer jusqu'à 4,20 m de haut – ce qui suppose de sacrés gabarits pour les tunnels – et peser plus de 40 tonnes. Tout cela implique une plate-forme de la ligne ferroviaire plutôt robuste. Ajoutez à cela que le tracé de la ligne doit s'inscrire comme un complément du réseau autoroutier de façon à assurer de bonnes connexions, et ce, grâce à des terminaux d'échanges entre les deux infrastructures.

La vitesse limite sur cette ligne a été fixée à 160 km/h mais, en fait, les trains ne circuleront qu'à 120 km/h. La ligne sera électrifiée en 25 000 volts comme les autres grandes artères du reste du réseau. Elle aura des déclivités de 12,5 % pour l'axe Nord-Sud, et de 15 % pour l'axe Lyon-Turin – contre 35 % pour les lignes TGV. Elle devrait être accessible à tous les types de trains, mais le service d'autoroute ferroviaire proprement dit sera assuré par un matériel spécifique qui ne pourra pas circuler sur les autres lignes du réseau.

Le matériel roulant prendrait la forme d'une rame de base longue de 750 mètres, se composant d'une motrice de tête type Asytric 36 000, et d'une rame articulée de 36 plates-formes. Cette rame permettra de charger au minimum 35 poids lourds latéralement, à la différence des Suisses et d'Eurotunnel, où les poids lourds s'engouffrent dans les trains à la queue leu leu, doublant au moins ainsi le temps des opérations de chargement/déchargement.

Le train de base de l'autoroute ferroviaire comportera également une voiture-salon pour les chauffeurs, et une autre motrice télécommandée à la fin du convoi. Ces rames de base pourront circuler en unités multiples, ce qui donnera des trains d'une longueur de 1 500 mètres, voire même 2 250 mètres, emportant alors de 70 à 105 camions. La charge à l'essieu serait de 22,5 tonnes



## La France, couloir à poids lourds

En France, pays de transit par excellence, le trafic routier dû aux semi-remorques a été multiplié par 2,6 depuis 1984. Pollution, danger, coût financier : le risque est grand de voir les autoroutes françaises totalement saturées dans les dix prochaines années.

– contre 17 tonnes pour le TGV. Les rames seront équipées du freinage électropneumatique, ainsi que de freins à disque pour améliorer ce freinage et en réduire le niveau de bruit.

L'autoroute ferroviaire est dimensionnée pour transporter 30 000 camions en vingt-quatre heures. Pour ce faire, elle devra assurer un service de navettes permettant des départs toutes les demi-heures, ou même tous les quarts d'heure en période de pointe. Le matériel aura une rotation élevée, de l'ordre de 300 000 km par an. Les terminaux d'échange route-rail devront être

honorables, ou même tous les quarts d'heure en période de pointe. Le matériel aura une rotation élevée, de l'ordre de 300 000 km par an. Les terminaux d'échange route-rail devront être

situé à proximité des autoroutes pour assurer les meilleures connexions entre les deux réseaux.

Le coût d'un terminal, estimé à 500 millions de francs, s'explique par sa taille, qui devra avoir une longueur au moins égale à celle des trains et d'immenses surfaces pour le stationnement des semi-remorques. Chaque voie de chargement et de déchargement est entourée de deux quais destinés à la circulation routière ou d'un quai et d'un contre-quai visant à assurer la sécurité de la main-d'œuvre lors du chargement des poids lourds. Les opérations d'embarquement ou de débarquement

## Un quart d'heure pour charger ou décharger

rapides ne dépasseront pas le quart d'heure. Comme les quais seront exactement à la même hauteur que les wagons plates-formes, ce sont les chauffeurs qui chargeront eux-mêmes leur camion sur l'autoroute ferroviaire, de façon latérale, c'est-à-dire en réalisant de simples créneaux. Ils pourront ensuite profiter du voyage pour respecter le repos légal obligatoire. La direction de la recherche de la SNCF mène actuellement des essais pour définir la meilleure façon pour les chauffeurs de bien centrer leur véhicule sur le wagon afin d'éviter qu'un poids lourd mal stationné ne déborde de la plate-forme.

Mais d'autres défis technologiques ne semblent pas réglés pour l'instant, par exemple le calage des camions. Un point très important, puisque les trains circuleront à 120 km/h. La résistance aux vents constitue l'un des autres problèmes à résoudre. Car, les semi-remorques mesurant parfois plus de 4 mètres de haut, on imagine sans mal la prise au vent des navettes. Faut-il s'attendre à voir le long de cette ligne de longs panneaux brise-vent comme Eurotunnel en a installé sur ses terminaux de Coquelles et de Folkestone ?

La réalisation de cette infrastructure nouvelle est envisagée par tronçon, d'une part sur un axe Bourgogne-Méditerranée, c'est-à-dire

entre Dijon et Avignon, d'autre part entre le Nord et la Bourgogne, de Lille à Dijon. Ces tronçons seraient construits au fur et à mesure de l'apparition des points de congestion. Sur cet axe Nord-Sud, le tracé de l'autoroute ferroviaire a été prévu le plus direct possible en réutilisant, sauf pour contourner les agglomérations, les couloirs ferroviaires existants. Ainsi par exemple, en vallée du Rhône, le tracé projeté utilisera le couloir de la rive droi-

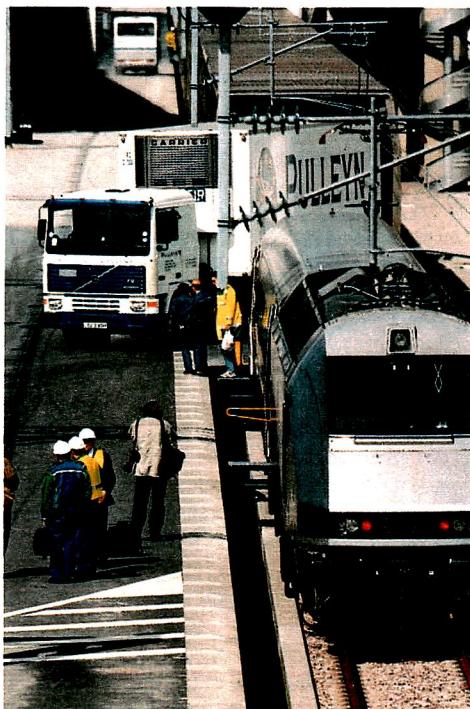
te, ce qui impliquera par moment de réduire la vitesse à 100 km/h.

Mais on évoque également de plus en plus la nécessité de réaliser un tronçon d'autoroute ferroviaire sur l'axe Lyon-Turin. Partant de la Bresse, où il se serait connecté à l'axe central, ce tronçon partagerait, avec le projet de ligne à grande vitesse Lyon-Turin, le tunnel de plus de 50 km sous le Fréjus, ainsi que le tunnel sous le Belledonne. Il peut être réalisé en plusieurs phases : d'abord une liaison courte, et ce, dès l'ouverture du tunnel entre la vallée de la Maurienne et celle

de la Doire Ripaire ; et des liaisons plus longues, impliquant en phase finale une ligne spécialisée dans le transport de marchandises, de la vallée de l'Isère aux nœuds ferroviaires et autoroutiers de la zone d'Ambérieu (évitant Chambéry et Aix-les-Bains). Ce tronçon d'autoroute ferroviaire permettrait d'apporter une réponse au triplement attendu d'ici 2015 du trafic sur l'axe transalpin, par exemple dans la vallée de Chamonix, vers le tunnel sous le Mont-Blanc. Un tronçon de 400 km correspond en gros à un investissement de 20 à 25 milliards de francs. Le coût de l'autoroute ferroviaire est, en effet, de l'ordre de 50 millions de francs au kilomètre, ce qui donne un coût relativement voisin d'une autoroute deux fois

trois voies ou d'une ligne TGV classique.

L'autoroute ferroviaire éviterait le rejet dans l'atmosphère de 500 000 tonnes de gaz carbonique et permettrait d'économiser environ 700 000 tonnes d'équivalents pétrole si l'on en croit la SNCF. Reste à savoir si les pouvoirs publics se décideront à financer cette infrastructure titanique et si les routiers prendront le train. Rien n'est moins sûr... ▶



La vie du rail / recours

## Quand le camion prend le train

**A Coquelles, terminal d'Eurotunnel, les trains sont chargés sur des navettes ferroviaires avant d'emprunter le tunnel sous la Manche.**

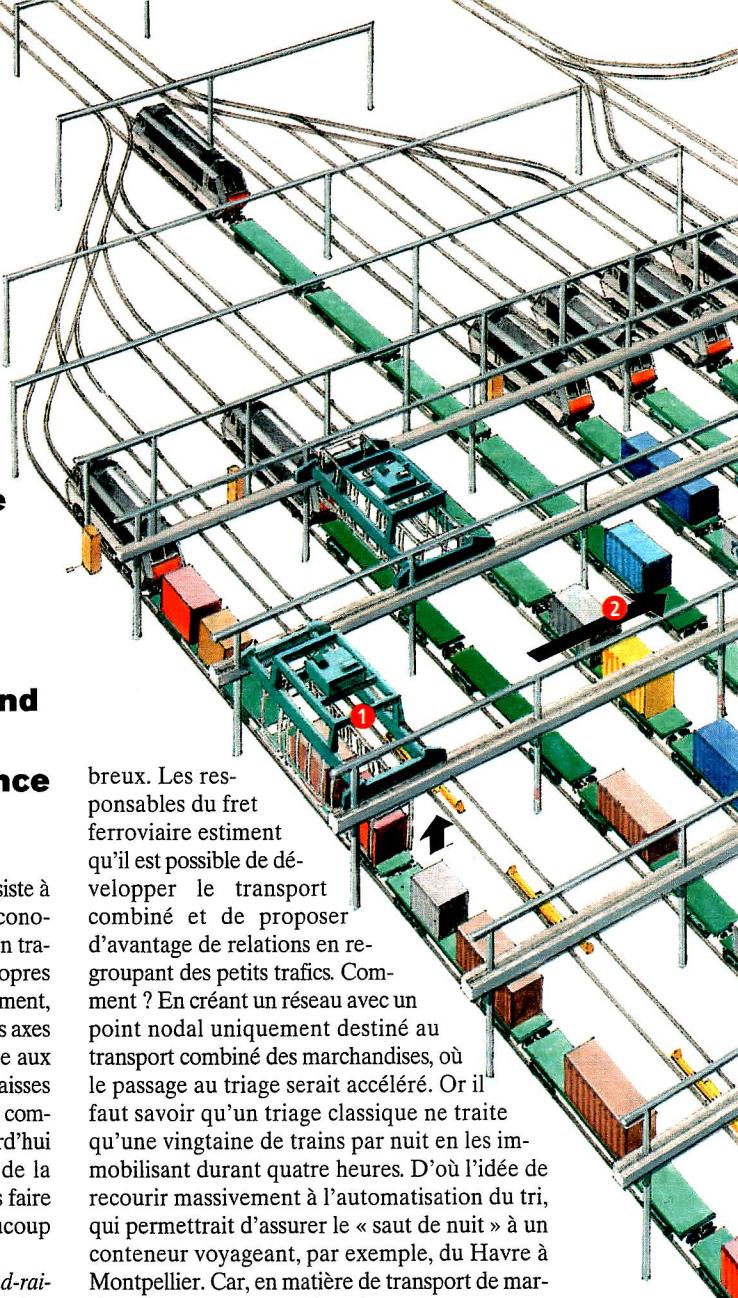
# Commutor : des conteneurs sur rails

**Des trains chargés de conteneurs. Une gare de triage totalement automatisée pour faire passer les caisses d'un train à l'autre. C'est Commutor, « le plus grand projet d'automatisation du fret depuis la naissance des chemins de fer ».**

Le transport combiné, cela consiste à remplacer, là où c'est justifié sur le plan économique, le parcours routier d'une caisse par un trajet en train. Avec, à la clé, les avantages propres au mode ferroviaire : respect de l'environnement, moindre coût humain, plus grande fluidité des axes autoroutiers dégagés de poids lourds. Grâce aux unités de transport intermodales (UTI) – caisses routières et conteneurs aériens – le transport combiné a le vent en poupe. Il représente aujourd'hui plus de 20 % du trafic de marchandises de la SNCF. Mais attention, ce chiffre ne doit pas faire illusion ; le transport combiné pèse beaucoup moins dans le trafic global européen.

Bien qu'il existe des systèmes baptisés *road-rail*, ou « semi-rail », où l'on glisse des bogies ferroviaires sous des semi-remorques, en France, le transport combiné se traduit le plus souvent dans les faits par le transbordement d'une UTI d'un cargo ou d'un camion à un wagon plat. Cela implique de lourdes opérations de manutention, et notamment l'utilisation de portiques ou de ponts afin d'assurer le levage et le transbordement du conteneur du camion sur le wagon et vice versa. Or le développement du combiné s'est fait jusqu'à maintenant grâce à des trains entiers qui évitent ainsi le long et fastidieux passage par les triages.

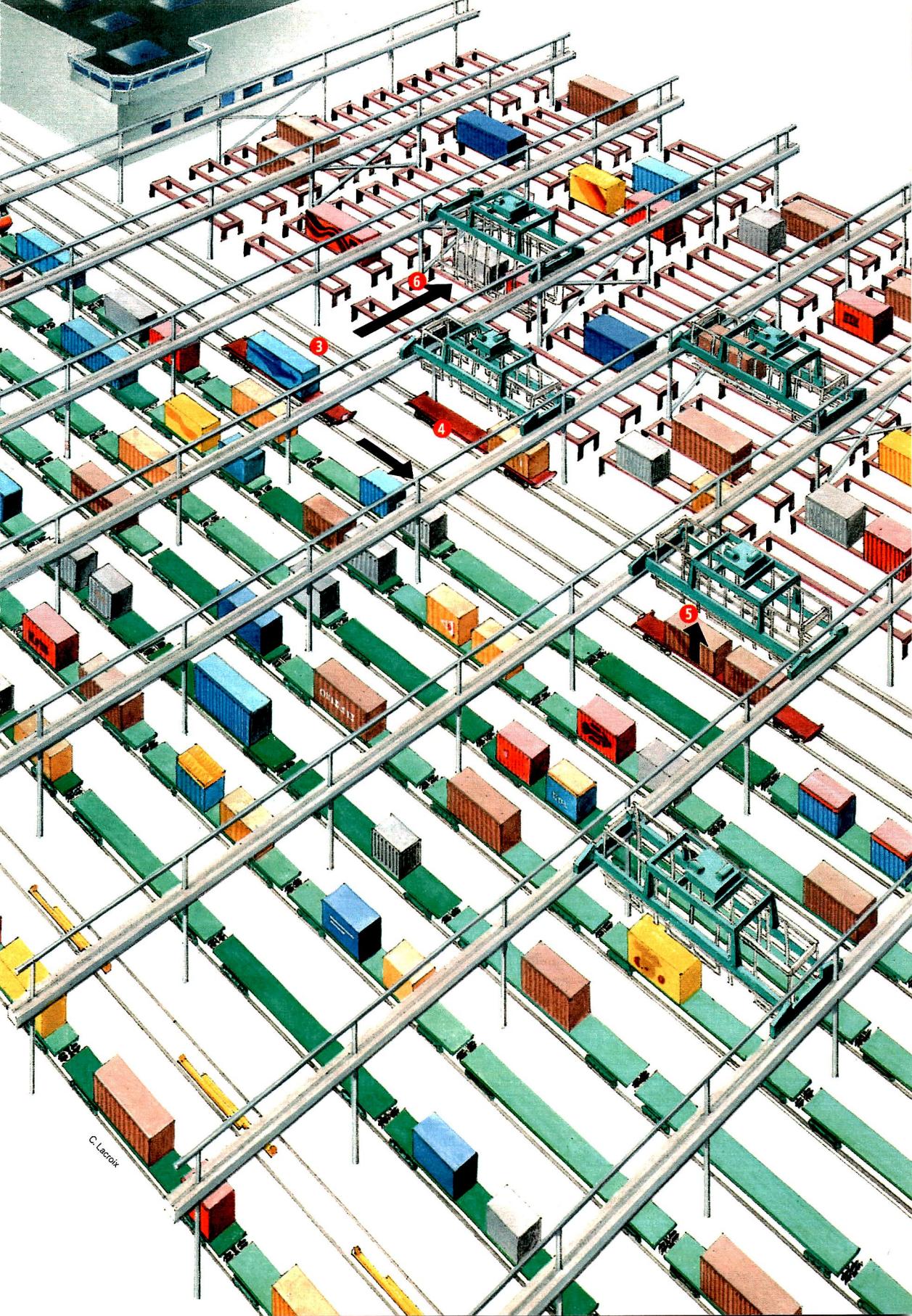
Mais le recours aux trains entiers n'est justifié que sur des axes générant un trafic minimum d'au moins 1 000 000 de tonnes par an et par sens. Il est utile de préciser que ces axes ne sont pas nom-



breux. Les responsables du fret ferroviaire estiment qu'il est possible de développer le transport combiné et de proposer d'avantage de relations en regroupant des petits trafics. Comment ? En créant un réseau avec un point nodal uniquement destiné au transport combiné des marchandises, où le passage au triage serait accéléré. Or il faut savoir qu'un triage classique ne traite qu'une vingtaine de trains par nuit en les immobilisant durant quatre heures. D'où l'idée de recourir massivement à l'automatisation du tri, qui permettrait d'assurer le « saut de nuit » à un conteneur voyageant, par exemple, du Havre à Montpellier. Car, en matière de transport de marchandises, tout se passe la nuit.

## Les robots trieurs de caisses

La gare de triage automatisée Commutor permet le transbordement des caisses d'un train à un autre. Elle comporte des ponts mobiles munis de palonniers qui lèvent les caisses 1, et les transportent latéralement au-dessus des voies 2 jusqu'à une navette 3. Celle-ci en assure le transport longitudinal 4 vers un autre pont transbordeur 5, qui les déposera sur un autre train... Navette et ponts transbordeurs font aussi transiter les caisses vers l'aire de stockage 6, en attendant qu'un train puisse les emporter jusqu'à leur destination.



► Depuis 1987, la direction de la recherche de la SNCF travaille donc sur un projet lourd baptisé d'un nom de robot hollywoodien : Commutor. Le directeur de la recherche de la SNCF, Jacques Pellegrin, l'a souvent défini comme « le plus grand projet d'automatisation du fret depuis la naissance des chemins de fer ». Comme la racine de son nom le laisse deviner, ce projet vise d'abord à mettre en correspondance des trains de transport combiné – c'est-à-dire chargés de conteneurs maritimes ou de caisses routières – et à assurer le transbordement automatique de ces dernières d'un train à un autre grâce à des robots.

En 1987, un appel d'offres est lancé concernant la réalisation d'un système de transbordement automatique performant. Les solutions proposées par deux entreprises – Technicatome, et Automatisme et Technique – sont testées sur un site expérimental à Trappes (Yvelines). Le système Technicatome implique un type de wagon particulier de longueur unique (20 m), et un pont roulant mobile suivant un axe perpendiculaire aux voies équipé d'un palonnier fixe pour saisir les caisses. Au contraire, le système développé par Automatisme et Technique est composé d'un long pont qui surplombe le train sur toute sa longueur. Cette dernière solution sera écartée car jugée difficile à mettre en œuvre quand il y aurait plusieurs trains à traiter.

C'est donc à partir des composants de base du système Technicatome que l'on va imaginer l'ensemble du « point nodal Commutor », appelé à jouer le rôle de pivot d'un nouveau réseau de transport combiné. La grande différence qu'impose Commutor par rapport à un triage classique, c'est que les trains ne sont plus « débranchemés », c'est-à-dire fractionnés en wagons : ce sont les caisses qui sont déplacées. Le point nodal Commutor doit s'étendre sur un rectangle d'une superficie de 145 m x 800 m afin de pouvoir assurer le transbordement automatique et simultané des caisses de huit trains, comptant chacun de 30 à 36 wagons. Ces huit trains, longs chacun de 750 mètres, expédiés en début de soirée par des chantiers où ils ont été chargés depuis des camions ou des navires, ont donc un rendez-vous programmé à la gare Commutor, qui joue le rôle de pivot du réseau. On a pensé l'implanter à Noisy-le-Sec dans la région parisienne, avant que certains n'émettent des réserves sur l'encombrement des lignes de la grande ceinture et sur les risques de nuisances sonores pour les riverains.

La gare Commutor, interdite à toute présence, notamment pour éviter les risques d'accident lors des manipulations des caisses, ressemblera à une immense cage. C'est en tout cas ce que laisse ima-



## Un robot transbordeur

Sur le site expérimental de Trappes, la SNCF teste un pont de transbordement des conteneurs. Un palonnier s'abaisse, déverrouille le conteneur, le soulève, et transporte cette encombrante valise vers un autre train.

giner sa maquette. En effet, le chantier Commutor, tel qu'il a été imaginé, serait enjambé par une trentaine de travées entre lesquelles se déplaceront les ponts transbordeurs, qui ont pour mission d'attraper les caisses par en dessous grâce à leur palonnier, avant de les lever et de les faire transiter d'un train à un autre. Les wagons sont d'un type particulier puisqu'ils doivent disposer de « chevilles-arrimage », dispositifs verrouillés et déverrouillés par le palonnier. Le premier système d'arrimage imaginé, considéré comme peu fiable, a conduit la

direction de la recherche à en imaginer un autre, sur lequel elle garde aujourd'hui le silence.

Il se peut que certaines caisses de l'un des trains aient une destination qui ne figure pas au programme des sept autres trains de la même « pulsation » – pour reprendre le vocabulaire utilisé. Dans ce cas, le transbordeur dépose la caisse sur l'un des 350 emplacements de l'aire de stockage, où elle attendra qu'un train pour la bonne destination veuille bien l'embarquer.

L'objectif visé est d'abord la rapidité de l'opération puisque le temps d'une « pulsation » de huit trains devrait être de cinquante minutes. Mais les concepteurs ont préféré se garder une marge, en espaçant les rendez-vous entre les trains d'une heure et cinquante minutes. Selon les responsables de la recherche, la gare Commutor aurait une capacité de traitement de 60 trains par nuit.

Voyons le rôle de chacun des composants de Commutor. A commencer par les ponts transbordeurs, larges de 20 m, qui sont en fait de véritables robots. Un de ces ponts est testé actuellement dans le site expérimental de Commutor, à Trappes. Ce transbordeur compte six moteurs électriques à courant alternatif triphasé. Quatre de ces moteurs assurent la translation des charges à une vitesse qui doit atteindre 2 mètres/seconde, avec une précision de manœuvre de 2 cm. Ses deux autres moteurs servent au levage des caisses proprement dit. Ce transbordeur est en principe capable de manipuler jusqu'à 72 tonnes, même si le poids d'un conteneur dépasse rarement 36 tonnes. Ils devront également pouvoir se déplacer le long de travées d'une quarantaine de mètres, au-dessus des huit trains et des 12 rangées de l'aire de stockage.

Ces chariots transbordeurs sont complètement automatisés et téléguidés par un système informatique, le « superviseur ». Celui-ci pilotera toutes les opérations de transbordement, celles effectuées par les ponts mais également celles de huit navettes automatisées. Ces navettes, alimentées par un troisième rail électrifié, permettront de déplacer les conteneurs le long des trains. Le superviseur doit également piloter le positionnement automatique des trains à l'arrivée grâce à un système situé entre les rails, car les mécaniciens ne peuvent stopper leur train au centimètre près.

Reste que ce superviseur informatique, pour jouer son rôle de chef d'orchestre entre tous les composants de Commutor, aura besoin de

connaître à l'avance la composition des trains qui arriveront dans la gare Commutor. Il est indispensable que le superviseur soit connecté en amont au système central informatique de Fret SNCF, qui gère la circulation des marchandises sur les chemins de fer français. En effet, il faut bien programmer les « rendez-vous » des huit trains qui se retrouveront au même moment dans la gare si l'on veut assurer des liaisons qui ne dépassent pas la nuit. Pour ce faire, les chantiers expéditeurs devront respecter le plan de chargement préétabli par le système informatique central, faute de quoi le superviseur aura du mal à programmer une opération de transbordement, et ce, même s'il est prévu pour encaisser un taux de 30 % d'erreur. Tout cela implique donc, outre l'investissement de un milliard de francs pour la gare automatisée et le parc de wagons (à 500 000 francs l'unité), de développer un système informatique de réservation pour les caisses.

Cela fait encore beaucoup de développements pour un système dont les paramètres ne sont pas encore tous validés. Du coup, on peut se demander aujour-

## Tout est télécommandé par un cerveau informatique

d'hui si la mise en service de ce point nodal automatisé, initialement prévu pour 1997, puis pour l'an 2000, ne se fera pas beaucoup plus tard. C'est en tout cas ce qui arrivera si le projet n'est pas inscrit dans le futur contrat de plan quinquennal Etat-SNCF, qui devrait être signé d'ici l'été. Car la direction de la SNCF s'interroge aujourd'hui très fortement sur l'opportunité de donner un feu vert au projet...

Depuis les déboires de Socrate, la SNCF a peur des gros projets technologiques présentés comme des ruptures par rapport à l'existant. Elle n'a pas envie d'être accusée plus tard d'avoir investi plus d'un milliard dans une « usine à gaz » complètement robotisée. Et ce, même si elle a déjà investi 40 millions de francs pour le seul site de Trappes. Certains à la SNCF préconisent une solution beaucoup plus progressive, visant à informatiser d'avantage les triages actuels. Mais les ingénieurs qui ont mis au point Commutor ne désarment pas et tentent d'améliorer aujourd'hui leur copie en proposant, par exemple, une rame indéformable plus basse, permettant d'emporter des caisses hautes de 3,25 m alors que le projet n'autoriserait à l'origine que des hauteurs de 2,90 m. La réponse sur l'avenir du projet sera donnée par la direction de la SNCF d'ici l'été.

# Le TGV Fret

**Des TGV spécialisés dans le transport ultra-rapide des marchandises : c'est le projet de fret express de la SNCF, qui pourrait voir le jour à l'horizon 2005. Si toutefois la disponibilité des voies de TGV le permet...**

Sur le plan commercial comme sur le plan technique, le TGV est un succès. Sur les voyages de moins de trois heures, il est plébiscité par les voyageurs. Pourtant il existe aussi des rames qui n'emportent pas de voyageurs, qui roulement tous les jours et qui sont pleines à craquer. Ce sont les trois TGV postaux, reconnaissables à leur peinture jaune et à leur immense logo « La Poste ». Ces rames ne sont rien d'autre que les TGV orange Paris-Lyon, ceux de la 1<sup>re</sup> génération, adaptés dans les ateliers de la SNCF en version cargo. Les TGV postaux peuvent transporter 65 tonnes de courrier, et ils ont donné des idées à d'autres. Par exemple à JET Services, une entreprise de messagerie express, qui a étudié avec la SNCF la possibilité d'exploiter un TGV cargo entre Lyon et Marseille, et Paris et Bordeaux.

Le fret express est le secteur le plus rentable du transport avec un taux de croissance mondial de l'ordre de 15 %. Telle filiale d'un grand groupe a besoin de recevoir au plus vite un logiciel ou une pièce de rechange. Les grands courriers internationaux, type Federal Express ou DHL, se sont ainsi constitué des flottes d'avions cargos et de camions, dans l'objectif d'acheminer toujours plus vite des colis. Les *integrators*, comme on les surnomme, n'ont pas la religion d'un mode de transport particulier : seuls comptent le délai d'acheminement et le coût.

Pourquoi dès lors ne pas penser que, à l'horizon 2005, des TGV uniquement dédiés au fret express pourraient voir le jour ? La direction de la recherche de la SNCF s'est mise à réfléchir à la conception d'un véritable « TGV Fret ». Un TGV qui ne soit pas qu'une simple adaptation des rames voyageurs, destiné à un seul client, mais qui réponde aux besoins de plusieurs transporteurs. Le TGV Fret serait de couleur verte. Il serait dé-

rivé du TGV à deux niveaux qui devrait faire son apparition en 1996. Il n'emporterait dans ses soutes que des envois remis sur palettes et conteneurs aériens hauts de 3 mètres, larges de plus de 2 et longs de plus de 3. Mais une autre formule, qui pourrait voir le jour plus rapidement, consisterait à adapter une rame du TGV Paris-Lyon de façon à pratiquer le *quick change*, comme sur les Boeing 737 de l'Aéropostale. De jour, les appareils affrétés par Air Inter acheminent des voyageurs. La nuit, on remplace les hommes par des conteneurs. Pourquoi ne pas faire pareil avec les TGV ?

La première formule offre une capacité supérieure du fait de l'absence d'aménagements intérieurs pour les voyageurs (isolation, toilettes, bar) tandis que la formule du *quick change* implique que la SNCF mette au point des portes étanches de grandes dimensions. Dans les deux cas, l'addition est salée. Quoiqu'il en soit, les motrices seront identiques à celles des trains prévus pour le TGV PBKA (Paris-Bruxelles-Cologne-Amsterdam). Elles devront être capables de s'affranchir des différences entre les systèmes électriques de France, de Belgique, des Pays-Bas et d'Allemagne afin d'offrir des relations sur l'international. Le développement sur une quinzaine de rames dépasserait le milliard de francs.

La SNCF n'est pas la seule à penser à de telles adaptations puisque la DB – les chemins de fer allemands – auraient également dans leurs cartons un projet d'« ICE Fret » à deux niveaux. Différence avec la solution française, le niveau supérieur serait destiné aux passagers et le niveau inférieur aux conteneurs. Cet ICE mixte pourrait ainsi acheminer des conteneurs en journée.

Mais qui dit fret express suppose un réseau et une organisation spécifiques. Le réseau, ce sera, bien sûr, le réseau à grande vitesse européen tel qu'il sera en 2005 ou 2010, avec un point nodal qui devrait se situer à Roissy (voir dessin ci-contre). D'après des études menées par Fret SNCF, ce TGV Fret pourrait générer un chiffre d'affaires de l'ordre du milliard de francs par an. ■

## Roissy, 23 h 30

Ce TGV Fret 1 est parti de Turin à 19 h, chargé de marchandises italiennes. Des colis sont déchargés au "point nodal du réseau TGV Fret" de Roissy quelque cinq heures plus tard. Ils sont immédiatement chargés dans un avion cargo 2 reliant Séoul à New-York avec une escale à Paris, mais aussi dans des camions 3 à destination de Troyes, de Chateaudun et de la banlieue parisienne, certains, enfin, sont stockés dans un hall 4, en attendant le TGV pour Rennes qui arrivera dans dix minutes. Des caisses de matériel vidéo provenant de Séoul sont transbordées de l'avion au TGV, ainsi que des colis amenés par camion. Le tout part à destination de Bruxelles, où les conteneurs seront livrés vers 4 h du matin...

C. Lacroix



# RELATIVITÉ

# Poincaré a précédé Einstein

**La relativité, découverte en 1904, fut admise et confirmée par la communauté scientifique dès 1915.**

**Aucun prix Nobel ne fut jamais attribué pour cette découverte majeure, et pour cause : celui qui, le premier, avait énoncé le principe de relativité était mort en 1912. C'était Henri Poincaré.**

PAR RENAUD DE LA TAILLE

En 1887, la science est dans l'impasse : une expérience d'interférométrie menée par Michelson et Morley ne montre pas trace des effets qu'elle devait révéler dans le cadre de la physique alors admise par tous les chercheurs. Ce cadre est le suivant : Newton, en 1687, a postulé l'existence d'un espace et d'un temps absolus ; Fresnel, en 1820, a énoncé la théorie ondulatoire de la lumière qui implique, comme support de propagation, un éther impalpable qui remplit tout l'espace. Cet éther, qui était à l'espace interstellaire ce que l'air est à notre espace domestique, aurait été à la fois rigide comme un solide et plus tenu que le gaz le plus léger.

L'aberration des étoiles, un mouvement apparent découvert en 1728 par Bradley, s'explique alors comme résultant de la composition de la vitesse de la lumière avec la vitesse de la Terre dans un éther fixe. En 1865, Maxwell donne les équations qui décrivent la propagation dans l'espace des effets électromagnétiques. Cette propagation se fait à la vitesse de la lumière, et Hertz prouve en



1887 que la lumière est elle-même une onde électromagnétique.

Reste à mettre en évidence le mouvement de la Terre par rapport à cet éther qui sert de milieu de propagation aux ondes lumineuses. L'expérience de Michelson est montée dans ce but, et elle ne révèle rien : il faudrait alors admettre que la Terre entraîne l'éther dans son mouvement, mais à ce moment l'aberration des étoiles devient inexplicable. Le problème semble insoluble.

C'est alors qu'entrent en jeu un physicien d'envergure, le Hollandais Hendrik Lorentz, et un mathématicien de génie, le Français Henri Poincaré. Le premier est universellement connu par les transformations qui portent son nom, le second l'est beaucoup moins, à tel point qu'il n'existe même pas un seul ouvrage complet sur sa vie. Par chance, un ancien polytechnicien, Jules Leveugle, s'est penché pendant plus de deux ans sur le rôle joué par Poincaré dans la genèse des travaux qui ont abouti à l'abandon de l'éther au profit des transformations de l'espace à quatre dimensions.



## $E = mc^2$ , c'est lui

Henri Poincaré – le premier dans l'histoire des sciences – note, en 1900, que l'énergie rayonnée possède une masse  $m$  égale à  $E/c^2$ . Cette équivalence entre masse et énergie explique aussi bien le rayonnement des étoiles que l'énergie des centrales atomiques.

## RELATIVITÉ

► Il a publié le résultat de ses recherches en avril 1994 dans le mensuel des anciens de Polytechnique, et nous l'avons rencontré ensuite pour mieux cerner l'œuvre de Poincaré à cette époque, cruciale pour la physique, qui va de 1899 à 1905.

En 1887, c'était donc la confusion due au résultat négatif de l'expérience de Michelson. Cinq ans plus tard, Lorentz présentait les débuts de sa théorie des électrons qui permettait de simplifier l'interprétation des équations de Maxwell. Un peu plus tard, il introduisait une contraction des longueurs subie par les corps en mouvement dans un éther fixe. Cette théorie, publiée en 1895, comportait un artifice mathématique que Lorentz appelait "temps local".

C'est à ce moment que Poincaré va entrer en scène, et intervenir profondément dans le débat sur l'électrodynamique des corps en mouvement. Henri Poincaré est né à Nancy en 1854 ; il y fit ses études secondaires, puis fut reçu major de Polytechnique en 1873. Myope, gaucher, et remarquablement maladroit dans la vie courante, il était pourtant déjà considéré par ses professeurs comme "un monstre de mathématiques".

Il fut répétiteur d'analyse à Polytechnique, puis professeur de physique mathématique et d'astronomie mathématique à la Sorbonne, professeur d'électricité théorique à l'Ecole des télécommunications, et membre de l'Académie des sciences à 33 ans. Il mourut en 1912, à 57 ans, des suites d'une opération. Ses découvertes en géométrie différentielle, en topologie algébrique, en calcul des probabilités, en analyse fonctionnelle et autres ont fait dire à Jean Dieudonné, l'un des fondateurs du groupe Bourbaki (1) : «Poincaré, génie égal à Gauss, et aussi universel. Il a dominé toutes les mathématiques de son temps.»

Sa distraction et son détachement des choses quotidiennes étaient légendaires, mais sa réputation et sa générosité – il attribuait à d'autres des découvertes qu'il avait lui-même faites – étaient universelles parmi les mathématiciens. C'est ainsi qu'il put résoudre le célèbre problème de mécanique céleste dit "des trois corps" – sur lequel avaient buté les plus grands mathématiciens – et donner les trajectoires suivies.

La solution proposée est un modèle de génie mathématique, et il en poussa les conclusions très loin, au point d'ouvrir une nouvelle branche de l'analyse, celle des trajectoires chaotiques. Il montra, sans le secours d'aucun ordinateur, que ces trajectoires dynamiques peuvent prendre des allures très désordonnées, presque imprévisibles, selon la valeur des paramètres de départ – ce qu'on appelle aujourd'hui la sensibilité aux conditions initiales en théorie du chaos.

## Elles ont révolutionné le siècle

Le groupe de transformations, établi par Poincaré à partir des équations de Lorentz, est à la base de toute la physique relativiste actuelle.

$$x' = x$$

$$y' = y$$

$$z' = \frac{z - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$t' = \frac{t - \frac{vz}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$x = x'$$

$$y = y'$$

$$z = \frac{z' + vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$t = \frac{t' + \frac{vz'}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Qui plus est, en coupant ces trajectoires par un plan, il montra que les points d'intersection formaient un ensemble discontinu dont la densité sur un domaine donné pouvait être décrite par le calcul des probabilités. Il faisait ainsi le joint entre deux domaines qui semblaient incompatibles, celui du déterminisme et celui du probabilisme. C'est également lui qui, par le biais des cycles limites, ouvrit la voie aux concepts d'attracteurs et de courbes fractales. En fait, Poincaré fut un mathématicien d'une envergure exceptionnelle comme on n'en rencontre que deux ou trois par siècle.

En 1899, il est donc professeur de physique mathématique à la Sorbonne, c'est-à-dire qu'il s'occupe de la description mathématique des phénomènes observés en physique. A ce titre, il suit de près les problèmes soulevés par l'expérience de Michelson, et connaît la théorie proposée par Lorentz qui introduit un temps local et une contraction des longueurs dans un éther fixe. Or, dans son cours "Électricité et optique", Poincaré écrit : «Cette étrange propriété semblerait un véritable coup de pouce donné par la nature pour éviter que le mouvement de la Terre puisse être révélé par des phénomènes optiques. Ceci ne saurait me satisfaire... Je considère comme très probable que les phénomènes optiques ne dépendent que des mouvements relatifs des corps matériels en présence... et cela rigoureusement.»

En trois phrases, Poincaré vient d'éliminer l'éther. L'année suivante, en 1900, dans *la Théorie de Lorentz et le Principe de réaction*, il donne une interprétation physique du temps local de Lorentz : c'est le temps d'observateurs mobiles qui

1) Nom collectif d'un groupe de mathématiciens français de haut niveau qui ont regroupé leurs connaissances dans le cadre de la théorie des ensembles.



BOYER-VOLLET

## Hendrick Lorentz, prix Nobel de physique 1902 :

*«Je n'ai pas établi le principe de relativité comme rigoureusement et universellement vrai. Poincaré, au contraire, a obtenu une invariance parfaite... et a formulé le postulat de relativité, terme qu'il a été le premier à employer.»*

règlement leurs horloges par des signaux optiques en ignorant le mouvement de translation dont ils sont animés. Il y note aussi : «Si un appareil a une masse de 1 kg, et s'il a envoyé dans une direction unique 3 mégajoules avec la vitesse de la lumière, la vitesse de recul est de 1 cm/s.»

Cela revient à dire que l'énergie lumineuse possède une inertie, tout comme un corps matériel possède un coefficient d'inertie qui est sa masse.

Cette masse équivalente d'une énergie électromagnétique  $E$  vaut donc  $E/c^2$ , formule qu'il donne explicitement, ce qui entraîne  $E = mc^2$ . Il y a là l'équivalence entre masse et énergie dans le cas de l'énergie rayonnée. Max Planck généralisera la formule au cas d'un corps qui gagne ou perd de l'énergie, et en donnera la démonstration en 1907 en s'appuyant sur la notion de quantité de mouvement électromagnétique de Poincaré.

En 1902, celui-ci publie *la Science et l'Hypothèse*, ouvrage qui aura un retentissement considérable dans toute la communauté scientifique. Il y écrit notamment : «Il n'y a pas d'espace absolu, et nous ne concevons que des mouvements relatifs... Il n'y a pas de temps absolu : dire que deux durées sont égales, c'est une assertion qui n'a pas de sens par elle-même et qui ne peut en acquérir un que par convention... Nous n'avons pas l'intuition directe de la simultanéité de deux événements qui se produisent sur deux théâtres différents... Nous pourrions énoncer les faits mécaniques en les rapportant à un espace non euclidien.»

On reconnaît là un certain nombre d'assertions qui sont justement celles de la physique relativiste actuelle. Lorentz a d'ailleurs eu l'ouvrage entre les mains, et il est aussi au courant des critiques formulées par Poincaré en 1899. Lorentz a eu le prix Nobel en 1902, le second de l'histoire après Röntgen, ce qui lui confère une grande autorité. Scientifique rigoureux, il tient compte des objections de Poincaré comme il le signale dans son mémoire de mai 1904 où il propose de nouvelles équations. Il n'abandonne pourtant pas l'idée d'un éther fixe.

Et puis, en septembre 1904, Poincaré est invité par les Etats-Unis à faire une conférence à Saint Louis (Missouri). Il doit y traiter de l'état de la science et de l'avenir de la physique mathématique. Il commence son exposé en montrant le rôle dévolu aux grands principes en l'état de la science à l'époque, et il les énumère : principes de la conservation de l'énergie, de la dégradation de l'énergie, de l'égalité de l'action et de la réaction, de la conservation de la masse, de moindre action.

Il y ajoute, innovation majeure, le «principe de relativité, d'après lequel les lois des phénomènes physiques doivent être les mêmes, soit pour un observateur fixe, soit pour un observateur entraîné dans un mouvement uniforme, de sorte que nous n'avons et ne pouvons avoir aucun moyen de discerner si nous sommes oui ou non entraînés dans un pareil mouvement.»

C'est la première fois qu'est énoncé ce principe de relativité qui concerne non seulement la mécanique, mais aussi l'électromagnétisme. Poincaré termine sa conférence sur ces mots : «Peut-être devons nous construire tout une nouvelle mé-►

## RELATIVITÉ

► canique que nous ne faisons qu'entrevoir où l'inertie croissant avec la vitesse, la vitesse de la lumière deviendrait une limite indépassable.»

En effet, il a tiré du mémoire de 1904 de Lorentz, avec lequel il a une correspondance suivie, ce qu'il appelle un point essentiel qui valide le principe de relativité. Il rédige un résumé de ses recherches dans une "note" à l'Académie des sciences du 5 juin 1905 où l'on trouve la phrase suivante : «Le point essentiel, établi par Lorentz, c'est que les équations du champ électromagnétique ne sont pas altérées par une certaine transformation, que j'appellerai du nom de Lorentz.»

En réalité, c'est Poincaré qui a fait la démonstration de l'invariance des équations de Maxwell, comme le reconnaîtra d'ailleurs très honnêtement Lorentz lui-même : «Ce furent les considérations publiées par moi en 1904 qui donnèrent lieu à Poincaré d'écrire son article, dans lequel il a attaché mon nom à la transformation dont je n'ai pas tiré tout le parti possible... J'ai pu voir plus tard dans le mémoire de Poincaré que j'aurais pu obtenir une plus grande simplification encore. Ne l'ayant pas remarqué, je n'ai pas établi le principe de relativité comme rigoureusement et universellement vrai. Poincaré, au contraire, a obtenu une invariance parfaite... et a formulé le postulat de relativité, terme qu'il a été le premier à employer».

Lorentz avait, en effet, proposé un double changement de variables entre les coordonnées  $\{x, y, z, t\}$  d'un événement dans un repère inertiel, et celles  $\{x', y', z', t'\}$  de ce même événement dans un autre repère inertiel en mouvement par rapport au premier. Mais Poincaré, lui, partant de là, fait correspondre  $\{x', y', z', t'\}$  à  $\{x, y, z, t\}$  par une transformation unique. Cette transformation est symétrique et réciproque : aucun repère ne joue un rôle privilégié, et c'est là le pivot de la relativité. Une conséquence immédiate : la vitesse de la lumière est constante.

C'est cette transformation qu'il appellera «du nom de Lorentz» et qui deviendra classique. De plus, dans sa "note" du 5 juin, il écrit : «L'ensemble de toutes ces transformations jointes à toutes les rotations de l'espace doit former un groupe pour satisfaire au principe de relativité.»

Le mot de transformation a un usage particulier dans la théorie des groupes de transformations en géométrie depuis les travaux de Felix Klein en 1872, et c'est pourquoi Poincaré l'a employé, et non Lorentz. En effet, Poincaré était familier de cette théorie (celle des groupes en algèbre des ensembles) qui n'était alors connue que de quelques mathématiciens de très haut niveau et de certains cristallographes.

Les conséquences de cette découverte seront considérables, car elles montrent que  $x^2 + y^2 + z^2 - c^2 t^2$  est un invariant lié à ce groupe, dont les transformations sont des rotations dans l'espace à quatre dimensions,  $x, y, z, i$ c. On peut considérer que le groupe dit par Poincaré «de Lorentz», et qu'aujourd'hui les physiciens appellent sous une autre forme «groupe de Poincaré», est le fondement de la relativité restreinte.

J.-L. Charmet

Donc, le 5 juin 1905, Poincaré dans sa "note" a donné une forme nouvelle au changement de variables proposé par Lorentz, a remarqué qu'il constitue un groupe et l'a appelé transformation de Lorentz. Grâce à celle-ci, les équations de Maxwell sont invariantes et respectent le principe de relativité : c'est là le «point essentiel». Les bases de la théorie de la relativité sont alors complètes.

Or, le 26 septembre 1905, les *Annalen der Physik* (Berlin-Leipzig) publient un article d'Albert Einstein intitulé «De l'électrodynamique des corps

Le point essentiel, établi par Lorentz, c'est que les équations du champ électromagnétique ne sont pas altérées par une certaine transformation (que j'appellerai du nom de Lorentz) et qui est de la forme suivante.

$$x' = k \ell (x + \varepsilon t), \quad y' = y, \quad z' = z, \quad t' = k \ell (t + \varepsilon x); \quad (1)$$

$x, y, z$  sont les coordonnées ;  $t$  le temps, avant la transformation,  $x', y', z'$  et  $t'$  après la transformation. D'ailleurs  $\varepsilon$  est une constante qui définit la transformation,  $\ell$ .

$$k = \frac{1}{\sqrt{1 - \varepsilon^2}}$$

L'ensemble de toutes ces transformations, joint à l'ensemble de toutes les rotations de l'espace doivent former un groupe; mais pour qu'il ait ainsi, il faut que  $\ell = 1$ ; on a donc à conduire à supposer  $\ell = 1$  et c'est la conséquence que Lorentz aurait obtenu par une autre voie.

## Le point essentiel, selon Poincaré

Sur ce manuscrit de la "note à l'Académie des sciences" du 5 juin 1905, Poincaré commente le groupe de transformations qu'il a tiré des équations de Lorentz. Il insiste, «point essentiel», sur l'invariance des équations du champ électromagnétique, invariance qui fonde justement le principe de relativité.



jamais rien publié sur le sujet auparavant, aurait redécouvert, et quasi-mérit du jour au lendemain, ce que deux scientifiques de la classe de Lorentz et Poincaré n'étaient parvenus à établir qu'après dix ans d'efforts. De plus, et contrairement à la norme en vigueur dès cette époque dans toute publication scientifique, l'article d'Einstein ne fait aucune référence à des travaux antérieurs, ce qui avait frappé Max Born. Pourtant Einstein, qui lisait le français aussi bien que l'allemand, avait lu *la Science et l'Hypothèse* de Poincaré, et sans doute aussi les autres articles ou notes de Lorentz et de Poincaré.

Cela n'empêcha pas Einstein d'être consacré comme le créateur de la relativité, ce qui impliquait évidemment de mettre Poincaré aux oubliettes. Cela se fit sous l'influence de l'école allemande grâce à l'autorité scientifique de Planck et von Laue. En 1907, Planck écrivait : «Le principe de relativité, énoncé par Lorentz, et dans une version plus générale par Einstein...» Poincaré était déjà entièrement ignoré.

A cela, deux raisons majeures. Une querelle de clans, tout d'abord : Poincaré est un mathématicien, pas un physicien ; un prof de maths a-t-il, du haut de sa chaire, des conseils à donner à ceux qui, sur le terrain, se battent avec la dure réalité des expériences ? Une querelle de nations, ensuite : au début du siècle, la science est allemande avec Roentgen, Hertz, Planck, Wien, etc. Les Allemands auraient-ils des leçons à recevoir d'un Français ?

Einstein travaille peut-être à Berne, mais il est né à Ulm, en Bavière ; il fait partie de l'école allemande. Il sera célèbre à ce titre, puis les Américains, médiatisant les choses à outrance, en feront le plus grand savant de l'humanité.

Il y aura pourtant une faille dans cet excès d'honneur. Poincaré meurt en 1912 ; la même année, et les années suivantes, Einstein sera proposé au comité du prix Nobel pour la relativité. Il aura finalement le prix en 1921, mais pour l'effet photoélectrique. C'est que, pour la relativité, il y a un obstacle, et de taille : Lorentz, dont le prestige est immense auprès de l'Académie royale des sciences de Suède, et qui sait mieux que quiconque la primauté de Poincaré dans la genèse de la relativité. ■

## Richard Feynman, prix Nobel de physique 1965 :

«*Dans ce chapitre nous continuerons à discuter du principe de relativité d'Einstein et de Poincaré... Poincaré énonça ainsi le principe de relativité... [ici Feynman poursuit avec l'énoncé de la conférence de Saint Louis]*»

en mouvement". Le manuscrit, signé par Einstein et sa femme Mileva Maric (voir *Science & Vie* n° 871, p. 32) avait été reçu le 30 juin 1905, soit plus de trois semaines après la "note" de Poincaré ; il sera immédiatement détruit après sa publication. Né en 1879, Einstein avait obtenu une licence de physique au Polytechnicum de Zürich, puis était entré au Bureau des brevets de Berne.

Dans son article, on retrouve ce que Poincaré, au cours de dix années de recherches, de dialogue avec Lorentz, et de retouches successives avait déjà publié : inutilité de l'éther, ni temps ni espace absolus, durées égales par convention, principe de relativité, vitesse de la lumière constante, synchronisation des horloges par signaux optiques, transformation de Lorentz, invariance des équations de Maxwell, etc. Einstein y ajoute les formules relativistes de l'effet Doppler et de l'aberration, lesquelles découlent directement des transformations de Lorentz.

Ainsi donc, un chercheur indépendant, n'ayant

# PRISE DE VUE

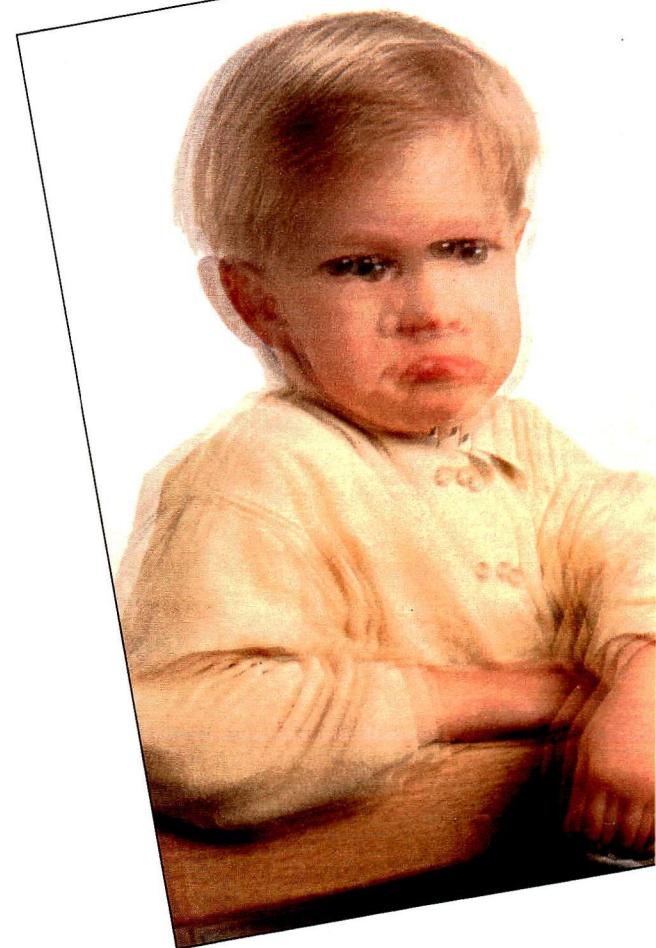
## Adieu les images floues

**Prendre une photo ou filmer caméra au poing compromet souvent la netteté de l'image photographique ou sa stabilité sur l'écran en vidéo. Mais ce défaut est atténué aujourd'hui par les stabilisateurs d'image et sera sans doute éliminé demain.**

PAR ROGER BELLONE

**E**n automatisant les fonctions des appareils de prise de vue (photo, cinéma ou vidéo), les constructeurs ont éliminé les principales causes techniques d'images "ratées". Est-ce à dire que tout est résolu ? Paradoxalement, en s'affinant, l'automatisation de l'exposition et de la mise au point a fait ressortir une autre cause de mauvaises images : le "bougé" de l'appareil durant la prise de vue ; bougé qui, en photo, se traduit par une image floue, et, en vidéo, procure des images instables, dansant sur l'écran. Jusqu'à ces dernières années, un seul remède était proposé : «Si votre main ou si un vent fort fait trembler votre caméra, fixez-la sur un pied robuste et déclenchez-la au moyen d'un câble souple !»

Pourtant, il existait déjà chez les cinéastes professionnels des techniques capables de stabiliser une caméra durant un travelling ou un panorama



mique. Tous faisaient appel à des dispositifs d'amortissement mécanique ou hydraulique absorbant les chocs avant qu'ils ne puissent être transmis à l'appareil de prise de vue. Ce sont les auto-travellings, les dollys, les harnais (ces derniers permettant même à un opérateur de filmer en courant, un jeu de bras compensateurs absorbant tous les mouvements afin que la caméra reste constamment sur un plan horizontal).

Le coût et l'encombrement de ces systèmes les mettent hors de portée des amateurs. Mais, dès



## Les parents tremblent en filmant, les enfants restent nets à l'écran...

... grâce au stabilisateur d'image dont sont équipés certains appareils photos et caméscopes.

que les ingénieurs de l'électronique grand public japonaise s'intéressèrent au problème, au début des années quatre-vingt-dix, ils cherchèrent à les miniaturiser jusqu'à pouvoir les intégrer à un appareil de prise de vue ou à un objectif.

Ainsi sont nés les stabilisateurs d'image. Toutefois, avec ces dispositifs, il n'était plus question d'empêcher la transmission de mouvements inopinés à la caméra, mais de les compenser à l'intérieur de celle-ci, au niveau de l'image. En effet, lorsqu'un appareil de prise de vue subit un

battement, par exemple vertical, l'image danse de même, sur le film ou sur l'écran et c'est ce mouvement qu'il s'agit d'éliminer. Les premiers stabilisateurs y sont parvenus par des moyens électroniques, particulièrement simples à réaliser.

Dans un caméscope (voir dessin p. 122), si, lors de la prise de vue, l'appareil bouge, l'objectif subit les mêmes déplacements et seule la partie centrale de l'image filmée se trouve constamment sur le capteur. Celle-ci est donc analysée en permanence, avec, bien sûr, ses mouvements. La stabilisation fait appel à une analyse électronique de cette image au moyen d'un algorithme qui permet de l'agrandir au format du capteur tout en éliminant le mouvement. Et c'est finalement cette image agrandie et stabilisée qui est enregistrée sur la bande magnétique.

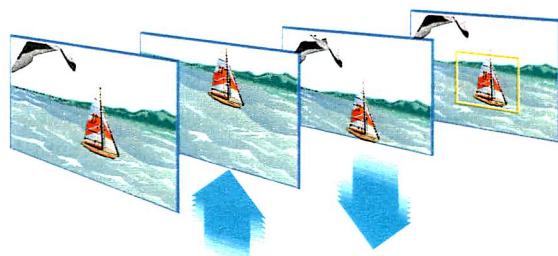
L'avantage de ce système réside dans sa simplicité (une puce de traitement spécifique) et, par conséquent, son prix très économique. Mais, en revanche, il a l'inconvénient de diminuer la qualité de l'image puisque, sur l'écran, seule sa partie centrale agrandie est reproduite. Par exemple, si sur un capteur CCD de 380 000 pixels, la partie centrale recouvre 300 000 pixels, il en est de même de l'image finale qui n'en est que l'agrandissement, soit une perte de 80 000 pixels par rapport à une image non stabilisée.

Ce système équipe aujourd'hui de nombreux caméscopes grand public, le plus souvent de prix moyens (de 6 000 à 9 000 F). Tel est le cas des Blaupunkt Hi-8 FC 865 (prix : 7 500 F), Hitachi Hi-8 VM 58 E (7 500 F) ou Sony CCD-TR 750 (8 500 F). Quelques modèles dépassent tout de même les 10 000 F parce qu'ils sont, par ailleurs, dotés de perfectionnements complémentaires, notamment, pour le montage vidéo et audio : Panasonic NV-S 90 E, en S-VHS ou Sharp VL-H 410 en Hi-8.

Les caméscopes les plus coûteux font appel à un autre système, le stabilisateur optique (voir dessin p. 123). Celui-ci comporte, en avant du zoom, un prisme à angle variable, constitué de deux lames de verre reliées par un soufflet et renfermant un liquide de haute réfraction (comparable à celle des lentilles du zoom). Grâce au soufflet, l'angle du prisme peut varier et cette variation est couplée à l'amplitude du "bougé" du caméscope de manière telle que l'image reste fixe sur le capteur CCD.

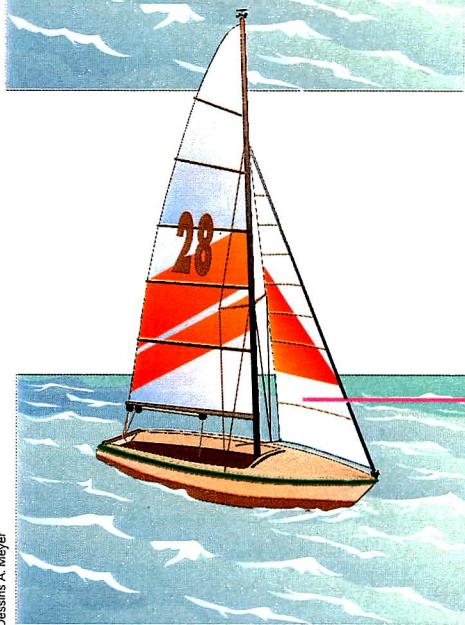
Ce dispositif a l'avantage de conserver la totalité de l'image transmise par l'objectif sans en altérer la qualité. Aussi équipe-t-il les caméscopes (en 8 mm pour l'instant) les plus performants, par exemple : Blaupunkt CC 894 (12 000 F), Canon UC-7 (9 500 F), Canon EX-►

## PRISE DE VUE



### Le stabilisateur numérique

Quand l'objectif danse, l'image tremble au même rythme et seule sa partie centrale reste constamment dans le viseur (cadre jaune). Un microprocesseur agrandit celle-ci aux dimensions du capteur, tout en compensant les mouvements pour donner l'impression de l'immobilité. C'est cette image qui sera enregistrée sur la bande.



Dessin A. Meyer

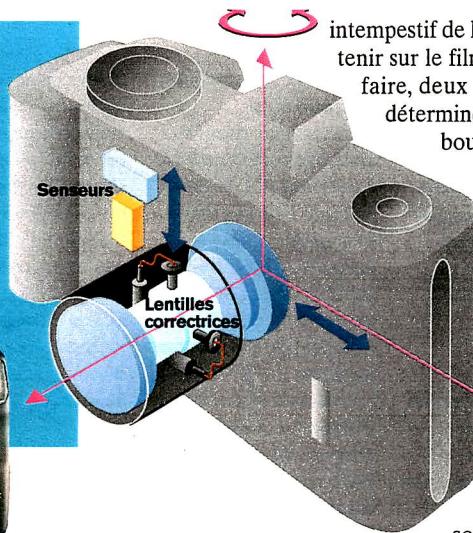
### ► 2 (12 000 F) ou Sony CCD-TR 2000 (10 000 F).

Si le stabilisateur d'image est aujourd'hui courant pour les caméscopes, il est en revanche exceptionnel en photo. En fait, seul le 24 x 36 compact Nikon zoom 700 VR en est équipé. C'est que, en photo, les problèmes de qualité d'image sont plus aigus qu'en vidéo car il faut stabiliser l'image à un instant précis, celui où l'obturateur est ouvert pour permettre l'exposition du film. Si le stabilisateur adopté est du type optique, comme en vidéo, le dispositif est différent de celui des caméscopes. Il est constitué d'un groupe de plusieurs lentilles placé au centre optique du zoom, de façon à n'avoir aucune influence sur la qualité de l'image (voir dessin page ci-contre). Un jeu de deux micromoteurs permet de déplacer ce bloc optique en tous sens dans un plan parallèle au plan du film.

Le sens de déplacement du bloc optique est déterminé de façon à compenser le mouvement

## Le stabilisateur électronique

Deux senseurs détectent les mouvements de l'appareil. Un microprocesseur les analyse et en déduit les contre-mouvements à appliquer aux lentilles correctrices - via deux micro-moteurs - pour les annuler.



intempestif de l'appareil et, ainsi, à maintenir sur le film une image fixe. Pour ce faire, deux détecteurs électroniques déterminent le sens et l'ampleur du bougé et un microprocesseur calcule en temps réel le mouvement de compensation à demander au bloc optique, via les micromoteurs.

Le constructeur précise que ce système "anti-bougé" est efficace à toutes les focales du zoom (de 38 à 105 mm) mais que son intérêt est particulièrement attractif à 105 mm. Dans ce cas, les photos sont nettes jusqu'à des vitesses lentes de l'ordre du 1/15 s. Mais le temps de réaction du système est encore insuffisant pour permettre une correction efficace si le bougé est rapide et répétitif, c'est-à-dire en présence de vibrations (par exemple lorsqu'on photographie depuis une automobile ou un train en marche).

Il en est d'ailleurs de même des procédés équipant les caméscopes, qui ne compensent pas les vibrations ou

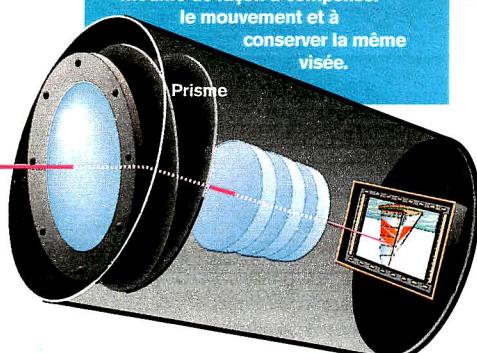
de trop grandes amplitudes. Mais il y a peu, Canon annonçait la mise au point de stabilisateurs optiques haute fréquence améliorant la compensation des secousses parasites plus rapides, verticales et horizontales.

De même, dans les tous prochains jours, Canon lancera les premières jumelles dotées d'un stabilisateur (prix : 7 000 F). Un gros bouton permet de commander cette stabilisation. Dès que l'utilisateur appuie dessus, l'image se fige dans le champ.

Toutefois, les premiers systèmes anti-bougé commercialisés n'ont pas encore cinq ans, alors que les premières réalisations de mise en point automatique datent de plus de vingt-cinq ans et celles d'exposition automatique de près de quarante ans. Nous sommes donc loin d'avoir atteint les limites d'efficacité des systèmes anti-bougé. Et il est probable que dans cinq ou dix ans leurs performances seront encore largement améliorées !

## Le stabilisateur optique

Dans le zoom du caméscope se trouve un prisme liquide, enserré entre deux lames orientables. Lorsque le zoom bascule, l'angle du prisme se modifie de façon à compenser le mouvement et à conserver la même visée.



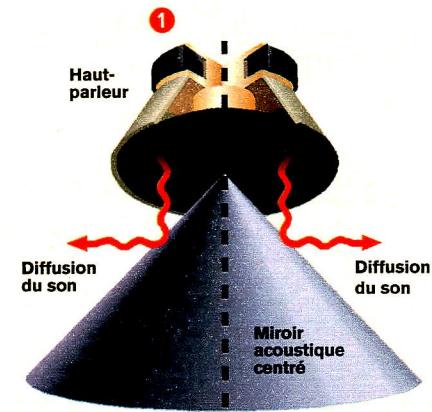
Dirigé par  
Roger  
Bellone

Bien connue dans les domaines de la photo, de la vidéo et de l'informatique, la firme Canon a fait une entrée remarquée dans celui de la hi-fi il y a trois ans, avec une enceinte acoustique de forme surprenante, ressemblant à un champignon. Aujourd'hui, une gamme complète reposant sur une technique originale qui procure une image stéréophonique élargie (WIS, pour Wide Imaging Stéréo) est proposée aux mélomanes et aux amateurs de vidéo en Dolby Surround (procédé de relief sonore utilisant au moins 4 enceintes en vidéo ou en télévision). Cette technique, destinée à améliorer le

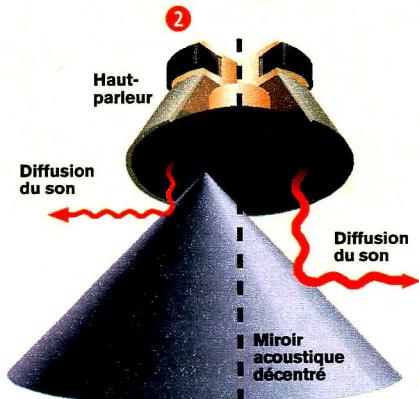
confort d'écoute, modifie le champ de la stéréophonie. Dans les systèmes traditionnels à deux enceintes, les sons émis par chacune d'elle se croisent et le diagramme de cette stéréo à la forme d'un "X". De ce fait, l'effet stéréo est maximal au centre du "X" et tend à s'atténuer si l'on s'en éloigne. Dans une enceinte du système WIS, les haut-parleurs sont dans une sorte de chapeau et orientés vers le bas sur un miroir acoustique en forme de cône. Le son est donc dirigé vers le bas, puis diffusé horizontalement par le miroir, dans un espace large ①. Ainsi, avec les deux enceintes de la stéréophonie, le point central du "X" n'est

plus le point optimal d'écoute : l'effet stéréophonique reste constant lorsqu'on s'en éloigne. Le procédé permet même de moduler la diffusion du son, simplement par déplacement latéral du dôme des haut-parleurs au-dessus du sommet du miroir acoustique ②. Il est

ainsi possible de créer des enceintes directionnelles ou omnidirectionnelles. Pour une enceinte comme la WIS S-50 (premier modèle sorti) le réglage de cette dispersion horizontale peut se faire dans une plage de plus ou moins 2 dB pour les fréquences de 1 000 Hz à 15 000 Hz



Dessins A. Meyer



## Le nouveau souffle

# de la stéréo



et dans un champ de diffusion de 110°. La courbe de réponse de cette enceinte est de 70-18 000 Hz à plus ou moins 3 dB. La gamme des enceintes WIS comporte trois modèles. La plus petite, la S-30 (23 cm de diamètre et 27 cm de hauteur), possède une puissance admissible de 50 W efficaces, une distorsion harmonique totale de moins de 0,5 % de 120 à 12 000 Hz et une courbe de réponse de 70 à 18 000 Hz à plus ou moins 4 dB (prix : 2 000 F la paire). La plus performante, la S-70 mesure 25 cm de diamètre et 78 cm de haut. Sa puissance admissible est de 75 W efficaces, sa distorsion harmonique totale est inférieure à 0,3 % de 80 à 12 000 Hz et sa courbe de réponse couvre la plage 55-18 000 Hz à plus ou moins 3 dB. Un blindage spécial de son aimant permet de la placer près d'un téléviseur sans risque d'interférences (prix : 2 700 F). Entre ces deux enceintes, le modèle S-50, de 50 W efficaces, mesurant 25 x 31 cm, possède une distorsion harmonique de moins de 0,3 % de 100 à 12 000 Hz et une réponse de 70 à 18 000 Hz à plus ou moins 3 dB (prix : 2 390 F). R. B.

## TÉLÉCOMMUNICATIONS

## ▼ Mini-téléphone très doué

Panasonic vient de lancer un radiotéléphone GSM de la taille d'un portefeuille (270 g, 14 x 5 x 4 cm environ). Le G 300 est entièrement adapté à tous les services de réseau GSM



(norme européenne de radiotéléphone numérique). Doté d'un écran à 36 caractères et 8 symboles par icône, il se commande par une touche multifonctions et par un clavier alphanumérique.

Parmi les possibilités de ce téléphone, mentionnons le rappel automatique des cinq derniers numéros composés, un menu accessible en permanence, l'affichage en douze langues au choix, le réglage du volume sonore.

Prix : 3 990 F. F.B.



## ▲ Programmez vos fax

Le combiné téléphonique Samsung SF 505 intègre un télécopieur.

Equipé d'un horodateur et de la transmission différée, il peut émettre automatiquement un fax.

Doté d'un chargeur, le combiné peut envoyer jusqu'à 5 pages d'affilée (format A4). Le téléphone permet de numérotier sans décrocher et de réitérer automatiquement un numéro. Vingt numéros peuvent être mémorisés, et l'appareil peut être associé à un répondeur. Prix : 3 000 F. F.C.

## SPORTS ET LOISIRS

## ▼ Larguez les amarres

Comment réaliser dans une même soirée, un sauvetage au cap Horn, une mission humanitaire en Afrique et une interception de pirates dans l'océan Indien ? Tout simplement en s'embarquant pour une partie d'Objectif Mer. Créé sur l'initiative de la Marine nationale, ce jeu passionnera tous les amoureux de l'océan, du vieux loup de mer au jeune marin d'eau douce. Dans un premier temps le joueur tire une carte au sort, déterminant trois missions à accomplir, le but du jeu étant de prendre de court ses

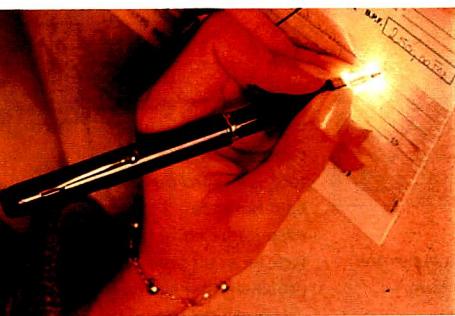
adversaires et de surmonter les imprévus qui jalonnent le parcours maritime. Des Révoltés du Bounty à l'America's Cup, de la Jeanne

d'Arc au requin blanc vous pourrez découvrir ou redécouvrir l'univers de la mer et de la marine en près de 2 000 questions.

Durant les escales, l'imagination des joueurs sera mise à rude épreuve car, ne pouvant parler la langue du pays dans lequel ils se trouvent, ils devront mimer des situations et se faire comprendre de leurs amis. Conseillé à partir de 9 ans,

Objectif Mer peut se jouer à quatre, à huit ou plus. Prix : 220 F. S.F.





### ▲ Une écriture lumineuse

Pour écrire dans l'obscurité, voici le "stylo-lumière" dont la pointe à bille est entourée d'une micro-lampe. A l'autre extrémité, une commande tournante permet de l'allumer ou de l'éteindre. Deux piles-boutons assurent l'alimentation. Pratique pour écrire au lit sans gêner son voisin, dans un train, dans une cabine téléphonique, dans sa voiture ou encore pour signer un chèque dans un bar ! (PFA Productions, Le Bevinco, 20620 Biguglia).

Prix : 169 F (frais de port inclus). F.B.

### La pêche à l'aise ▶

Mitchell a conçu la gamme des moulinets Techna. Chacun d'eux est livré avec deux bobines. Démontables par bouton pressoir, celles-ci permettent de pratiquer deux types de pêche. La première bobine (200 m de fil) est à joue avant en métal anodisé pour que le fil glisse mieux et que les lancers soient plus longs. La seconde



(100 m de fil)

est adaptée à l'ultra-léger ou à la pêche anglaise. Les moulinets Techna sont doux et silencieux, grâce à deux roulements à billes sur acier inoxydable. Ils sont dotés de freins avant et arrière et d'un anti-retour. Prix : 380 F à 435 F selon le modèle.

### Elle mesure ▶ les températures à distance

Une simple montre-bracelet, la Casio TSR-100, peut se substituer à un thermomètre et déterminer à distance la température de l'asphalte du circuit de Monza, de la neige d'une station de ski ou de l'eau d'un bain. Elle est équipée à cet effet d'un thermo-scanner relié à un capteur. Celui-ci, sans entrer en contact avec la surface des éléments, des objets ou de la peau, peut en afficher la température simplement en captant l'émission du rayonnement infrarouge et en la convertissant en degrés (Celsius ou Farenheit). L'étalonnage

de ces températures couvre la plage de - 20 °C à + 200 °C. L'instrument donne l'heure, fait fonction de chronomètre, sert d'alarme et peut être éclairé par une micro-lampe. Prix : 1100 F. F.B.

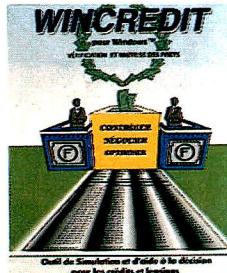


## Bien choisir son crédit ▶

Crédits-bails, offres de prêt à la consommation, etc., les propositions de crédit ne manquent pas. Mais il est difficile de trouver la formule la mieux adaptée à ses besoins réels, qui respecte les possibilités de remboursement et présente le meilleur taux

d'intérêt. Le logiciel *Wincredit*, directement issu de logiciels professionnels, permet de réaliser des simulations d'échéanciers et peut vous aider à détecter la "bonne affaire" ou à négocier un contrat avec votre banquier habituel.

Ont participé à la rédaction de ces informations :  
F. Bellone,  
C. Bertrand,  
F. Chapuis,  
S. Faudeux,  
M.-S. Germain,  
K. Latombe et  
H.-P. Penel.



Les tableaux issus des simulations sont directement transférables sur les logiciels de

traitement de texte ou les tableurs les plus couramment employés tels que *Word* ou *Excel*. La différence essentielle entre ce logiciel et un produit professionnel se situe au niveau de son prix. *Wincredit* est proposé à 490 F. H.-P.P.

## AUDIOVISUEL

## ▼ Un professeur de karaoké



Venu du Japon, le karaoké est un lecteur d'enregistrement musical qui peut éliminer la voix d'un interprète pour vous permettre de chanter à sa place. Avec le Laserkaraoké CLD-160K (pour enregistrement vidéo sur laserdisc), Pioneer apporte un dernier perfectionnement à ce système, le "Scoring", qui permet à l'appareil de juger et noter votre interprétation. Il vous dira également si vous chantez juste ou faux. L'appareil est équipé d'un réglage permettant de doser l'intensité de l'accompagnement musical sur 11 niveaux afin de l'adapter aux facultés vocales de chacun. Il est bi-standard (PAL-NTSC), et compatible avec tous les types de laserdisques et de disques compacts (8 et 12 cm). Prix : 7 990 F. K.L.

## ▼ Ultra-compact et invariable

Destiné aux reflex Nikon F 50, F 70, F 90 et F 90X avec lesquels il conserve tous les asservissements, le zoom Nikkor AF-D

3,5-4,5/35-105 mm est très compact : 69 mm de diamètre, 81 mm de longueur et 410 g. Avec ses 13 lentilles (dont une asphérique) en 10 groupes, il assure une bonne correction de la distorsion. Sa longueur reste invariable, la mise au point se faisant par déplacement interne d'un groupe optique. Prix : 685 F.

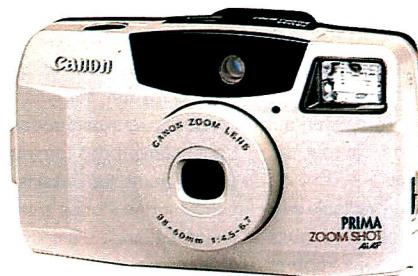


## Des téléviseurs signés Philippe Starck ▶

La nouvelle gamme de téléviseurs Thomson dessine une tendance futuriste avec sa ligne de produits Philippe Starck. La technologie utilisée permet de restituer le son tel qu'il a été enregistré en Dolby, sur quatre voies : les effets spéciaux sur les haut-parleurs arrière, les dialogues au centre, la musique et l'action sur les haut-parleurs droit et gauche. Une fonction "zoom" supprime les bandes noires horizontales des films en 16/9, mais au détriment des côtés de l'image.

**Prix : de 2 290 F à 9 990 F le téléviseur. Ensemble téléviseur-magnétoscope-meuble : à partir de 5 460 F.**

M.-S.G.



### ▲ Autofocus sélectif

Le Prima Zoom Shot de Canon possède un système autofocus qui utilise cinq rayons lumineux afin de détecter le sujet principal, que celui-ci soit au centre ou au bord du viseur. La mise au point automatique est des plus précises car le moteur règle la distance selon 123 paliers et pour toutes

les focales du zoom 4,5-6,7/38-60 mm. L'exposition est programmée de 2 s à 1/500 s pour des films de 25 à 3 200 ISO ; elle est obtenue par mesure de la lumière dans trois zones du champ, un microprocesseur traitant les informations ainsi recueillies pour favoriser le sujet principal. Poids : 230 g. Prix : 1 000 F.

### ▼ La musique en voiture sans les bruits ambients

L'Atlanta RD 105 de Blaupunkt est équipé d'un système DSA (Digital Signal Automatic) avec microphone qui permet d'analyser les conditions et les caractéristiques acoustiques d'un véhicule. Les signaux audio sont traités par un microprocesseur qui compense les bruits, corrige les défauts acoustiques de l'habitacle et équilibre la répartition du volume sonore. C'est aussi un récepteur radio classique avec RDS, amplificateur 4 x 25 W, lecteur de disque compact et système antivol Key-Card.

**Prix : 4 990 F. F.B.**



# MÉDIATHÈQUE

## LIVRES

### Le grand homme illustré

Daniel Raichvarg

**LOUIS PASTEUR**

L'empire des microbes

Découvertes Gallimard

Sciences, 144 p., 80 F.



Devenu grand "saint laïque" après sa mort voici cent ans, Louis Pasteur a été le sujet de nombreuses hagiographies et quelques biographies. Raichvarg, historien de la science, retrace l'ascension de ce troisième enfant d'un modeste tanneur. Il explique la démarche scientifique de Pasteur, mais n'omet pas quelques détails déplaisants concernant un grand personnage qui fut aussi un courtisan et un homme qui savait entretenir soigneusement ses relations publiques. Sous format de poche, l'ouvrage est agréablement présenté et contient à peu près toutes les illustrations possibles de cette épopée de la science – sans oublier la seule photographie prise au moment où Pasteur se laisse arracher le début de l'esquisse d'un sourire. En appendice s'ajoutent une vingtaine

de pages de "témoignages et documents" révélateurs de l'homme et de son époque ; on y trouve un extrait d'Alphonse Allais racontant la mort par balles d'une bicyclette atteinte de la rage, et le refus, courtois mais ferme, de l'empereur du Brésil, à la proposition de Pasteur de se livrer à des expériences sur les condamnés à mort brésiliens.

Alexandre Dorozynski

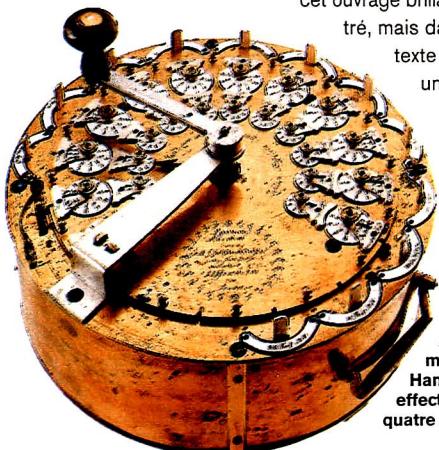
### Avant l'ère de la calcullette

Jean Marguin

**HISTOIRE DES INSTRUMENTS ET MACHINES À CALCULER**

Hermann, 208 p., 450 F.

Qu'on se rassure tout de suite, il ne s'agit pas d'un énième livre sur l'informatique et les ordinateurs, mais d'un ouvrage consacré au calcul mécanique, lequel est beaucoup plus passionnant que le calcul électronique – au même titre qu'une horloge à balancier possède un charme que n'aura jamais une horloge atomique.



Au début du xix<sup>e</sup> siècle, la machine de Hanh et Schuster effectuait les quatre opérations.

Le premier pas vers un calcul qui n'est pas encore vraiment mécanique, mais n'est plus tout à fait mental, consista à dénombrer les objets d'une même classe, par exemple des pommes ou des moutons, en associant à chacun d'eux un petit caillou – en latin un *calculus*. La seconde étape fut franchie en enfantant ces petits cailloux sur des tiges : le boulier était né, et avec lui le calcul mécanique.

L'invention des horloges et l'apparition des techniques liées à leur construction allait mener à la troisième étape : mécaniser avec des rouages et des cames les opérations faites sur un boulier. C'est surtout cette étape essentielle que couvre le livre de Jean Marguin : la machine arithmétique de Pascal (1652) allait mener à la petite calculatrice ronde Curta qui fut fabriquée jusqu'en 1972. Pas plus grosse qu'un moulin à poivre, elle tenait facilement dans la poche et faisait pourtant les quatre opérations avec une vitesse et une précision qui dépassaient de loin tout calcul fait à la main.

C'est donc un véritable survol de toutes les mécaniques à calculer que nous apporte cet ouvrage brillamment illus-

tré, mais dans lequel le texte est souvent un peu bref pour apporter une véritable compréhension des machines dé-

crites. Il est vrai qu'il s'agit d'une histoire de ces machines, et non d'un exposé théorique de leurs principes, et là le livre atteint son but qui est de nous montrer tout ce qui a été fait avant le calcul électronique. Renaud de La Taille

### Pour des lecteurs au berceau

Béatrice Millêtre

**BÉBÉ S'ÉVEILLE**

Gründ, trois coffrets : de 3 à 6 mois, de 6 à 9 mois et de 9 à 12 mois, 79 F chacun.

Il n'y a pas d'âge pour aimer la lecture. La preuve, cette collection conçue pour les nourrissons. Chacun de ces coffrets comprend trois petits livres et un manuel d'utilisation. Les ouvrages portent des titres explicites : *Je dénombre les objets*, *Je reconnaiss un visage dans un schéma*, *Je construis des catégories...* L'agencement des formes et des couleurs des dessins repose sur des études scientifiques. Le mode d'emploi est assez précis. L'auteur, docteur en psychologie, recommande des temps de présentation variables suivant les images.

Les trois niveaux proposés sont bien adaptés aux facultés des bébés : la perception des détails à 3 mois, la vision en relief et la logique de déduction à 6 mois, la perception parfaite des nuances, la comparaison des formes et des couleurs à 9 mois. Le but recherché : développer progressivement l'attention des tout-petits, favoriser leur éveil, stimuler leur intelligence. Mais

ce but est-il réellement atteint en ne leur montrant que ce qu'ils aiment regarder ? Ne risque-t-on pas de les lasser en brandissant avec insistance des images sous leur nez ? Aux parents d'en juger, sachant que la diversité des stimuli contribue aussi au développement cognitif des tout-petits. Reste à savoir si ce sont de bons livres. La petite lectrice de 3 mois qui a parcouru pour nous le premier coffret a paru intéressée. Mais en a fait un compte-rendu plutôt succinct !

Isabelle Bourdial

siciens viennent de consacrer à une notion aussi difficile à appréhender qu'à mettre en équation. Les Grecs, qui ont exploré toutes les possibilités de voir le monde, ont posé les premiers la question de l'infini : les uns le voyaient partout, les autres nulle part et tout le monde était conscient de ces implications paradoxales. En effet, si je suis au bout du monde et que je tends la main... A l'inverse, si l'Univers est infini comment pouvoir le penser ? Ou encore, quelle est la substance d'une matière qui peut se diviser à l'infini ?...

Ce lourd héritage grec a été totalement assumé par la science moderne, et parfois avec succès. Ainsi, au XX<sup>e</sup> siècle l'apparition des géométries non-euclidiennes permet de concevoir des espaces finis mais sans limites. De la même façon, Planck a l'idée du paquet d'énergie pour éviter que l'atome ne s'évanouisse en perdant toute son énergie. Mais lorsqu'on croit l'éliminer par ici, il revient par là. Ainsi les trous noirs, vedettes de l'astrophysique moderne, sont des véritables puits d'infini. Le big bang, ou singularité initiale, cumule même le privilège d'être un infini spatial, temporel et... imaginaire.

Finalement un livre très plaisant, toujours précis et, comme le veut la collection, «Un exposé pour comprendre, un essai pour réfléchir», enrichissant dans sa dernière partie. Prenant les choses par leur bon côté, les auteurs nous annoncent que l'infini n'est peut-être qu'un tabou intellectuel avant d'être un problème physique. Ils finissent joyeusement par cette devise : «L'infini est mort, vive l'infini».

Jean-François Robredo

## Mais, au fait, que veut dire $E = mc^2$ ?

Alain Mazure,  
Guy Matbez,  
Yannick Mellier

### CHRONIQUE DE L'ESPACE-TEMPS

Masson, 172 p., 173 F.

Pour les étudiants, spécialistes ou mordus d'astrophysique, ce livre est une mine. Toutes les courbes, tous les schémas, toutes les équations de l'espace-temps y figurent. Mais qu'on ne s'y trompe pas, il ne s'agit pas de mathématiques coupée du monde : au contraire, c'est bien la substance scientifique du monde tel qu'on vous le présente dans les livres et les articles de cosmologie. Autrement dit, ceux qui veulent savoir ce qu'il y a derrière les mots de big bang, d'espace, de temps, d'expansion, de courbure, etc., ne doivent pas se priver. L'effort est parfois récompensé de manière lumineuse.

J.-FR.



## Guide touristique de l'infini

Jean-Pierre Luminet,  
Marc Lachièze-Rey

### LA PHYSIQUE ET L'INFINI

Flammarion, collection Domino, 128 p., 39 F.

Chasser l'infini, il revient au galop : de là à penser qu'il est naturel... C'est en résumé la problématique de ce précieux petit livre que deux astrophys-

### LA PHYSIQUE ET L'INFINI

J.-P. LUMINET - M. LACHIÈZE-REY

DOMINOS  
Flammarion

## Mise au point sur l'inventeur du microscope

Philippe Boutibonnes  
**VAN LEEUWENHOEK**  
*L'exercice du regard*

Belin, collection "Un savant, une époque", 336 p., 120 F.

mées par P. Boutibonnes qui en rend compte ici.

Esprit très curieux, Van Leeuwenhoek a pointé son microscope dans tous les domaines de la vie : des poils d'éléphant aux spermatozoïdes humains et animaux. De ses observations, il a, certes, souvent tiré des déductions qui prêtent aujourd'hui à sourire. En revanche, il y en a d'autres qui étaient très avancées pour l'époque. Ainsi, en érigéant en

► axiome l'idée qu'"aucune espèce nouvelle n'est maintenant créée", il s'oppose à l'hérésie de la génération spontanée qui avait cours à l'époque et qui ne sera mise en miettes qu'un siècle et demi plus tard par Pasteur. Un livre passionnant qui nous plonge dans les premiers balbutiements de la biologie. Notons, au passage, que l'auteur a eu la bonne idée d'inclure de courts mais nombreux extraits des lettres du savant au sein de ses propres commentaires.

Pierre Rossion

d'humidité de l'air, rien n'échappait aux chasseurs afin de repérer les mouvements du gibier. Lorsqu'ils se firent agriculteurs, ils comprîrent que leur survie dépendait de leur connaissance des phénomènes climatiques. Les premières pages de la Genèse, avec le Déluge, témoignent bien de la crainte et du respect que suscitaient les aléas des averses et de l'orage aux pauvres terriens. Les mages babyloniens furent les premiers à établir un système de prévision du temps en se fondant sur l'aspect du soleil, le mouvement des planètes ou certains phénomènes lumineux. Mais ce sont les Chinois qui effectuèrent les premières observations régulières, en s'appuyant sur une période de dix jours consécutifs. Chez les Grecs, un premier calendrier météorologique à l'usage des marins fut dressé par Thalès, vers 600 avant J.-C. Pour la petite histoire, on affirme que c'est ainsi qu'il fit fortune en achetant une récolte d'olives peu avant l'arrivée d'une période de sécheresse ! Aristote écrivit *Les Météorologiques*, et Théophraste, le *Traité des vents*. Après ce remarquable essor, cette science naissante était promise à un bel avenir. Mais les hommes, en guerre perpétuelle, lui préférèrent la magie et l'astrologie, censées apporter des réponses plus immédiates à leurs tourments...

Écrit par René Chaboud, ingénieur à Météo-France, ce petit livre retrace à merveille l'histoire et les techniques de la prévision du temps, tout en faisant le point sur la sécurité en mer, Météosat, ou encore l'effet de serre.

Marie-Sophie Germain



## Des encyclopédies commodes

*Elwyn Hartley Edwards*

### LES CHEVAUX

*David Alderton*

### LES CHIENS

*C. Walker, D. Ward*

### LES FOSSILES

Bordas, albums, 304-320 p., 149 F et 159 F.

Les éloges sont facilement distribués sous les plumes des critiques, et l'on se trouve souvent en peine quand l'enthousiasme est sincère. Il l'est ici. Ces trois ouvrages sont, en effet, régis par une alliance peu commune entre les connaissances scientifiques et le talent de l'information. Les premières offrent, pour les chevaux et les chiens, des clés d'identification commodes, puis des classifications selon des caractéristiques morphologiques spécifiques, taille, forme de la tête, pelage, etc. Un code en couleurs, en tête de chaque présentation, indique le pays d'origine, l'usage et l'ancienneté. On apprend ainsi que le chien d'Ibiza est un chien courant, dont l'origine, l'une des plus anciennes, remonterait à cinq mille ans. Que, contrairement à ce qu'on pourrait croire, la levrette d'Italie ne fut qu'un chien de compagnie et le grand caniche, dont l'origine remonte au XV<sup>e</sup> siècle, est

un chien d'utilité (un chien d'eau, pour être précis) et le teckel, un chien courant utilisé pour la chasse au blaireau. Ces pages permettront aussi de ne plus traiter de "bâtards" des chiens spécifiques comme le chien de Småland ou le chien d'Hamilton. Quant à l'insupportable cardigan welsh corgi, cher à la famille royale d'Angleterre, c'est un chien de... bouvier ! A noter quelques découvertes, comme le bel akita-inu (chien japonais).

Les illustrations consistent en photos nettes et claires, assorties de commentaires fléchés qui permettent de retrouver les traits spécifiques de l'akhal-tché (cheval du Turkménistan) et ne pas prendre un percheron pour un boulonnais, ou un arabe pour un poney.

L'ouvrage sur les fossiles est une introduction à la paléontologie de terrain. Grâce à lui, on pourra identifier des objets mystérieux, tel qu'un *Nipponites* (ammonite déroulée irrégulièrement) du crétacé, l'os tympanique d'une baleine, un vestige de *Diploceraspis*, amphibiens du permien, ou une dent de *Rebbachisaurus*, monstre du crétacé inférieur.

Ces encyclopédies se distinguent autant par leur qualité, y compris celle de la réalisation, que par leur agrément pratique. Pas besoin de les mettre sur les genoux ou sur une table, ni de feuilleter des volumes pendant un temps interminable pour trouver une information.

Gerald Messadié

## Le temps dans tous ses états

*René Chaboud*

### PLEUVRÀ,

### PLEUVRÀ PAS

*La météo au gré du temps*

Découvertes Gallimard

Sciences, 160 p., 80 F.

Quel temps fera-t-il demain ? C'est la question que se sont toujours posée les hommes, conscients que leur existence était liée aux caprices de la pluie et du beau temps. A l'âge de pierre, le sens du vent, l'aspect du ciel, le taux



## CD ET CD-ROM

### Le cri de la grande sauterelle

André-Jacques Andrieu,  
Bernard Dumortier

#### ENTOMOPHONIA : CHANTS D'INSECTES

INRA éditeur, environ 180 F.

**"L'insecte net gratte la sécheresse".** Les chants de quelque 50 espèces d'insectes de France, enregistrés et commentés sur disque compact, ne démentent pas ce vers de Paul Valéry, mis en exergue au livret documentai-

re qui accompagne le disque. Le profane percevra-t-il la diversité des sons que produisent les différentes espèces ? Certainement pas à la première audition, instruite mais aussi gênée par un commentaire savant et précis. Mais il peut apprendre, si son oreille résiste aux aigus fidèlement restitués, à distinguer les chantres de cette musique pérenne qu'aucun pas indiscret ne vient là interrompre. Les auditeurs les plus âgés, dont la sensibilité auditive a été émoussée, se rattraperont avec les dix dernières plages du disque (celui-ci comporte

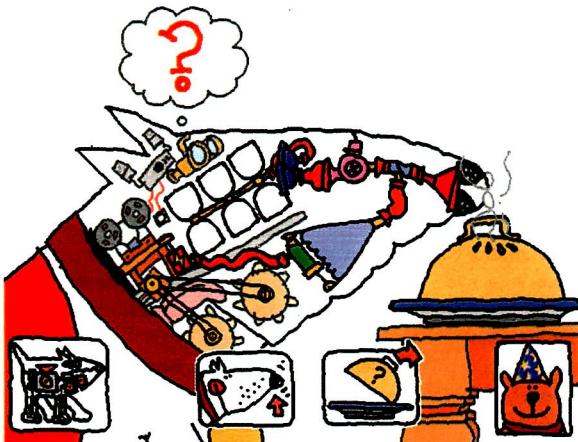
59 plages et dure 55 mn) ; elles rendent audibles les fréquences les plus rapides et même les ultrasons, au moyen de ralentis qui, du même coup, font entendre les impulsions à l'origine des sons. Car les insectes n'ont évidemment pas de "voix" ; leur signal sonore ne résulte qu'exceptionnellement de la vibration d'une colonne d'air, comme chez les vertébrés ; il faut être papillon Sphinx à tête de mort pour émettre par ce mécanisme un cri de souris...

C'est un livret agréablement illustré qui nous introduit dans la bioacoustique des insectes.

### Le premier simulateur... de chien !

#### PAWS

Domestic Funk  
Products, éditeur,  
The Voyager  
Company distributeur,  
environ 280 F.



Après les simulateurs d'avion, de voiture, de bateau et de vaisseau intergalactique, la société DFP vient d'inventer PAWS (*Personal Automated Wagging System*), le premier simulateur de chien. Présenté sous la forme d'un dessin animé interactif, PAWS est avant tout un jeu très amusant, l'utilisateur y jouant le rôle du personnage principal : le chien. Il retrouve donc, au centre de l'écran, une représentation du champ de vision de l'animal et, tout autour, le tableau de commandes, les options et les signaux d'alerte. Il peut alors se déplacer dans le jardin, poursuivre le chat, détrier un os, manger, aboyer, se rendre à

son bureau (en fusée !) ou encore aller dormir. Un témoin lumineux couplé à une sonnerie l'informe de la présence d'un chat dans les parages, qu'il faudra immédiatement essayer d'attraper, etc. PAWS contient aussi une encyclopédie anatomique revue et corrigée. On y découvre le fonctionnement très "mécanique" des différentes parties d'un chien (la tête, les pattes, la queue...), ainsi que le travail de la "turbopompe aspirante" du moustique. A noter, la version française de PAWS devrait être disponible très prochainement.

► Configuration requise : Macintosh ou PC, lecteur de CD-Rom. Olivier Cadou



Nurdany et Pérenou

Après une présentation sommaire des espèces entendues, les auteurs ont, avec raison, choisi de nous rappeler les notions essentielles sur la nature et les propriétés des sons, les décibels et les fréquences... Autre petit cours inévitable, celui sur la systématique qui nous permet de rendre à chacun son appareil sonore. Chez les sauterelles, grillons et mants coléoptères, c'est ainsi un appareil stridulatoire, qui met en jeu la friction d'une râpe sur un grattoir, l'une et l'autre ajoutés à des appendices tournés vers d'autres fonctions : élytre, patte, thorax ou abdomen... Au contraire, les cigales - mâles - vivent pour leur chant puisqu'elles ont développé un organe spécialisé à cet effet, aux dépens de leur appareil reproducteur renfoulé dans les deux derniers segments de l'abdomen ; le reste sert de haut-parleur aux salves de claquements secs émis par une membrane déformable, la "timbale". Quant aux femelles moustiques, elles n'ont qu'à faire vibrer leurs ailes pour émettre leur chant d'appel sexuel : *Culex pipiens* nous offre ainsi 1' 39" de scie sur les nerfs, sans doute le plus difficile morceau de cette musique plus vraie que nature.

Marie-Laure Moinet

► Configuration requise : lecteur de CD.

# AGENDA

## Expositions

• **LA MÉDIATHÈQUE DE LA VILLETTÉ.** Elle devient l'un des centres de ressources multimédia les plus importants d'Europe. Et propose désormais 4 000 audiovisuels en accès libre sur les sciences et l'industrie. Redécouvrir les premiers pas sur la Lune, observer une plante en train de pousser... le catalogue des films est consultable par le 3615 Villette. Du mardi au dimanche, de 12 h à 20 h, à la Cité des sciences et de l'industrie, 30 av. Corentin-Cariou, 75019 Paris. Tél. : 1 36 68 29 30.

• **PASTEUR, LA RAGE DE LA DÉCOUVERTE.** A l'occasion du centenaire de la mort de Pasteur, l'exposition présente l'ensemble de l'œuvre scientifique du savant. Jusqu'en octobre, au muséum d'histoire naturelle, La Citadelle, 25000 Besançon. Tél. : 16 81 65 07 41.

• **PARCELLES MINÉRALES.** Découvrez les éléments métalliques que l'on observe dans la nature, isolés à l'état natif ou associés dans des minéraux que l'on a su utiliser depuis l'Antiquité et qui ouvrent de nouvelles perspectives pour l'industrie. Entrée libre jusqu'au 30 avril au musée de la Mine, 3 boulevard Franchet-d'Esperey 42000 Saint-Etienne. Tél. : 16 77 93 59 58.

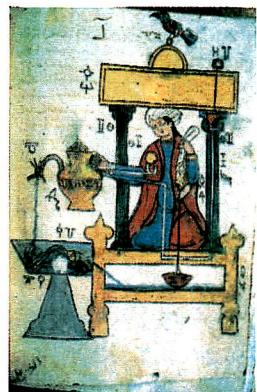


• **LES PETITS GÉNIES DE LA SCIENCE.** Exposition où les élèves de la région du Pays

de la Loire présenteront une cinquantaine de projets scientifiques. Du 6 au 9 avril, Palais des congrès, 85160 Saint-Jean-de-Monts. Tél. : 16 51 62 21 94.

## Colloques & conférences

• **VOYAGES AUX PAYS DES MATHÉMATIQUES.**



• **Mathématiques et Chine**, avec J.-C. Martzloff et R. Bkouche, le 4 avril.

• **Les mathématiques au Moyen Age**, avec T. Levy et M. Lejbowicz, le 11 avril à 18 h 30 à l'amphithéâtre Archimède, bâti M1, Cité scientifique, USTL 59655 Villeneuve-d'Ascq. Tél. : 16 20 43 69 09.

• **Fête des plantes vivaces.**

L'exposition-vente du domaine de Saint-Jean de Beauregard propose un cycle de conférences du 7 au 9 avril :

• **Les roses anciennes**, par B. Boureau, le 7 avril à 16 h.

• **Les plantes carnivores**, par J.-J. Labat, le 8 avril à 11 h.

• **Des bulbes pour l'été**, par J.-C. Schryve, le 8 avril à 16 h.

• **Les botanistes voyageurs**, par B. Coat, le 9 avril à 11 h.

• **Les nouvelles techniques pour cultiver les orchidées**

**rustiques**, par R. Mitchell et M. Lumen, le 9 avril à 16 h. Entrée 45 F. Domaine de Saint-Jean de Beauregard, 91940 Saint-Jean de Beauregard. Tél. : 1 60 12 00 01.

• **LA NEUROPSYCHOLINGUISTIQUE OU LE TRAITEMENT DU LANGAGE PAR LE CERVEAU**

**HUMAIN**, par J.-L. Nespolous, le 6 avril à 17 h 30 à l'université Paul-Sabatier, 118 route de Narbonne, bâti IA, 2<sup>e</sup> étage, 31062 Toulouse. Tél. : 16 61 55 84 96.

• **Et si l'homme était seul dans l'univers ?**, par M. Felden, le 8 avril à 15 h au Cnam, amphithéâtre C, 292 rue Saint-Martin 75003 Paris. Tél. : 1 40 05 82 01. Minitel : 3615 AFAS.

• **CYCLE DE CONFÉRENCES LIÉ À L'EXPOSITION "CE VIDE QUI NOUS ENTOURE"** :

• **Le vide : qu'est-ce que c'est ? Le vide : comment ?**, par J.-P. Langeron et G. Rommel, le 18 avril.

• **Ce que le xx<sup>e</sup> siècle doit au vide**, par P.-S. Choumoff, le 19 avril.

• **Le vide : un monde de particules virtuelles**, par L. Beaulieu, le 20 avril.

• **Vide, lumière et matière**, par M. Cassé, le 21 avril.

A 21 h en salle de cinéma au Palais de la découverte, av. Franklin-Roosevelt, 75008 Paris. Tél. : 40 74 80 00.

• **La vie se complique**, le 5 avril à 19 h 30.

• **La fin de l'indifférence**, le 12 avril à 19 h 30.

• **Ne pas confondre**, le 19 avril à 19 h 30.

• **La séduction**, le 26 avril à 19 h 30.

• **M6**

• **E = M6**

• **Les lunettes pour aveugle, les limites des sondages, la vision des couleurs, exploration du cerveau**, le 9 avril à 10 h 40.

• **Les tissus du futur, la cuillère dans le champagne, quand l'hôpital rend malade, les cellules solaires, les folles inventions n° 2**, le 23 avril à 10 h 40.

## Radio

• **France Inter**

• **INTER SCIENCES**, par Bruno Rougier, la vulgarisation de l'actualité scientifique du lundi au vendredi à 6 h 41.

• **France Culture**

• **LES PERSPECTIVES SCIENTIFIQUES**, de 19 h 30 à 20 h.

• **De la nature aux jardins ethnobotaniques**, par F. Estèbe du 3 au 6 avril.

• **Histoire de la chirurgie esthétique**, par C. Bourgine, du 10 au 13 avril.

• **La paranoïa**, par R. Elkaïm-Bollinger, du 17 au 20 avril.

• **Biogéographie**, par G. Minot, du 25 au 27 avril.

• **LA SCIENCE ET LES HOMMES**, de 9 h 05 à 10 h 30.

• **Des quarks à la complexité**, par R. Scheps, le 5 avril.

• **L'impossible Golem**, par E. Noël et Ph. Boulanger, le 12 avril.

• **LA MATINÉE DES AUTRES**, le mardi de 9 h 05 à 10 h 30.

• **La foudre**, par P. Lisonde, le 4 avril.

## Télévision

• **Arte**

• **HISTOIRE NATURELLE DE LA SEXUALITÉ**. Série de documents originaux sur la vie sexuelle des animaux, leurs rituels, leurs jeux de séduction, l'éducation sexuelle des petits et leurs modes de reproduction.

# 9 MOIS POUR DEVENIR UN BÉBÉ



Photo : COSMOS



## LES NEUF PREMIERS MOIS DE LA VIE

Mois par mois,  
l'histoire de  
la plus  
fascinante  
des aventures  
humaines

T 2579-103-25.00 F.90

222 EDITIONS / VIVES SAISONS  
MAGAZINE / 1995 / 128 PAGES / 25.00 F.90  
ARTICLES / DOCUMENTS / PHOTOS / CARTES / GRANDES PHOTOS / GROS PLANS / DOCUMENTS / CARTES / GRANDES PHOTOS / GROS PLANS



Le prochain numéro de  
**SCIENCE & VIE HORS-SÉRIE**  
vous invite à découvrir tout ce  
qui se passe au cours  
des neuf mois qui transforment  
un oeuf fécondé en un bébé.  
Mois par mois, vivez cette  
histoire aussi simple  
qu'extraordinaire qui se renouvelle  
depuis des millions d'années.



EN  
VENTE  
PARTOUT

# Pourquoi les colles collent

Aujourd'hui, une voiture, un téléviseur, et même un avion comportent quantité d'éléments collés là où, autrefois, il y aurait eu des vis, des goupilles ou des rivets. On peut se demander comment font les adhésifs modernes pour être de taille à remplacer un boulon, et, surtout, pourquoi ils adhèrent avec tant de force.

Pendant fort longtemps, le collage est resté affaire d'ébénistes, relieurs et autres tapissiers. Maintenant, tout bricoleur manie à longueur de week-end des colles vinyliques, néoprènes, phénoliques, cyano-crylates ou époxy. Moyennant quoi on peut recoller les semelles des souliers ou réparer une assiette cassée sans avoir besoin d'être un artisan confirmé.

En ce domaine, le changement a été radical, et il a suivi le progrès des connaissances liées à l'essor des plastiques. Du jour où on a mieux compris la nature et l'intensité des forces qui assurent la cohésion de la matière au niveau moléculaire, on a pu prévoir dans quels cas ces forces allaient assurer l'adhésion d'un solide sur un autre. On sait que toute matière est composée d'atomes, mais il reste à savoir pourquoi ces atomes restent serrés les uns contre les

autres au lieu de s'étaler comme un tas de sable. Bien entendu, il n'y a pas de colle entre les atomes : il n'y a que des forces immatérielles de même nature que celles qui font tenir un aimant sur une plaque de tôle, ou des miettes de polystyrène expansé sur une règle en plexiglas. Au niveau atomique ou moléculaire, ce sont d'ailleurs les forces électrostatiques, qui assurent la cohésion des solides... et la solidité d'un collage.

Pourtant, l'idée la plus généralement admise par tous était qu'une colle, étalée sur une surface, pénétrait les trous ou les anfractuosités du matériau et, en séchant, réalisait entre les deux corps un joint mécanique comparable à des milliers de petits crochets. Cette idée est, à peu

de choses près, fausse : elle explique très partiellement le collage de matériaux – pierre ou bois –, mais pas celui de pièces parfaitement lisses en métal ou en plastique.

En fait, pour suivre le processus du collage, il faut commencer par regarder brièvement ce qui assure la cohésion des solides.

- Dans les cristaux covalents, comme le diamant, la cohésion est due à des liaisons atomiques par mise en commun d'électrons provenant d'atomes en contact ; ce processus relève de la mécanique quantique.

- Dans les cristaux ioniques, comme le sel de table, la solidité du réseau atomique est due aux attractions électrostatiques entre

les



charges de signes contraires des ions négatifs et positifs.

● Dans les cristaux métalliques, on retrouve des attractions électrostatiques entre les ions positifs et les électrons négatifs.

● Enfin, dans les cristaux moléculaires, qui concernent beaucoup de composés organiques, ce sont les forces de Van der Waals qui assurent la cohésion moléculaire. Ces forces sont de nature électrostatique et reposent essentiellement sur la polarité des molécules. Interviennent aussi dans les liaisons moléculaires les forces d'orientation de

Keesom, les forces d'induction de Debye et les forces de dispersion de London.

Notons tout de suite que, dans les composés organiques complexes, donc dans les plastiques et les colles qui en dérivent, il peut y avoir coexistence de liaisons ioniques et de liaisons de valence homopolaires. Ces dernières sont très intenses et expliquent la solidité de certains plastiques. Toutes ces forces intermoléculaires sont attractives jusqu'à une certaine distance, puis répulsives ensuite, faute de quoi tout assemblage d'atomes se recroqueillerait en un tas minuscule d'une densité infinie. Cet aspect répulsif explique aussi la résistance des solides et des liquides à toute compression.

Ajoutons surtout que ces forces n'ont d'effet sensible qu'à très courte distance, et c'est d'ailleurs pour cela qu'il a fallu inventer des colles pour réparer les assiettes cassées. On comprend mal en effet pourquoi des forces qui assurent la cohésion de la matière semblent cesser d'agir dès qu'un solide a été brisé : on ne peut pas réparer une assiette cassée en rapprochant simplement les deux bords ébréchés.

Les forces intermoléculaires sont pourtant toujours là, mais jamais les deux bords ne peuvent être suffisamment rapprochés pour qu'elles agissent : dès que l'assiette s'est fendue, des poussières se sont déposées tout le long de la cassure et elles agissent comme des cales qui empêchent les deux bords d'être vraiment en contact – entendons par là que l'intervalle entre les deux surfaces devrait être en tout point de l'ordre du dix-millionième de millimètre ; or, la moindre poussière

est dix mille fois plus grande.

Comme les forces d'adhésion décroissent en moyenne en  $1/d^7$ ,  $d$  étant l'écart entre les deux surfaces, il suffit d'avoir multiplié cet écart par 2 pour que la force soit 128 fois moins intense  $[1/(2d)^7 = 1/128d^7]$ . Quand une poussière infime, à peine visible au microscope, multiplie l'écart par 10, la force d'attraction est divisée par 10 millions et son action devient pratiquement nulle.

Le seul moyen d'avoir un contact qui soit à l'échelle moléculaire, c'est de mettre en présence un liquide et un solide, et encore, à condition que la force

### **TOUT LIQUIDE QUI S'ÉTALE PEUT DEVENIR UNE COLLE**

d'adhésion entre ce liquide et le solide soit supérieure à la force de cohésion du liquide. Si c'est le cas, les molécules du liquide s'attachent plus au solide qu'elles ne s'attirent entre elles, et le liquide mouille la surface : il s'étale sur le matériau et n'y reste pas en petites boules comme de l'eau sur du plastique ou du mercure sur le verre. Là encore, on va retrouver les diverses forces de liaison dont nous avons parlé, et c'est la prépondérance des unes ou des autres à l'interface solide/liquide qui va déterminer le type de contact : soit le liquide se recroqueille en petites billes, soit il s'étale.

Tout liquide qui s'étale peut devenir une colle en se solidifiant ou en durcissant puisqu'il rétablit un contact intermoléculaire. C'est ainsi que l'eau peut devenir une excellente colle pour le bois, le papier, ou certains métaux oxydés (sur un métal bien poli, l'eau se met en petites boules) en dessous de 0 °C : il suffit d'arroser deux planches et de les laisser dehors par temps de gel pour les retrouver collées par la glace ; évidemment, il ne faut pas les



P. Latron

► mettre au soleil.

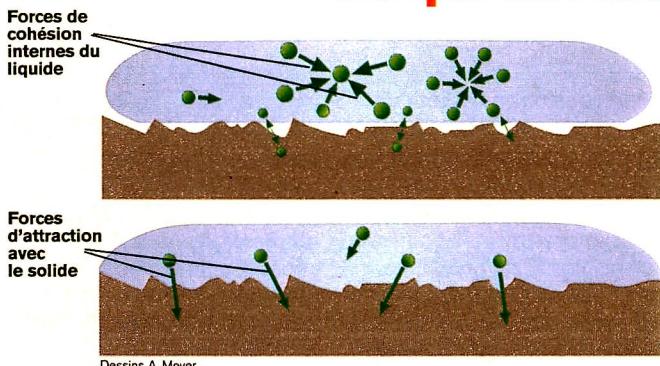
D'une manière plus générale, pour qu'un liquide puisse faire une colle, il faut qu'il soit aussi mouillant et adhérer que possible, et qu'il puisse ensuite se solidifier, soit par évaporation d'un diluant, soit par transformation chimique, soit par réaction catalytique. Le fait que certains produits adhèrent mieux que d'autres relève encore de l'intensité des forces d'interaction moléculaires entre tels liquides et tels solides.

Nous laisserons de côté le cas des soudures, où le liquide destiné à rétablir le contact moléculaire n'est autre que le métal lui-même liquéfié localement par élévation de température, ce qui constitue évidemment un collage parfait. Dans le cas où on veut assembler deux matériaux sans les faire fondre en surface, on peut considérer qu'une colle est un produit différent de ces matériaux et qui va leur permettre d'adhérer l'un à l'autre de manière durable.

Les colles peuvent être regroupées en six catégories : origine végétale, animale, minérale ; élastomère, thermoplastique, thermodurcissable. Les colles à base végétale se reconnaissent au fait qu'elles sont solubles dans l'eau. La base en est l'amidon, lequel peut être tiré des céréales ou même des pommes de terre. La colle d'amidon est presque vieille comme le monde, et c'est celle qu'on trouve sur les timbres, sur les papiers collants, dans la colle blanche, et dans la plupart des adhésifs solubles à l'eau, tels ceux utilisés pour tapisser un mur.

Si l'on passe au règne animal, on va trouver toute une nouvelle série d'adhésifs, dont la base est le collagène, une protide des tissus conjonctifs se transformant en gélatine par cuisson dans l'eau. On la tire surtout des poissons, mais aussi de la cire

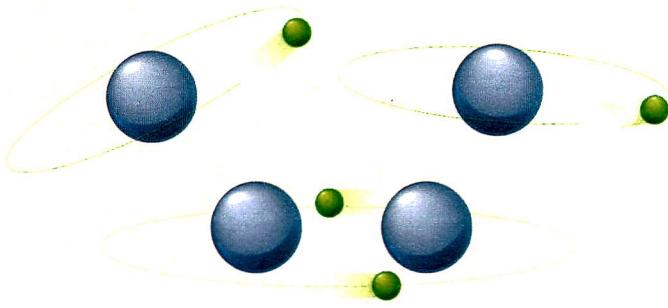
## Ce qui fait tenir



Dessins A. Meyer

### Lorsqu'un liquide mouille un solide

Un liquide s'étale complètement à la surface d'un solide lorsque ses forces de cohésion internes sont inférieures aux forces d'attraction avec le solide.



### La liaison covalente

C'est le partage d'une paire d'électrons qui assure la liaison, extrêmement solide, des atomes dans les cristaux covalents comme le diamant.

d'abeille, de l'albumine sanguin, du lait et même des insectes. Les colles animales sont très adhérentes, et supérieures aux colles végétales en ce qui concerne l'assemblage du bois, des tissus, du papier sur le bois ou même sur le métal.

Le règne minéral fournit surtout des ciments, qui sont des colles à pierres ou à briques. La base en est un mélange d'argile et de calcaire (silicate double d'aluminium et de calcium) soumis à la cuisson et finement pulvérisé ensuite. Le plâtre, obtenu

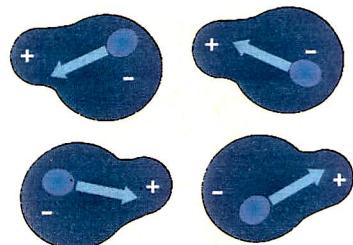
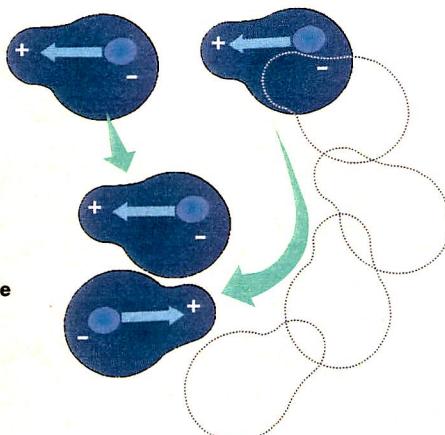
par déshydratation partielle du gypse à la chaleur, fait aussi partie des colles minérales en usage dans le bâtiment.

Qu'elles soient d'origine végétale, animale ou minérale, toutes ces colles sont surtout d'origine naturelle, en ce sens qu'il n'y a pas eu de véritable travail de chimie pour les obtenir. Avec les élastomères, on entre dans le domaine des adhésifs de synthèse, qui datent du développement de la chimie organique, depuis la distillation de la houille jusqu'au reforma-

# la matière

## L'attraction polaire

Bien que neutres, les molécules présentent souvent une dissymétrie spatiale des charges qui leur donnent une polarité électrique et les pôles opposés s'attirent.

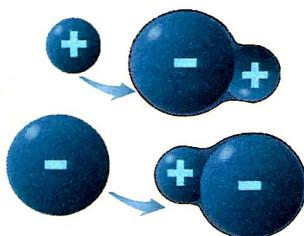


## La force de dispersion

Appelée aussi force de London, elle est due à l'attraction des dipôles électriques momentanés et elle intervient toujours dans la cohésion des liquides.

## La cohésion ionique

C'est encore l'attraction électrostatique qui explique la liaison entre des ions positifs ou négatifs et les molécules polaires.



ge des molécules.

Les élastomères, comme leur nom l'indique, sont élastiques et obtenues par dissolution du caoutchouc dans certaines huiles légères. Ce sont surtout des colles à usage industriel qui servent pour les pneus, les bottes, les portes étanches dans les bateaux, les joints de tuyauterie, etc. Il y a toutefois une colle élastomère d'une remarquable efficacité et d'usage maintenant très général : la colle néoprène.

Les adhésifs thermoplastiques tirent leur nom de ce qu'ils peu-

vent être ramollis par la chaleur. C'est un gros avantage car on peut décoller les pièces après montage, par exemple pour les remplacer, ou pour modifier l'assemblage. En refroidissant, ces colles durcissent, mais sans passer par une transformation chimique. Les plus courantes sont celles qui contiennent un groupe vinyle ou polyéther, mais elles sont pratiquement réservées à l'usage industriel. En revanche, celles qui partent du polystyrène (colles à maquettes) ou des polyacrylates (en particu-

lier les cyanoacrylates) sont d'usage très courant.

Restent, enfin, les thermodurcissables, qui nécessitent souvent deux constituants à mélanger avant usage. Il s'agit de composés organiques qui subissent en durcissant une transformation chimique irréversible et dont le groupe le plus connu est celui des résines epoxy. En dehors de celles-ci, on trouve aussi des résines phénoliques ou des polyesters non saturés, dont l'usage, une fois de plus, est réservé à des usages professionnels : matériaux laminés, matériaux composites, coques de bateaux, etc.

Encore ne s'agit-il là que d'une division sommaire : la chimie des plastiques fournit sans cesse de nouveaux adhésifs fabriqués quasiment sur mesure, c'est-à-dire pour coller telle substance sur telle autre. Comme nous l'avons vu, l'adhésion est affaire de liaisons moléculaires où jouent avant tout des critères de tension superficielle, énergie de surface libre et ainsi de suite. Or, ces caractéristiques varient d'un produit à un autre, ce qui explique qu'il faille presque une colle pour chaque usage si l'on veut un collage idéal.

C'est ainsi qu'on a vu apparaître sur le marché des colles qui renferment du métal ou du bois en poudre, et qui sont plus des enduits à reboucher que des colles, des ciments-colles pour poser les carreaux de céramique, des colles souples en silicone pour border les évier, et ainsi de suite. Aujourd'hui, il y a toujours un adhésif qui convient pour un objet donné : les liaisons par attraction électrostatique entre molécules permettent de tout coller, à condition de choisir le bon produit.

LE MOIS PROCHAIN :  
Photo : l'autofocus

# Un amplificateur de poche pour baladeur

**L**e petit montage que nous vous proposons ce mois-ci est tout particulièrement destiné aux débutants. En effet, en raison du faible nombre de composants qu'il utilise, sa réalisation est des plus simples. De plus, du fait de ses faibles dimensions, il est facilement transportable et peut rendre bien des services.

Précisons toutefois qu'il ne s'agit en aucun cas de transformer un baladeur en chaîne haute-fidélité... Mais ce petit amplificateur vous permettra néanmoins d'écouter en groupe une cassette, ou un CD s'il est utilisé avec un appareil capable de le lire.

Notons que, si le réglage de volume est obtenu depuis le curseur du baladeur, nous avons pourvu notre montage d'un petit correcteur de tonalité. Cette option permet d'améliorer nettement les appareils les plus

simples. Cela dit, venons-en au principe de fonctionnement de notre amplificateur.

La grande simplicité du câblage est due à l'utilisation de circuits intégrés du type LM 386. Ce composant renferme directement tous les éléments indispensables au fonctionnement d'un amplificateur. Souvent utilisé dans les récepteurs radio, les magnétophones à cassette, voire certains téléviseurs, il présente l'avantage de ne nécessiter que très peu de composants complémentaires pour être en mesure de fonctionner. Certes, la puissance délivrée par de tels circuits est modeste, puisqu'elle est de l'ordre du watt, mais elle est suffisante dans notre cas. N'oublions pas que notre montage est alimenté à partir de piles. Pour qu'il conserve une autonomie raisonnable, il n'est pas possible de le doter d'une

forte puissance, qui provoquerait une décharge rapide des piles.

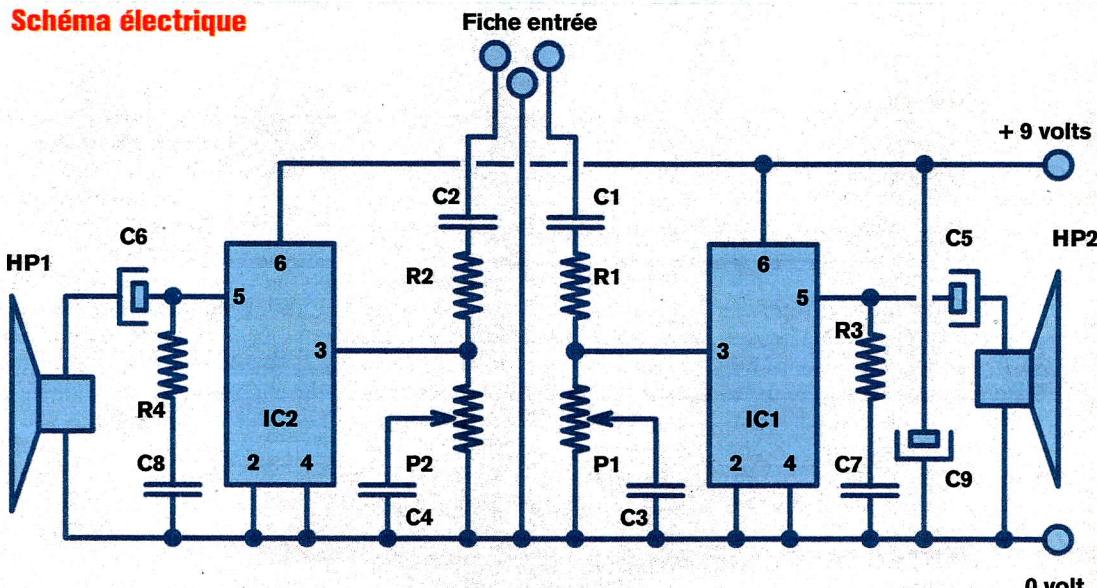
Comme nous l'avons dit, en raison du nombre réduit de composants, le câblage de cet amplificateur est à la portée des débutants. Il faut cependant veiller à bien respecter le brochage du circuit intégré. Ce dernier comporte une encoche entre la patte 1 et la patte 8. De même, il faut respecter la polarité des condensateurs chimiques.

Sur le «clip» pour pile 9 volts, le

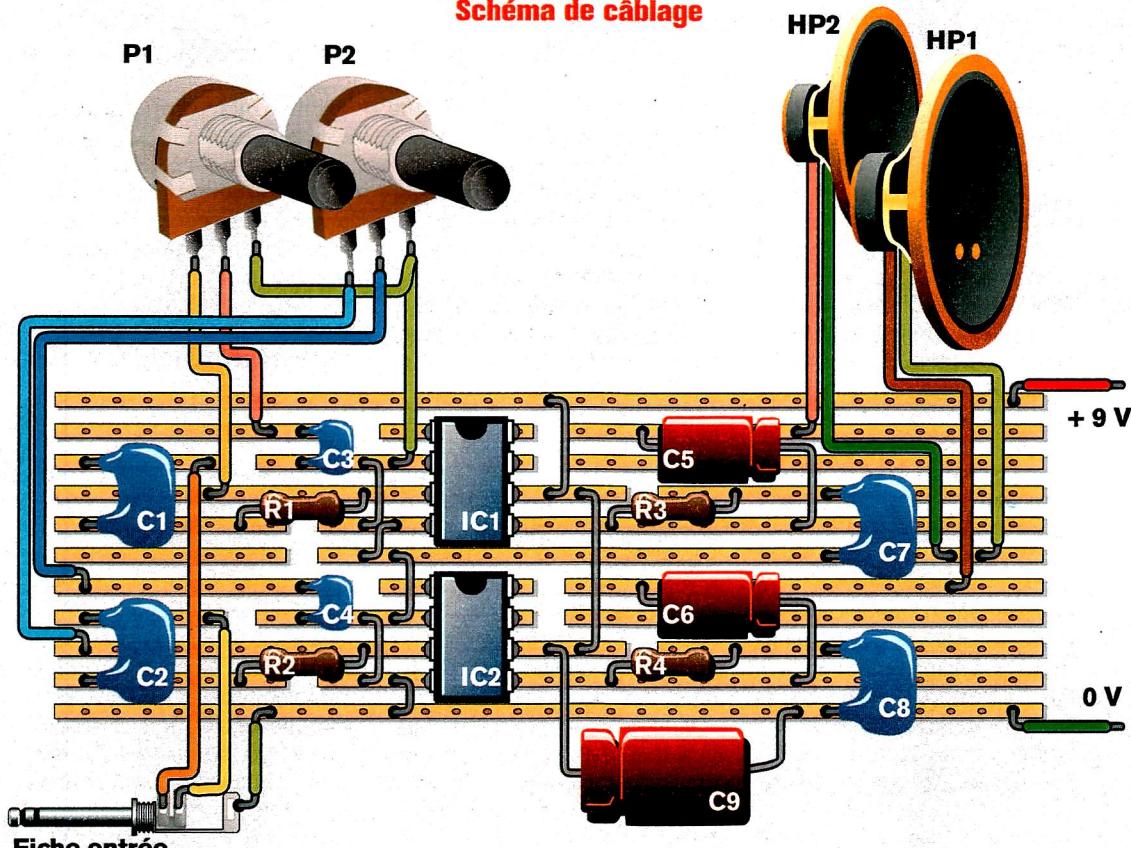
## OÙ SE PROCURER LES COMPOSANTS

- MAGNETIC FRANCE,  
11 place de la Nation, 75011 Paris.  
Tél. : 1 43 79 39 88.
- 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.

## Schéma électrique



## Schéma de câblage



Fiche entrée

fil rouge repère le +. Ici encore, il faut respecter la polarisation de l'alimentation générale du montage. Toute inversion ou erreur de brochage peut provoquer la destruction des composants. Enfin il ne faut pas oublier de couper l'ensemble des bandes conductrices de la plaquette sous le circuit intégré ainsi qu'aux emplace-

ments indiqués sur le schéma d'implantation des composants.

En ce qui concerne les haut-parleurs, ils doivent posséder une impédance de 4 à 8 ohms et accepter une puissance d'au moins un watt. Si des haut-parleurs de très petit diamètre sont disponibles sous cette impédance et cette puissance, nous vous

déconseillons de les utiliser. Pour notre part nous avons obtenu les résultats les plus satisfaisants en utilisant des haut-parleurs elliptiques de 8 cm x 15 cm environ. De même, afin d'améliorer la restitution des graves, il est indispensable de réaliser de petites enceintes acoustiques.

### NOMENCLATURE

R1 = 4,7 kilohms (jaune, violet, rouge, or)  
 R2 = 4,7 kilohms (jaune, violet, rouge, or)  
 R3 = 10 ohms (brun, noir, noir, or)  
 R4 = 10 ohms (brun, noir, noir, or)

P1 = potentiomètre 4,7 kilohms  
 P2 = potentiomètre 4,7 kilohms

C1 = 470 nanofarads  
 C2 = 470 nanofarads  
 C3 = 22 nanofarads  
 C4 = 22 nanofarads

C5 = 470 microfarads 12 volts  
 C9 = 470 microfarads 12 volts  
 C6 = 47 nanofarads  
 C8 = 47 nanofarads  
 C9 = 470 microfarads 12 volts  
 IC1 = LM 386  
 IC2 = LM 386

Fiche : Jack stéréo diamètre 3mm  
 HP1 = haut-parleur 8 ohms 1 watt  
 HP2 = haut-parleur 8 ohms 1 watt

**36 15  
SCV**

Envoyez-nous vos idées  
(rubrique "courrier")

**LE MOIS PROCHAIN :**  
**Commandons des lampes**  
**(l'électronique)**

# La promenade de la fourmi

**L**'ordre peut-il surgir soudain d'un chaos régi par une règle fort simple ? Telle est la question que posait notre confrère Ian Stewart dans le *Scientific American* ; la réponse est oui, bien sûr, mais elle a de quoi laisser perplexe le plus cartésien des lecteurs. A tel point que nous avons décidé d'observer à notre tour cet instant privilégié où la structure géométrique la plus régulière peut émerger d'un seul coup du désordre le plus confus.

La règle du jeu est des plus simples : une fourmi volante atterrit sur un dallage qu'on supposera au départ uniformément blanc – ou noir, ce qui ne change rien au résultat. Prenons le cas du damier blanc. La fourmi se pose sur une dalle blanche, elle la peint en noir et tourne à droite par rapport à sa direction d'arrivée avant de passer à la dalle suivante. Elle la peint en noir et tourne à droite. Elle progresse ainsi de case en case, en respectant toujours cette convention,

et en se déplaçant parallèlement aux côtés des dalles.

Au quatrième coup, elle se retrouve sur sa case d'arrivée, qui est maintenant noire ; elle la peint en blanc et part à gauche. La promenade se poursuit ainsi, avec une succession permanente de crochets à droite ou à gauche. On en conclut qu'il n'en sortira jamais rien de spécial.

Les deux programmes que nous donnons ici, l'un pour les inconditionnels du Pascal, et l'autre pour les férus du Basic, vont révéler très vite un phénomène saisissant. Pendant une vingtaine de secondes, on voit les points noirs dessiner à toute allure une sorte de nuage désordonné, et on se dit donc que la fourmi ne sortira jamais de ce patatoïde informe qui s'étale lentement : une anse apparaît à droite, deux vagues oreilles en bas, et puis, d'un seul coup, un escalier parfaitement régulier émerge de ce fouillis et grimpe en spirale vers la gauche : la fourmi a trouvé la sortie, le chaos a cédé la place à l'ordre.

Comme on le vérifie sans peine en intercalant un compteur en cours de programme, il faut environ 10 000 coups avant que ne démarre la première marche de l'escalier, et chaque marche se forme en une centaine de coups.

## LE PROGRAMME PASCAL

Il a été rédigé en Turbo Pascal pour Macintosh, mais il marche aussi sur PC. Les instructions graphiques peuvent être différentes, mais les habitués adapteront très facilement le programme de base que nous donnons ici. L'inversion de teinte au passage de la fourmi est faite très astucieusement en utilisant l'instruction «*patXor*» dans la procédure «*PenMode*». Celle-ci introduit un «ou exclusif» dans la teinte du point : noir, ou blanc, mais pas les deux à la fois. Quand la fourmi arrive sur un point blanc, celui-ci passe donc au noir, et réciproquement. Le quart de tour à droite ou à gauche à partir de la position d'arrivée est régi par la variable *DIR*.

```

{ **** Version Turbo Pascal ****}
{ * PROGRAMME REDIGE PAR JEAN DE LA TAILLE (14 ans) *}
{ **** PROGRAM FOURMI; ****}
{ * Appel d'utilisation des outils graphiques *}
{ * USES MEMTYPES, QUICKDRAW; *}
{ * Variables : coordonnées, taille et direction point *}
{ * VAR H, V, T, DIR : INTEGER; *}
{ BEGIN
{ * Initialisation des variables *}
{ * Inversion de la teinte du point *}
{ * PENMODE(PATXOR); PENSIZE(T,T); *}
{ * Tracé du dessin *}
{ REPEAT
{ **** Test teinte point et modification direction *}
{ IF GETPIXEL(H,V)
{ THEN BEGIN
{ CASE DIR OF
{ 5:BEGIN DIR:=2;H:=H+T;END;
{ 6:BEGIN DIR:=3;V:=V+T;END;
{ 7:BEGIN DIR:=4;H:=H-T;END;
{ 8:BEGIN DIR:=1;V:=V-T;END;
{ END;END
{ ELSE BEGIN
{ CASE DIR OF
{ 5:BEGIN DIR:=4;H:=H-T;END;
{ 6:BEGIN DIR:=1;V:=V-T;END;
{ 7:BEGIN DIR:=2;H:=H+T;END;
{ 8:BEGIN DIR:=3;V:=V+T;END;
{ END;END;
{ * Impression du point *
{ MOVETO(H,V); LINETO(H,V);
{ * Rebouclage programme jusqu'à frappe d'une touche *
{ UNTIL KEYPRESSED;
{ END.

```

La taille d'une case est donnée par «PenSize (T,T)» où T est le côté du carré, que nous avons choisi égal à 2; mais on peut aussi bien prendre 1 ou 3 si l'on veut un tracé plus petit ou plus gros. On peut de même promener la fourmi sur des dalles rectangulaires avec un PenSize (T,U) : le programme donné ici n'est qu'une base sur laquelle on peut introduire quantité de modifications qui mènent à des résultats parfois curieux.

### LA VERSION BASIC

Elle est identique dans sa structure. Cependant, dans ce cas, la modification de la direction de déplacement de la fourmi est obtenue à l'aide de deux sous-routines. L'une est réservée au cas où la fourmi arrive sur une case blanche, l'autre sur une case noire. Ce programme est écrit en Q-Basic. Rappelons que ce langage fait partie intégrante du DOS depuis déjà plusieurs versions. Pour vérifier si votre ordinateur en est équipé, il suffit de taper Q-BASIC puis «entrée», sous DOS lorsque C:> apparaît. Néan-

moins, sur les versions anciennes de DOS il se peut que seul le GW-Basic soit disponible. Il est possible d'adapter ce programme. En premier lieu, il faut numérotter chaque ligne. La modification la plus lourde concerne les instructions DO... WHILE... LOOP. En effet, ces dernières sont absentes du GW-Basic. Il faut les remplacer par des boucles formées à l'aide d'un GOTO où sera intégré un test de la forme IF... THEN... Quoi qu'il en soit, en raison



Voici ce que vous obtiendrez sur votre écran. Après une phase chaotique, le tracé s'organise et répète le même motif à l'infini.

**36 15**  
**SCV**

Votre journal  
en direct sur minitel

du faible nombre de lignes que comporte ce programme son adaptation ne devrait pas poser de problème majeur.

Pour terminer, signalons qu'il est très intéressant d'ajouter des handicaps à la fourmi. On peut, par exemple, inscrire la zone de départ dans un rectangle ou un cercle blanc. De même, il est intéressant d'animer simultanément, par multiplication des lignes du programme, plusieurs fourmis. Le croisement de leurs chemins est source de rebondissements de situation. Ici les modifications n'ont pour limite que votre imagination. Nous serions heureux que vous nous fassiez parvenir vos modifications les plus amusantes. ■

**LE MOIS PROCHAIN :**  
**Commandons des lampes**  
**(le programme)**

```

' ****
' Version Q-Basic
' * Adapation en GW-Basic possible par numérotation
' * des lignes et remplacement des DO... LOOP par des
' * boucles formées à l'aide de GOTO.
' ****
' ****
' Passage en mode graphique
' ****
SCREEN 9: CLS
' ****
' * Initialisation des variables
' *
XF = 300: YF = 150: DXF = 1: DYF = 0
' ****
' * Rebouclage du programme jusqu'à frappe d'une touche
' ****
DO WHILE INKEY$ = ""
' ****
' * Test sur teinte du point et modification direction
' *
X = POINT(XF, YF)
IF X = 15 THEN GOSUB 1000
IF X = 0 THEN GOSUB 2000
' ****
' * Tracé du dessin
' *
PSET (XF, YF), C
XF = XF + DXF: YF = YF + DYF
LOOP
END
' ****
' * Sous-routines de modification de direction
' *
1000 C = 0
IF DXF = 1 AND DYF = 0 THEN DXF = 0: DYF = 1: RETURN
IF DXF = 0 AND DYF = 1 THEN DXF = -1: DYF = 0: RETURN
IF DXF = -1 AND DYF = 0 THEN DXF = 0: DYF = -1: RETURN
IF DXF = 0 AND DYF = -1 THEN DXF = 1: DYF = 0: RETURN
2000 C = 15
IF DXF = 1 AND DYF = 0 THEN DXF = 0: DYF = -1: RETURN
IF DXF = 0 AND DYF = -1 THEN DXF = -1: DYF = 0: RETURN
IF DXF = -1 AND DYF = 0 THEN DXF = 0: DYF = 1: RETURN
IF DXF = 0 AND DYF = 1 THEN DXF = 1: DYF = 0: RETURN

```

# Se soigner avec de l'eau

**L**es hommes ont longtemps cru trouver des correspondances entre leur corps et les événements cosmologiques. C'est ainsi que furent inventées la «loi des signatures» et la «loi des semblables». La première attribuait des pouvoirs spécifiques à quelque chose en fonction de sa ressemblance avec une autre chose : ainsi, la racine de Mandragore était considérée comme ayant un pouvoir magique car elle a (très vaguement) la forme du corps humain. D'après la seconde, certaines substances étaient considérées comme des médicaments car elles donnaient des symptômes apparentés à ceux d'une maladie (*similia similibus curantur*, les semblables sont soignés par les semblables, disait-on).

A l'époque d'Hippocrate (460-377 avant notre ère), voire à celle de Paracelse (1493-1541), il n'était

## L'HOMÉOPATHIE : DE L'EAU ET DU SUCRE, C'EST TOUT.

pas risible de croire à de telles «lois». Dans ces conditions, il n'est pas étonnant que les médecins aient eu plutôt mauvaise presse jusqu'au XVIII<sup>e</sup> siècle car leurs méthodes thérapeutiques guérissaient plus souvent définitivement de la vie que des maladies.

Au Siècle des lumières, ce type de mentalité pré-logique s'estompa : avec des savants tels que Lavoisier, Réaumur ou Spallanzani, et des médecins tels que Jenner et Laennec, l'expérimentation et son interprétation rationnelle prirent le pas sur la magie ou l'alchimie. Dès lors, les méthodes scientifiques se développèrent et les connaissances s'accumulèrent, notamment en médecine (vaccinations, asepsie, antibiotiques, etc.).

Pourtant, malgré le développement en médecine de méthodes

véritablement scientifiques, un homme va aller à contre-courant du rationalisme et faire des émules dans le monde entier. Etonnamment, son influence s'exerce encore à notre époque dans certains pays, dont la France. Cet homme, Samuel Hahnemann (1755-1843), exerça la médecine d'abord en Allemagne puis à Paris. On raconte que, frappé par les propriétés du quinquina, plante ayant la propriété de faire baisser la fièvre chez les personnes atteintes de paludisme, mais susceptible également de donner la fièvre à une personne saine, il «retrouva» la prétendue loi des semblables. Il en fit le fondement d'une nouvelle doctrine thérapeutique.

Selon Hahnemann, il y a une analogie entre la maladie et son remède puisque le quinquina donne la fièvre à un homme qui n'est pas atteint de malaria.

En réalité, on sait aujourd'hui que la malaria est due à un parasite, le *Plasmodium*, découvert en 1880 par le médecin français Alphonse Laveran, prix Nobel de médecine en 1907. Or, si la quinine fait baisser la fièvre, c'est parce qu'elle est toxique pour le parasite et non en raison d'une soi-disant loi de similitude. Enfin, si le quinquina, dont la quinine fut extraite en 1820 – c'est-à-dire du vivant d'Hahnemann –, donne des symptômes ressemblant à ceux de la malaria, c'est à des doses toxiques, sans commune mesure avec les doses thérapeutiques efficaces contre le paludisme.

Ainsi, les travaux de Hahnemann reposent sur des prémisses totalement fausses : lorsqu'il formule sa doctrine en 1810 (*Exposé de la doctrine homéopathique : Organon de l'art de guérir*), on ignore aussi bien la cause de la fièvre intermittente que le mode



## Réalisons une dilution CH12

### Matériel nécessaire

Un morceau de sucre, une bouteille d'eau minérale, un compte-gouttes.

### Comment procéder ?

Dissoudre le morceau de sucre dans un verre d'eau (environ 100 ml). C'est la solution-mère. Un morceau de sucre n° 4 pèse environ 6 g et la masse moléculaire du sucre est de 340. Cela signifie que notre

d'action de la quinine.

Le plus étonnant n'est peut-être pas qu'un homme de cette époque ait eu des idées aussi fumeuses car toutes les époques ont fourni leur lot d'illuminés croyant révolutionner les connaissances. Mais qu'il ait fait autant d'émules jusqu'à notre époque, y compris dans le corps médical, reste difficile à comprendre.

Les substances naturelles utilisées à l'origine étaient souvent très toxiques (arsenic, belladone, mercure, etc.) et provoquaient plus souvent une aggravation de l'état du malade que sa guérison. Hahnemann remédia à cet inconvénient, non en abandonnant ses méthodes comme l'aurait fait toute personne sensée, mais en diluant les substances jusqu'à obtenir des



E. Malenanche

On préleve une goutte de solution-mère ①, qu'on dilue dans un verre d'eau, et on procède de même 11 fois de suite, jusqu'à obtenir une solution de sucre CH12... aussi peu sucrée que possible !

**solution-mère** contient environ  $10^{22}$  molécules de sucre (car 340 g de sucre contiennent  $6,022 \times 10^{23}$  molécules).  
**Prélever 1 goutte** (soit 30 µl) de la solution-mère (elle contient  $3 \times 10^{19}$  molécules de sucre) et la diluer dans 3 ml (ou 100 gouttes) d'eau : on obtient la CH1. Diluons une goutte de la CH1 dans 3 ml d'eau. Nous obtenons la CH2. Continuons ainsi en procédant de la même manière, jusqu'à obtenir la CH12. Elle ne contient plus alors de

sucre. A partir de la dilution  $10^{22}$ , soit CH11, il ne peut plus, en effet, y avoir de molécule de sucre dans la solution puisqu'il y en avait  $10^{22}$  au départ.

### Résultats

**Vous pouvez consommer votre solution.** Bien que le sucre soit extrait de la betterave, ne craignez rien : vous ne vous réveillerez pas demain matin avec une tête de betterave ni avec les symptômes du diabète sucré !

concentrations infinitésimales. Au moins, le médicament homéopathique ne risquait plus d'aggraver le sort des malades. Il affirma alors, contre toute logique élémentaire, que l'activité du médicament augmente avec la dilution !

Pourtant, comme nous le savons maintenant, au-delà d'une certaine dilution, il n'existe plus aucune molécule de substance médicamenteuse dans la solution. Et ce n'est pas la fameuse affaire de la prétendue «mémoire de l'eau», appelée aujourd'hui en renfort par l'homéopathie, qui pourrait y changer quelque chose : il n'y a pratiquement pas d'eau non plus dans les granules homéopathiques.

Nous savons calculer le nombre de molécules présentes dans une solution en fonction de la masse

de substance qui y a été placée. Par exemple, un demi-gramme de quinine contient environ  $10^{21}$  molécules individuelles de cette substance. Or, si une concentration sanguine déterminée en quinine, c'est-à-dire un nombre donné de molécules de quinine par litre de sang, permet de tuer les *Plasmodium*, une dilution de quinine supérieure à  $1/10^{21}$  ne comportera pas la moindre molécule de cette substance et ne risquera pas d'inquiéter le parasite et de faire baisser la fièvre. Il faut savoir que les dilutions homéopathiques sont le plus souvent exprimées en CH («centésimale hahnemannienne») numérotées de 1 à 30. CH1 représente une dilution au 1/100 de la substance initiale, en général une teinture réalisée à partir d'un extrait dans

l'alcool à 70 %. CH2 représente une dilution au 1/100 de CH 1 soit 1/10<sup>4</sup>, CH3 encore 1/100 de CH2 soit 1/10<sup>6</sup>, etc. Dans la pratique, au-delà de CH12 (1/10<sup>24</sup>), il n'y a plus aucune molécule autre que l'eau dans le flacon, eau renouvelée à 99 % à chaque dilution mais absente du granule final simplement imprégné et séché.

Ah ! J'oubiais : entre chaque dilution, le flacon doit être vigoureusement secoué une centaine de fois pour être «dynamisé» : c'est la succussion. Sans cette opération essentielle, le «médicament» n'aura pas d'activité. C'est une autre des grandes découvertes de Hahnemann...

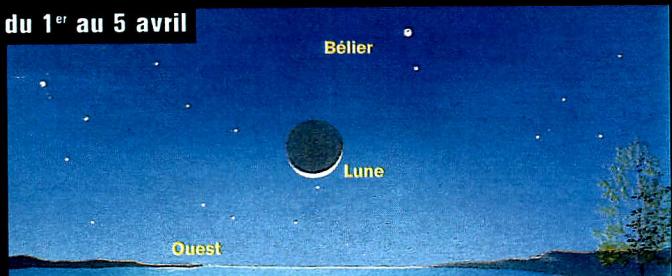
Ainsi, la plupart des comprimés homéopathiques actuellement fabriqués contiennent uniquement l'excipient qui permet de leur donner une forme de granule. Il s'agit, en général, d'un sucre.

En dehors de ces fondements, la soi-disant loi de similitude, les hautes dilutions et la succussion, la doctrine homéopathique se caractérise par sa dénonciation d'une espèce de complot de la part de la science «officielle», qui refuserait ses résultats par pur dogmatisme ou conservatisme. Outre que la notion de science officielle n'a guère de sens, force est de constater que les partisans de l'homéopathie ont toujours déployé de gros efforts pour la faire accéder à un statut officiel. L'ennui, c'est qu'aucune étude menée selon les critères scientifiques habituels n'a jamais montré la moindre efficacité thérapeutique pour un médicament homéopathique. Cela n'empêche pas la Sécurité sociale de rembourser en partie consultations et médicaments... Dans ces conditions, pourquoi ne rembourse-t-on pas aussi les consultations d'astrologie et l'achat de gri-gri capables, comme bien d'autres choses, de faire le plus grand bien à certaines personnes ?

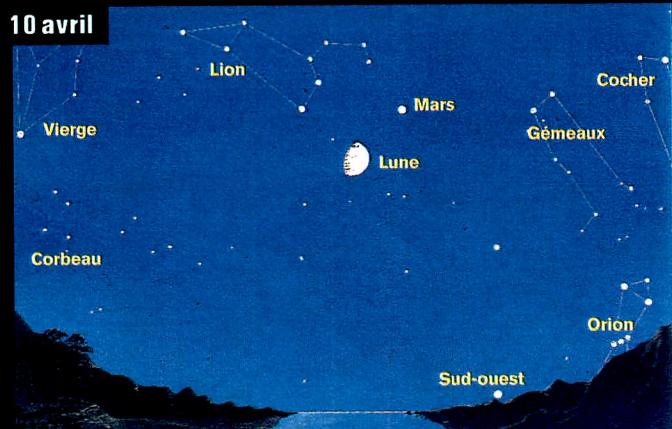
**LE MOIS PROCHAIN :**  
**La cellule, une pile électrique**

## Observons la Vierge

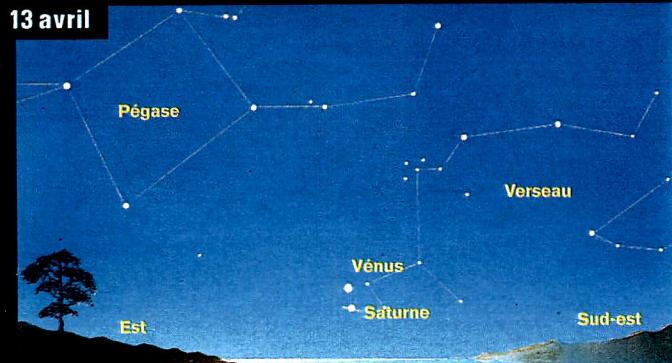
du 1<sup>er</sup> au 5 avril



10 avril



13 avril



**L**a constellation de la Vierge est facile à localiser grâce à son étoile principale : Spica ou l'Epi. Il faut, pour cela, partir de la Grande Ourse, qui culmine plein nord en cette saison, vers minuit. La Grande Ourse, comme chacun peut le constater, ressemble à une casserole. Le plus simple est de prolonger le manche de la casserole en suivant sa courbe naturelle. A une trentaine de degrés, une étoile brillante, Arcturus, de magnitude zéro, est l'étoile principale de la constellation du Bouvier. En continuant selon la même courbe, après encore une trentaine de degrés, se trouve une autre étoile brillante, Spica, de magnitude 1 : la Vierge s'étend au dessus de son étoile principale et a la forme générale d'un losange. C'est une constellation de 1 294 degrés carré, qui n'est dépassée en superficie que par l'Hydre.

Le nom de la constellation et celui de son étoile principale, Spica, méritent une explication. En fait, la Vierge, comme le Bouvier tout proche, est un témoignage des liens étroits existant entre l'agriculture et l'astronomie. Si, de nos jours, le Soleil entre dans la constellation de la Vierge à l'automne, dans les temps reculés, du fait de la précession des équinoxes, il y entrerait beaucoup plus tôt ; la Vierge se trouvait être le deuxième "signe" visité par notre étoile en été. Cette constellation présidait donc aux travaux de cette saison, tout en annonçant les vendanges prochaines. En effet, dans l'Antiquité, lorsque l'étoile Epsilon de la Vierge, la troisième en luminosité de la constellation, se levait tout juste avant le Soleil, il était temps de ramasser les précieuses grappes. C'est la raison qui fit nommer cette étoile Vendémiaire ou "la Vendangeuse",

dessins : M. Roux-Saget

### Les rendez-vous du mois

**Du 1<sup>er</sup> au 5 avril** On observe une belle lumière cendrée de la Lune, le soir vers l'ouest.

**Le 10 avril** Mars et la Lune sont en conjonction. A suivre vers minuit, heure légale.

**Le 13 avril** Trois quarts d'heure avant le lever du Soleil, on assistera à une belle conjonction de Vénus et Saturne.



### M104 de la Vierge, ou "Sombrero"

**M104** est une des galaxies les plus populaires de la Vierge. Cette constellation était jadis visitée par le Soleil en plein été : c'est pourquoi elle est représentée par une jeune femme portant des épis de blé...

et ce en grec, en latin, en arabe, en persan, aussi bien que dans les langues modernes. L'étoile principale reçut le nom de Spica, c'est-à-dire l'Epi. Très couramment, au fil des civilisations et des âges, la Vierge est représentée sous la forme d'une jeune femme, avec dans sa main gauche un épi et dans son bras droit une gerbe. Une légende égyptienne explique que les grains tombés de la gerbe forment la constellation dite de la Chevelure de Bérénice.

Spica fait partie de la classe des étoiles dites à hélium. C'est une géante dont le diamètre équivaut à huit fois celui du Soleil et la masse, onze fois. Sa température de surface est de vingt mille degrés ! Si Spica était au centre du système solaire, son rayonnement serait 2 300 fois plus puissant que celui de notre étoile ; la Terre serait un désert brûlant !

Gamma Virginis est une belle étoile double dont l'écartement

n'est que de deux secondes d'arc, lequel diminue constamment. Ces étoiles jumelles, de couleur jaune or, tournent l'une autour de l'autre en 171 ans.

Delta Virginis fut nommée Bellissima par le père Secchi qui fut fasciné par sa couleur rouge sombre. Trois cents fois plus brillante que notre Soleil et située à 180 années-lumière, elle se rapproche de nous à 20 km/s.

Les observateurs pourvus d'un télescope d'au moins 130 mm de diamètre regarderont attentivement Théta. Il s'agit d'un magnifique système triple, dont les composantes sont de couleur blanche et violette.

La grande richesse de la Vierge réside dans les galaxies qui s'y trouvent. Un télescope d'une vingtaine de centimètres de diamètre permet d'en observer une centaine et les télescopes professionnels en détectent des milliers ! En fait, il s'agit d'un vaste amas réparti entre la Vierge et la Chevelure de Bérénice. La distance de cet amas est controversée mais devrait être de l'ordre de cinquante millions de kilomètres. Les plus belles de ses galaxies sont, bien sûr, inscrites au catalogue de Messier et donc accessibles aux instruments les plus modestes.

J. Sanford/D. Parker/SPL/Cosmos



M49 est une galaxie elliptique, la plus brillante de la constellation, avec une magnitude de 8,6. Si son diamètre apparent n'est que de quatre minutes d'arc, elle représente, en réalité, la moitié de notre Voie lactée, avec une masse nettement supérieure, ce qui permet de conclure à une densité stellaire exceptionnelle.

M58 fut décrite comme "une nébuleuse faible" par Messier en 1779. Il s'agit d'une spirale barrée. Un télescope de 15 à 20 centimètres permet de noter un aspect ovalisé avec un noyau brillant et circulaire. Les bras de la galaxie sont très massifs et d'importants nuages de gaz sombres et de poussières y ont été découverts.

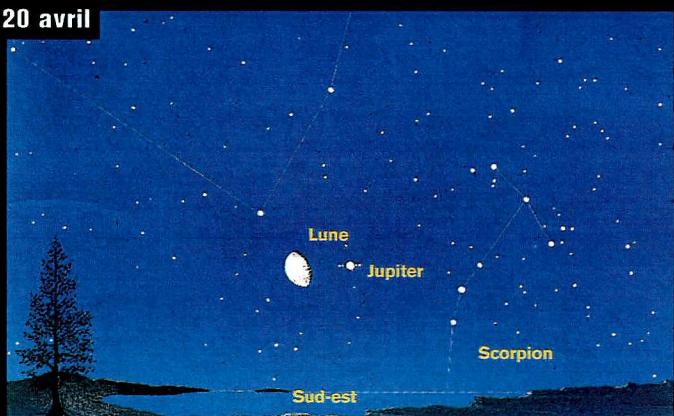
M59 est une galaxie elliptique de magnitude 11. Seul son noyau entouré de nébulosité est visible. D'un diamètre de 24 000 années-lumière, M59 s'éloigne de nous à la vitesse de 350 km/s.

M60 se situe à proximité immédiate des deux galaxies pré-

## 36 15 SCV

Les positions  
des planètes ce soir

20 avril



du 16 au 25 avril!



### Le 20 avril

La Lune rencontre Jupiter vers 2 heures légales. Antares est à proximité.

### Du 16 au 25 avril

L'essaim des Lyrides sera très actif cette année, avec un maximum le 22.

► cendentes. C'est une elliptique de 25 000 a. l. de diamètre mais, cependant, elle est cinq fois plus massive que notre propre Galaxie. De nombreux amas globulaires ont été détectés sur son pourtour.

M61, splendide spirale vue de face, fut découverte en 1779 par le père Oriandi. Un télescope de 115 mm permet de voir un centre brillant et flou entouré d'une zone tourmentée. Un télescope plus puissant montre le noyau nébuleux entouré d'un

halo pâle et de bras spiraux.

M84 et M86 forment un couple de galaxies elliptiques fascinant, chacune avec un diamètre de 25 000 a. l. Si M84 ne montre pas de détails dans un instrument modeste, ses photographies permettent de noter sa forme elliptique avec un noyau brillant. C'est aussi une puissante source radio. M86, moins lumineuse et d'un diamètre apparent plus petit, de forme ovale et floue, ne fait pas partie de l'amas.

La plus fascinante des galaxies

de la Vierge est M87. Cette elliptique géante est la plus grosse galaxie connue, avec une masse de dix mille milliards d'étoiles, soit 40 fois notre Galaxie. De plus, un immense pont de matière prend naissance dans le noyau et s'étend en direction nord-ouest. Ce pont, résidu d'un phénomène extraordinairement puissant, est à l'origine du rayonnement radio le plus important qui soit connu. Une centaine d'amas globulaires entourent M87 qui, en outre, est une source de rayons X puissante. Dans un petit télescope, on observe son noyau brillant. Avec un 200 mm, on remarque une décroissance de luminosité du centre vers le bord, laissant entrevoir la nature elliptique de la galaxie.

M89 est une elliptique de magnitude 9,5 et d'une masse de 25 milliards de Soleil. Elle montre un noyau circulaire brillant entouré d'un halo pâle et rond.

Sa voisine M90, bien que spirale, lui est assez semblable, du moins sur le plan de son aspect visuel. En fait, elle est moins massive et c'est l'une des plus larges de sa catégorie qu'on connaisse.

Enfin, M104 est une des galaxies les plus populaires. Son aspect particulier l'a fait surnommer "Sombrero" ! Découverte par Méchain en 1781, cette galaxie fut ajoutée au catalogue initial de Messier par Camille Flammarion en 1921. M104 représente une phase de transition entre les galaxies elliptiques et les spirales. C'est une galaxie géante de plus de 130 000 a. l. de diamètre dont la luminosité absolue est bien supérieure à la nôtre. Elle s'éloignera de nous à 1 150 km/s. La gigantesque masse de poussière qui barre son plan équatorial demande un télescope d'au moins 25 cm de diamètre pour être aperçue. ■

LE MOIS PROCHAIN :

Pluton

## Les comètes

**L**es comètes ont de tout temps inquiété ou intrigué les hommes. Longtemps elles furent interprétées comme de mauvais présages. Ensuite, elles furent assimilées à des météores, donc à des phénomènes d'origine atmosphérique.

En réalité, une comète est avant tout une boule de "neige sale", un bloc de glace mêlée de poussières et de fines particules. Ces blocs, ou noyaux cométaires, gravitent à une grande distance du Soleil, environ dix mille milliards de kilomètres, une zone qui constitue la limite du système solaire. Ils forment à cet endroit un vaste nuage, véritable réservoir cométaire.

La moindre perturbation gravitationnelle, due au mouvement des planètes, voire des étoiles proches, peut déstabiliser l'un de ces noyaux, qui quitte alors son orbite et plonge véritablement vers le Soleil. Lorsque le noyau arrive à proximité de celui-ci, c'est-à-dire vers l'orbite de Mars, la pression des radiations solaires le sublime. Le noyau libère alors les poussières et les gaz, ce qui forme d'abord la chevelure, vaste nuage qui entoure le noyau, puis les queues de poussières et de gaz qui donnent son aspect caractéristique à la comète.

A son passage au plus près du Soleil, le périhélie, plusieurs cas de figures se présentent. Si la vitesse de la comète est assez importante, sa trajectoire n'est que déviée et elle repart d'où elle est venue. Si sa vitesse est plus faible, l'attraction du Soleil va être dominante et la comète va acquérir une orbite elliptique, dont le Soleil est l'un des foyers. Elle repassera donc régulièrement et ses retours peuvent être

prévus à l'avance : c'est alors une comète "périodique".

Si le noyau d'une comète est de dimension relativement modeste, quelques dizaines de kilomètres, la queue s'étend sur des distances considérables de plusieurs millions de kilomètres. Le record semble atteint par la comète de 1843 avec une queue de plus de trois cent vingt millions de kilomètres, soit près de deux fois la distance de la Terre au So-

leil. Dans le ciel, elle traçait un arc de près de 70° !

Toutefois, il faut noter que peu de comètes sont visibles à l'œil nu. Beaucoup ne sont observables qu'aux jumelles ou au télescope et toutes ne développent pas une queue. Cependant, l'amateur équipé d'un instrument peut en suivre, en moyenne, une dizaine par an. C'est le cas actuellement de la comète Clark qui est observable dans le Sagittaire, peu avant le lever du Soleil, et qui est de magnitude 11,7.

## LE RENDEZ-VOUS DES DÉBUTANTS

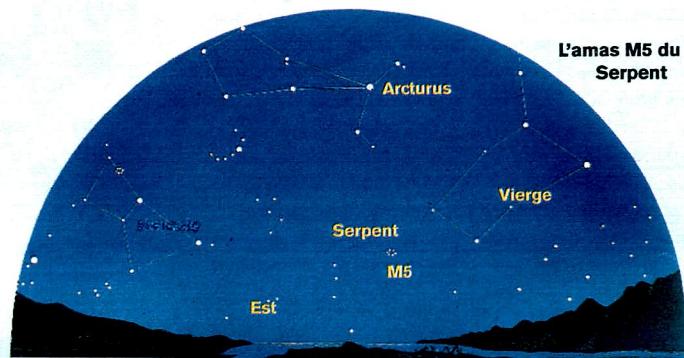
### L'amas M5

**L**'un des tout premiers objets que Messier inscrivit dans son célèbre catalogue fut ce spectaculaire amas situé dans la constellation du Serpent.

Il est facile à repérer, tout près de l'étoile numéro 5 du Serpent. De modestes instruments en montrent les principaux détails et beaucoup d'observateurs le considèrent comme le plus bel amas visible sous nos latitudes après celui d'Hercule. Une lunette ou un télescope de cent cinquante millimètres de diamètre, ou plus, permet de bien discerner un noyau irrégulier, dont le centre est occupé par une étoile brillante. Un grossissement de

deux cents fois met en évidence une forme générale ressemblant à un trapèze d'où partent de fins bras constitués d'étoiles. A bien observer, on lui trouve une certaine similitude avec une araignée. Si les conditions d'observation sont bonnes, M5 est facilement résolu en étoiles.

Au télescope, près de trois cents étoiles sont dénombrées. En réalité, la masse de l'amas est équivalente à celle de soixante mille Soleil ! Si les plus brillantes étoiles atteignent la magnitude douze, la luminosité globale de M5 est estimée à 6,2. L'amas du Serpent se trouve à plus de vingt deux mille années-lumière de la Terre et il s'éloigne de nous à près de cinquante kilomètres par seconde. ■





## Le bon jugement

Nous nous efforçons de présenter ici des parties exemplaires, où la démonstration des grands principes semble se dérouler inexorablement. Comme si une loi générale gouvernait la conduite du jeu. Ce n'est, heureusement, pas si simple. Et, s'il est indispensable d'établir des plans à plus ou moins long terme, c'est à chaque moment que le joueur doit réajuster son jugement.

**E. Rozentalis -  
V. Bologane  
France 1995**

1. e4	c5
2. c3 (a)	Qf6
3. e5	Qd5
4. Qf3	Qb6
5. Qc4	Qb6
6. Qb3	g6 (b)
7. d4	cxd4
8. cxd4	Qg7
9. Qc3	0-0
10. h4 (c)	d5! (d)
11. h5	Qg4
12. hgx6	fxg6! (e)
13. Qe3 (f)	a5! (g)
14. a3	e6
15. Qe2	a4
16. Qc2 (h)	Qc4
17. Qd3 (i)	b5! (j)
18. Qxb5	Qa5+
19. Qc3	Q4xe5!! (k)
20. dxe5	Qxe5
21. Qd2 (l)	Qxf3!! (m)
22. gxf3	Qxf3
23. Qf1	Qxh1
24. 0-0-0 (n)	Qf3
25. Qe1	Qxd3+
26. Qxd3	Qg4
Les Blancs abandonnent (o)	

a) Cette poussée modeste, dont l'idée est de garder un pion au centre après l'avance d2-d4, était encore rarissime il y a quelques années et la plupart des grands-maîtres optaient pour un développement rapide par 2. Qf3 suivi de 3. d4 cxd4 4. Qxd4. Mais, aujourd'hui, cette ligne est de plus en plus employée. Le Lituanien Eduardas Rozentalis,

56<sup>e</sup> joueur mondial, la choisit systématiquement...

b) ... ce qui permet à ses adversaires de se préparer ! Ainsi, il semble que le coup joué par le jeune Moldave Victor Bologane soit une nouveauté. Jusqu'à présent, on préférait généralement immédiatement limiter l'action du Fou b3 par 6. ... c4 ou 6. ... d5.

c) Estimant le petit roque noir vulnérable, les Blancs se lancent à l'assaut sur l'aile-roi avant même d'avoir eux-mêmes effectué le grand roque, ou du moins l'avoir préparé. Une première erreur de jugement.

d) La bonne réaction. L'action du Fou b3 est limitée et le Fou c8 va immédiatement profiter de la case g4, affaiblie puisque le pion h ne pourra plus la contrôler.

e) Une reprise contraire au principe qui veut que l'on ramène les pions vers le centre et surtout qui ouvre la diagonale visée par le Fou b3. Mais les Noirs ont évalué que l'action de leur Tour sur la colonne «f» serait capitale et qu'un pion en e6, bien que faible, suffirait, en soutenant le pion d5, à tenir fermée la diagonale du Fou blanc. Un jugement qui sera confirmé par la suite.

f) Ne croyant plus à leur attaque-éclair, les Blancs préparent le grand roque par cette sortie très passive du Fou.

g) Les Noirs anticipent le grand roque des Blancs tout

en menaçant de chasser le Fou b3 de sa belle diagonale.

h) Finalement, le Fou serait sans perspectives en a2 après la manœuvre Qc6-Qa5-Qc4.

i) Permet à la Dame de défendre le pion b2. Après 17. 0-0-0 Qb6, les menaces seraient très fortes sur le Roi blanc.

j) Ici, il est clair que l'ouverture des lignes vers le Roi blanc mérite le sacrifice d'un pion.

k) Ce nouveau sacrifice récompense les choix judicieux des 10<sup>e</sup> et 12<sup>e</sup> coups qui ont permis l'activité idéale du Fou en g4 et de la Tour f8.

l) Il n'y a rien à faire contre les menaces sur le Cavalier f3, cloué. Les Blancs espèrent 21. ... Qxf3+ 22. gxf3 Qxf3 23. Qxe6+, mais...

m) Cette fois, tout s'écroule.

n) 24. Qxh1?? Qxd3+ suivi

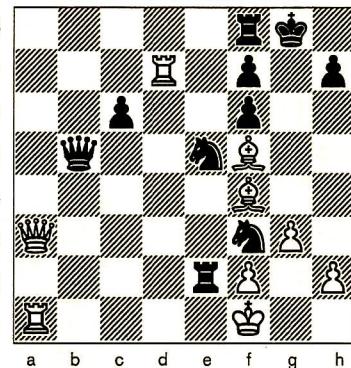
de 25. ... Qxf2. Les Noirs ont récupéré leur matériel investi avec un bonus de deux pions.

o) Outre le déficit matériel des Blancs, les menaces Qf5 ou Qc8 sont trop fortes.

### La solution du n° 930

Une erreur s'était glissée dans notre diagramme, transformant en Dame blanche la Dame g2 qui aurait dû être noire. Pour les lecteurs qui auraient rectifié d'eux-mêmes, voici la solution: 1. Qe6!! menace 2. Qe8 mat et les Noirs ne peuvent prendre la Dame à cause de: 1. ... dxe6 2. Qa3+ c5 3. Qxc5 mat, alors que la seule défense, 1. ... g6 est sans espoir après 2. Qa3+ d6 3. Qxc8+ etc. (Sergueï - Lebedev, Moscou 1928).

### A vous de jouer !

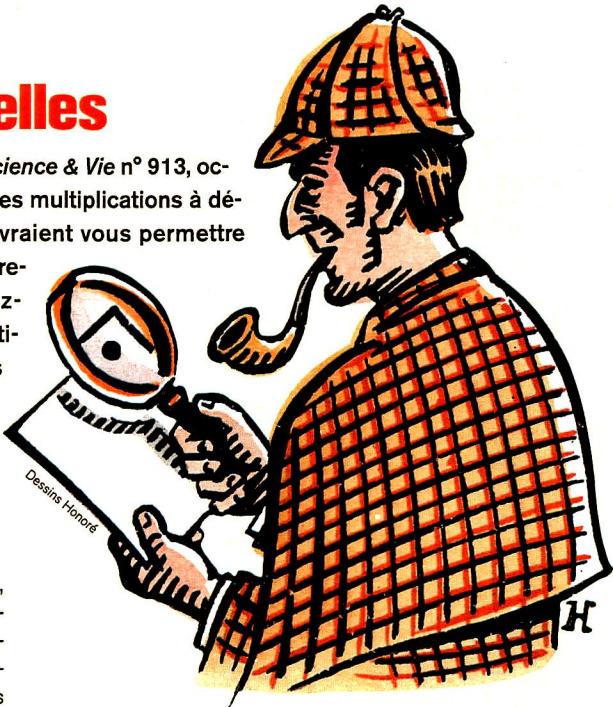


Le Roi blanc semble bien plus menacé que son homologue noir. Mais le jugement de l'ancien champion du monde Mikhail Tal ne s'était pas laissé abuser par les apparences. Les Blancs jouent et gagnent.

**La solution... dans le prochain numéro !**

## Données (très) partielles

Nous avons déjà présenté ici des cryptarithmes (*Science & Vie* n° 913, octobre 1993). Dans le même esprit, voici de nouvelles multiplications à dé-crypter. Raisonnement et intuition conjugués devraient vous permettre d'en venir à bout, sinon il vous restera toujours le recours de procéder par tâtonnements. Rassurez-vous : voilà qui ne présente pas de difficultés particulières, bien que, dans chaque problème, les données semblent bien maigres. Bien sûr, dans tous les cas, aucun nombre ne commence par 0.



### Diagonale

Ici, chaque chiffre a été remplacé par un point à l'exception de ceux de la grande diagonale.

$$\begin{array}{r}
 & \bullet & \bullet & 1 \\
 & \bullet & 2 & \bullet \\
 \hline
 & \bullet & 3 & \bullet & \bullet \\
 & \bullet & 4 & \bullet & \bullet \\
 & \bullet & 5 & \bullet & \bullet \\
 \hline
 6 & \bullet & \bullet & \bullet & \bullet & \bullet
 \end{array}$$

### Résultat

Un peu plus difficile. Ici, on ne « connaît » que le résultat.

$$\begin{array}{r}
 & \bullet & \bullet & \bullet \\
 & \bullet & \bullet & \bullet \\
 \hline
 & \bullet & \bullet & \bullet \\
 & \bullet & \bullet & \bullet \\
 \hline
 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6
 \end{array}$$

### Produits partiels

De plus en plus sérieux. Ici, les quatre chiffres du deuxième produit partiel, tous différents et non nuls, se retrouvent dans l'ordre inverse dans le troisième produit partiel. Mieux, ils forment aussi le premier produit partiel, mais dans un autre ordre, que l'on ne vous donnera pas !

Mais on peut vous donner une dernière indication supplémentaire : le troisième produit partiel est la somme des deux autres.

$$\begin{array}{r}
 & \bullet & \bullet & \bullet \\
 & \bullet & \bullet & \bullet \\
 \hline
 & \bullet & \bullet & \bullet \\
 & \bullet & \bullet & \bullet \\
 \hline
 A & B & C & D \\
 D & C & B & A \\
 \hline
 & \bullet & \bullet & \bullet & \bullet & \bullet
 \end{array}$$

### Similitudes

$$ABC \times CBA = \alpha \beta \gamma \alpha \beta \gamma$$

Vous le voyez, ici, le multiplicateur s'écrit avec les mêmes chiffres que le multiplicande, mais dans l'ordre inverse. Et les trois premiers chiffres des résultats sont les mêmes, et dans le même ordre, que les trois derniers. Mais attention, rien ne vous dit que les chiffres représentés par des lettres latines sont différents de ceux représentés par des lettres grecques.

### Astérisque

Ici, l'astérisque représente toujours le même chiffre, celui-ci étant toujours représenté par l'astérisque.

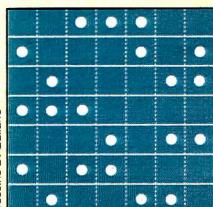
$$\begin{array}{r}
 & \bullet & \bullet & \bullet \\
 & * & \bullet & \bullet \\
 \hline
 & * & * & * \\
 & \bullet & \bullet & * \\
 \hline
 & \bullet & \bullet & * \\
 & \bullet & \bullet & * & \bullet & \bullet
 \end{array}$$

Les solutions... dans le prochain numéro !

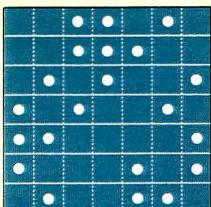
### Les solutions du n° 930

#### 1. Les tritrous de chaque couche sont imposés.

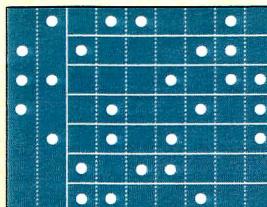
Problème 1



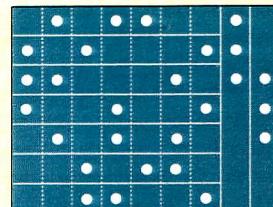
Problème 2



#### 2. Les 14 tritrous des deux couches sont imposés.



#### 3. Avec dix-huit tritrous.



# FORUM

## Biologie moléculaire : des vagues... et des insultes

A la suite de notre article "Biologie moléculaire contre... sciences naturelles" (Science & Vie n° 927, p. 48), M. J.C., de Villebon-sur-Yvette, nous écrit. Estimant «diffamatoires» les propos tenus à l'égard du Pr Pierre-Paul Grassé par l'un des chercheurs interviewés, il nous demande de publier un rectificatif sur trois points.

«Le professeur Grassé n'a jamais été professeur au Muséum national d'histoire naturelle (il enseignait à la faculté des sciences de Paris) et n'a jamais fait partie des mandarins hostiles à la génétique.

«Bien au contraire, titulaire de la chaire de biologie générale, boulevard Raspail, il a été le pionnier dans l'enseignement de la génétique, alors que cette discipline n'était pas encore reconnue officiellement par l'Université.

«Il n'a jamais déclaré que la thèse de Jacques Monod n'avait aucun intérêt pour l'Université, n'ayant aucune propension à s'identifier à cette dernière.»

Interrogé au téléphone, l'auteur de ces propos, Pierre-Henri Gouyon, persiste et signe (sauf en ce qui concerne le fait que Grassé n'a jamais été professeur au Muséum, erreur que nous assumons). Il rappelle que Grassé pensait qu'une force vitale dirigeait l'évolution des êtres vivants. Pour ce dernier, le néodarwinisme ne pouvait expliquer la formation d'organes complexes comme la main ou l'œil. Au sens des transformistes comme lui, cela

requiert un trop grand nombre de mutations coordonnées, incompatible avec leur apparition au hasard.

Georges Pasteur, un généticien des populations dont le Pr Grassé patronna la thèse, nous a aussi apporté son témoignage. Parti en 1954 au Maroc, où il étudie la systéma-

ne soit pas nécessaire d'en introduire une nouvelle, venue d'Amérique ! Georges Pasteur partira donc travailler quelques années aux Etats-Unis... chez Dobzhansky.

Son jugement sur les compétences de Grassé en génétique est sans appel : «Il n'a jamais rien compris à la géne-

Muséum». Examinons donc point par point, «en dehors de toute polémique», les critiques qu'il émet. Sur les cinq points relevés, donnons-lui tout de suite satisfaction sur le troisième : comme nous l'avons déjà rectifié, le Pr Grassé n'a effectivement jamais été professeur au Muséum, mais à la faculté des sciences de Paris.

Reprenons les autres points. En premier lieu, le Pr Matile s'insurge contre la réduction des sciences naturelles à la nomenclature et à l'embryologie. «C'est oublier l'énorme masse de découvertes publiées dans la première moitié du xx<sup>e</sup> siècle en faunistique, floristique, anatomie, morphologie, physiologie, éthologie, biochimie, etc.» Les critiques de Robert Barbault et P.-H. Gouyon ne portent pas tant sur l'absence de travaux de qualité dans ces domaines que sur le manque d'ouverture des chercheurs aux nouvelles disciplines comme la génétique et la biologie moléculaire.

En second lieu, notre correspondant affirme que «le Muséum n'a pas pu s'opposer à la génétique et à la biologie moléculaire», car «l'établissement (...) n'avait en aucun cas le pouvoir d'influencer l'Université ou le CNRS, ou Pasteur, ou quelque autre organisme de recherche». Nos interlocuteurs n'ont jamais prétendu que le Muséum avait eu le pouvoir de «bloquer une discipline ou [de] la promouvoir». En revanche, ils accusent les mandarins de l'époque – quelle qu'ait été l'institution à laquelle ils appartenaient – d'avoir cherché à contrer l'essor de la génétique et de la biologie moléculaire ; et, parmi eux, le Pr Grassé, dont notre correspondant reconnaît lui-



Desins D. Cordonnier

tique de certains lézards, le jeune chercheur découvre des ouvrages américains signés Mayr, Simpson, Dobzhansky. A la lecture de ces grands théoriciens de l'évolution, il réalise que «la systématique n'a de sens que si l'on y intègre la génétique». A son retour à Paris pour soutenir sa thèse, dix ans plus tard, c'est la catastrophe : Grassé, furieux, s'exclame qu'il y a suffisamment de religions en France pour qu'il

tique moléculaire !» Il cite ainsi pour preuve la description erronée de la structure de l'ADN que Grassé se crut obligé d'intégrer dans un ouvrage de biologie animale.

Aux yeux de Loïc Matile, professeur au Muséum national d'histoire naturelle et ancien président de la Société française de systématique, notre article est truffé «d'allégations, d'erreurs et d'approximations contre la systématique et le

même qu'il fut «effectivement fort puissant dans la biologie française».

Le quatrième point concerne encore le Pr Grassé. D'après le Pr Matile, «l'anecdote de la thèse soutenue en 1945 contre l'avis de Grassé et d'autres biologistes concerne non pas le Pr Lhéritier mais le Pr Teissier ; il s'agissait d'un travail de biométrie et nullement de génétique». Admettons. Pasteur, généticien des populations, eut bien, lui, à souffrir de l'opposition violente de Grassé à son travail de systématique, parce qu'il y intégrait de la génétique (voir la réponse à la lettre précédente).

Enfin, le Pr Matile souligne que «le programme Systematics Agenda 2000 ne se propose nullement de "protéger les espèces en les décrivant"». Ce point de vue, selon lequel, «pour lutter contre les extinctions d'espèces, il faut les décrire» (c'est la citation exacte), est celui de P.-H. Gouyon. Rappelons toutefois que, dans l'encadré sur le programme Systematics Agenda 2000, nous donnons en premier lieu la parole au président de la Société française de systématique, Daniel Goujet.

Pour ne pas lasser le lecteur, nous arrêterons là cet échange. Qu'on nous permette toutefois une dernière mise au point. Les scientifiques interrogés peuvent en témoigner, nous n'avons en rien déformé leurs propos. D'autre part, nous ne saurions laisser passer des accusations diffamatoires visant à disqualifier notre travail de journaliste. Contrairement à ce qu'affirme – de quel droit ? – M. Matile, en effet, nous n'interrogeons pas «séparément [nos] interlocuteurs au téléphone, sans leur faire

part de l'identité et des arguments de leurs contradicteurs éventuels». Nous avons rencontré dans leurs laboratoires les chercheurs interrogés dans le cadre de notre enquête (aussi respectables que le Pr Matile, contrairement à ce qu'il prétend), et nous n'avons pas craint, pour les besoins du débat, de leur faire part des propos tenus par leurs collègues. Si cela est certes bien plus facile, jeter le discrédit sur le travail d'un journaliste n'a jamais remplacé un salutaire débat entre collègues. Et c'est bien là l'attitude que nos interlocuteurs reprochaient aux chercheurs du Muséum au moment où se développaient la génétique et la biologie moléculaire. Apparemment, les choses n'ont, malheureusement, pas changé !

## Ingénieurs contre inventeurs (suite)

Dans notre numéro de juin 1994 (n° 921, page 144), nous avons fait état de certaines incompréhensions réciproques entre ingénieurs et

inventeurs ; et demandé aux uns et aux autres d'expliquer leurs points de vue et leurs comportements, souvent surprenants et nuisibles pour les entreprises comme pour les inventeurs.

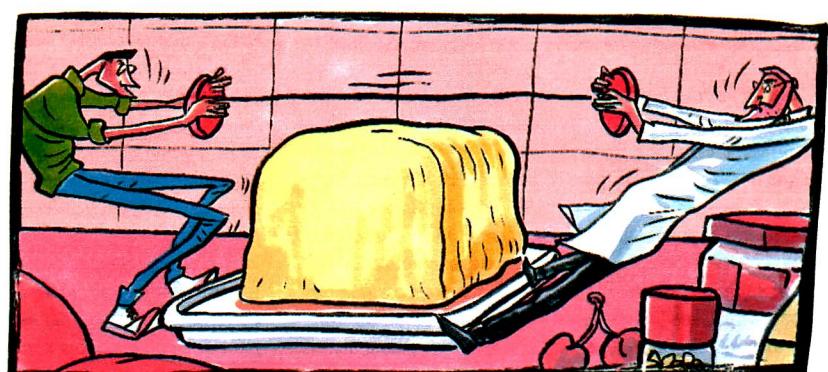
Un point de vue pertinent nous vient de M. P.D.S., qui habite Paris et souhaite garder l'anonymat.

«La première fois qu'avec aplomb un ingénieur faisant partie de l'intelloscientia m'a déclaré que "si c'était vrai cela (un procédé d'identification), nous-mêmes aurions dû le trouver depuis long-temps", cela m'a surpris. Maintenant, quand je constate que mon interlocuteur est enfoncé dans sa thématique "cette méthode est peut-être bien prometteuse, mais c'est nous qui devrions l'avoir proposée ; tout cela est bien embêtant ; il faut s'arranger pour que cela ne se sache pas ou le redécouvrir nous-mêmes plus tard par une autre voie", je n'insiste pas. Bien sûr, une objection valable existe : je me suis laissé dire depuis long-temps qu'il y a plus de brevets de tire-bouchon ou de poignée de porte que de brevets découlants d'une réelle avancée technologique ou

scientifique... Ceci sans vouloir dénigrer les inventeurs de tire-bouchons performants.

»Le problème est peut-être plus aigu en France du fait de quelques particularités des carrières d'ingénieurs, qui savent qu'ils vont passer d'une structure à l'autre en étant jugés sur des critères bien éloignés des modernisations qu'ils auront apportées à un secteur. Même si à long terme il est sans doute intéressant pour une structure d'introduire – à temps – une nouveauté venant de l'extérieur, cette introduction est sans doute plus risquée que valorisante à court terme pour la personne qui la propose. A cela s'ajoute sans doute une certaine réticence pour tout ce qui est quelque peu imaginatif, qui semble déraisonnable, peu cartésien, et de là dérisoire et marginal.»

Le discours est un peu théorique ? Il manque de concret venant de la part d'un professionnel ? Notre interlocuteur nous donne un exemple, mais il nous demande de ne pas le publier, et il précise : «Les bons exemples – ou contre-exemples – sont nombreux, mais ils ne sont pas divulguables.» Pour cause de chômage assuré... A suivre.



## Homéopathie : le scepticisme des médecins

Du Dr Claude André, de Fresnes : «Je vous écrit pour vous dire que le texte "Homéopathie, le retour des fausses preuves" m'a ravi. Il est regrettable qu'une bonne part de la presse française

avaient auparavant fait un large écho à l'article du "Lancet".

«Je suis, comme vos rédacteurs (et bien d'autres), curieux de ce phénomène de l'homéopathie, et j'attends une amorce de démonstration de sa réalité. J'avais donc été perturbé par les extraits de l'article de "The Lancet" reproduits dans la presse française, et, faute d'un commentaire

tour des fausses preuves" en homéopathie. Ayant moi-même utilisé les techniques statistiques modernes dans les articles que j'ai publiés, je ne suis pas un contempteur de la méthode.

«Je vous suis parfaitement lorsque vous-même et Marcel-Francis Khan, dont je connais et apprécie depuis longtemps la rigueur morale et scientifique et la haute compétence professionnelle, fustigez les prétentions qu'ont eues les homéopathes d'apporter une preuve statistiquement solide de la validité des traitements qu'ils pratiquent. Ils ont eu, à mon sens, tort de vouloir utiliser une procédure tout à fait inadaptée à leur démonstration.

«Vous avez raison de récuser leurs conclusions, et je vous en donne acte. Mais pourquoi donc, à l'argumentaire scientifique qui se suffisait à lui-même, ajouter un argumentaire polémique qui ne fait qu'affaiblir votre démonstration : "Ces études sont réalisées par des homéopathes et soutenues financièrement par des firmes homéopathiques." Amusant ! Comme si les études sur les médicaments allopathiques n'étaient pas réalisées par des allopathes, et financées par des firmes allopathiques !

Du Dr Martin, de Provins : «L'expérience rapportée dans "The Lancet" ne semble pas être valable, et ses résultats, ne pas être retenus, du fait du faible nombre de participants, de l'origine des commanditaires, de l'analyse, etc. On ne peut être que d'accord avec vous ou n'importe quel observateur scientifique sensé. Vous auriez dû insister sur cet aspect des choses, mais sans doute vous ne le pouvez pas.

»Encore une fois, pour l'homéopathie (je ne suis pas sceptique, je vous l'ai dit et je vous l'ai déjà écrit) : pourquoi voulez-vous faire entrer ce domaine dans un monde cartésien alors que vous en savez comme moi les principes, du moins, je l'espère.

»Vu de ma lorgnette, il y a dans l'homéopathie un autre raisonnement, une autre investigation de l'individu, et vous ne pourrez pas trouver x individus tous de même typologie, morphologie, etc., pouvant servir de "pool" pour une expérience. Il semble que vous ne l'ayez pas encore compris. Ou alors, si oui, pourquoi ne le dites-vous pas ?

Si l'homéopathie est l'objet de tant de polémiques, ce n'est pas tant notre faute que celle des homéopathes, qui tiennent à tout prix à démontrer l'indémontrable en usant d'arguments passionnels ou subjectifs. Nous ne reprochons pas aux laboratoires homéopathiques de financer les recherches sur les hautes dilutions, mais nous désapprouvons qu'ils n'acceptent de publier que les études positives.



n'a pas votre éthique dans ce domaine.»

Du Dr Gatelais, de Paris : «Quel dommage que le "droit de réponse" ne soit pas automatiquement appliqué par la presse. Votre excellent article, "Homéopathie, le retour des fausses preuves", aurait dû être publié automatiquement par tous les journaux qui

approprié, je m'étais dit que... peut-être... on ne sait jamais... ! En fait, rien n'est prouvé, et tout reste à faire. J'espère simplement qu'un organisme sérieux et objectif, avec des moyens puissants, en sera un jour chargé.»

Du Dr Bouchet, de Paris : «J'ai lu avec la plus grande attention votre article sur "le re-

## Stéréogrammes : mise au point

De M. Robert Ferréol, de Paris : «J'aimerais avoir des éclaircissements sur les "plans de focalisation" des figures 3 et 4 page 125 de votre n° 927 (sur les stéréogrammes). Il me semble que, dans les stéréogrammes, la distance entre deux boucles successives est constante et que, donc, ce qui est indiqué comme "contour convexe" devrait être en fait un

## Erratum

Dans notre article sur l'écran à micropointes (*Science & Vie* n° 930, p. 116), nous avons associé par erreur le LETI au CNRS, alors que ce laboratoire dépend du CEA.

plan. D'ailleurs, pour moi, un plan qui n'est pas un plan s'appelle plutôt une surface.»

Ce lecteur a raison : dans la construction d'autostéréogrammes, la distance entre deux bandes successives est constante. Cependant, la distance entre deux points "conjugués" dans deux bandes successives dépend de la profondeur du point qu'ils représentent en trois dimensions. En prenant comme exemple un point situé symétriquement par rapport aux deux yeux (figure 1), on peut calculer la corrélation entre la distance des points conjugués  $A'$  et  $A''$  et la profondeur désirée du point  $A$  vu en relief.

Soit  $L$  = distance entre les yeux et le plan de l'image en deux dimensions ;  $2L$  = profondeur maximale de l'image en trois dimensions ;  $2L - uL$  = profondeur minimale de l'image par rapport aux yeux ;  $s$  = distance entre les points conjugués  $A'$  et  $A''$  ;  $E$  = distance entre les yeux ;  $z$  = paramètre de profondeur du point  $A$ . On

$$a : s/E = (L - zuL)/(2L - zuL) \quad (\text{Thalès})$$

$$\text{soit } s = E(1 - zu)/(2 - zu).$$

Ceci montre qu'à chaque distance  $s$  des points conjugués, il y a une profondeur différente. Le calcul se complique encore si le point n'est pas juste en face des yeux. Pour quatre points  $A'A''B'B''$  (figure 2), si les yeux ne fixent pas le plan de l'image, c'est-à-dire si les lignes des yeux ne se croisent pas dans le plan de l'image, mais au-delà, on verra deux points  $A$  et  $B$  appartenant à un contour (ou, en trois dimensions, à une surface), car ils ont des profondeurs différentes. Les profondeurs respectives de  $A$  et de  $B$  dépendront des valeurs données aux distances  $A'A''$  et  $B'B''$ . La surface à laquelle appartiennent les points  $A$  et  $B$  sera soit concave, soit convexe, selon que le plan de focalisation (plan de vision nette) se trouve "derrière" l'image (vision parallèle) ou "devant" (vision croisée). Nous espérons avoir apporté quelques éclaircissements à ce lecteur.

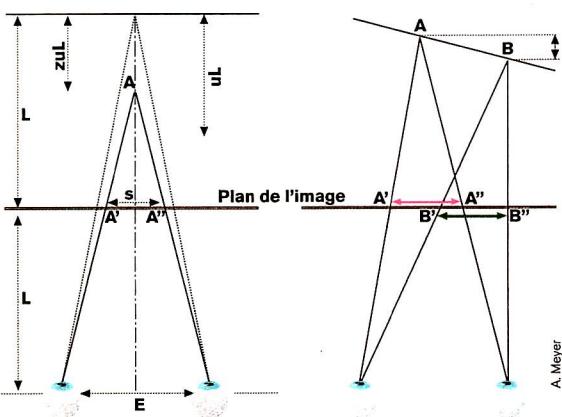


Figure 1

A. Meyer

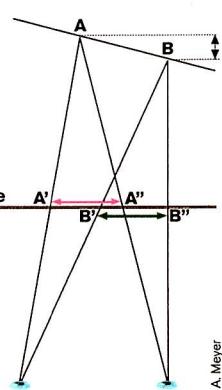


Figure 2



## Un capuchon pour les ballons éclairants ?

M. E.D., de Paris, nous écrit que l'écho publié en novembre 1994 (*Science & Vie* n° 926, p. 84) sur le ballon éclairant "Pleine lune" l'a «plongé dans un profond désespoir»...

Diable ! Voilà qui est grave. Pourquoi un tel désespoir ? «Je suis astronome depuis des années et, à ce titre, particulièrement sensibilisé aux problèmes de pollution lumineuse, par la disparition du ciel nocturne due aux émissions de lumière vers le ciel.

«Je suis bien conscient de l'utilité de ces ballons pour des opérations de secours, par exemple. Mais, si, demain, le voisin de ma résidence secondaire décide de s'équiper d'un tel ballon, je n'aurai plus qu'à revendre mon télescope ! Nous avons quand même le droit de regarder le ciel librement !»

Notre correspondant, inventif, a trouvé la solution à ce pro-

blème. «Il serait très simple de rendre ces ballons inoffensifs pour le ciel nocturne : il suffirait de recouvrir leur hémisphère supérieur d'un capuchon réflecteur – par exemple, d'un film d'aluminium. L'utilisation d'un tel réflecteur permettrait d'éviter la pollution nocturne tout en renvoyant vers le sol la lumière qui était perdue. Le luminaire deviendrait deux fois plus efficace au sol et, à luminosité équivalente, deux fois moins consommateur d'électricité.»

Epargner le ciel nocturne intéresserait les astronomes, les oiseaux migrateurs et les avions de ligne (ce qui fait déjà pas mal de monde), et permettrait des économies d'énergie – ce qui concerne tout le monde. ■

**36 15**  
**ScV**

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

# 3615 SCV

**L**a question primée par un abonnement d'un an à *Science & Vie* le mois dernier était : «Vous êtes-vous penchés sur cette "côte qui descend", dans la région de Beaune ?» Elle nous a attiré un courrier abondant, par voie postale mais aussi via notre service télématique 36 15 SCV.

Le mystère de la route "qui monte en descendant" s'explique de la façon suivante. Cette route est incurvée dans le sens de la largeur. Ce creux en son milieu est très marqué en bas de la côte, puis, en quelques mètres, la chaussée devient progressivement plane.

## A propos des côtes qui descendent...

Au début de son trajet, la voiture, en raison de l'écartement de ses roues, prend donc appui essentiellement sur les bords de la route. A cet endroit, la "garde au sol" du véhicule est très élevée par rapport au centre de la route. Puis elle décroît progressivement à mesure que la chaussée s'aplanit, et le centre de gravité de la voiture descend. Ainsi, s'il est vrai que la route monte, sa pente reste néanmoins inférieure à l'abaissement du centre de gravité de la voiture. Résultat : le véhicule descend, alors que la route monte !

Une expérience illustrant ce phénomène est d'ailleurs présentée dans la salle de mécanique du Palais de la découverte, l'un des endroits de Fran-

**Toujours énormément de courrier sur notre serveur. Elire "la question du mois" devient de plus en plus délicat... Celles que nous choisissons tous les mois éveillent la curiosité de nombreux lecteurs. C'est pour cette raison que nous avons décidé d'en publier aussi la réponse.**



D. Cordonnier

ce les plus propices à la découverte de la science.

En ce qui concerne notre serveur, il semble que vous ayez maintenant pris l'habitude de vous

précipiter sur vos minitels dès que vous avez reçu ou acheté en kiosque votre mensuel préféré. Une avalanche de questions nous arrive dès la première se-

## LA QUESTION DU MOIS

**Elle nous a été posée par "IRVOITURE" :  
"Pourquoi puis-je ouvrir ma voiture avec la télécommande à infrarouges, alors que l'effet de serre nous apprend que les infrarouges ne traversent pas le verre ? S'agit-il vraiment d'infrarouges pour ce type de télécommande, car j'y vois une lueur que je ne vois pas à la télécommande TV, par exemple ?"**

**Généralement, les télécommandes de voiture fonctionnent dans le proche infrarouge, de manière justement, à mieux traverser le verre. Précisons que, si ce dernier est peu transparent pour l'infrarouge, il n'est pas totalement opaque. Les récepteurs sont souvent suffisamment sensibles pour détecter le signal codé, même atténué.**

**Chaque mois, la meilleure question posée sur le 36 15 SCV sera récompensée par un abonnement d'un an à *Science & Vie*.**

maine de parution.

Mais vous privilégiez toujours la rubrique "Courrier". Or, d'autres options vous sont offertes. Nous vous rappelons que notre rubrique "Forum" peut permettre d'échanger directement des idées entre vous. Il s'agit d'un espace de communication privilégié où vous pouvez aborder n'importe quel sujet : la "mémoire de l'eau", la fusion froide, la parapsychologie, etc.

Même si *Science & Vie* a de tout temps adopté une position très tranchée sur ces thèmes, nous ne nous sommes jamais posés en inquisiteurs. Nous savons que ces sujets sont très prisés d'une partie de nos lecteurs, et la confrontation des idées sera dans ce domaine enrichissante.

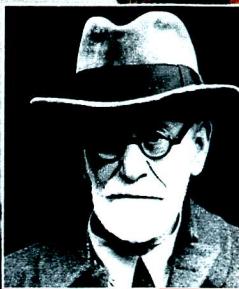
Autre mode d'utilisation de notre serveur : la

## Avez-vous des idées d'articles ?

proposition de sujets. Afin de vous rapprocher de notre équipe rédactionnelle, vous pouvez maintenant réagir à l'actualité et nous soumettre des idées de reportages ou de dossiers scientifiques que vous aimeriez voir traités dans nos colonnes.

Pour terminer, rappelons que nous ne connaissons l'auteur de la question du mois que sous son pseudonyme. Si votre question a été élue, vous devez donc nous contacter afin que nous puissions établir votre abonnement gratuit. ■

# L'histoire de la Science comme on ne vous l'a jamais racontée.



**LES CAHIERS  
DE SCIENCE & VIE**  
DES HISTOIRES RICHES EN DECOUVERTES

## Collection 1991

### N°1 - NAISSANCE DE L'AVIATION

Farmar ou les Wright, qui a inventé l'avion ?

### N°2 - GALILEE

La naissance de la physique moderne.

### N°3 - LA DERIVE DES CONTINENTS

Wegener, l'homme d'une géniale découverte.

### N°4 - PASTEUR

Tumultueuse naissance de la biologie moderne.

### N°5 - FRESNEL

Quelle est la vraie nature de la lumière ?

### N°6 - DARWIN ou LAMARCK

La querelle de l'évolution.

## Collection 1992

### N°7 - LE PROJET MANHATTAN

Construction de la première bombe atomique.

### N°8 - LA RADIO-ASTRONOMIE

Une nouvelle fenêtre sur le ciel.

### N°9 - LA NAISSANCE DU CONCORDE

Un exemple de coopération internationale.

### N°10 - LA PILULE CONTRACEPTIVE

De la "Big Science" chimique et médicale.

### N°11 - DE SPUTNIK à GAGARINE

L'espace comme champ de bataille de la guerre froide.

### N°12 - LA PHYSIQUE GEANTE

Du gigantesque pour observer l'infiniment petit.

## Collection 1993

### N°13 - NEWTON

Le concepteur de la science moderne.

### N°14 - LAVOISIER

Le père de la chimie moderne.

### N°15 - MENDEL

Le fondateur de la génétique.

### N°16 - EINSTEIN

Pour enfin comprendre la Relativité.

### N°17 - MAXWELL

Qu'y a-t-il de commun entre lumière, électricité, et magnétisme.

### N°18 - ARCHIMEDE

Un savant exemplaire.

## Collection 1994

### N°19 - AMBROISE PARE

Le premier chirurgien des temps modernes

### N°20 - CARNOT

Le premier à établir le lien entre chaleur et travail

### N° 21 - KEPLER

Le fondateur de l'astronomie moderne

### N° 22 - FREUD

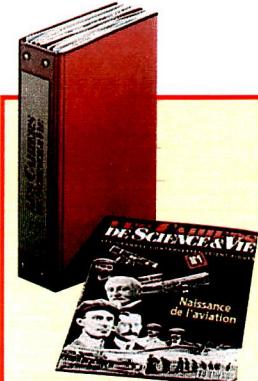
Comment fut découverte la psychanalyse

### N° 23 - BUFFON

Le père de l'Histoire Naturelle

### N° 24 - MARIE CURIE

Une grande dame de la physique



**Elégante et pratique,  
chaque reliure est conçue  
pour classer 12 numéros des  
CAHIERS DE SCIENCE & VIE**

## BON DE COMMANDE

à compléter et à renvoyer avec votre règlement libellé à l'ordre des CAHIERS DE SCIENCE & VIE,  
sous enveloppe affranchie à : CAHIERS DE SCIENCE & VIE Service VPC - 1, rue du Colonel Pierre Avia - 75503 Paris cedex 15

NOM		Prénom	
ADRESSE			
CODE POSTAL		VILLE	

### OUI, JE COMMANDE :

Cochez les cases de votre choix

- LA COLLECTION 1991 des CAHIERS DE SCIENCE & VIE (n° 1 à 6) au tarif de 160 francs les six fascicules au lieu de 192 francs (\*)
- LA COLLECTION 1992 des CAHIERS DE SCIENCE & VIE (n° 7 à 12) au tarif de 160 francs les six fascicules au lieu de 192 francs (\*)
- LA COLLECTION 1993 des CAHIERS DE SCIENCE & VIE (n° 13 à 18) au tarif de 160 francs les six fascicules au lieu de 192 francs (\*)
- LA COLLECTION 1994 des CAHIERS DE SCIENCE & VIE (n° 19 à 24) au tarif de 160 francs les six fascicules au lieu de 192 francs (\*)
- JE COMMANDE \_\_\_\_\_ reliure(s) des CAHIERS DE SCIENCE & VIE au tarif unitaire de 65 francs (Etranger : 75 francs français)

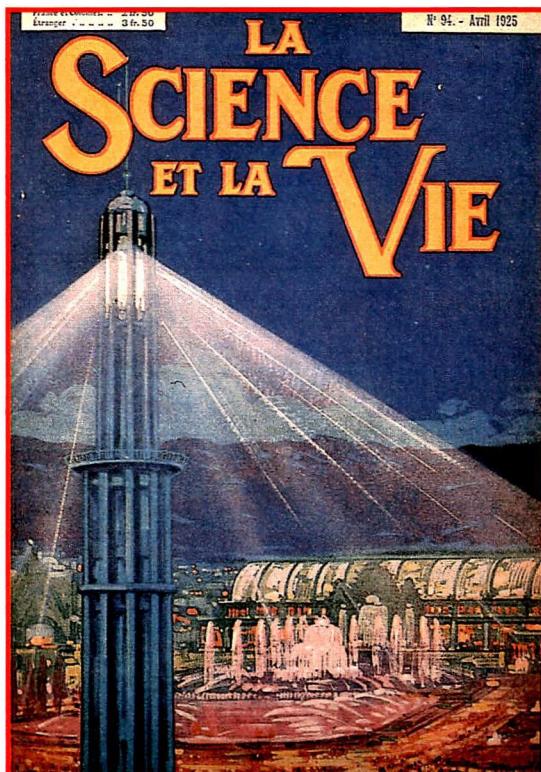
Le montant total de ma commande s'élève à

francs français

Offres valables jusqu'à fin 1995

Par Marielle Véteau

# il y a 70 ans



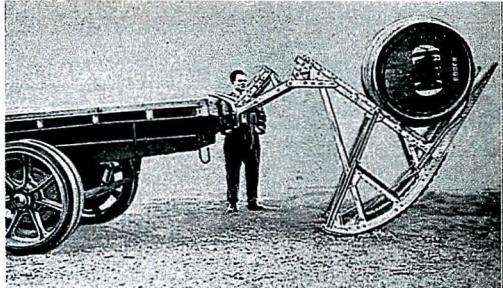
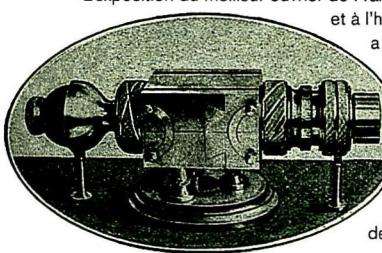
Photos : DR.

## Avril 1925

«L'exposition de la houille blanche et du tourisme présente de nombreux sujets d'attraction. Depuis une tour d'orientation haute de 95 m, des projecteurs puissants balaien l'immense parc ainsi que la ville et ses abords ; des ascenseurs permettent d'accéder à un balcon à 80 m du sol. Trente cinq transformateurs représentant une puissance de 6 000 kW ont été installés afin d'alimenter l'exposition en électricité.»

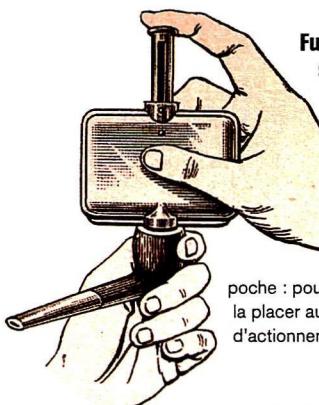
## Le meilleur ouvrier de France

«L'exposition du meilleur ouvrier de France, au palais du Louvre et à l'hôtel de ville, à Paris, a primé de nombreux ouvriers, compagnons et apprentis pour leur travail exceptionnel qui allie autant les acquis traditionnels que les procédés modernes de fabrication.»



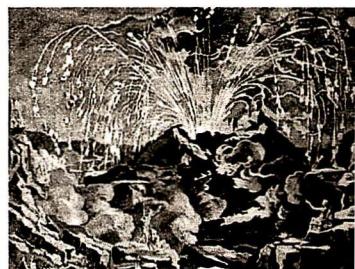
## Un appareil pour charger les camions

«M. Biblis a mis au point un ingénieux dispositif qui permet de charger et de décharger toute sorte d'objets. Ce basculeur automatique, équipé de montants métalliques et de patins, prend appui sur le sol. Puis le camion avance, et l'appareil bascule autour de son axe, élévant ainsi la charge qu'il suffit de faire rouler sur le plateau.»



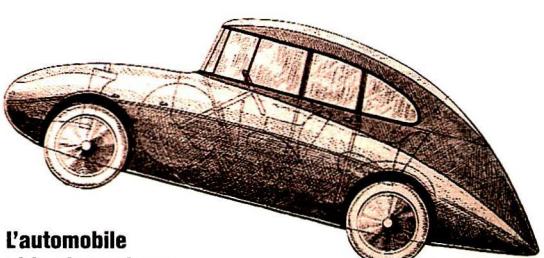
## Fumer la pipe tout simplement

«Bourrer une pipe est une opération délicate qui prend du temps. Avec cet appareil, les bourres, préparées à l'avance à l'aide du moule et de ses accessoires, sont ensuite placées dans l'étui de poche : pour bourrer sa pipe, il suffit de la placer au-dessous de l'étui et d'actionner le piston sur le dessus.»



## Le feu central existe-t-il ?

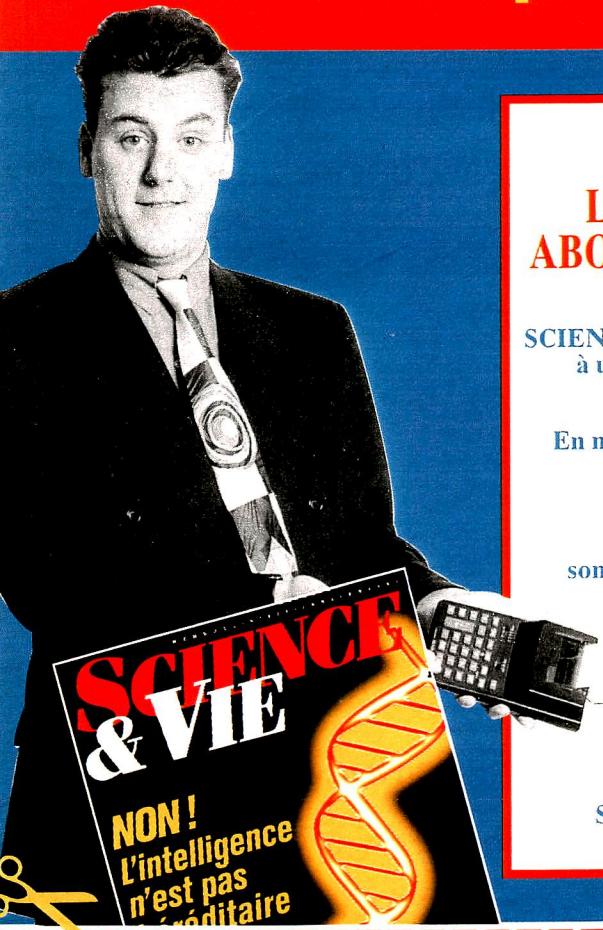
«La Terre ne recèle pas de feu central animé par Héphaïstos ou Encéladé ; les volcans ne cachent pas de forge souterraine comme incitent à le croire les vieilles légendes. Il y aurait plutôt un noyau de chaleur et de compression, la baryosphère, puis de la matière silicatée fondu, la pyrosphère, qui alimenterait le volcanisme.»



## L'automobile et la vie moderne

«Cette carrosserie, étudiée par le Dr Jarray, de la firme Zeppelin, devrait permettre une meilleure pénétration du véhicule dans l'air. On assure avoir obtenu un gain de vitesse sensible... mais la silhouette a perdu toute élégance de ligne.»

# ... Abonnez-vous en " libre durée " à SCIENCE & VIE pour 55 F seulement !



## NOUVEAU

### LES 5 AVANTAGES DE MON ABONNEMENT " LIBRE DUREE " :

#### 1 Une formule économique

SCIENCE & VIE est livré chaque mois à mon domicile, à un prix inférieur au prix de vente en kiosque.

#### 2 Un prix garanti

En m'abonnant, je suis préservé des augmentations de prix pendant au moins un an.

#### 3 Un paiement échelonné

Chaque trimestre, 55 francs seulement sont automatiquement prélevés sur mon compte.

#### 4 Je choisis la durée

A tout moment, je me réserve la liberté de résilier mon abonnement par simple lettre, et les prélèvements seront stoppés aussitôt.

#### 5 J'en profite même en vacances

Je fais suivre mon abonnement à SCIENCE & VIE sur mon lieu de vacances, sans aucun frais supplémentaire.

### BULLETIN D'ABONNEMENT " LIBRE DUREE " A SCIENCE & VIE

**OUI**

je m'abonne dès aujourd'hui à SCIENCE & VIE, et je ne paierai que francs par trimestre, par prélevement sur mon compte bancaire ou postal, et remplis l'autorisation de prélevement ci-contre ainsi que la grille adresse ci-dessous.

#### ADRESSE DE RECEPTION DE MON ABONNEMENT

NOM	
PRENOM	
ADRESSE	
CODE POSTAL	
VILLE	

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

#### Autorisation de prélèvement

##### 1 TITULAIRE DU COMPTE A DEBITER

NOIR	
PRENOM	
ADRESSE	
CODE POSTAL	
VILLE	

##### 2 COMPTE A DEBITER

ETABLISSEMENT	codes	GUICHET
N° DU COMPTE		CLÉ RIB

L'autorisation de prélevement timbré du mons compte à produire pour déposer le montant des sous de cotisation trimestrielles versées par SCIENCE & VIE. Je vous demande de faire respecter ces versements sur mes comptes de compte courants. Je m'adresserai directement à SCIENCE & VIE pour tout ce qui concerne le fonctionnement de mon abonnement.

Nom et adresse de l'organisme créancier  
SCIENCE & VIE - 1, rue du Colonel Pierre Avia  
75503 Paris Cedex 15

N° national d'émetteur : 415137

#### Comment bien remplir votre autorisation de prélèvement

1 : Indiquez les nom, prénom, et adresse du débiteur

2 : Indiquez les coordonnées de votre relevé d'identité bancaire ou postal

3 : Indiquez le nom et l'adresse de votre agence bancaire et joignez votre R.I.B.

##### 3 ETABLISSEMENT TENEUR DU COMPTE A DEBITER

ETABLISSEMENT	
ADRESSE	
CODE POSTAL	
VILLE	

DATE ET SIGNATURE OBLIGATOIRES :

OFFRE VALABLE  
JUSQU'AU 31 DÉCEMBRE 1995 ET RESERVÉE  
À LA FRANCE METROPOLITAINE

# LA SEULE VISITE DE LA GROTTE INTERDITE

CE NUMÉRO  
SPÉCIAL EST UN  
VOYAGE  
FANTASTIQUE AU  
CŒUR DE LA  
PRÉHISTOIRE

**En vente  
chez tous vos marchands  
de journaux**

Le 18 décembre dernier, Jean-Marie Chauvet et ses compagnons découvraient dans l'Ardèche une grotte fabuleuse aux parois riches de trois cents chefs-d'œuvre. Après une nuit de deux cents siècles, les trésors enfouis de la Combe-d'Arc venaient soudain s'inscrire parmi les hauts lieux de la préhistoire aux côtés de Lascaux et d'Altamira. Mais, à peine découvert, ce sanctuaire extraordinaire de l'art solutréen a dû, pour sa sauvegarde, être fermé au public. *Science & Vie* et *Paris Match* vous invitent à la première et unique visite de la grotte interdite.

EDITION SPECIALE

SCIENCE  
& VIE

PARIS  
MATCH

LA  
GROTTE  
DE LA  
COMBE  
D'ARC

LA VIE DE NOS ANCETRES IL Y A 20 000 ANS  
Toutes les photos des chefs-d'œuvre que vous ne verrez jamais

Édition spéciale 25 F 180 FB / 6,50 £ 2000 F lux / 4.000 Dr / Réunion 2 Ans

*-La Blonde-  
par Heineken  
(école Hollandaise 1864)*



*Bière brassée en France*

**HEINEKEN. AU NOM DE LA BIÈRE.**

L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR LA SANTÉ. A CONSOMMER AVEC MODÉRATION