

# SCIENCE & VIE

**NON !**  
*L'intelligence  
n'est pas  
héréditaire*

■ **EXCLUSIF**

La "voluvision"  
remplace  
la télé

■ Et si les  
trous noirs  
n'existaient pas ?

T 2578 - 928 - 22,00 F



**ENQUETE**  
Pourquoi l'eau  
coûtera plus  
cher





N° 189 DECEMBRE 1994

# SCIENCE & VIE

HORS SÉRIE

## LA NAISSANCE DE L'UNIVERS :

# Le BIG BANG en questions

- D'Einstein à aujourd'hui, quelle est l'histoire de la théorie du Big Bang ?
- Jusqu'où pourra-t-on remonter dans les débuts de l'univers ?
- De la formation de la matière à celle des galaxies, faut-il croire au Big Bang ?



EN VENTE PARTOUT



# L'ÉVÉNEMENT

**L'**Académie des sciences nous prévient : aucun des modèles de l'effet de serre présentés depuis vingt-cinq ans n'est représentatif de la réalité. Et personne n'est à même, pour l'instant, de bâtir un modèle fiable.

On s'en était douté. Désormais, c'est officiel. De quoi inciter les "experts" à une plus grande modestie.

La nature de cet effet de serre risquant de s'être diluée dans la masse des commentaires, il est sans doute opportun d'en rappeler le concept. L'atmosphère terrestre se comporte comme les vitres d'une serre : elle capte et retient normalement la chaleur solaire, notamment les infrarouges. C'est grâce à cela que la température moyenne du globe est d'environ 15 °C. Sans ce phénomène, elle chuterait à -18 °C.

Toutefois, l'accumulation de polluants aériens, comme le gaz carbonique, le méthane, les chlorofluorocarbones et d'autres, risque de modifier la nature de l'atmosphère. Dans ce cas, avancerait plus de chaleur : les glaces des pôles fondraient, le niveau des mers monterait, les côtes basses seraient inondées... L'augmentation de 3 à 4 °C prévue par de nombreux spécialistes suffirait théoriquement pour donner ce scénario catastrophique.



Pour prévoir l'évolution de l'effet de serre, il faudra tout d'abord savoir modéliser les échanges de gaz carbonique entre l'atmosphère et les océans.

Don James/ Zeila

Tout cela est bel et bon, mais, avant de faire des prévisions aussi graves et

aussi vastes, il faudrait disposer de tous les paramètres des interactions entre terre, océans et atmosphère. Ainsi, des quantités de gaz carbonique sont absorbées par les océans et les lacs. Il faut aussi connaître l'effet des courants marins, comme le Niño ou le Gulf Stream, sur le climat. On doit encore prendre en considération le fait que le réchauffement entraîne une évaporation plus abondante de l'eau, qui accroît la masse de nuages, réduit donc la quantité d'infrarouges reçus sur Terre et, du coup,... ralentit le réchauffement !

Notre vieille Académie reconnaît donc que les modèles numériques de l'effet de serre

ne sont pas fiables. Mais elle prévient qu'on ne peut toutefois pas continuer à déverser des saletés dans l'air sans que le climat finisse par accuser le coup. Sage

avertissement. Mais un peu tardif, il nous semble – à humer l'air que nous respirons. Peut-être eût-on pu commencer par là, il y a un quart de siècle. Enfin, félicitons-nous du coup de vent qui a ouvert les fenêtres du quai de Conti...

**S&V**

## COUP DE VENT à l'Académie des sciences



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

## DIRECTION, ADMINISTRATION

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

## REDACTION

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

## ONT COLLABORÉ À CE NUMÉRO

Germain Chambost, Sonia Feertchak, Jean-Luc Glock, Hélène Guillemot, Rachida Zerroudi et Yann Werdeffroy.

## RELATIONS EXTÉRIEURES

Michèle Hilling, Guyline Brehin.

## SERVICES COMMERCIAUX

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

## PUBLICITÉ

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

## À NOS LECTEURS

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

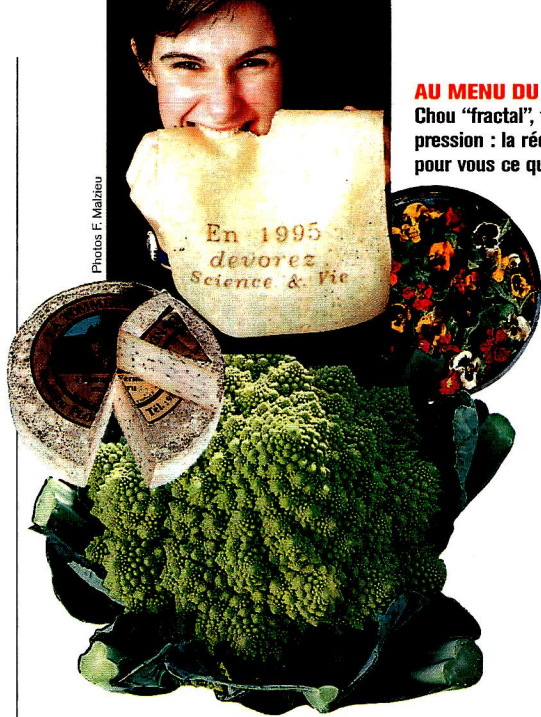
## ABONNEMENTS

Relations abonnés: service abonnements, 1 rue du Colonel-Pierre-Avia, 75503 Paris Cedex 15, tél.: 1 46 48 47 08 (de 9 h à 12 h). Tarifs: un an, douze numéros, 242 F; un an, douze numéros + quatre hors-série, 317 F. Au Canada: Periodica Inc. - C.P. 444, Outremont, Québec, Canada H2V 4R6. En Suisse: Naville, case postale 1211, Genève 1, Suisse. Autres pays: nous consulter.

## À NOS ABONNÉS

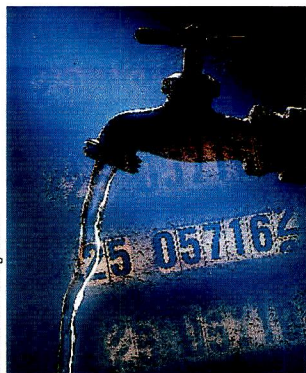
Pour toute correspondance relative à votre abonnement, envoyez-nous l'étiquette collée sur votre dernier envoi. Changement d'adresse: veuillez joindre à votre correspondance 280 F en timbres-poste français ou règlement à votre convenance. Les noms, prénoms et adresses de nos abonnés sont communiqués 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 pourrout faire l'objet d'un droit d'accès ou de rectification dans le cadre légal. Les manuscrits non insérés ne sont pas rendus. La rédaction ne reçoit que sur rendez-vous. Copyright 1989 Science & Vie.

Photos: F. Malherbe



## AU MENU DU RÉVEILLON

Chou "fractal", fromage aux algues et foie gras haute pression: la rédaction de Science & Vie a testé pour vous ce que vous mangerez demain... p. 104



W. Crocker/The Image Bank

## L'EAU EST CHÈRE

...et cela ne fait que commencer. Filtres, membranes et autres réseaux d'épuration, la dépollution de l'eau a un prix. p. 88



n° 928  
janvier  
1995

Illustration de  
couverture:  
Gilles Moine

Encart Time Life,  
6 pages, broché entre  
les pages 95 et 97.  
Diffusion: France  
métropolitaine avec  
abonnés

Encart Club français  
du livre/ Encyclopédie  
Universalis, 4 pages,  
broché entre la  
deuxième de  
couverture et la page 1,  
en tirage alterné.

Diffusion: France  
métropolitaine avec  
abonnés

Encart abonnement  
jeté dans Science & Vie.  
Diffusion: vente au  
numéro France  
métropolitaine.

Recevez Science  
& Vie chez vous  
Votre bulletin  
d'abonnement se  
trouve p. 131.  
Vous pouvez aussi  
vous abonner par  
minitel en tapant  
36 15 ABON.

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

# SOMMAIRE

## TROUS NOIRS

Et s'ils n'existaient pas ?...22

Renaud de La Taille

## PROVOCATION

Un monde sans photons.....28

Hélène Guillemot

## ESPÈCES MENACÉES

Le crépuscule  
des crocodiles.....30

Christine Poletto et Pierre-Michel Forget

## JEAN ROSTAND

Un précurseur et un contemporain.....38

Denis Buican

## COUP DU LAPIN

La moelle épinière restaurée.....40

Claude Métier-Di Nunzio

## DOSSIER

Non, l'intelligence  
n'est pas héréditaire.....47

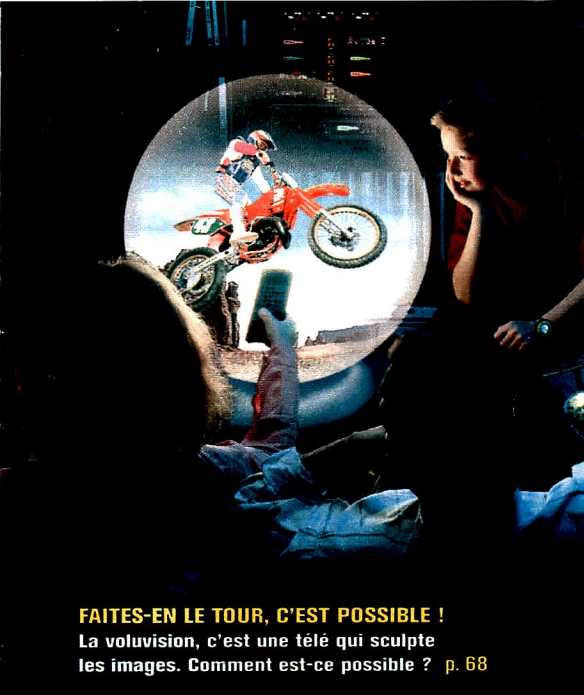
Gerald Messadié

## INTERVIEW: ÉMILE-ÉTIENNE BAULIEU

La science défie la société.....56

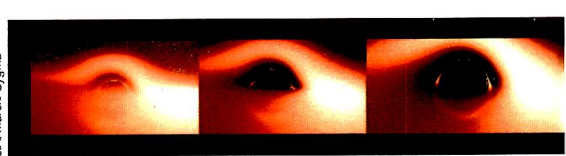
Guitta Pessis-Pasternak



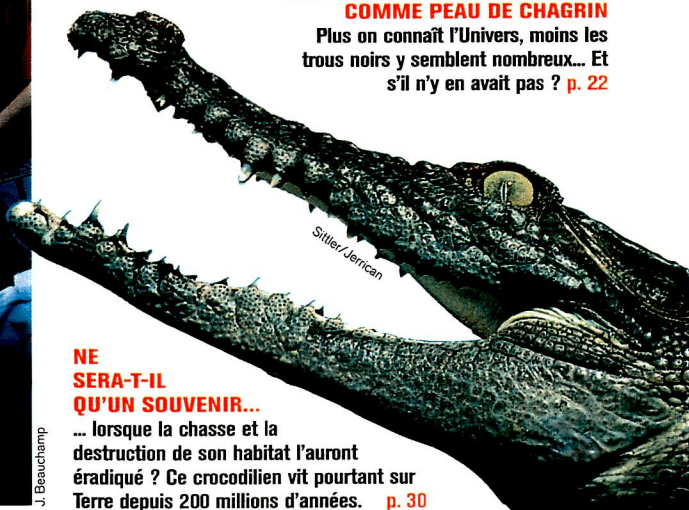


**FAITES-EN LE TOUR, C'EST POSSIBLE !**  
La voluvison, c'est une télé qui sculpte les images. Comment est-ce possible ? p. 68

J.A. Marck/Sygma



**LES TROUS NOIRS SE RÉDUISENT  
COMME PEAU DE CHAGRIN**  
Plus on connaît l'Univers, moins les trous noirs y semblent nombreux... Et s'il n'y en avait pas ? p. 22



**NE  
SERA-T-IL  
QU'UN SOUVENIR...**  
... lorsque la chasse et la destruction de son habitat l'auront éradiqué ? Ce crocodilien vit pourtant sur Terre depuis 200 millions d'années. p. 30

J. Beauchamp

## **TÉLÉVISION** **L'ère de la nouvelle dimension**..... **68**

Henri-Pierre Penel

### **ARIANE 5** **Sera-t-elle prête à temps ?**..... **74**

Philippe Hénaréjos

### **NUCLÉAIRE À L'EST** **L'Europe craint le pire**..... **82**

Didier Dubrana

### **ENQUÊTE** **L'eau à prix d'or**..... **88**

Didier Dubrana

### **SÉCURITÉ ROUTIÈRE** **Comment sortir du brouillard**..... **98**

Yann Werdefroy

## **GASTRONOMIE** **Le réveillon de l'an 2000**..... **104**

Marie-Laure Moinet

### **PHOTO NUMÉRIQUE** **Enfin la haute définition**..... **112**

Roger Bellone

## **L'ÉVÈNEMENT**..... **1**

### **RECHERCHE**..... **4**

Rubrique dirigée par Gerald Messadié

### **ENVIRONNEMENT**..... **14**

Rubrique dirigée par Didier Dubrana

### **TECHNOLOGIE**..... **58**

Rubrique dirigée par Gérard Morice

### **QUOTIDIEN**..... **114**

Rubrique dirigée par Roger Bellone

### **MÉDIATHÈQUE**..... **122**

### **AGENDA**..... **130**

### **comment ÇA MARCHE**..... **132**

Renaud de La Taille

### **ÉLECTRONIQUE amusante**..... **136**

Henri-Pierre Penel

### **INFORMATIQUE amusante**..... **138**

Henri-Pierre Penel

### **BIOLOGIE amusante**..... **140**

Didier Pol

### **journal de L'ASTRONOME**..... **142**

Yves Delaye

### **ÉCHECS & maths**..... **146**

Alain Ledoux et Louis Thépault

### **FORUM**..... **148**

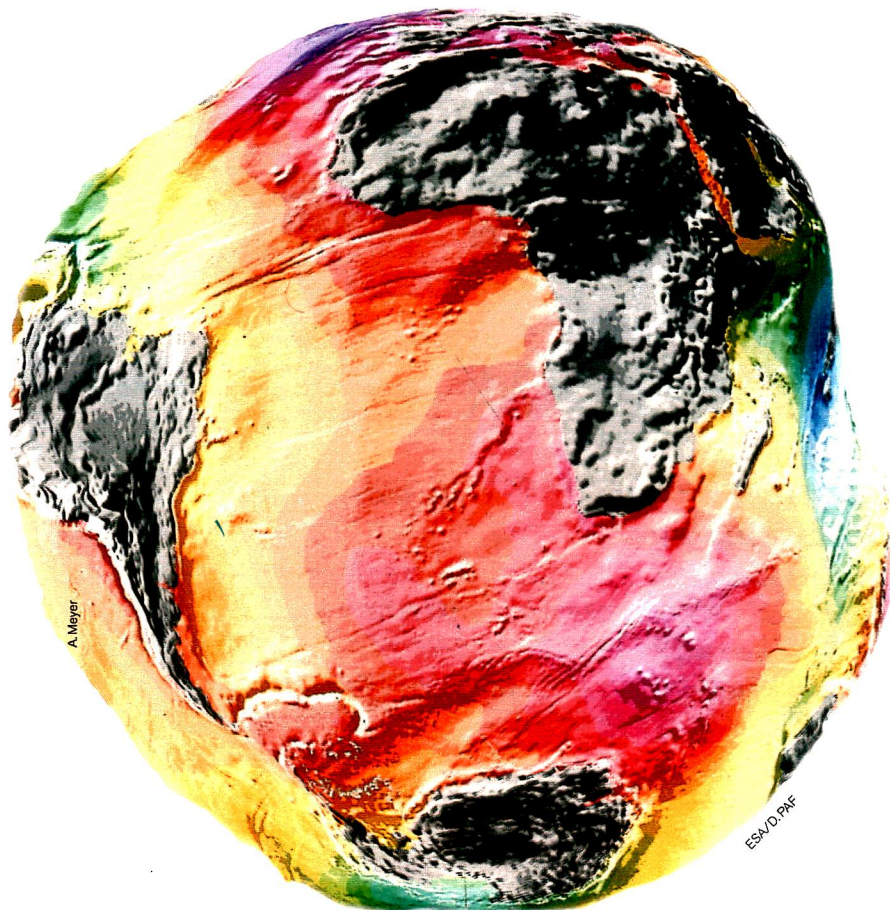
### **Science & Vie IL Y A**..... **152**

Marielle Vétiau



# RECHERCHE

Dirigé par Gerald Messadié



## Cartographie

### Après tout, la Terre n'est pas vraiment ronde

**L**e satellite *ERS 1* a passé un an à mesurer les niveaux des mers du globe à l'aide d'un altimètre à radar. Elles ne sont pas plates : certaines comportent des creux considérables, comme l'océan Indien (- 105 m), d'autres présentent des bosses, comme le

Pacifique et l'Atlantique sud (+ 85 m). Ces différences de niveau s'expliquent par le relief sous-marin.

Le résultat est que le vieux concept d'une belle sphère terrestre, bien ronde, doit céder la place à celui d'un "patatoïde".

Le niveau des mers en image de synthèse : en bleu les creux, en rouge les bosses.

### Les Russes ne font pas de vieux os

● Dégringolade grave de l'espérance de vie chez les Russes : elle est passée en deux ans de 69 ans à 60 ans, soit moins que dans certains pays d'Afrique.

En 1993, le nombre de décès a excédé celui des naissances de 800 000, et le nombre moyen d'enfants par femme est tombé de 2,17 à un peu plus de 1,4.



## 7 220 canards en plastique pour les océanographes

L'un des accessoires les plus inattendus en science est bien le canard de baignoire en plastique. Sa promotion est toutefois accidentelle : en janvier 1992, un cargo japonais perdit au large de Hong Kong un conteneur de jouets, qui s'ouvrit en mer. Tortues, grenouilles, ours et canards en plastique, donc, prirent la clé des mers et flottèrent au gré des courants. Et c'est le plus intéressant de l'affaire.

En effet, ces jouets, dont le compte fut scrupuleusement établi d'après le bordereau de la compagnie d'expédition (28 880, dont 7 220 canards), devaient apporter des informations précieuses sur les courants du Pacifique aux océanographes : le plus grand nombre d'entre eux, bleus, jaunes, verts ou rouges, a été vu au large des côtes du nord-ouest américain – sur les plages desquelles beaucoup se sont échoués –, en Alaska et dans le détroit de Behring, quelque deux ans plus tard ; de l'avis des chercheurs de l'American Geophysical Union, pour qui ces canards et leurs compères sont un cadeau du ciel, ils se dirigent vers le pôle Nord. Sans doute rentrent-ils chez le Père Noël. Au rythme actuel de leur avancée, ils devraient arriver dans l'Atlantique nord vers l'an 2000.

On commence donc à mieux comprendre la dynamique du courant et des vents transpacifiques chauds qui partent de la mer de Chine pour aller vers le détroit de Behring. Toutefois, il faut tenir compte des deux hivers que les canards ont passés pris

dans les glaces, ce qui a évidemment ralenti leur voyage.

Ces canards ne sont toutefois pas des pionniers : ils ont été précédés par 61 000 chaussures Nike perdues dans des circonstances similaires, mais de moindre efficacité en la matière, car elles s'emplissaient d'eau, devenaient lourdes. Les océanographes avaient aussi jeté des bouteilles à la mer, mais le taux de réponses aux notes insérées fut faible, 2 % tout juste. Quant aux bouées dérivantes équipées de radio-émetteurs, elles coûtent beaucoup plus cher que des canards en plastique (4 000 dollars).

L'histoire amuse beaucoup les milieux océanographiques, mais certains restent sceptiques et préféreraient quand même les radio-émetteurs dérivants. Notons que les canards et autres sont arrivés en excellent état, à l'exception de ceux qui ont été gobés par des requins, mal-voyants notoires.

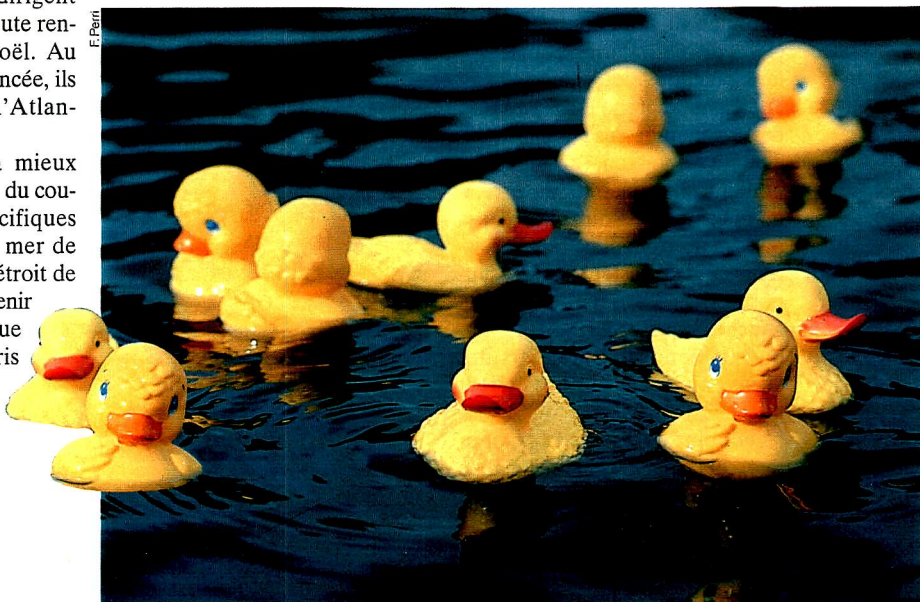
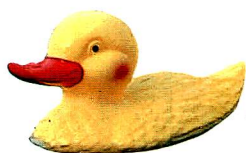
Des outils scientifiques aussi imprévus que charmants.

## Greffes animales : l'inquiétude

● Les résultats encourageants récemment obtenus dans le domaine des greffes d'organes animaux sur des humains (xénogreffes) alarment des biologistes et des juristes. La question la plus brûlante est la suivante : cette pratique ne risque-t-elle pas d'introduire chez les humains des virus dormants ? Et plus d'un chercheur évoque le cas du sida dont le virus est d'origine simienne.

**36 15**  
**SCV**

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



## Paléontologie

### Le sordes poilu n'était donc pas poilu

**I**l y a 156 millions d'années, volait au-dessus du Kazakhstan une créature de la taille d'un corbeau, dont on n'a retrouvé qu'un seul fossile. On l'a nommé *Sordes pilosus*, c'est-à-dire sordes poilu, et il se trouve actuellement au cœur d'une controverse entre paléontologues.

Le nom déjà était prématuré. Le fossile fut retrouvé par des paléontologistes soviétiques, en 1960, dans un calcaire d'un grain très fin, où les vestiges du volatile avaient été comme gravés au crayon. Dans cette pierre, des filaments appartenant à l'animal donnaient à penser que celui-ci était poilu. Grave erreur : ce n'étaient pas des poils, soutiennent deux paléontologistes britanniques, mais des tendons qui "armaient" une membrane reliant les pattes de l'animal.

On peut se demander ce qui motive la fièvre de la discussion. C'est que cette membrane, appelée uropatagium, change toutes les idées qu'on se faisait sur les fossiles volants, dont les plus célèbres sont les ptérosaures chers aux films de science-fiction : avec cette sorte de volet d'intrados, l'animal, et sans doute toute la classe des ptérosaures, pouvait voler beaucoup mieux qu'on l'avait cru. La membrane lui permettait de planer au-dessus des eaux où il guettait le poisson, sans doute sa nourriture ordinaire. Sur terre, il ne marchait pas du tout sur ses pattes arrière, comme tant d'illustrateurs et cinéastes l'avaient supposé, mais il rampait de façon gauche, à quatre pattes (en s'appuyant donc sur les doigts des "bras" auxquels les ailes étaient attachées).

Du point de vue de la taxonomie, cela change aussi pas mal de choses. Traditionnellement, on

faisait de *Sordes pilosus* un reptile d'une classe à part. Les sceptiques observent que l'angle du fémur du sordes par rapport au bassin est de 90°, ce qui ne lui aurait pas permis de marcher à

quatre pattes. N. N. Bahourina soutient que le sordes marchait les membres postérieurs écartés, ce qui n'était pas très gracieux, on en conviendra, mais anatomiquement possible.

## Microbiologie

### L'énigme du pseudo-virus marin

**I**l y a quelques années, Marcia Gowling, spécialiste de biologie marine à l'université de Californie de Santa Cruz, repéra au microscope de bizarres particules hexagonales dans ces micro-organismes que sont les radiolaires. "Cousines" des bactéries, les radiolaires possèdent un squelette externe de silice et contiennent des poches, ou vacuoles, en grand nombre. A l'époque, elle ne prêta pas attention aux particules hexagonales, et elle eut tort, car elles constituent, avec le prion, protéine anormale qui cause la tremblante du mouton et la grave maladie de Creutzfeld-Jakob, une des

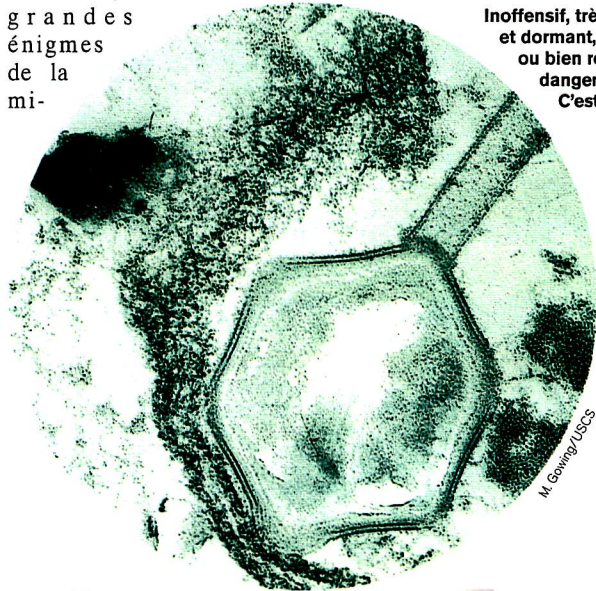
crobiologie contemporaine.

Le premier virologue venu qui observerait l'agrandissement photographique ci-contre serait enclin à penser que c'est un virus. L'ennui est qu'on ne connaît aucun virus marin de cette taille : celui-ci, qu'on appelle pour le moment LVLP (pour *Large Virus Like Particle*), est douze fois plus gros que le plus gros virus marin.

Le séquençage génétique de l'inconnu est en cours. Peut-être saura-t-on s'il est ou non de la famille des virus, et, sinon, ce qu'il pourrait être.

g r a n d e s  
énigmes  
de la  
mi-

Inoffensif, très ancien  
et dormant,  
ou bien récent et  
dangereux ?  
C'est le virus X.



Mt. Gowling/USCS





Sillier/Jerican

Derrière les étoiles de la Voie Lactée se cachait une galaxie proche encore inconnue.

## Astronomie

# Découverte d'une galaxie en exil

**M**algré leur taille imposante et leurs milliards de soleils, des galaxies proches jouent encore à cache-cache avec les astronomes. Renée Kraan-Korteweg et Andrew J. Loan viennent juste d'en débusquer une avec l'un des plus vieux radiotélescopes du monde, situé à Dwingeloo, aux Pays-Bas. C'est en pointant dans la direction du plan de la Voie lactée, zone où l'accumulation de poussières sur la ligne de visée masque une partie du ciel lointain, qu'ils ont découvert cette discrète voisine.

Cette nouvelle venue, de forme spirale, aurait une masse équivalente à un quart de celle de la Voie Lactée et serait située à quelques 10 millions d'années-lumière de nous (conq fois plus loin que la géante Andromède). Ce qui la place juste à l'extérieur du Groupe Local de galaxies dont la nôtre est une des principales locataires. Selon les premières analyses, elle aurait été éjectée du Groupe Local il y a 4 milliards d'années, mais elle exercerait encore une influence sur la dynamique de celui-ci. L'histoire de notre environnement galactique devra donc lui faire une petite place.

J.-F.R.

## Neurologie

# Alzheimer : le test à l'œil

**V**if émoi dans la communauté scientifique et médicale spécialisée dans la maladie d'Alzheimer. Un nouveau test extrêmement simple, utilisable par tout médecin dans son cabinet, permettrait de diagnostiquer avec certitude la maladie, voire de faire un diagnostic d'anticipation. Il faut rappeler que, à l'heure actuelle, c'est toujours après la mort du patient, sur des prélèvements de cerveau, que le diagnostic définitif peut être porté. La nouvelle est donc considérable : Leonard Scinto, de l'université Harvard à Boston, a tout simplement administré dans l'œil de 58 sujets – dont 19 avec Alzheimer probable – un col-

lyre contenant un dérivé de l'atropine. On pense que chez les sujets atteints par la maladie la pupille se dilaterait, sous l'effet du collyre, beaucoup plus rapidement que chez les sujets sains.

Mais les neurologues restent prudents : ce test est-il spécifique de la maladie d'Alzheimer ? Est-il suffisamment précis pour que des faux négatifs ou des faux positifs en trop grand nombre ne rendent la méthode illusoire ? Que faire de ces résultats ? Comment les interpréter ? Attendons, disent les médecins, que d'autres équipes aient reproduit ces résultats avant de nous emballer...

J.-M.B.

**36 15**  
**SCV**

Les jeux de société,  
jeux de rôle, puzzles...  
Boutique de vente  
directe sur minitel.



## Vieillir n'est pas si simple

Un entrepreneur chinois s'est taillé dans son pays, depuis plusieurs années, une belle fortune et un grand succès en commercialisant des produits phytothérapeutiques d'ancienne tradition, dont une potion contre la sénilité. Ne disposant d'aucune analyse qui

permette de vérifier si la potion est efficace, ni de dire ce qu'elle contient, nous nous en tiendrons donc là. La phytothérapie n'est autre qu'une sorte de pharmacie empirique, et il est bien possible qu'elle comporte quelques avantages – et beaucoup de périls.

## Proposition : un statut humain pour les singes

Etant donné que «les émotions, l'intellect et la conscience» des singes sont au moins équivalents à ceux d'enfants attardés, il faudrait leur accorder un statut semi-humain. C'est la proposition du Dr Sue Savage-Rumbaugh, réitérée dans un livre intitulé *Kanzi : the Ape at the Brink of the Human Mind* (Kanzi : un singe au seuil de l'intelligence humaine). Une conclusion à laquelle elle est arrivée après de nombreuses années consacrées à l'étude des chimpanzés nains et à celle d'autres singes. «Nous ne mettrions pas ces enfants dans des zoos pour que les gens viennent les regarder comme des exemples de la production de la nature, et nous ne permettrions pas qu'on fasse sur eux de l'expérimentation animale», a-t-elle aussi déclaré.

Le consensus croissant des zoologues et éthologues est que les animaux témoignent de compétences mentales déconcertantes par leur

ressemblance avec celle de l'humain. La notion de statut «semi-humain» est certes assez neuve pour mériter ample analyse. A quels animaux donc faudra-t-il accorder pareil statut, et en fonction de quels critères ? Existera-t-il un statut de «quart humain» ? Comment classera-t-on Alex, le perroquet qui comprend le sens des mots qu'il répète ?...

**Une proposition aux conséquences infinies.**

Identification de semi-humain

NOM	K O N G
Prénom	K o k o
Né le à	25 mars 1987 RWANDA
NATIONALITÉ FRANÇAISE	
Taille	2 m 45
Signes particuliers	Taches blanches sur le crâne
Domicile	Zoo de Vincennes
Fait le par	21 JUILLET 1992 LE PRÉFET DU VAL-DE-ZOO

Pour le Préfet,  
et par délégation  
L'Attaché, Ch. de la  
Généraliste



Photo : Klein & Hubert / Bios. Dessin : D. Galland

Cela étant, on peut se demander pourquoi la biologie a fait si peu de progrès ces dernières années dans la compréhension du vieillissement et dans l'élaboration d'éventuels remèdes contre lui. Tout ce qu'on peut dire de lui est qu'il semblerait causé par la répétition d'erreurs dans la transcription de l'ADN, qui se produisent quand une cellule meurt et donne naissance à d'autres. Mais les mécanismes de la sénescence sont loin de se réduire à la réparation de l'ADN défectueux : l'un des principaux obstacles à la compréhension de cette réparation, comme l'ont montré des chercheurs de l'université Stanford, Philip Hanawalt et Su-Chin Liu, est que certains gènes et certaines régions de gènes sont réparés de préférence à d'autres.

En effet, quand un fragment d'ADN est endommagé, une procédure d'urgence s'instaure, dans laquelle des enzymes adaptés vont sectionner le fragment altéré et le remplacer par un fragment sain, puis souder le tout. C'est un processus déjà assez remarquable. Mais, dans d'autres gènes, les altérations s'accumulent sans que leur réparation intéresse aucun système de réparation.

Pour le moment, on ignore totalement quelles sont les régions du génome dont l'altération enclenche la sénescence, et lesquelles sont réparées. Même quand on le saura, dit Hanawalt, cela n'impliquera pas qu'on puisse imaginer un traitement anti-sénescence, car il y a beaucoup trop de cellules en jeu, et l'on ne voit guère pour le moment quelle drogue pourrait les atteindre toutes. Hanawalt se limite à recommander de consommer des antioxydants, les classiques ascorbates, tocophérols et caroténoïdes qu'on trouve dans les fruits et les légumes verts, qui sembleraient compenser les effets nocifs des radicaux libres procédant de ce mécanisme vital qu'est l'oxydation.





S. Brunier/Ciel & Espace

## Astronomie

### Eclipse

**I**mage volée du dernier baiser en date entre le Soleil et la Lune, prise depuis les bords du lac Chungara (Chili), à 4 600 m d'altitude. Présents au rendez-vous galant : Vénus, en haut à droite, et Jupiter, en bas à droite du Soleil. Un alignement exceptionnel. J.-F.R.

### Violence et télévision

● Interdiction d'une émission de télévision violente sur la chaîne suédoise TV3, après l'agression, en Norvège, d'une fillette de 5 ans par deux garçons de 6 ans et un autre de 5 ans. La fillette, laissée sur place, est morte de froid.

### Le sable est-il cancérigène ?

● La silice cristalline, dont le sel est riche, est depuis de nombreuses années classée comme cancérigène par les organismes fédéraux américains. La poussière de silice, assurent ces organismes, peut entraîner le cancer du poumon. Mais là, et, du moins, en ce qui concerne les dangers des plages, on aborde le domaine épineux des expertises épidémiologiques. En effet, d'autres experts disent que ce n'est pas la silice, mais l'arsenic respiré par les travailleurs des mines de silice qui est cancérigène.

## Physique

### Les neutrinos ont une masse

**T**elle est du moins la conséquence probable des derniers résultats de l'expérience européenne Gallex, qui mesure le flux de neutrinos solaires. Chaque seconde, nous sommes traversés par des centaines de milliards de neutrinos, pour la plupart issus des réactions de fusion du Soleil, qui (heureusement) interagissent très peu avec la matière. Depuis plus de vingt-cinq ans, les physiciens s'évertuent à piéger ces particules particulièrement difficiles à détecter, mais qui sont des témoins irremplaçables des réactions nucléaires du Soleil.

Or, toutes les expériences réalisées à ce jour ont toujours trouvé moins de neutrinos que ce qui était calculé théoriquement : Gallex piège en moyenne 0,7 neutrino par jour, au lieu de 1,2 prévu. Ce déficit peut avoir trois explications : soit c'est Gallex qui ne fonctionne pas ; soit les modèles du Soleil, permettant d'évaluer le flux de neutrinos produits, sont faux ; soit, enfin, les neutrinos sont différents de ce qu'on imaginait.

La première de ces explications est désormais éliminée : une équipe de physiciens du Commissariat à l'énergie atomique (CEA) a testé Gallex en le soumettant à une source artificielle émettant un flux intense et bien contrôlé de neutrinos,

et le détecteur a mesuré exactement le nombre prévu. Gallex marche donc comme sur des roulettes. Comme il semble, d'après d'autres expériences, que le modèle du Soleil ne soit pas en cause, reste l'explication la plus probable : c'est la faute des neutrinos eux-mêmes.

Comme ils n'étaient jamais parvenus à mesurer la masse des neutrinos, les physiciens pensaient que ces particules en étaient dépourvues. Mais la théorie prévoit que les neutrinos peuvent avoir une masse. Et, dans ce cas, au cours de leur route vers la Terre, ils devraient se métamorphoser périodiquement en d'autres types de neutrinos, que Gallex ne détecte pas. Ce qui expliquerait la disparition d'une fraction des neutrinos émis par le Soleil. H.G.

**Le haut de la cuve Gallex où sont piégés quelques-uns des neutrinos émis par le Soleil.**





## Démographie

# Qui nourrira la Chine ?

Telle est la question que pose un article de la revue *Worldwatch*, organe du Worldwatch Institute, organisation non commerciale vouée à l'étude de problèmes internationaux. Question qui jette un éclairage particulier sur certaines prises de position idéologiques ou commerciales actuelles. En 1993, la Chine a dû, en effet, importer 77 % des céréales qu'elle consomme, en dépit des progrès qu'elle a accomplis depuis 1977 dans sa production agricole. Cette année-là, elle produisait 200 Mt de céréales ; en 1984, elle en produisait 300. Et pourtant ce n'est pas assez, et ce le sera de moins en moins. Voilà qui devrait démontrer, mieux que tout autre argument, la nécessité de poursuivre et de renforcer le contrôle des naissances, et tempé-

rer tout autant certaines limitations communautaires de la production agricole.

En effet, au taux actuel d'accroissement de sa population, soit 14 millions d'individus par an, et dans les conditions actuelles de son développement agricole, la Chine devrait avoir besoin en l'an 2030 de 568 Mt de céréales, alors qu'elle ne devrait en produire, selon les prévisions actuelles, que 355 Mt ; ce qui signifie qu'il lui manquera 213 Mt, soit plus que le total des excédents mondiaux de production céréalière en 1993 (200 Mt). Et cela, même si la consommation individuelle n'a pas varié. Car l'essor économique actuel a fait que les Chinois mangent davantage et des produits de meilleure qualité.

Une partie croissante des ressources céréalières est actuellement dévolue à l'élevage, pour des raisons claires : la Chine n'a pas de pâturages, elle nourrit donc ses animaux au grain. En 1978, 7 % des ressources céréalières étaient dévolues au bétail ; en 1990, ce taux est monté à 20 %. Les Chinois mangeant de plus en plus de porc, de bœuf et de volaille, force est de rappeler qu'il faut 2 kg de grain pour obtenir 1 kg de viande de volaille, 4 kg pour obtenir 1 kg de porc et 7 kg pour 1 kg de bœuf. Calcul simple : si une poule pond 200 œufs par an et que, comme on le prévoit, la Chine consommera 260 milliards d'œufs en l'an 2000, cela entraîne qu'elle aura besoin de 1,3 milliard de poules à la fin du siècle ; 24 millions de tonnes de céréales supplémentaires seront donc nécessaires pour nourrir ce cheptel avicole, soit le total des exportations céréalières canadiennes.

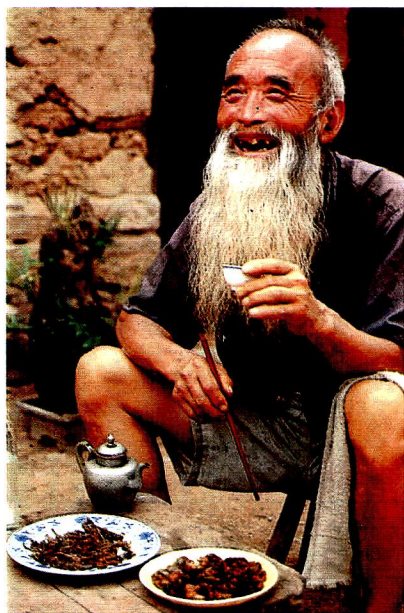
Les besoins chinois en légumes frais et en fruits commencent à poser un sérieux casse-tête aux ex-

perts chinois mais aussi internationaux. Une grande partie de la Chine est, en effet, désertique, et les terres consacrées aux vergers et à la culture maraîchère sont autant de perdus pour la production céréalière.

On conçoit donc sans peine que les considérations confessionnelles ou idéologiques sur le contrôle des naissances ne pèsent pas très lourd en regard des réalités gigantesques dont l'article de *Worldwatch* ne fait qu'offrir un aperçu. On imagine aussi que le gel de la production céréalière européenne puisse n'être qu'assez transitoire, et que dans un avenir proche la baisse de 15 à 12 % du taux de jachères tournantes paraisse aussi archaïque que le yoyo. Sous peu, la solidarité internationale pourrait cesser d'être une tarte à la crème de la rhétorique des bavards.

Les Chinois sont plus soucieux de cet état de choses qu'on serait tenté de le croire : en avril dernier, les prix des denrées céréalières bondissaient d'un coup de 41 %, ce qui, socialement, n'est pas du meilleur augure. Ecologiquement aussi, la situation n'est pas des plus fastes : la sécheresse commence à devenir chronique, non pas du fait de caprices météo, mais d'une surexploitation excessive et systématique des nappes aquifères : entre 1950 et 1978, les surfaces irriguées sont passées de 12 à 45 millions d'hectares (et ce n'est pas fini), et, dans la région au sud de Pékin, pour ne parler que de cette autre Ville éternelle, la nappe phréatique est tombée en 1993 à 45 m au-dessous de son niveau de 1950.

Aujourd'hui  
les Chinois mangent  
mieux et davantage.



Xinhua/Gamma

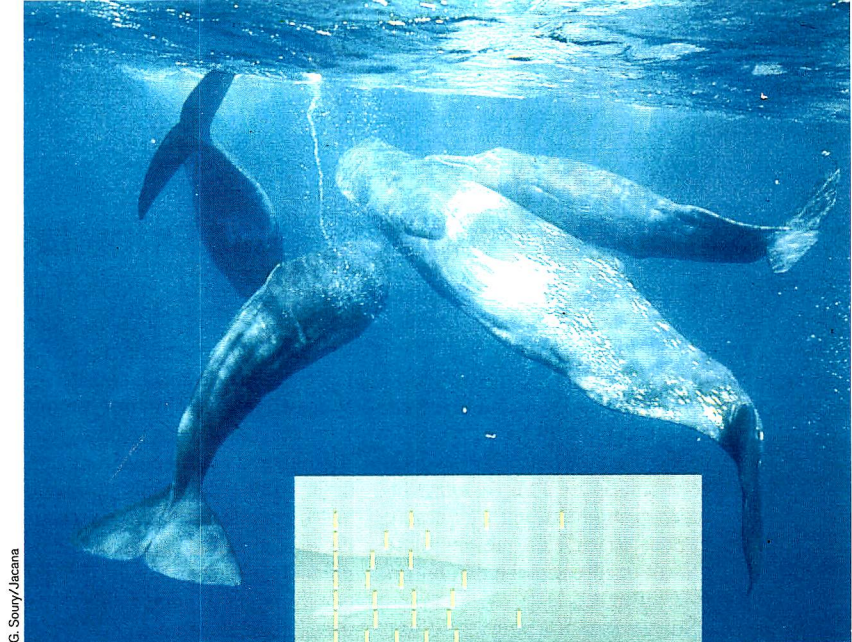
## Infusion d'aluminium

● Le thé contient naturellement de l'aluminium : de 4,5 à 6 µg par gramme d'infusion. En comparaison, le café n'en contient que de 0,04 à 0,30 µg/g.



# Les baleines aussi ont des accents

**L**es baleines d'une même espèce "parlent" de façons différentes selon les mers qu'elles habitent. Linda S. Weilgart et Hal Whitehead, de l'université Cornell (New York), ont trouvé que les baleines des Caraïbes ont un accent différent de celles du Pacifique, par exemple. Le langage des baleines repose sur ce qu'on appelle des codas, qui sont des successions de clics et de pauses évoquant l'alphabet... Morse ! Cela fait des années que ces chercheurs voyagent sur leur bateau pour enregistrer les conversations des baleines dans toutes les mers du monde, à l'aide de microphones sous-marins.



G. Soury/Jacana

Spécimen du décodage qui a permis de repérer des accents "régionaux", à droite, la liste des "phonèmes", les clics (en jaune) différents émis par les baleines des Galapagos.



A. Meyer

## Physique

# Dix ans à chercher un millième de seconde d'existence : l'élément 110

**N**om : pas encore trouvé. Poids atomique : 269. Durée de vie : moins d'un millième de seconde. Date de la découverte : 9 novembre 1994, 16 h 39. Lieu : le laboratoire de recherche en physique des ions lourds, à Darmstadt. Signes particuliers : c'est le plus lourd des atomes jamais synthétisés, soit 269 fois un atome d'hydrogène. La découverte a été faite, après dix ans de recherches, par Peter Armbruster et son équipe.

Le darmstadtium (le nom est de notre cru) est le quatrième élément lourd découvert dans le même laboratoire ; les précédents étaient le nielsbohrium (107), le hassium (108) et le meitnerium (109). Il a

été produit par fusion d'un atome de nickel et d'un atome de plomb. Les atomes de nickel étaient accélérés par l'Univac de Darmstadt. L'expérience a duré plusieurs jours, au prix du bombardement de milliards de milliards d'atomes de nickel sur des atomes de plomb, parce que la fusion en question est extrêmement rare.

Comment a-t-on su que c'était bien l'élément 110 qu'on avait découvert ? En triant les atomes ainsi produits par fusion, à l'aide d'un filtre de vitesse et puis en les interceptant par un système qui analyse leur chaîne de décroissance. Ce sont les énergies des particules alpha qui ont enfin permis l'identification.

# Abortifs contre tumeurs cérébrales

● Le RU-486, dont le premier usage est abortif, est utilisé avec succès dans le traitement d'un type de tumeurs cérébrales, les méningiomes. Très sensibles aux hormones, ces tumeurs peuvent croître de façon alarmante durant la grossesse. Ce qui implique pour une femme qu'elle ne peut pas à la fois être enceinte et se faire traiter pour un méningiome. Il s'agit donc là d'un traitement de dernier recours.



### Théorème de Fermat : toujours l'attente

**L**e 23 juin 1993, un mathématicien anglais, Andrew Wiles, présentait à l'université de Cambridge une démonstration de la conjecture de Taniyama-Shimura. L'exposé n'aurait pas dépassé le cercle des purs mathématiciens si cette conjecture n'impliquait le fameux grand théorème de Fermat, énoncé en 1637 et que personne n'avait encore réussi à démontrer (ni à infirmer).

Son énoncé est pourtant d'une simplicité biblique : pour  $n \geq 3$ , il n'existe pas d'entiers  $a, b, c$  non nuls

tels que  $an + bn = cn$ . C'est tout, et pourtant, pendant plus de trois cent cinquante ans, personne ne put en apporter la preuve. L'exposé de Wiles était donc d'un intérêt majeur ; mais, assez vite, d'autres mathématiciens y découvrirent une faille. Après s'être remis au travail, Wiles vient de présenter une seconde version de son travail, où ne figurent plus les systèmes d'Euler qui constituaient le point faible de sa première démonstration.

Le nouvel exposé tient à lui seul 134 pages, auxquelles s'ajoutent

17 pages rédigées avec un jeune mathématicien, Richard Taylor, et qui traitent justement de la nouvelle voie prise pour conclure la démonstration. La vérification de ce long exposé prendra beaucoup moins de temps que la première fois, car les mathématiciens connaissent bien maintenant la majeure partie de ce travail qui est tenue pour sûre.

Reste le nouveau morceau de 17 feuillets qui devrait être confirmé (ou infirmé) d'ici quelques semaines. S'il s'avère que l'ensemble est sans faille, on pourra alors considérer que le théorème de Fermat est enfin démontré sans l'ombre d'un doute. R.D.L.T.

### Le jeu-concours Kangourou des mathématiques, cinquième édition

**C'**est une compétition, mais c'est surtout une manifestation, la manifestation du plaisir de chercher des exercices de mathématiques. Lancé pour la première fois en 1991 (voir *Science & Vie* n°917, p.112), il réunit maintenant chaque année plusieurs centaines de milliers de jeunes scolarisés dans les écoles, les collèges et les lycées. Selon l'un de ses organisateurs, Jean-Pierre Boudine, il ne s'agit pas de mettre en avant les mathématiques comme discipline de sélection, mais, au contraire, de jeter des ponts entre culture scientifique et culture tout court. Le Kangourou propose aussi des énoncés aux élèves des lycées professionnels, et, dans les lycées, tout spécialement aux "non-matheux", c'est-à-dire aux élèves des filières économiques ou littéraires ! Cette année, le concours s'ouvre aux universités, dans le même esprit, c'est-à-dire pas seulement pour les étudiants scientifiques, mais pour tous.

On peut se procurer la brochure bilan du concours (lycées) de l'année 1994 auprès du secrétariat de Math pour Tous, BP 129 Argenteuil Cedex 95103 (contre 10 F pour frais d'envoi). A la même adresse, tous les renseignements également pour le jeu-concours concernant les écoles, les lycées et les universités. Pour les collèges, s'adresser à Kangourou des collèges, 50 rue des Ecoles, 75005 Paris.



## Astronomie

### Lointaines molécules

**A**vec leurs télescopes à remonter le temps, une équipe internationale d'astronomes, dont fait partie Danielle Alloin, du CNRS, a pu détecter la plus lointaine molécule de l'Univers, telle qu'elle existait il y a 13 milliards d'années. C'est dans le quasar (sorte de galaxie primordiale très active) "Trèfle à quatre feuilles" qu'a été identifié le monoxyde de carbone CO (système de deux atomes en rotation l'un par rapport à l'autre). La présence de CO est la preuve que des éléments lourds (carbone, oxygène) ont existé très tôt dans l'Univers, ce qui pourrait vouloir dire que l'évolution galactique a été très rapide. «Les quasars sont-ils le cœur actif né de la fusion en chaîne de galaxies primordiales ?» s'interrogent les chercheurs. J.-F.R.

● Ont collaboré à cette rubrique : Jean-Michel Bader, Hélène Guillemot, Renaud de La Taille et Jean-François Robredo.

**VOUS REGARDEZ LA TÉLÉVISION**  
**EN COULEUR**  
**POURQUOI L'ECOUTEZ-VOUS ENCORE**  
**EN NOIR & BLANC ?**



AGENCE REFLEX - PARIS - Photo Andr  s Lang

**JBL**  
**SoundEffects™**

SoundEffects de JBL est le nouveau système qui révolutionne votre manière d'écouter la télévision. Issu de la technologie mise au point par JBL pour les plus grandes salles de cinéma, le système SoundEffects vous offre des sensations sonores exceptionnelles en utilisation «home cinema», hifi et multimédia... pour enfin écouter la télévision en **couleur!**

**H** harman france

33, av. de Lattre de Tassigny 94127 Fontenay-sous-Bois Cedex - Tél. : (1) 45 14 47 80 - Fax : (1) 45 14 47 90  
Je souhaite recevoir gratuitement sans engagement de ma part, ☐ le catalogue SoundEffects ☐ les coordonnées du revendeur le plus proche, pour une démonstration.

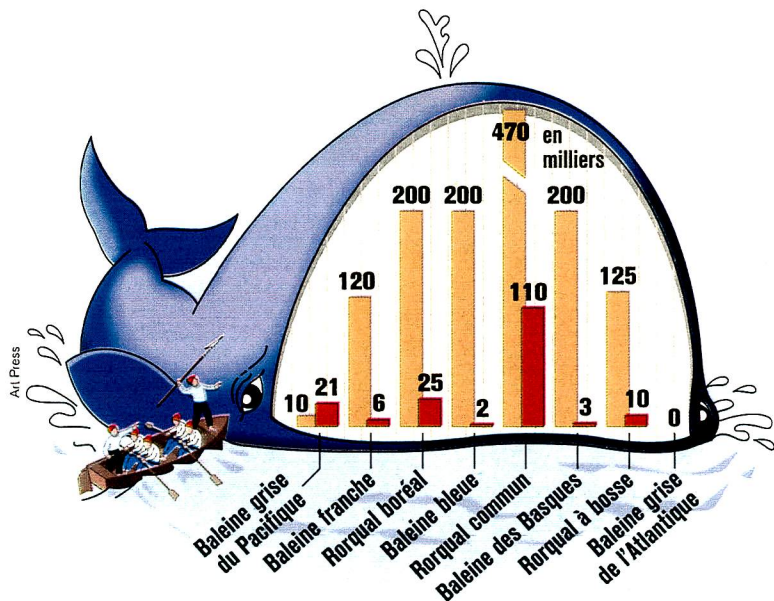
Nom :  Prénom :

Adresse :  Tél. (facultatif) :



# ENVIRONNEMENT

Dirigé par Didier Dubrana



**COMBIEN RESTE-T-IL DE BALEINES DANS LE MONDE ?**  
Triste bilan pour les grands mammifères marins... Baleines des Basques, bleues et franches passeront-elles le cap du **xxi<sup>e</sup>** siècle ? En beige, les populations au début du siècle, en rouge, aujourd'hui.

Cétacés

## Sur la piste de l'ADN de baleine

Déguster un *kujira nanban zuke* (sorte de friture) contenant de la baleine à bosse, rien de plus facile pour un Japonais. Il suffit d'aller au supermarché d'Hiroshima qui vend ce mets en dépit de l'interdiction de la chasse à la baleine à bosse depuis 1966. Cette fraude scandaleuse vient

d'être dévoilée par Scott Backer, un écologiste américain, qui s'est livré à une filature digne des meilleurs polars.

L'homme est parti au Japon muni d'une valise contenant un laboratoire miniature permettant de "copier" de l'ADN. De restaurant en supermarché, notre scien-

tifique a prélevé dix-sept échantillons d'ADN sur différents morceaux de baleine. En comparant ces indices aux catalogues d'ADN de baleine qu'il a mis au point durant six ans (chaque espèce possède sa signature moléculaire, donc un ADN bien précis), il a découvert que le *kujira nanban zuke* d'un supermarché d'Hiroshima contenait de la baleine à bosse... Huit autres échantillons renfermaient de la baleine dont la capture n'avait pas été déclarée à l'International Whaling Commission, l'organisme qui contrôle le nombre de captures de baleines dans le monde. *Itadakimasu*, bon appétit, messieurs les Japonais !

On trouve encore, au Japon, de la baleine à bosse dans certains aliments, alors que sa chasse est interdite depuis plus d'un demi-siècle...



J. P. Sylvestre/Bios



## Embouteillages à péage

● Selon un compte-rendu du US National Research Council, faire payer aux automobilistes un droit de passage aux heures d'affluence serait un moyen de réduire la pollution et les embouteillages. A Los Angeles, des simulations montrent qu'aux heures de pointe une taxe de 15 cents (environ 80 centimes) par mile (soit 1 609 m) parcouru permettrait de réduire la consommation de carburant de 9 %, le taux d'ozone, de 8 %, et celui de monoxyde de carbone, de 12 %.

## Un vieux coup de froid

● On avait déjà trouvé, dans les sous-sols de la région nord-atlantique, la preuve d'une période de refroidissement il y a 11 000 ans. On ignorait s'il s'agissait d'un phénomène régional ou général. Or, des chercheurs viennent de dater des débris de moraines glaciaires provenant du glacier de Franz Joseph, dans les Alpes du Sud de Nouvelle-Zélande. Conclusion : le glacier a avancé il y a 11 050 ans. Preuve qu'il y a bien eu un refroidissement global de la planète.

## Botanique

## L'effet de serre se lit dans les fleurs

Les scientifiques du British Antarctic Survey croient voir dans la prolifération de deux plantes à fleurs polaires la preuve d'un réchauffement global du climat. Selon leurs études, le nombre de *Deschampsia antarctica*, une graminée, a été multiplié par vingt-cinq en vingt-six ans (passant de 700 pieds en 1964 à 17 500 en 1990). Durant la même période, la présence d'une autre graminée,

*Colobanthus quitensis*, a été multipliée par six.

Ces deux espèces bénéficient d'un prolongement de deux semaines de la période de dégel dans cette région du globe. Ces plantes vivant, jusqu'à présent, à l'extrême limite de leur capacité de survie, l'adoucissement sensible des températures dope leur croissance. «L'expansion de cette végétation antarctique vient confirmer les changements climatiques similaires observés au Spitzberg ou au Nord de la Finlande», précise Robert Crawford, de l'université Andrews, en Ecosse. De quoi relancer la controverse sur le bien-fondé de la théorie de l'effet de serre (voir *Science & Vie* n° 927, p. 30)...

Pour les scientifiques britanniques, la prolifération de deux graminées (photos ci-contre) au pôle Sud témoigne d'un réchauffement du climat de la planète.



P. Bucktrout/BAS



P. Bucktrout/BAS

**36 15**  
**SCV**

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



# Rolls-Royce recycle le fumier

L'Angleterre possède la première centrale électrique fonctionnant... au fumier de volaille. L'usine Fibropower, à Eye, dans le Suffolk, tourne depuis deux ans et produit 12,7 mégawatts par an. Une filiale de Rolls-Royce, W. H. Allen, a fabriqué la turbine à vapeur installée au cœur du procédé de génération de l'électricité.

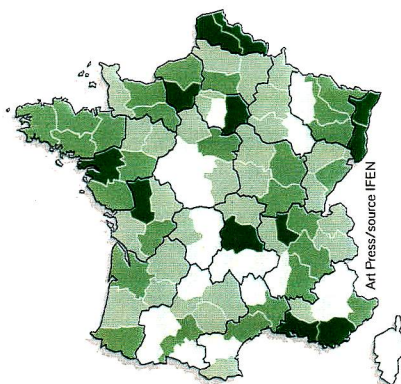
Chaque année, 130 000 tonnes de fumier de volaille (près de 10 % de la production nationale de ce sous-produit de l'élevage), produit par 70 millions de poulets locaux, arrivent à l'usine. Le fumier de volaille – un mélange de copeaux de bois, de paille et de fientes – a environ la moitié de la valeur calorifique du charbon. Mais, à rendement égal, l'usine Fibropower émet seulement 11 % des fumées azotées rejetées par une usine au charbon. Et

le sous-produit de la combustion donne des cendres fertilisantes.

Vu la disponibilité de la matière première et le succès de Fibropower, une deuxième usine, Fibrogen, a été construite à Glanford, dans le Sud-Humberside. Quatre autres usines pourraient voir le jour aux Etats-Unis et en Europe – en Bretagne, bien entendu. Un groupe de travail, réunissant éleveurs, abatteurs, élus, administrations et EDF, évalue la possibilité d'y construire une usine d'une capacité de 40 MW (coût de l'investissement : 400 millions de francs), qui pourrait traiter de 350 000 à 400 000 tonnes de fumier, soit presque la moitié de la production régionale (soit

900 000 tonnes), actuellement épandue sur 120 000 hectares. Mais beaucoup de points restent à régler, notamment le prix d'achat du kilowatt par EDF. M.-L.M.

**Implantée au cœur d'une région d'élevage intensif, cette usine anglaise convertit en électricité le fumier de volaille produit dans un rayon de 50 km.**



Production de granulats en 1992 (en tonnes) :

 moins de 2	 de 3,8 à 7,5
 de 2 à 3,8	 plus de 7,5

## La France est un gruyère...

● Chaque Français consomme 7 tonnes de granulats par an (routes, ponts, bâtiments...). Pour produire les 377 millions de tonnes annuelles, il faut piller les rivières (197 millions de tonnes extraites par an) et ouvrir de plus en plus de carrières (173 millions de tonnes par an). Ces dernières occupent déjà près de 1 200 km².







Ce petit bison blanc est peut-être la preuve que certains gènes que l'on croyait disparus ne le sont pas. Mais il ne le sait pas encore...

## Génétique

# Miracle dans le Wisconsin

**E**n août dernier, un événement notable s'est produit à Janesville, dans le Wisconsin : un petit bison blanc est né – ou, plutôt, une petite bisonne. Toute l'Amérique a accouru pour la voir. En effet, chez les Sioux dakotas, la légende veut que la venue au monde d'un bison blanc symbolise l'arrivée du Messie.

Cependant, la question reste la entière : Miracle (c'est son nom) est-elle vraiment un bison ? Pour l'instant, on n'en n'est pas absolument certain. Il va falloir procéder à des analyses, et voir notamment si l'on trouve de l'ADN d'ancêtres domestiques chez Miracle.

En attendant, la polémique bat son plein. Certains sont sceptiques, comme Ken Throlson, fermier et vétérinaire dans le Dakota du Nord, qui attend avant de se prononcer : certains bisons naissent avec une fourrure claire, qui devient plus foncée au bout de

trois mois. Stormont pense néanmoins que ce veau-là est trop clair pour qu'il s'agisse d'un cas de ce genre.

Ce dont on est sûr, c'est que Miracle, qui a les yeux et le museau marron, n'est pas albinos (ceux-là n'ont aucune pigmentation). En revanche, il est possible que sa couleur soit due à un croisement entre un bœuf et un bison. En effet, dans ce cas, la progéniture (appelée cattalo) peut être blanche.

Quoi qu'il en soit, c'est un événement aux Etats-Unis, car, en plus de sa signification symbolique, le bison fait partie des 698 espèces de mammifères menacées et répertoriées par l'UICN (l'union mondiale pour la nature). Alors qu'on comptait 60 millions de têtes de bisons au début du XIX<sup>e</sup> siècle, on n'en recense plus que 130 000. Et cette diminution de la population a logiquement conduit à un appauvrissement de

sa diversité génétique.

C'est pourquoi la naissance de Miracle est importante : si c'est un pur bison, cela prouvera que le gène associé à la caractéristique "robe blanche", que l'on croyait perdu, ne l'est pas.

D'autres questions, d'un ordre plus économique, se poseront. A quand des petits Miracle chez Disneyland ? Demain, le bison blanc pourrait bien être un filon d'or... S.F.

**36 15**  
**SCV**

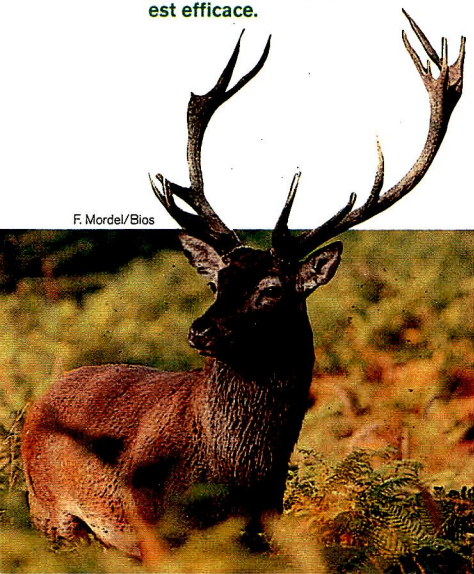
Découvrez les jeux interactifs à plusieurs joueurs : Rogue, Killer, Starbusters, etc.



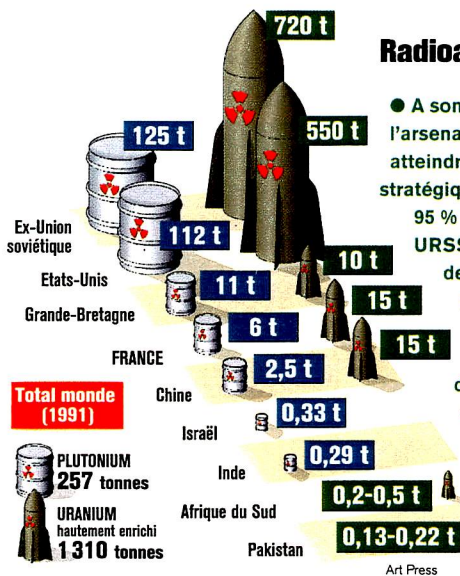
## Les cerfs jouent à saute-mouton

● La forêt d'Ermenonville (Picardie) est isolée du massif forestier de Compiègne par le passage du TGV. Un pont de 80 mètres de large, unique en Europe, sert donc de passage aux animaux. Mais savent-ils s'en servir ? Pour le savoir, l'étude du génome du cheptel des cerfs a été réalisée par l'Office national des forêts. A l'occasion de chasses, des organes (foie, cœur, rein) ont été prélevés, puis congelés à -20 °C. Ils ont alors été envoyés au laboratoire de la faune sauvage de l'université de Vienne, en Autriche, où l'on a pratiqué une analyse du liquide intracellulaire pour dépister la présence d'enzymes caractéristiques des divers gènes, et définir la variabilité génétique des ongulés. On a pu déceler un fort brassage génétique entre la forêt d'Ermenonville et celle de Compiègne : preuve que le passage est efficace.

F. Mordel/Bios



## Radioactivité en stock



● A son apogée, en 1988, l'arsenal nucléaire mondial a dû atteindre 25 000 têtes nucléaires stratégiques, contrôlées à plus de 95 % par les Etats-Unis et l'ex-URSS. Les traités Start I et II devraient permettre de réduire de moitié le stock mondial de plutonium et d'uranium militaires en dix ans. Nous laisserons donc tout de même à nos enfants de quoi alimenter copieusement une éventuelle guerre nucléaire...

## Pêche

## Les thons migrent-ils ?

La question peut paraître saugrenue ; pourtant, la réponse n'est pas connue pour le thon rouge de l'Atlantique. Or, selon la Commission internationale pour la conservation des thons de l'Atlantique (en anglais, ICCAT), qui réglemente cette pêche depuis 1966, le stock de géniteurs de l'Atlantique ouest a dramatiquement chuté (de 85 %) par rapport à 1975, notamment dans le golfe du Mexique, où ils se reproduisent. En 1982, l'ICCAT avait en effet virtuellement partagé l'Atlantique en deux zones, à l'est et à l'ouest du méridien 45°, chacune étant censée avoir son "stock" indépendant. L'ICCAT, formée de vingt-deux nations, dont les Etats-Unis, le Japon et la France, a alors établi des quotas de pêche, uniquement à l'ouest du méridien.

Une gestion qui n'a pas porté ses fruits, puisque les captures étaient, en 1993, en baisse de 22 % par rapport à 1988. Au Japon, où le thon rouge est très prisé, la pénurie a fait

monter les prix, et une grosse pièce peut valoir 50 000 F. Ce poisson osseux à sang chaud peut atteindre trois mètres, peser plus de 600 kg et vivre plus de trente ans.

Le National Research Council (NRC) américain n'est cependant pas pessimiste. Selon un rapport récent (1), les stocks est et ouest ne seraient pas aussi étanches que l'a décrété l'ICCAT, et il n'y aurait pas de déclin du stock atlantique ouest, puisque environ 2 % des thons de l'est passeraient à l'ouest chaque année, contre 1 % en sens inverse.

De nombreux chercheurs sont désormais appelés à plancher sur les mouvements de ces nomades... Car, s'il y a échanges, la surpêche des uns peut amoindrir les ressources des autres. Et le casse-tête des quotas de pêche, fixés annuellement, n'en sera que plus complexe.

M.-L. M.

(1) *An Assessment of Atlantic Bluefin Tuna*, National Academy Press.



## Que d'eau, que d'eau...

**L**e barrage de Gabčíkovo, sur le Danube, est une bénédiction pour l'environnement. Pourtant, l'idée initiale n'avait rien d'écologique. Il s'agissait de construire un canal navigable de 35 km, conduisant à un barrage hydroélectrique de 1 700 mégawatts.

En effet, le Danube était impraticable le plus clair de l'année. La Hongrie et la Tchécoslovaquie, qui sont frontalières à cet endroit, décidèrent donc son aménagement. En 1977, elles signaient un accord sur la construction d'un canal de navigation et de deux barrages hydroélectriques : l'un à Nagymaros, près de Budapest, l'autre à Gabčíkovo, côté slovaque.

A Gabčíkovo, le Danube s'étale en un delta intérieur sur lequel s'est développée, depuis des millénaires, une forêt inondée. C'est la plus im-

portante réserve d'eau souterraine d'Europe centrale (20 km<sup>3</sup>).

Les travaux allèrent bon train jusqu'à la chute des communistes en Hongrie, en 1989. Le parlement hongrois fit aussitôt arrêter le chantier de Nagymaros et dénonça le traité en 1992. Les Slovaques ripostèrent en déplaçant la dérivation du canal de navigation de 10 km, de sorte que ce dernier se trouve entièrement sur leur territoire. La querelle s'est envenimée, et les adversaires ont décidé de porter leur différend devant la Cour internationale de La Haye.

Sur le terrain, qu'en est-il ? Ceux-là mêmes qui annonçaient une apocalypse écologique reconnaissent que le barrage de Gabčíkovo a fait plus de bien que de mal. En effet, il a remédié aux effets désastreux des travaux de dragage et de rectification du fleuve, destinés à le rendre plus navigable, qui avaient eu pour contre-coup d'activer l'érosion du lit et d'empêcher le dépôt de sédiments et de graviers. Effets renforcés par la construction en amont, en Autriche, de barrages qui, au passage, retiennent quelque 600 000 m<sup>3</sup> de graviers. L'équilibre écologique de tout le delta était menacé.

Mais les ingénieurs slovaques ont eu l'idée de détourner environ 10 % du flux du canal de navigation en direction de cette zone humide. Le barrage de Gabčíkovo permet d'alimenter en eau cette dérivation.

Les Hongrois critiquent la réali-

**Contrairement à toutes les prévisions, le barrage de Gabčíkovo, en Slovaquie, a rétabli l'équilibre écologique du delta du Danube.**

sation slovaque, déclarant que le niveau de l'eau est trop haut dans la zone humide et trop bas en aval. Ils prédisent en outre que, d'ici une douzaine d'années, les réserves d'eau souterraines seront polluées.

En fait, on sent bien poindre le dépit des Hongrois, qui restent avec leur barrage inachevé. Et qui s'en mordent les doigts. De leur côté, en effet, la zone humide s'assèche. Pour y remédier, ils sont obligés de pomper l'eau dans l'ancien cours du fleuve. Et cela pour près de 70 millions de francs par an.

Ce qui est sûr, c'est que, quelle que soit la décision de La Haye, les choses ne peuvent en rester là. En effet, des aménagements sur une partie du fleuve impliquent forcément d'autres ouvrages en aval. Autrement dit, Gabčíkovo implique Nagymaros. Et ainsi de suite, jusqu'à l'embouchure du fleuve. Cela réjouit les constructeurs de barrages, mais moins les écologistes, qui voient le Danube se transformer en un escalier descendant jusqu'à la mer.

Certes, cette nature a quelque chose de très artificiel. Mais, dans la mesure où l'aménagement de l'environnement par l'homme est devenu inévitable, Gabčíkovo pourrait servir d'exemple. T.P.

## Les papillons au secours des forêts

● Pour gagner leur vie, les indigènes des forêts tropicales humides d'Amérique centrale coupent les arbres pour en vendre le bois. Afin de préserver les arbres sans pour autant mettre les autochtones "au chômage", le Museum of Natural Science de Houston importe des papillons de pays tropicaux pour créer des fermes (de papillons, bien entendu). Les indigènes les entretiennent, ce qui leur assure un revenu et les dissuade donc de couper des arbres.



M. Gunter/Bios



Marée noire

# L'Arctique noire

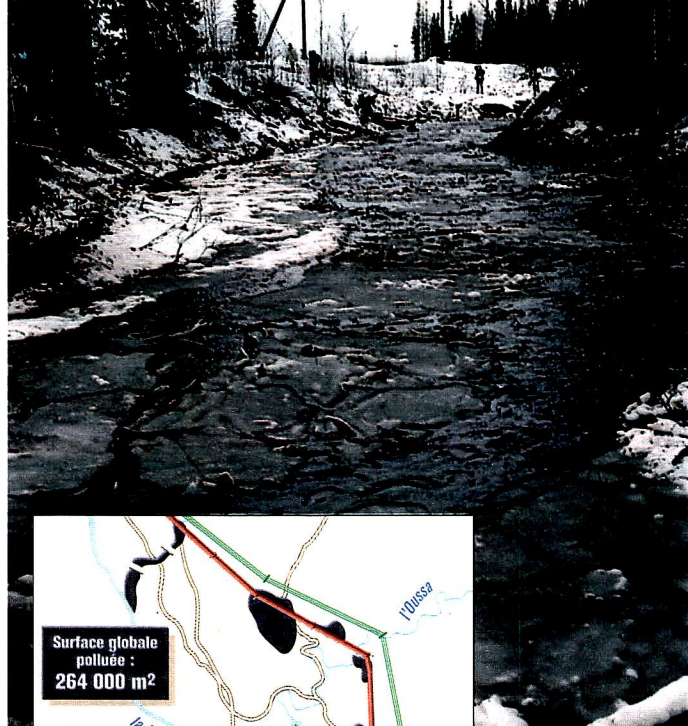
**E**n octobre dernier, dans la République des Komis (au Nord de la Russie, à environ 1 000 km de Moscou), la rupture d'un oléoduc a provoqué une fuite de pétrole dans la toundra. Les conséquences sur l'environnement sont difficilement mesurables. Les chiffres du désastre varient selon les estimations : 14 000 tonnes d'après Sergueï Choïgou, ministre russe pour les situations d'urgence, 280 000 t selon une compagnie pétrolière américaine, qui affirme que cette marée noire serait huit fois plus importante que celle provoquée par l'Exxon-Valdez sur les côtes d'Alaska, en 1989.

Comme l'écrit un éditorialiste du journal russe *Segodnia*, les Américains semblent plus préoccupés par la catastrophe que les habitants de la région eux-mêmes. Il est vrai que le gouvernement des Komis n'a prévenu Moscou qu'après que la nouvelle de la fuite a été annoncée aux Etats-Unis... Les autorités russes ont néanmoins admis avoir minimisé l'événement. Alexandre Chouvalov, porte-parole du ministère de l'environnement et des ressources naturelles, a même concédé que du pétrole s'était déjà déversé dans les rivières de la région, fin septembre, à la suite de pluies diluviennes qui ont détruit des barrages destinés à contenir des précédentes fuites (sic).

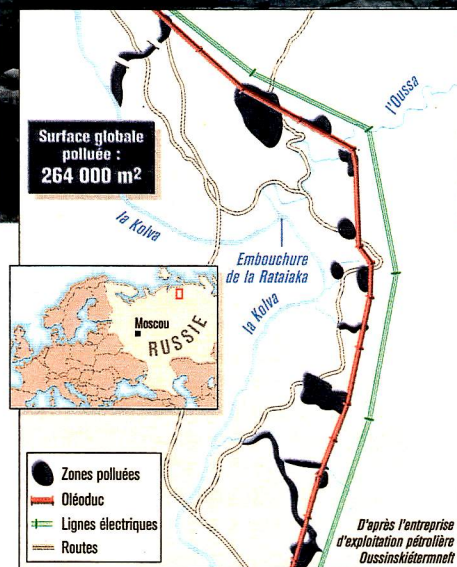
D'après des experts occidentaux, l'oléoduc fuyait depuis 1988, et il a été fréquemment colmaté ; ce qui ne l'aurait pas empêché de subir un

## Erratum

● "La guerre des lâches", *Science & Vie* n° 926, p. 22. Il fallait lire : « Ben Cramer, responsable du désarmement de l'organisation Greenpeace » (et non « de l'armement »...).



Swetsey / Gamma



Des milliers de tonnes de pétrole se sont déversées dans la toundra russe après la rupture d'un oléoduc.

millier de fuites en 1994 et de perdre ainsi de 8 à 10 % du pétrole qu'il véhiculait. Il ne s'agit pas d'un cas exceptionnel : 10 % du pétrole russe s'échapperait chaque année dans la nature ! Les animaux en pâtissent, comme les hiboux et les oies des neiges, les grues et les caribous, aujourd'hui menacés d'extinction.

Les conditions naturelles n'arrangent rien : d'accès difficile, la toundra est un écosystème extrêmement fragile. La température moyenne ne dépasse jamais 10 °C. La couche inférieure du sol (le permafrost) reste gelée toute l'année, et la couche superficielle est recouverte de glace pendant l'hiver. Ce qui rend le drainage du sol très difficile et freine la dégradation du pétrole.

Cent quarante personnes tra-

vaileraient à nettoyer les lieux... avec des seaux, des pelles et des pompes à vide ! Elles ont d'ailleurs dû abandonner, à cause du froid, de la glace et de la neige.

La fin des opérations de nettoyage est toutefois prévue pour le début du mois d'avril. Car, avec le dégel, les choses risqueraient de devenir dramatiques. C'est donc au printemps que l'affaire devra être suivie. Mais, à ce moment-là, on aura sans doute déjà tout oublié de la catastrophe.

S.F. ■

● Ont collaboré à cette rubrique : Sonia Feertchak, Marie-Laure Moinet et Thierry Pilorge.

# MARTINI ROSSO





# TROUS NOIRS

## Et s'ils n'existaient

**A** la fin du siècle dernier, la mécanique céleste était un outil parfaitement au point qui avait permis à Urbain Le Verrier de découvrir par le seul calcul la planète Neptune. Les liens entre champ de gravitation, masse et trajectoire orbitale étaient bien établis, et, en particulier, on savait quelle vitesse initiale devait avoir un objet partant du sol d'une planète pour ne plus y retomber et s'échapper définitivement dans l'espace.

Cette "vitesse de libération", que Jules Verne avait fait largement connaître en 1865 avec son roman *De la Terre à la Lune*, est facile à calculer à partir du diamètre et de la masse d'un corps céleste quelconque – pour la Terre au niveau de la mer, elle est de 11,2 km/s. Plus le corps est massif et petit, plus sa vitesse de libération est élevée. En 1784, l'astronome anglais John Mitchell calculait qu'elle serait égale à celle de la lumière – dont la vitesse était connue depuis 1676 – pour un astre dont la masse serait un million de fois la masse du Soleil, son diamètre étant alors cent fois plus grand.

En 1896, le mathématicien et physicien P. S. de Laplace reprenait les calculs pour une densité égale à celle de la Terre (5,52, contre 1,41 pour le Soleil) et trouvait une masse un peu moindre puisque l'augmentation de densité conduit à un diamètre plus petit. À l'époque, on n'envisageait d'ailleurs pas de densités supérieures à celles des métaux les plus lourds (iridium et osmium, densités de l'ordre de 22,5), et le point important ne se situait pas là, mais dans le fait qu'il pouvait exister des astres énormes dont la vitesse de libération était égale ou supérieure à celle de la lumière.

En ce cas, dans le cadre d'une théorie corpusculaire de la lumière (à l'époque, l'harmonie ne s'était pas encore faite entre l'aspect ondulatoire et l'aspect corpusculaire), aucun grain de lumière ne pouvait s'échapper d'un tel astre, puisque sa vitesse propre est inférieure à celle nécessaire pour quitter cet astre. On pensait d'ailleurs, pour des raisons de bilan énergétique, qu'il en allait de même dans le cadre d'un

**Diamètre minuscule,  
masse immense, densité  
proche de l'infini : tel est  
le trou noir, cet astre  
hypothétique dont nul ne  
peut sortir, pas même la  
lumière, et qu'on  
trouverait au cœur des  
galaxies ou des quasars.  
Il y a encore vingt ans,  
on pensait en découvrir  
des douzaines, aujourd'hui,  
on n'en est plus qu'à trois  
ou quatre : les soleils  
noirs se sont raréfiés.**

PAR RENAUD DE LA TAILLE

modèle ondulatoire de la lumière : une onde, aussi immatérielle soit-elle, n'aurait pas pu quitter un corps qui réclame plus d'énergie pour s'en échapper que cette onde n'en transporte.

Autrement dit, il pouvait exister des astres géants mais à jamais invisibles. En revanche, leur énorme masse aurait exercé un effet d'attraction gravifique décelable par son action sur les corps célestes voisins. Aucune observation n'ayant été à l'époque susceptible d'être rattachée à cet effet, l'idée tomba dans l'oubli pendant une vingtaine d'années. Elle revint au premier plan en 1916, quand Schwarzschild





pas ?

## Cette image n'est pas une preuve

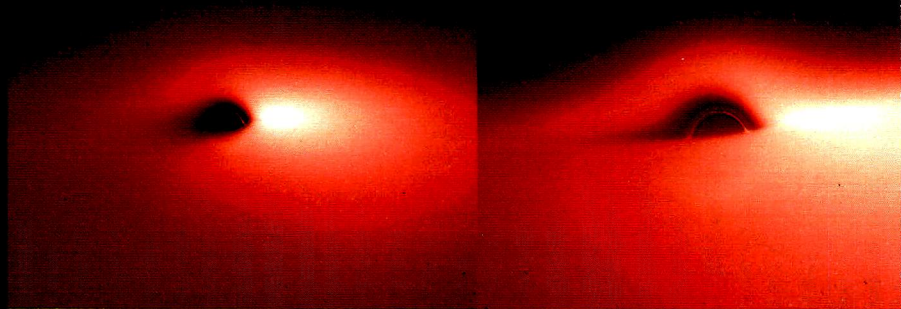
Photographié par le télescope spatial *Hubble*, le cœur de la galaxie NGC 4261 montre un immense anneau d'étoiles entourant un disque de poussières de 400 années-lumière. Le petit point brillant au centre du disque marquerait l'emplacement du trou noir où viendrait s'engloutir, dans un grand flamboiement, la matière voisine. Seul ennui : il est cent mille fois plus grand que prévu, et bien plus froid.

ESA

proposa une solution exacte aux équations de la relativité générale.

Dans cette solution, il existe pour une masse donnée un rayon critique où se présente une singularité du système de coordonnées qui ne permet pas alors de décrire tout l'espace-temps, mais seulement une partie de celui-ci. Il existe alors une surface qui scinde l'espace en deux régions, l'une inobservable, et l'autre observable. Cette surface est l'horizon de Schwarzschild, et elle marque la frontière entre une zone normale et une région d'où nulle lumière ne peut s'échapper. Le point singulier, notion essen- ►





## Zoom sur un gouffre mathématique

► tiellement mathématique, correspond en fait à une concentration de masse sous un volume réduit. On retrouve ici l'astre noir de Laplace. Puis, en 1934, Oppenheimer et Snyder montraient qu'une telle concentration de masse pourrait se produire par effondrement d'une très grosse étoile (plus de trois fois la masse du Soleil) sur elle-même. Mais la description de ce processus se fait dans le cadre de la mécanique quantique et n'a rien de relativiste.

L'effondrement gravifique, dans sa cause, relève tout simplement de la pesanteur, c'est-à-dire de l'attraction universelle entre deux masses : nous pesons sur le plancher parce que la masse de la Terre attire la masse de notre corps. Le plancher résiste parce que nous ne sommes pas trop lourds, mais il ne serait pas question d'y poser un bulldozer. Celui-ci, à son tour, est stable sur un rocher, mais ce même rocher serait entamé par une pointe d'acier dur sur laquelle on poserait le bulldozer.

La résistance des matériaux à des charges de plus en plus lourdes présente donc des paliers. Toutefois, à l'échelle des phénomènes observables sur Terre, il existe une limite : les solides d'un seul bloc comme les cristaux ou les métaux, qui sont des agglomérats de cristaux, sont incompressibles et semblent donc pouvoir supporter sans changement de volume des charges infinies.

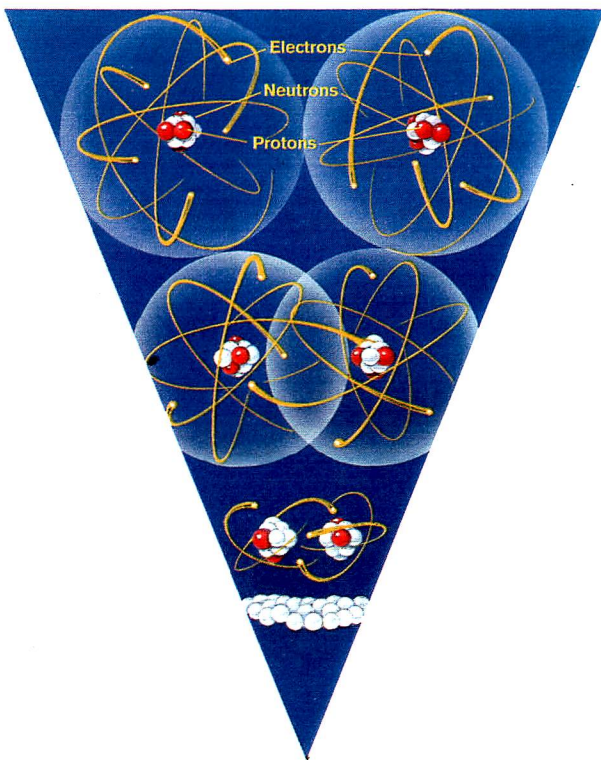
Dans le cadre de la mécanique quantique, cela n'est plus vrai : les solides peuvent être comprimés. En effet, la matière est faite d'atomes, eux-mêmes constitués d'un noyau de protons et de neutrons autour duquel tournent à grande distance des électrons. Trois particules fondamentales, et beaucoup de vide. A l'état normal, les atomes se touchent, et l'écart entre leurs centres est d'environ  $10^{-8}$  cm ; le diamètre des noyaux est de l'ordre de  $10^{-13}$  cm. Si cette matière est soumise à une pression énorme, les particules fondamentales se rapprochent jusqu'au moment où les noyaux se touchent. Il n'y a plus de vide entre les particules, et la densité passe de  $1 \text{ kg/m}^3$  à  $10^{15} \text{ kg/m}^3$  (dessin ci-contre).

La pression capable d'amener cette concentration serait celle que le poids des couches successives de matière fait régner au cœur des très grosses

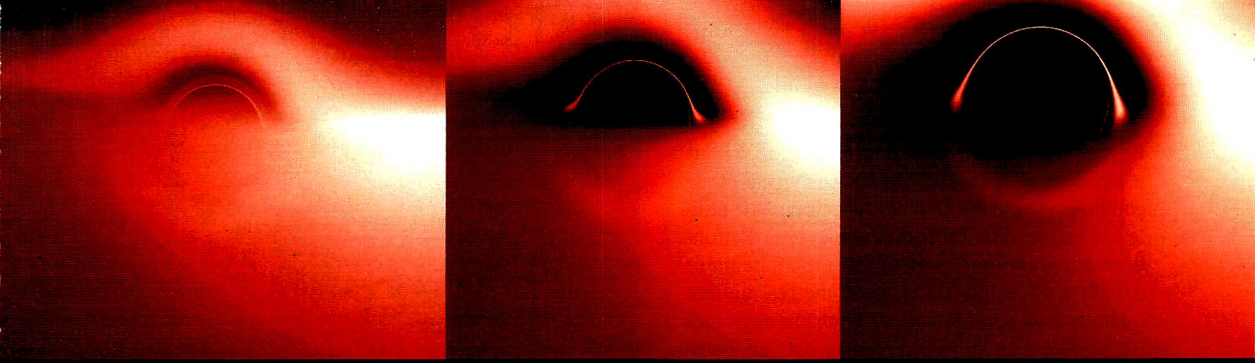
étoiles. Ce poids est normalement compensé par la force d'expansion des réactions nucléaires lors de la fusion des éléments légers, mais, lorsque cette fusion a épuisé tous les gaz légers, la pesanteur l'emporte, et l'étoile s'effondre sur elle-même, pour donner une étoile à neutrons si sa masse est inférieure à trois fois celle du Soleil. Dans le cas contraire, la pesanteur excède toute autre force nucléaire, et la masse s'écrase indéfiniment vers le centre pour se concentrer en un point infinitésimal.

## Des atomes compressibles

Les atomes, qui sont tangents dans la matière normale, peuvent être tassés par la pression gravifique au point de ne plus laisser qu'un tapis de neutrons, avant de finir en un point singulier : le trou noir.







Photos J. A. Mark-Sygm

Ce n'est que sur ordinateur que l'on peut approcher ainsi d'un trou noir niché au cœur d'une galaxie active.

Replacé dans le cadre relativiste, ce point, qui dessine dans l'espace-temps un puits gravifique (voir dessin ci-dessous), se trouve soudain coupé du reste de l'Univers par l'horizon de Schwarzschild. A distance, cet horizon apparaît comme une sphère noire du seul fait qu'il arrête la lumière des étoiles qui sont derrière, comme le ferait un écran. Mais cet horizon est minuscule comparé aux dimensions de l'étoile qui l'ont engendré : une dizaine de kilomètres, si tant est que l'on puisse ici vraiment parler de diamètre pour un concept aussi étrange. Toute matière qui franchit cet horizon tombe pour toujours à l'intérieur du puits gravifique et se trouve à jamais isolée du reste de l'Univers : il lui est impossible d'en ressortir. On pourrait y mettre la citation que Dante place à la porte

de l'enfer : «Abandonne ici toute espérance.»

Au départ, cet objet, qui a reçu depuis le nom de trou noir, fut accueilli avec scepticisme par la communauté scientifique. Tout d'abord, il marie la mécanique quantique pour sa formation et la relativité générale pour ses manifestations : le mariage de la carpe et du lapin. Ensuite, aucune expérience sur Terre n'a pu reproduire, ni donc confirmer, la moindre miette du processus qui lui donne naissance. A l'échelle terrestre, la matière reste parfaitement incompressible, et jamais il n'a été possible de créer, même au niveau de quelques atomes seulement, un solide dont la densité soit supérieure à celle de l'iridium.

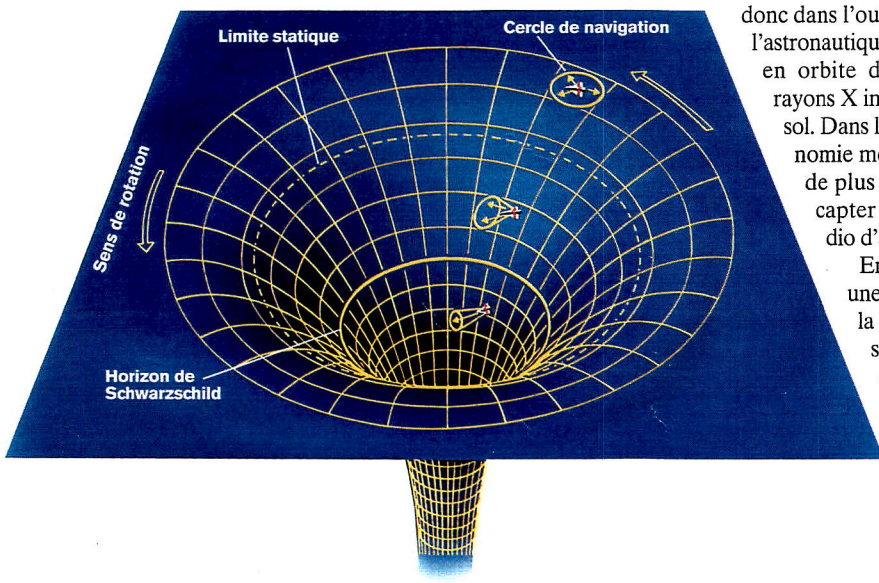
Enfin, d'un point de vue plus philosophique, la notion de trou noir semble plus un concept mathématique issu d'un système d'équations différentielles qu'une réalité physique tirée de l'observation du réel. L'horizon de Schwarzschild scinde l'Univers en deux régions, dont l'une est inobservable et échappe donc de ce fait à toute étude scientifique. Comme l'avait déjà fait remarquer René Thom, l'un de nos plus grands mathématiciens, à propos des quanta, la science renonce là à l'intelligibilité du monde, ce qui est pourtant son but.

Pendant trente ans, le trou noir retomba donc dans l'oubli. Et puis, à partir de 1960, l'astronautique prend son essor et emporte en orbite des satellites détecteurs de rayons X impossibles à étudier depuis le sol. Dans le même temps, la radioastronomie met en service des instruments de plus en plus grands qui peuvent capter et mesurer les émissions radio d'astres toujours plus lointains.

En 1965, les satellites détectent une source X très puissante dans la nébuleuse du Crabe. L'intensité du rayonnement est considérable, et, pourtant, l'astronomie optique ne voit rien à l'emplacement de cette source : l'astre émetteur ►

## Maelström quantique

Schématisé, le trou noir se présente comme un tourbillon géométrique possédant deux frontières dynamiques : la limite statique, au-dessus de laquelle un vaisseau spatial peut naviguer librement, et l'horizon de Schwarzschild. Entre les deux, le vaisseau peut encore circuler, mais seulement dans le sens du tourbillon et dans un angle étroit (tangentes au cercle de navigation). Une fois franchi l'horizon, c'est la chute sans retour...





► de rayons X est trop petit pour être localisé dans le visible, et il ne correspond à aucun type d'étoile connu. En revanche, tout concorde avec une étoile à neutrons, qui résulte du premier type d'effondrement gravifique imaginé par Oppenheimer : diamètre d'une quinzaine de kilomètres, matière quantique dégénérée faite de neutrons agglomérés, densité d'un milliard de tonnes par  $\text{cm}^3$ , émission intense de rayons X quand la matière d'un proche compagnon stellaire, attirée, tombe sur l'étoile à neutrons en spirale toujours plus rapide et serrée. Ce qui n'était qu'une entité mathématique trouve une place au ciel.

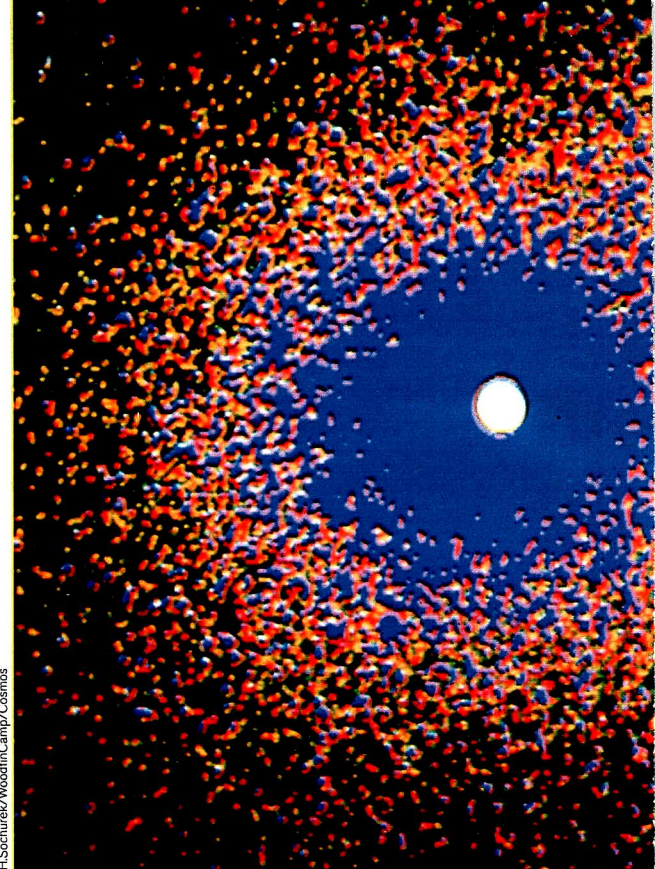
Dans les années qui suivent, on repère quantité d'autres astres X, puis, en 1968, on découvre des sources, les pulsars, qui émettent des signaux radio très intenses avec une régularité de métronome. Là encore, pas de trace visible ; et aucun processus stellaire connu ne permet d'expliquer l'intensité et la concentration de ce dégagement d'énergie.

L'étoile à neutrons donne la solution : elle possède un champ magnétique intense qui tourne avec elle et canalise l'émission radio pour en faire un pinceau qui balaye le ciel comme un phare côtier.

Mais, en 1971, une des sources X, détectée par le satellite *Uhuru* dans la constellation du Cygne, s'avère une étoile géante et son compagnon obscur, tournant l'un autour de l'autre en 5,6 jours. Connaissant la masse de la géante et la période de révolution du couple, on en déduit la masse du compagnon : dix fois celle du Soleil, donc beaucoup trop pour une étoile à neutrons.

Au-delà de trois fois la masse du Soleil, nous l'avons vu, les forces d'attraction gravifiques exercent des pressions qui ne sont plus compensées par les forces de répulsion des neutrons dégénérés : la matière est indéfiniment écrasée sous son propre poids et forme un trou noir. L'étoile double Cygnus X-1 était donc un astre géant dont la matière était aspirée par un trou noir. Le champ d'attraction de ce dernier est en effet si puissant que la matière y est accélérée à des vitesses proches de celle de la lumière.

En tombant à cette vitesse vertigineuse dans le puits gravifique, la matière se transforme en lumière et en chaleur ; autrement dit, une bonne partie de sa masse est convertie en rayonnements selon la célèbre formule  $E = mc^2$ . L'énergie libérée par cette conversion est telle qu'elle suffit à expliquer la fantastique émission de rayons X, de lumière et d'ondes radio détectée depuis le sol ou les satellites. Il n'existe pas actuellement d'autre schéma théorique permettant d'interpréter ce dé-



H. Schurek/WoodfinCamp/Cosmos

gagement d'énergie. Aussi, quand on découvrit, il y a une douzaine d'années, des centaines d'autres sources X, pensa-t-on qu'il y avait là autant de trous noirs en action. Mais, à l'étude, ces sources se révélèrent être des étoiles à neutrons.

Il restait encore comme candidats possibles les galaxies actives et les quasars. Les premières sont celles dont le centre émet plus d'énergie que tout le reste de la galaxie elle-même – environ 1 % des galaxies observées. Les quasars sont des objets plus curieux, puisqu'ils débitent des centaines, voire des milliers de fois plus d'énergie que les galaxies ordinaires. Dans les deux cas, les trous noirs

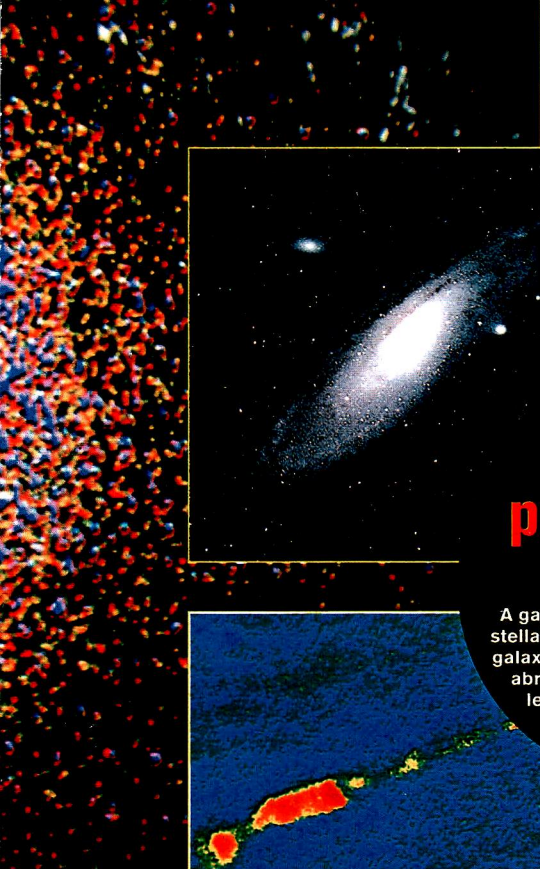
permettraient d'expliquer ce fantastique déferlement d'énergie : il s'agirait de trous noirs supermassifs, entre cent millions et un milliard de fois la masse du Soleil

(qui sert toujours ici d'unité), et dont la gravitation attirerait toute la matière stellaire environnante. En tombant dans le trou noir, cette matière serait en grande partie convertie en énergie. C'est la seule explication qu'on ait aujourd'hui quand on cherche une cause au débit énergétique des quasars ou des galaxies actives.

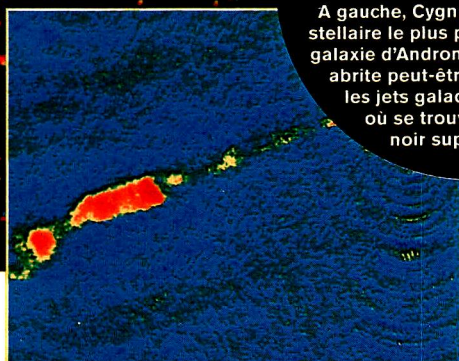
Cette interprétation se heurte pourtant à des

## Très peu de candidats crédibles





J. Riffle/Ciel et Espace



NRAO/Ciel et Espace

## Derniers prétendants au titre

A gauche, Cygnus X-1, le trou noir stellaire le plus probable. La grande galaxie d'Andromède (ci-dessus) en abrite peut-être un. Ci-dessous, les jets galactiques de M-87, où se trouverait un trou noir super-massif.

difficultés, aussi bien pratiques que théoriques. En ce qui concerne les sources X, il faut réussir à déterminer la masse des deux composantes dans le cas des étoiles doubles, et, pour cela, faire des relevés de position qui sont à la limite de la précision des instruments actuels. Il y a donc un facteur d'incertitude très grand, ce qui explique qu'il ne reste plus que trois astres X dont le moteur énergétique serait peut-être un trou noir : Cygnus X-1, LMC X-3 dans le Grand Nuage de Magellan, et A0620-00 dans le Scorpion.

Dans le domaine extragalactique, le candidat le plus sérieux reste la galaxie M87 dans la Vierge. Là encore, on se heurte aux difficultés d'observation : il faut mesurer le mouvement des étoiles autour du centre galactique pour évaluer la masse située en ce centre. Un travail extrêmement délicat, puisque la zone centrale des galaxies reste noyée derrière des nuages de poussière interstellaire et n'est accessible à l'observation qu'à partir de l'infrarouge et vers les ondes radio, d'un côté, et au-delà de l'ultraviolet vers les rayons X, de l'autre.

Or, si les pointés angulaires sont d'une grande précision dans le domaine radio, il n'en va pas de

même avec les rayons X dont la source est très difficile à localiser avec exactitude. Du point de vue théorique, il reste aussi à expliquer comment est alimenté le trou noir, considéré ici comme un moteur à matière, comme on parle de moteur à essence. Pour justifier son fabuleux débit de rayonnements, il lui faut consommer chaque jour l'équivalent en masse de milliards d'étoiles, ce qui pose des problèmes d'environnement et de répartition géométrique de la matière interstellaire.

En fait, le calcul de l'énergie engendrée par un trou noir dépend du modèle géométrique choisi ; et on retombe ici sur une mode très actuelle, qui concerne aussi bien l'astronomie que la physique ou la circulation monétaire : la modélisation, bien entendu sur ordinateur. On lance un programme partant de certaines hypothèses, et on le fait tourner pour voir si l'écran va afficher les résultats souhaités. Si ce n'est pas le cas, on change les hypothèses et on relance la machine. Comme celle-ci va très vite, on peut tester une kyrielle de modèles en peu de temps, et la tentation est grande alors de considérer celui qui fournit des résultats proches des données expérimentales comme scientifiquement vérifié. En ce qui concerne les trous noirs, les hypothèses qui servent de base au modèle géométrique influencent beaucoup le débit énergétique, ce qui explique que le trou noir censé être au centre de notre galaxie soit confirmé ou infirmé selon les résultats des observations.

Actuellement, il est plutôt contesté, car les dernières mesures faites montrent que, si la source d'ondes radio se situe bien au centre de gravité de notre galaxie, les sources X et gamma sont légèrement décalées. Il faudra donc revoir le modèle. Ajoutons que, de toute façon, les trous noirs ont bien une masse, une charge électromagnétique et un moment cinétique de rotation, mais que, n'émettant par eux-mêmes aucun rayonnement, ils ne sont pas décelables directement, mais seulement par le rayonnement émis lorsque la matière les entourant s'y engoulit.

D'autre part, seules des étoiles très lourdes, donc très rares, peuvent leur donner naissance. Enfin, pour l'astrophysicien, le trou noir n'est qu'une région possédant une certaine masse sous un rayon critique. Il n'a pas de surface solide et se présente plutôt comme le bord d'un puits, difficile à voir dans la nuit ; rien de très étonnant à ce qu'on ait qu'une demi-douzaine de candidats crédibles. ■



# PROVOCATION

## Un monde sans photons

PAR HÉLÈNE GUILLEMOT

**C**omment un physicien peut-il aujourd'hui nier l'existence des photons ? Cela fera bientôt quatre-vingt-dix ans qu'Einstein a découvert ces "grains" de lumière qui lui ont valu le prix Nobel en 1935. Et de cette conception corpusculaire de la lumière est née la théorie quantique, c'est-à-dire presque toute la physique et la technologie moderne, rien de moins ! Faut-il remettre en cause cet immense édifice ?

En fait, l'immense majorité des physiciens a complètement intégré la notion, donc la "réalité", des photons. Et Geoff Jones, de l'université du Sussex, est bien seul quand il affirme ne pas y croire (1). Mais sa révolte est sans doute le symptôme d'un problème réel : la communauté scientifique s'accorde sur la validité et l'extraordinaire efficacité de la théorie quantique, mais son interprétation, en revanche, est encore difficile. C'est là que se situe le débat.

Nos conceptions actuelles de la nature de la lumière reposent sur deux célèbres expériences. La première, à l'origine de l'idée de photon, est assez simple : si on éclaire du métal avec de la lumière monochromatique (c'est-à-dire d'une seule fréquence), on constate que ce métal émet des électrons. Mais, cet effet, dit "photoélectrique", ne se produit qu'au-dessus d'une certaine fréquence de lumière, et l'énergie des électrons éjectés dépend aussi de la fréquence. En considérant la lumière comme une pure onde électromagnétique, comme on le pensait au début du siècle, c'était tout bonnement incompréhensible.

C'est Einstein qui résolut l'énigme en 1905, en osant une hypothèse qu'il qualifia lui-même de « révolutionnaire » : la lumière est formée d'une multitude de grains minuscules, de "quanta" d'énergie lumineuse qui "arrachent" les électrons au métal. L'énergie de ces photons est propor-

**« Les photons n'existent pas ! » C'est du moins ce que prétend un physicien britannique, qui refuse l'idée de "particules de lumière" pourtant admise par tous les scientifiques. La lumière reste-t-elle encore à découvrir ?**

tionnelle à la fréquence de la lumière. La physique quantique était née, en même temps que les photons, comme seront bientôt baptisés ces grains.

La seconde expérience met en valeur l'aspect ondulatoire de ces photons et, par la même occasion, leur nature quantique. Connue sous le nom "d'expérience des fentes d'Young", elle consiste à faire passer de la lumière par deux fentes. Les deux faisceaux ainsi produits font des interférences sur un écran placé derrière, témoignant ainsi de leur caractère ondulatoire. Mais, si l'on baisse l'intensité lumineuse, on peut émettre les photons un par un... et l'on constate alors qu'ils ne se conduisent pas du tout comme des particules classiques ! Au lieu de se distribuer en deux paquets, les photons, même passant un à un, continuent de tracer des figures d'interférence. Comme si chacun "savait" où vont les autres...

Cette observation paradoxale est bien conforme à la théorie quantique. Tout se passe comme si chaque photon passait un peu par chacune des fentes. En fait, les photons sont dans un état quantique qui ne permet pas de dire s'ils sont passés par une fente ou par une autre. Autrement dit, la lumière se comporte parfois comme une onde, parfois comme un corpuscule, mais elle n'est ni l'une ni l'autre. Elle est autre chose, un "objet quantique"

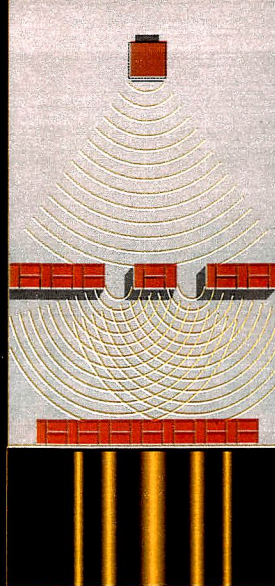
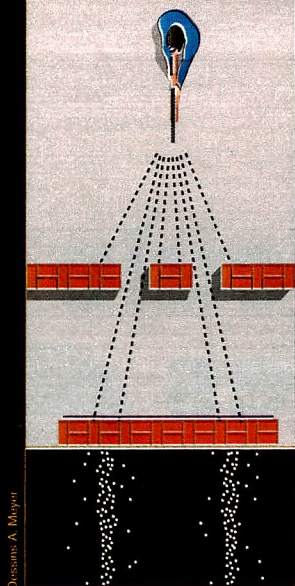
(1) *New Scientist* n° 1 939.

(2) Cette dualité n'est pas l'apanage de la lumière, elle s'étend à toute la matière microscopique. De même que les ondes électromagnétiques montrent un aspect corpusculaire, les particules manifestent parfois un comportement ondulatoire.



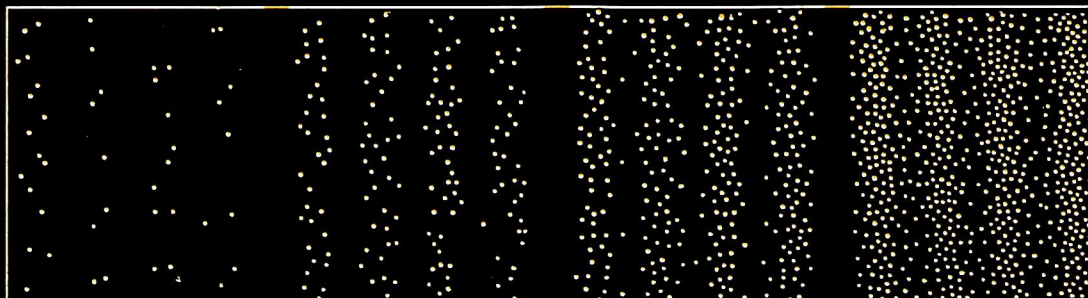
## Corpuscules

L'expérience "des fentes d'Young" éclaire la double nature de la lumière. Derrière un mur percé de deux fentes, on dispose un écran. Selon que l'on fait passer par les fentes des corpuscules, des ondes ou des photons un à un, on obtient sur l'écran trois figures différentes. Ainsi, si, armé d'une carabine, on arrose le mur de balles, les impacts de celles qui sont directement passées par les fentes dessinent sur l'écran deux larges bandes.



## Ondes

Si on remplace la carabine par une source lumineuse d'une fréquence précise, le résultat est différent : la lumière manifeste son caractère ondulatoire. Chaque fente se comporte comme une nouvelle source. Les amplitudes des ondes issues des deux fentes s'additionnent ou se soustraient pour former des bandes alternativement lumineuses et noires, C'est ce qu'on appelle des "franges d'interférence".



## Photons : corpuscules et ondes

Si, enfin, on éclaire le mur si faiblement que les photons sont émis un à un. On s'aperçoit alors qu'ils ne se comportent pas comme des balles : sur l'écran apparaissent des

impacts (à gauche) qui, au bout d'un certain temps, dessinent ensemble des bandes d'interférence (à droite)! Bien qu'ils soient assimilés à des particules, les photons se comportent

donc de façon ondulatoire : chacun ne passe pas par une fente déterminée. C'est ce phénomène typiquement quantique de dualité qui est aujourd'hui remis en cause.

indescriptible, car sans équivalent dans notre Univers classique (\*). Aujourd'hui, cette interprétation, dite "interprétation de Copenhague", est la plus couramment admise de la théorie quantique.

Mais certains physiciens n'ont pas accepté ces indéterminations et ces paradoxes. Geoff Jones est de ceux-là : il ne conteste ni la validité de ces deux expériences ni la cohérence de la théorie quantique – il ne propose d'ailleurs aucun résultat nouveau. Mais il refuse l'interprétation de Copenhague : il entend dissiper la confusion qui entoure les concepts quantiques et restaurer de "vrais" champs et de "vraies" particules.

Selon lui, tous les phénomènes interprétés à l'aide des photons peuvent s'expliquer en considérant qu'un grand champ magnétique remplit tout l'Univers. Quand on croit détecter un photon, on ne ferait, en réalité, que piéger un petit paquet d'énergie de ce champ universel. Il n'y aurait pas de quanta de lumière : seules existeraient

des modifications d'un vaste champ universel. Du coup, l'expérience des fentes d'Young peut sembler moins paradoxale, puisque ce champ global "sait" qu'il y a deux fentes. Quant à la matière, elle serait constituée d'authentiques particules (électrons, quarks...) accompagnées d'une onde.

L'interprétation de Jones se situe dans la lignée des idées d'Einstein, qui pensait que la physique quantique est incomplète. Il existerait alors des "variables cachées", encore inconnues, mais qui permettraient aux particules de suivre de vraies trajectoires, au lieu de se trouver dans des états plus ou moins fantomatiques.

Sur cette même hypothèse, le physicien américain David Bohm a défendu une théorie dite "des variables cachées non locales", qui est, à ce jour, la seule alternative à l'interprétation de Copenhague qui n'ait toujours pas été mise en défaut. Malheureusement, elle conduit elle aussi à d'énormes difficultés d'interprétation... ■



# ESPÈCES MENACÉES

## Le crépuscule des crocodiles

**Ils ont traversé 200 millions d'années.  
Ils ont nourri l'imaginaire de nombreux peuples.  
Aujourd'hui, les 22 espèces de crocodiliens  
existantes sont en danger. La chasse et la  
dégradation de leur milieu naturel vont-elles  
mettre fin à cette épopée mythique?**

PAR CHRISTINE POLETTO  
ET PIERRE-MICHEL FORGET

**A**lors que l'on rêve de redonner vie aux dinosaures, les crocodiliens, eux, risquent de disparaître de la surface de la Terre. Sous la pression de la chasse et de la destruction de leurs habitats, les alligators, crocodiles et autres caïmans sont menacés de disparaître les uns après les autres. Si l'on s'émeut facilement de la disparition des éléphants, des tigres ou des gorilles, nous sommes moins enclins à verser une larme pour le crocodile...

Il faut dire que les crocodiliens ont mauvaise presse. Cette sinistre réputation est due en grande partie aux "caïds", le crocodile du Nil et le crocodile indopacifique, véritables stars des films d'aventures. Leurs cousins d'Amérique sont bien plus pacifiques : le caïman noir, l'alligator d'Amérique, le crocodile d'Amérique ou de l'Orénoque (le genre *Crocodylus* compte à lui seul douze espèces parmi les vingt-deux de la famille) s'attaquent rarement à l'homme. Encore s'agit-il alors généralement d'un mâle qui défend son territoire ou d'une femelle qui protège son nid ou ses petits. Cette image, quoique fautive, n'en cautionne pas moins leur massacre.

**P**ourtant, les crocodiliens avaient bien survécu jusqu'ici. Alligators, caïmans, crocodiles et gavials sont les seuls représentants actuels des archosaures, ou "reptiles dominants", qui régnèrent sur la terre ferme il y a de 65 à 245 millions d'années. Les archosaures incluait aussi les dinosaures et les ptérosaures (reptiles volants). Les crocodiles de l'époque, comme le *Deinosuchus* ("crocodile terrifiant") d'Amérique du Nord (au Crétacé supérieur), pouvait atteindre une taille de onze mètres et un poids de six tonnes !

Un tel prédateur devait avoir un impact non négligeable sur son écosystème. Cela a été démontré à propos des caïmans actuels d'Amérique du Sud, qui jouent un rôle majeur dans l'équilibre et le maintien de la diversité biologique des écosystèmes humides où ils vivent. En effet, en participant au recyclage des substances nutritives, ils les rendent disponibles à d'autres maillons de



la chaîne alimentaire, comme les poissons. Lorsque l'on réduit le nombre de caïmans, on limite du même coup cette source de nourriture, et, finalement, le nombre d'espèces qui l'exploitent.

Les pêcheurs locaux n'ont d'ailleurs pas attendu les scientifiques pour privilégier les endroits fréquentés par les crocodiles. En outre, ces derniers ont le bon goût de se nourrir essentiellement de poissons dépourvus de valeur commerciale, mais prédateurs d'espèces appréciées par les indigènes.

Les crocodiliens ont aussi un impact important sur leur habitat. Les "trous de gator", dans les Everglades de Floride et autres marécages du Sud des Etats-Unis, ne s'assèchent jamais, même en période de très faible pluviosité. Ils fournissent ainsi des refuges aux poissons et autres. De même, la survie de certaines espèces végétales en est totalement dépendante. En Asie tropicale, l'élimination

quasi totale des crocodiles va de pair avec la disparition des espèces associées à leur écosystème.

Si les crocodiles jouent un rôle important dans cet écosystème, celui-ci le leur rend bien. La destruction des forêts tropicales humides est une des toutes premières causes de disparition de ces reptiles, dont elles constituent l'habitat privilégié. La suppression de la couverture forestière favorise l'envasement des rivières, qui entraîne la diminution des populations de poissons, de vertébrés inférieurs et d'insectes dont se nourrissent les crocodiliens. La déforestation favorisant l'érosion des sols, les phosphates et les nitrates des engrais sont entraînés par les pluies dans les lacs et les rivières, provoquant la prolifération des algues. Celles-ci consomment massivement l'oxygène dissous dans l'eau aux dépens, notamment, des proies des crocodiles. D'autre part, en l'absence d'une bonne couverture forestière pour absorber les pluies, les rivières peuvent tarir en saison sèche et déborder en saison humide. Or, les crues sont les principales causes d'avortement des œufs de crocodiles : les embryons meurent s'ils sont submergés plus de vingt-quatre à quarante-huit heures. Les nou- ▶

## Dernier descendant des "terrifiants"

Les crocodiliens, comme ce crocodile marin d'Australie, sont les seuls représentants actuels des archosaures (dont le crocodile terrifiant), qui régnaient sur Terre au Jurassique.



Y. Lefèvre/Bios



► veau-nés, quant à eux, peuvent être emportés vers les estuaires, où l'eau saumâtre leur est fatale.

La disparition de la mangrove, cet habitat forestier installé à la frontière entre terre et mer sous les tropiques, joue aussi un rôle important dans le devenir des populations de crocodiliens. Ainsi, la destruction de la mangrove sur l'île de Fuerte, à l'est de la Colombie, a entraîné la disparition de la population locale de crocodiles d'Amérique (*Crocodylus acutus*). La suppression des mangroves d'Amérique du Sud provoque aussi le déplacement ou l'extinction de nombreuses populations de *Crocodylus palustris*. Le canal de Panama, pour sa part, a doublement contribué à l'élimination des populations voisines : par la destruction de l'habitat forestier, mais aussi par l'ouverture de voies d'accès aisées pour les chasseurs en quête de peaux.

Si la destruction de l'habitat entraîne la disparition de nombreuses populations de crocodiliens, c'est la chasse qui demeure leur ennemi public numéro un. Jusqu'à la fin des années cinquante, le commerce des peaux de crocodile en Amérique du Sud se limitait aux vrais crocodiles (genre *Crocodylus*) et à l'alligator d'Amérique (genre *Alligator*). Ces espèces de grande taille, dont la peau du ventre est dépourvue d'ostéodermes (écailles ossifiées), fournissaient les cuirs souples classiques. Mais, inévitablement, ce filon s'épuisa. On se tourna alors vers le caïman noir (*Melanosuchus niger*) et le caïman à museau large (*Caiman latirostris*) d'Amérique du Sud, seules espèces à "belle peau" du bassin de l'Amazonie. Puis vint le tour du caïman commun (*Caiman crocodilus*). Comme sa face ventrale est presque entièrement ossifiée, on ne prélève que la gorge, souple, et les bandes latérales entre le dos et les écailles ventrales. On imagine le massacre nécessaire à une récolte satisfaisante ! Depuis les années soixante, les peaux de caïman commun représentent les trois quarts du commerce mondial.

Bref, des vingt-deux espèces de crocodiliens existant actuellement dans le monde, quinze au moins sont aujourd'hui exploitées pour leur peau et le reste (viande, ostéodermes, etc.). Au bas mot, deux millions de caïmans, crocodiles et alligators sont tués chaque année, dont environ 1,5 million provient de Bolivie, du Brésil, du Paraguay et du Venezuela. Plus de la moitié de ces peaux émane de populations sauvages, en totale violation des règlements internationaux. Résultat : plusieurs espèces sont au bord de l'extinction et presque toutes sont menacées (voir ci-contre).

Bien sûr, partout, des réglementations sont instaurées ; partout, elles sont contournées ou ignorées. Ainsi, en 1968, la Colombie a interdit la chas-

## CEUX QUI VONT



CROCODILE DE CUBA

### AMÉRIQUES

**Menacés d'extinction :** les crocodiles de Cuba 1, de Morelet 2, de l'Orénoque 3, le caïman commun 4 et le caïman à museau large 5. **Vulnérables :** le crocodile d'Amérique 6 et le caïman noir 7.



CROCODILE À MUSEAU ÉTROIT

### AFRIQUE

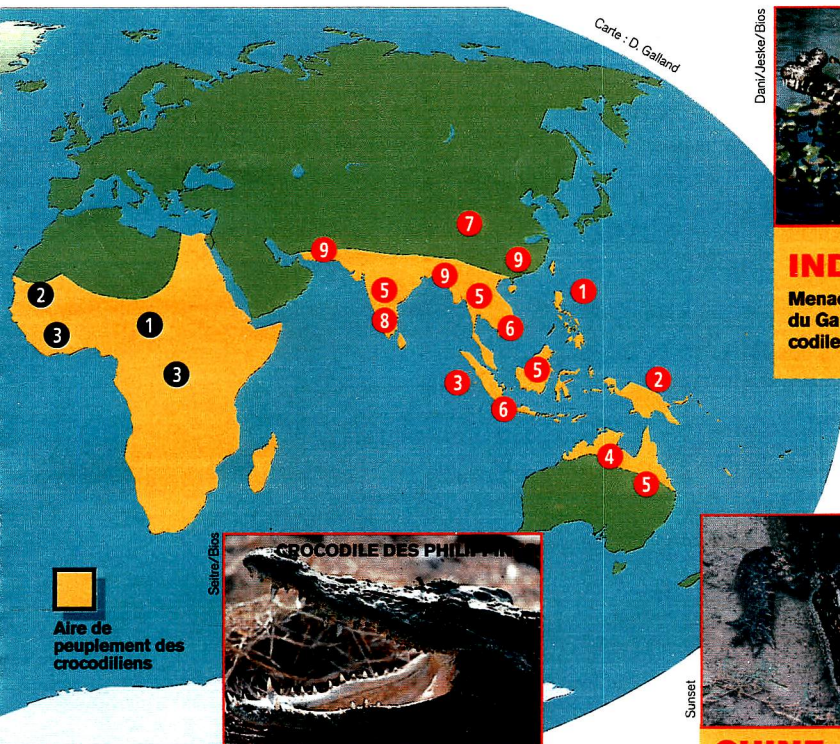
**Menacés d'extinction :** le crocodile du Nil 1 et le crocodile nain 2. **Vulnérable :** le crocodile d'Afrique à museau étroit 3.

## ... ET CE QUI CAUSE LEUR PERTE

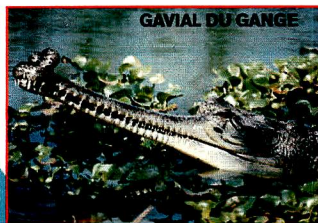
Ennemi public numéro un des crocodiliens : la chasse. Sur les 22 espèces existant, 15 sont exploitées pour leur peau et leur viande (comme ces crocodiles - photo de droite - vendus sur un marché congolais) ! Mais la déforestation (photo ci-contre : construction d'une route en forêt amazonienne, au Brésil), la disparition de la mangrove et, plus généralement, la destruction de l'habitat des crocodiliens en font des espèces menacées ou vulnérables. Selon les critères de l'Union internationale de conservation de la nature (UCIN), une espèce est menacée si le maintien des facteurs qui causent son déclin la mène inmanquablement à l'extinction. Est classée vulnérable une espèce que le maintien des facteurs de déclin risque de faire passer dans la catégorie des espèces menacées d'extinction.



# DISPARAÎTRE...



Dani/Jeske/Bios

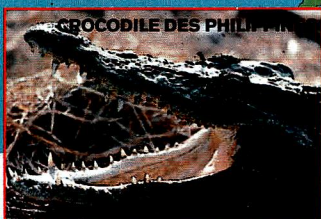


**GAVIAL DU GANGE**

## INDE

**Menacé d'extinction : le gavial du Gange 9. Vulnérable : le crocodile indopacifique 5.**

Saitire/Bios

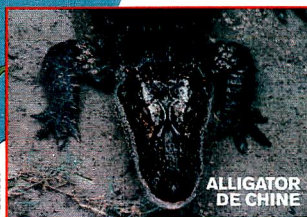


**CROCODILE DES PHILIPPINES**

## ASIE DU SUD-EST AUSTRALIE

**Menacés d'extinction : les crocodiles des Philippines 1, de Nouvelle-Guinée 2, du Siam 3 et de Johnson 4. Vulnérable : le crocodile indopacifique 5. Et le faux gavial 6 aurait disparu...**

Sunset

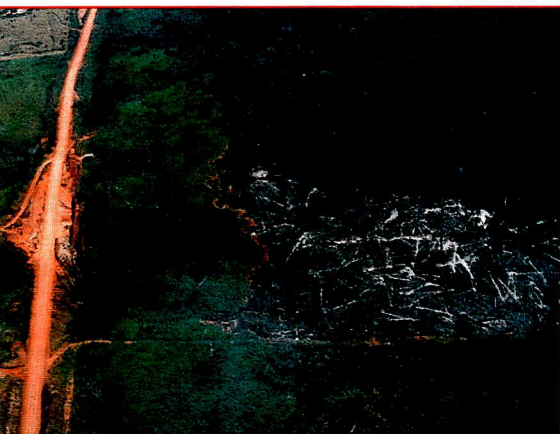


**ALLIGATOR DE CHINE**

## CHINE

**Menacé d'extinction : l'alligator de Chine 7. Vulnérable, localement éteint : le crocodile des marais 8.**

Edwards/Stills/Bios



Gunther Michel/Bios





# Un élevage de crocodiles français

Récemment inaugurée, la "ferme de crocodiles" de la Drôme, structure de béton, d'acier et de verre de 9 mètres de haut et d'une superficie de 4 200 m<sup>2</sup>, est le fruit d'une passion.

En 1975, le CEA (Commissariat à l'énergie atomique) construit une serre de 800 m<sup>2</sup> sur la propriété des Fougeirol, maraîchers près de Pierrelatte, dans la Drôme. Ce bâtiment, destiné à des expérimentations sur l'énergie solaire, est délaissé quelques années plus tard. Mais pas perdu pour tout le monde.

En effet, Luc Fougeirol, voyageur infatigable et férù d'animaux étranges, a rapporté de ses périples à travers le monde une dizaine de crocodiles du Nil et de caïmans de Guyane, et quelques plantes exotiques (manguier, papaye...). La serre abandonnée trouve donc une nouvelle fonction. Et, au milieu des années quatre-vingts, elle accueille, outre la dizaine de reptiles, quelque 45 000 curieux qui la visitent annuellement.

Devant ce succès, les Fougeirol décident de créer une véritable ferme de crocodiles, à quelques centaines de mètres de la serre. Objectif : permettre aux visiteurs de «voir différentes espèces de crocodiliens dans des conditions presque similaires à la vie sauvage...». Ils font donc bâtir un espace capable d'accueillir de 3 000 à 4 000 personnes par jour, pour un coût de 5,5 millions de francs (1).

Les animaux ont été achetés en Afrique du Sud, chez Jan-Gerd Kuhlman, spécialiste mondial des crocodiles et propriétaire d'un élevage important près de Pretoria. En juillet 1991, 300 fe-



melles et 100 mâles de 50 centimètres, âgés de six mois et valant 100 dollars pièce, ont ainsi fait le voyage de Pretoria à Nice dans des caisses en bois. A peine arrivés en France, ils ont subi un contrôle vétérinaire rigoureux, avant de rejoindre Pierrelatte puis une nurserie spécialement aménagée. Résultat : aucun cas de mortalité n'est à déplorer à ce jour. Une belle réussite, d'après les spécialistes.

A leur arrivée, bougainvilliers, bananiers et hibiscus attendaient les pensionnaires... Restait à régler un "détail", celui du climat tropical : hygrométrie élevée et constante, température de 27 à 30 °C. Les Fougeirol s'adressent alors au site nucléaire du Tricastin, tout proche.

L'idée ? Utiliser l'eau des circuits secondaires de refroidissement, dépourvue de radioactivité, pour chauffer la ferme. Les exploitants de la centrale donnent leur accord, à condition que les Fougeirol expliquent au public que les crocodiles ne sont pas porteurs de mutations dues à des irradiations. Une information, affichée à l'entrée de la ferme, tente de redorer l'image dévalorisée des crocodiles... et du nucléaire.

L'ouverture de la ferme n'en suscite e

pas moins d'autres rumeurs. La chair, réputée délicieuse, attirerait déjà la convoitise de certains restaurateurs. Mais, depuis 1970, la loi interdit en France la vente et la consommation de cette viande.

D'autre part, on chuchote que la peau des jeunes crocodiles pourrait être vendue aux tanneurs français. Il faut dire que le marché serait juteux : la France détient plus de 80 % du marché mondial de la tannerie, et importe chaque année d e

(1) Fonds fournis par l'Union européenne, le conseil général de la Drôme et les principales banques.



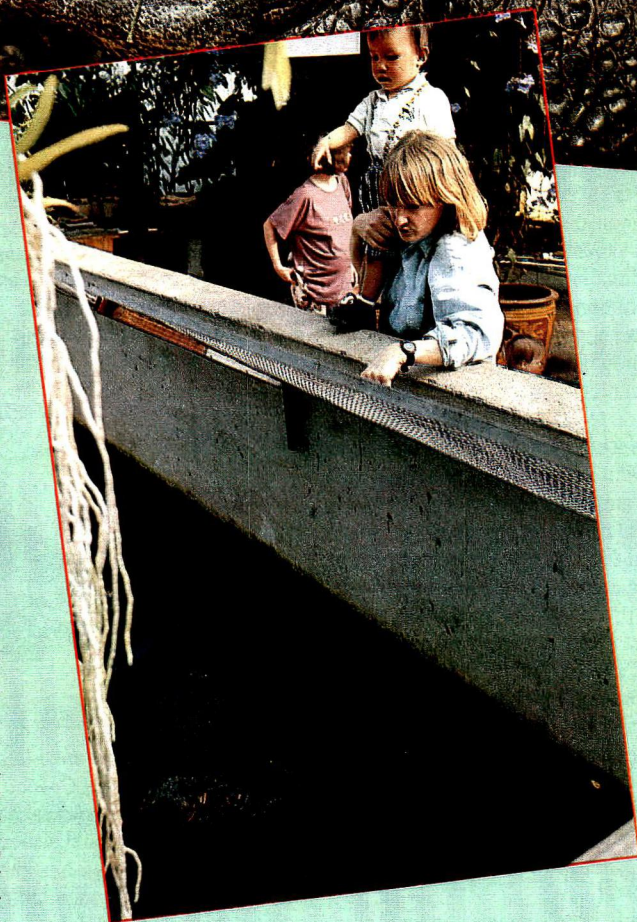


Photos H. Boutet



100 000 à 150 000 peaux de crocodiles. A l'heure actuelle, rien n'est encore décidé à ce sujet. D'ailleurs, un tel commerce dépendrait du bon déroulement des pontes. Or, les crocodiles ont besoin de calme pour se reproduire. Pour l'instant, il est difficile de prévoir leurs réactions devant l'affluence des visiteurs. Et celles des défenseurs des animaux.

Si les relations avec Génération Ecologie sont plutôt bonnes, Jean-Luc Fauche, des Verts, est plus sceptique quant à l'utilité «d'élevages de cette sorte pour fabriquer des sacs à main ou des chaussures...» Néanmoins, il estime les conditions d'élevage satisfaisantes, soulignant qu'il ne faut pas négliger le point de vue économique d'une telle opération (tourisme, emploi...). Yves Offer





► se et la vente de la plupart des espèces vivant sur son territoire. Les trafiquants ont introduit les peaux en contrebande dans les pays voisins où les espèces n'étaient pas protégées. De là, ils pouvaient les exporter tranquillement.

En ce qui concerne les importations, il a fallu attendre la convention sur le commerce international des espèces menacées (CITES), en 1973, pour que les premières réglementations voient le jour. Aussitôt, d'autres trafics se sont mis en place : pour brouiller les pistes, les peaux transitent par la Colombie, la Guyane française, le Honduras et le Panama. Aujourd'hui, les peaux récoltées illégalement vont de l'Amérique du Sud à Singapour et au Japon... après une escale au Salvador !

L'avenir n'est toutefois pas totalement sombre. On peut espérer, par exemple, que l'expérience du Venezuela en matière de protection des crocodiliens (voir encadré ci-contre) serve de modèle au reste de l'Amérique latine. Des études sont déjà en cours en Bolivie, au Brésil, en Colombie, au Guyana et au Honduras. Des programmes semblables sont déjà planifiés au Belize, au Costa Rica, au Panama et au Pérou. Ces opérations sont financées par les pays eux-mêmes, mais aussi par la CITES et par les grandes tanneries internationales, concernées au premier chef. Leur participation est dérisoire (0,5 dollar par peau) eu égard aux intérêts en jeu.

Une autre façon de protéger les crocodiles c'est... de ne pas y toucher. Et de satisfaire les besoins commerciaux en élevant des animaux en captivité. Cette option s'est développée au début des années soixante, pour faire face à la diminution rapide des populations sauvages et aux premières réglementations concernant la chasse. Depuis, le nombre de fermes de crocodiles ne cesse de croître. Grâce à elles, les pays en voie de développement peuvent exploiter une ressource précieuse tout en assurant son renouvellement à long terme. Certaines fermes se cantonnent à une vocation purement écologique : on y élève des espèces menacées dont on relâche des individus dans des zones protégées. Elles sont financées par le tourisme et diverses subventions.

Ces fermes, d'exploitation ou de protection, ne doivent surtout pas être confondues avec les ranches. Ceux-ci prélèvent les œufs dans la nature et n'assurent donc pas la reproduction des espèces. Pour être sûr qu'un tel prélèvement ne met pas l'espèce en péril, les ranches doivent soumettre un plan de gestion et relâcher un pourcentage d'animaux dans la nature après leur développement.

Si l'élevage, qui, pour l'instant, concerne essentiellement l'alligator d'Amérique, le croco-

## UN EXEMPLE À SUIVRE le Venezuela

À la fin des années soixante, les crocodiles du Venezuela étaient en voie d'extinction, et sa population de caïmans ne valait guère mieux. Le Venezuela a réagi en 1972, en interdisant la chasse commerciale des crocodiles et des caïmans. La population de caïmans communs recouvra vite une meilleure santé. En 1982, le Venezuela autorisa alors à nouveau la chasse dans les llanos (savanes périodiquement inondées du centre du pays),

tout en imposant une réglementation assez stricte : un quota est attribué à chaque fermier, qui s'occupe de la vente de la viande et des peaux. En revanche, il ne peut tuer que les adultes de plus de 1,80 m. La plupart des femelles et les jeunes sont ainsi épargnés, tandis que la population des grands mâles est limitée. Grâce à cette chasse réglementée, le prix des peaux augmente, la protection et la connaissance des espèces s'améliorent.

## UN MAUVAIS ÉLÈVE la Guyane française

Le caïman noir est le plus grand prédateur du continent américain : il peut atteindre 6 m de long. On trouve les adultes dans les forêts inondées, près des lacs et des rivières à cours lent. Avant d'être intensivement chassé pour sa peau, il était aussi présent près des plages. Il est aujourd'hui grandement menacé. Il n'en demeure de vraies populations qu'au Pérou et en Equateur, où il est protégé dans des parcs nationaux. En Guyane française, son avenir est gravement

compromis, en particulier par l'implantation illégale de fermes d'élevage. Pourtant, la chasse et le commerce du caïman noir sont interdits. De telles installations, tolérées sans contrôle sérieux, servent d'alibi au braconnage. En effet, comment distinguer la peau d'un caïman noir d'élevage de celle d'un animal sauvage ?



dile du Nil (*Crocodylus niloticus*) et le crocodile indopacifique (*Crocodylus porosus*), a enregistré quelques succès, il ne faudrait toutefois pas s'imaginer qu'il dispense de protéger les populations sauvages. Les animaux en captivité ne peuvent en effet maintenir la diversité génétique ni jouer le rôle des crocodiliens dans l'écosystème naturel. ■



# Saint-Cyr

## Aucune autre grande école ne vous en apprendra autant sur vous-même

Autant que vous le sachiez tout de suite :

Saint-Cyr est une école d'exigences qui

trempe l'âme aussi bien que

le corps. Admis à l'issue

d'un concours, vous y

recevrez, comme dans

toutes les autres

grandes écoles,

une formation

générale supérieure

de haut niveau.

Vous y apprendrez

également, l'exercice

de l'autorité et celui du

commandement, la maîtrise des nouvelles disciplines,

la géostratégie, l'esprit de décision, l'engagement

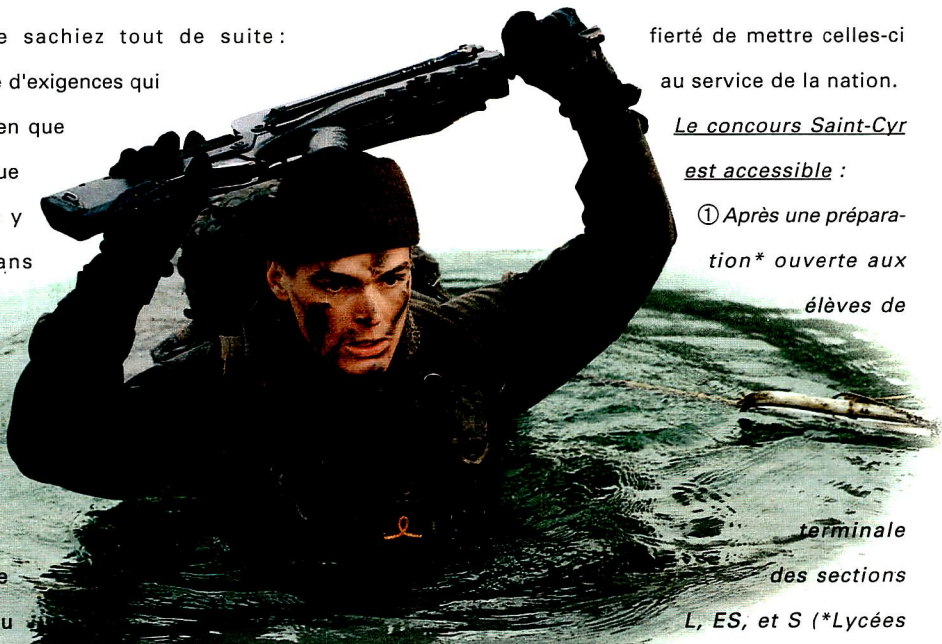
physique. Vous y fortifierez votre courage, votre

volonté de vaincre, votre esprit d'équipe, votre sens

de la camaraderie, votre générosité. Vous y pren-

drez - mieux que nulle part ailleurs - la mesure

de vos propres qualités et vous découvrirez la



fierté de mettre celles-ci  
au service de la nation.

Le concours Saint-Cyr  
est accessible :

① Après une prépara-  
tion\* ouverte aux  
élèves de

terminale  
des sections

L, ES, et S (\*Lycées

militaires : Aix en Provence, Autun, St-Cyr l'Ecole, Brest  
Naval, le Prytanée de la Flèche. Lycées civils : Dumont  
d'Urville Toulon, Poincaré Nancy, Henri IV Paris).

② Directement aux étudiants titulaires d'un DEUG de  
Sciences Economiques. ③ Directement aux étudiants  
admissibles en école d'ingénieurs et titulaires  
de certains diplômes d'études supérieures.



**ARMEE DE TERRE**  
*ARMEE D'EXCELLENCE*

Pour une documentation complète, retournez ce coupon au SIRPA Terre, 231, bd St-Germain 75007 Paris, ou tapez 3615 Terre pour obtenir les coordonnées de votre Centre d'Information et de Recrutement de l'Armée de Terre. La nationalité française est requise.

Nom \_\_\_\_\_ Prénom \_\_\_\_\_ Sexe : F ☐ M ☐

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

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

Niveau d'études : BAC et niveau BAC ☐ BAC + \_\_\_\_\_ années ☐ Service national effectué : Oui ☐ Non ☐



# JEAN ROSTAND

## Un précurseur et un contemporain

«Héritier de père en fils», comme il disait, il eut d'abord le nom, puis la fortune. Mais Jean Rostand rejoignait aussi une belle lignée, celle des marginaux de la science, dont Gregor Mendel et l'entomologiste Fabre furent les parangons.

Dès l'âge de 9 ans, Jean Rostand trouve sa vocation de naturaliste grâce à un cadeau de Jean Henri Fabre. Car rien ne prédisposait à la biologie, ni dans l'hérédité, ni dans le milieu, le deuxième fils d'Edmond Rostand. Quand ce dernier fit venir des poules, des dindons et des coqs dont il désirait étudier le comportement (pour sa pièce *Chantecler*), Jean Rostand se passionna pour cette basse-cour qui fut son premier laboratoire.

Peut-être y contracta-t-il la préférence pour un laboratoire personnel : s'établissant en 1920 à Ville-d'Avray, le jeune licencié ès sciences, qui désirait préparer un doctorat, répugnait aux servitudes qu'eût imposées le laboratoire d'un grand patron. D'où la méfiance de l'institution universitaire, qui l'accepta assez mal, à quelques exceptions près, comme Lucien Cuénot, avec lequel il écrivit en 1935 un livre sur la génétique (1). Ses études sur la parthénogenèse et l'hérédité, surtout chez les grenouilles, ses cobayes préférés, suscitaient plus d'un haussement de sourcils.

À la mort du «tripoteur de batraciens», Louis Leprince-Ringuet reconnaissait pourtant : «L'activité proprement scientifique de Jean Rostand a été importante : grâce à lui, des progrès notables ont été réalisés dans la connaissance de la fécondation et de la parthénogenèse, grâce à l'influence du froid. (...) Quant à son étrange découverte des «étangs à monstres», où l'on trouve des têtards de grenouilles avec sept, huit, dix, jusqu'à vingt doigts aux pattes au lieu de cinq, il a démontré qu'il ne s'agissait pas d'une malformation héréditaire mais très vraisemblablement d'un virus non encore identifié, produisant cette multiplicité».

Rostand voyait loin : il évoqua un jour l'éventualité future que les grands hommes pussent avoir

**Il aurait eu 100 ans fin 1994.**

**Son intérêt pour la génétique**

**le fit rejeter des cercles**

**académiques. La légende**

**l'enferma dans l'image d'un**

**“tripoteur de grenouilles”.**

**Mais ses positions sur**

**l'hérédité et l'évolution**

**restent toujours d'actualité.**

PAR DENIS BUICAN

des descendants leur ressemblant comme de véritables *alter ego*. Il pressentait ainsi l'avènement des clones. La possibilité d'obtenir une descendance d'un ovule non fécondé, et plus tard, sans doute, d'une cellule quelconque, masculine ou féminine, avait d'ailleurs de quoi attirer des générations de chercheurs étudiant la parthénogenèse. Plusieurs de ses travaux expérimentaux sur ce phénomène devaient préparer la voie aux généticiens à venir.

Jean Rostand se pencha également sur la parthénogenèse indirecte, ou la gynogenèse, qui fut découverte par Oskar Hertwig en 1912. Le sperme irradié, donc tué, détermine le développement des ovules, mais sans pouvoir participer à la fécondation. Le sperme déclenche le même mécanisme qu'un globule sanguin en parthénogenèse traumatique (il assure son rôle régulateur sans remplir son rôle héréditaire), provoquant ainsi la naissance d'individus qui doivent la totalité de leur être à la cellule maternelle. Cette parthénogenèse due au sperme mort est appelée gynogenèse.

(1) *Introduction à la génétique*, Paris, Centre de documentation universitaire.





H. Carlier-Besson/Magnum

## A l'écart des dogmes

Figure originale et savant de grande envergure, Jean Rostand s'est toujours tenu en marge de la science officielle. Ce franc-tireur a ouvert la voie à la génétique.

Le procédé de Rostand pour obtenir des larves gynogénétiques de crapaud consiste à prélever les œufs dans l'utérus d'une femelle en pleine ponte. Ces œufs sont fécondés avec du sperme de grenouille rousse, traité préalablement par des rayons ultraviolets pour le stériliser. Une dizaine de minutes après l'insémination, pendant laquelle les spermatozoïdes pénètrent dans les ovules, ces derniers sont plongés dans l'eau glacée à près de 0 °C et placés dans un réfrigérateur plusieurs heures. Ce délai passé, on les ramène brusquement à 15 °C. Ainsi, note Rostand, il n'y a aucune cause d'erreur à craindre : s'il y a formation de larves, elles ne peuvent être que d'origine gynogénétique, puisque le sperme de grenouille normal ne peut provoquer dans l'œuf de crapaud qu'un début de développement.

L'expérimentation alla d'ailleurs plus loin,

puisque, au cours de ses recherches, Rostand découvrit deux singularités : des larves haploïdes ( $n$  chromosomes) qui périssent précocement et des larves normales, diploïdes ( $2n$  chromosomes), qui ont doublé leur garniture chromosomique sous l'influence du refroidissement initial.

La constatation (en 1946) que la glycérine a un effet bénéfique sur la conservation du sperme aux basses températures figure parmi ses recherches les plus riches en retombées futures. Depuis lors, la "méthode de la glycérine" a été brillamment développée par l'école anglaise de Parkes. L'on en vint de la sorte aux banques de sperme. Relevons que Rostand plaïda aussi pour le développement de la science de l'hérédité.

L'intuition n'était certes pas le moindre mérite de Rostand. Bien avant que le darwinisme entrât en crise, il écrivait, en dépit de son admiration pour le grand homme de vérité que fut Darwin : « Il me semble qu'une "dédarwinisation" du transformisme serait éminemment souhaitable. Le génie même de Darwin nous a entraînés dans une voie d'autant plus dangereuse qu'on ne voit aucun moyen de démontrer qu'elle n'est pas la bonne (?). » De fait, cette réserve s'expliquait par la biologie : sans pouvoir le démontrer, il devinait que la génétique participait énormément aux phénomènes de l'évolution. Le darwinisme originel restait trop rigide, et, écrivait-il encore, « dans l'histoire de la biologie, comme dans celle de toute science, on trouvera de quoi se donner quelque défiance à l'égard des affirmations trop dogmatiques » (?). Rostand, en effet, exérait tous les dogmes.

Une phrase en particulier brille par sa prescience : « Si nous ne sommes satisfaits ni du lamarckisme, ni du néo-mutationnisme, allons-nous donner une adhésion aux notions mystérieuses de l'anti-hasard ou de l'invention organique ? » En effet, observait-il, « à la notion d'anti-hasard on peut opposer tout un groupe de faits : ceux-ci illustrent la contre-adaptation, la dysharmonie dans les organismes vivants. » Et, citant le biologiste Cuénot : « Si l'on procédait méthodiquement à l'ablation d'organes externes auxquels on attribue communément une fonction utile, on serait étonné du nombre de ceux qui peuvent disparaître sans inconvénient. Je ne vois pas qu'on puisse échapper à cette conclusion qu'il y a une quantité de structures externes qui sont de pur luxe. »

Aucune explication actuelle de l'évolution ne le satisfaisait : « La plus sage attitude, et la plus loyale, écrivait-il encore, est, nous semble-t-il, de réserver la place d'un inconnu qu'on s'abstiendra de baptiser et dont on se gardera de faire un inconnu. » On mesure à quel point Rostand est actuel et mérite d'être lu, sinon relu. ■

(2) *Biologie et humanisme, le passé du transformisme*, Gallimard, 1964.

(3) *Esquisse d'une histoire de la biologie*, Gallimard, 1945.





# **COUP DU LAPIN**

## **La moelle épinière restaurée ?**

PAR CLAUDE  
METIER-DI NUNZIO

**L**a France compte actuellement près de 50 000 handicapés moteurs, paraplégiques ou tétraplégiques, et, chaque année, les accidents de la route clouent sur des fauteuils roulants un millier de nouvelles victimes – pour la plupart des moins de 25 ans.

Au moment de l'accident, le choc reçu par la moelle épinière a des conséquences immédiates : perte plus ou moins massive de neurones, altérations et ruptures de fils de conduction (dendrites, axones) reliant des cellules nerveuses plus éloignées à leurs cibles. Mais la "casse" ne s'arrête pas là. La compression vasculaire due à l'effondrement vertébral (et même s'il n'y a pas vraiment encore de section médullaire ou si celle-ci, comme c'est souvent le cas, n'est que partielle) va induire dans les heures qui suivent une cascade de phénomènes qui vont se révéler extrêmement préjudiciables pour les tissus nerveux environnants. C'est d'ailleurs à ce stade qu'apparaissent la plupart des paralysies, car, contrairement aux autres tissus de l'organisme, le système nerveux central (SNC), cerveau et moelle épinière, n'assure, en effet, ni réparation ni mise en place de pièces de rechange (voir encadré p. 44). Les neurones détruits ne sont pas remplacés et les "câbles" rompus n'ont aucun moyen de se régénérer par eux-mêmes.

**On a longtemps cru que les lésions de la moelle épinière étaient irréversibles.**

**Aujourd'hui, on pense qu'en intervenant précocement il devrait être possible de limiter les séquelles.**

Sous l'égide de l'Institut pour la recherche sur la moelle épinière (IRME) – qui coordonne l'ensemble des travaux sur les lésions de la moelle épinière –, une équipe de chercheurs de l'université Sciences et Techniques de Montpellier (unité Inserm 336), dirigée par Alain Privat, s'est longuement penchée sur les mécanismes responsables de cette lésion secondaire. C'est, semble-t-il, un dysfonctionnement dans

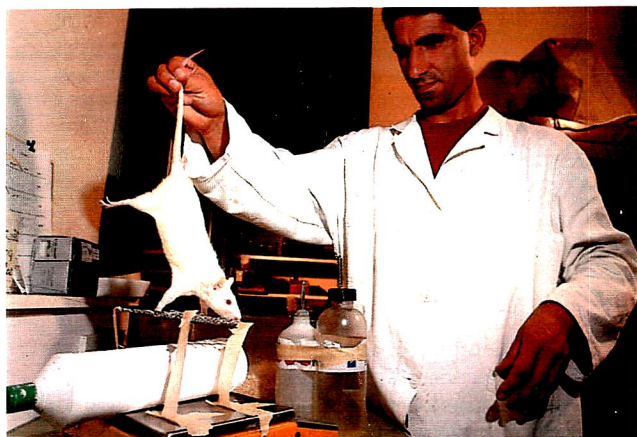




## Neurones de secours

Des transplantations de neurones fœtaux (en bleu), réalisées à l'université de Montpellier, ont déjà permis de rétablir, chez des rats, certaines fonctions réflexes comme la marche automatique ou le contrôle urinaire.

V. Trung/Cosmos



V. Trung/Cosmos

## Greffe réussie !

A l'université René-Descartes, à Paris, des résultats également encourageants ont été enregistrés. Les chercheurs ont, en effet, réussi des réinnervations musculaires sur des animaux. Ainsi, ce rat, dont ils avaient d'abord sectionné la moelle épinière, répond, après un pontage nerveux, à des tests de préhension musculaire.

la distribution du glutamate qui jouerait les détonateurs. Ce neurotransmetteur (1) commande l'ouverture du canal calcium. En temps normal, la distribution de calcium est parfaitement régulée dans le temps et dans l'espace. Mais lorsqu'il y a une compression ou lésion médullaire (autrement dit, quand le tissu cérébral n'est plus suffisamment oxygéné), ce système de régulation disparaît. C'est donc un véritable raz de marée de glutamate, de calcium, mais aussi de sodium, d'eau et de chlore qui va envahir les cellules nerveuses proches, entraînant l'explosion d'un nouveau contingent de neurones et libérant du même coup le stock de glutamate que chacune de ces cellules tenait en réserve. Un véritable cercle infernal qui, de proche en proche, va transformer une lésion initiale relativement discrète en quelque chose d'autant plus gravissime qu'il n'existe ici aucun moyen de stopper le phénomène.

Il semble pourtant que l'équipe d'Alain Privat soit arrivée à le maîtriser puisque son premier "protecteur de neurones", le GK11, va faire l'objet d'un test sur des victimes de la route suspectées de traumatisme rachidien. Administrée dans les deux heures qui suivent l'accident, cette molécule à base de thiénylphencyclidines (2) bloquerait le récepteur du glutamate qui sert de pont-le- ▶



► vis au canal calcium, évitant, ou tout au moins réduisant considérablement, l'inondation toxique responsable des lésions secondaires.

Autre piste intéressante : une molécule dérivée du cholestérol, la 7 Bêta hydrocholestérol<sup>(3)</sup>, destinée à freiner la prolifération intempestive des cicatrices gliales. Alain Privat qui en coordonne également l'expérimentation, explique : « Dans le SNC, les cellules gliales ont un rôle précis qui consiste à nourrir et à protéger les neurones dont les structures sont extrêmement fragiles. Au moment de l'accident, la réaction de ces cellules satellites, et notamment des astrocytes (responsables des cicatrices gliales), va donc être de maintenir coûte que coûte l'étanchéité du système, et pour cela elles vont non seulement activer fébrilement leur processus de multiplication, mais se gonfler comme des baudruches, de manière à pouvoir combler rapidement tous les espaces vides.

Le problème c'est qu'elles vont en faire un peu trop, et pas seulement sur le site du traumatisme, mais tout au long de la moelle épinière, colmatant les failles dues à l'axotomie (la section des axones), mais aussi se substituant à l'axone lui-même au fur et à mesure que celui-ci va dégénérer. Résultat : des myriades de micro-cicatrices fibreuses, suintantes, extrêmement collantes – puisque lorsqu'ils sont réactifs, les astrocytes se couvrent d'une sorte de colle biologique constituée d'acide sialique, la Ncam embryonnaire – vont quadriller une partie plus ou moins importante de la moelle et constituer autant d'obstacles à la repousse des nerfs et des circuits endommagés.

Pas question, bien sûr, de supprimer le phénomène en bloc. La formation des cicatrices est indispensable au rétablissement de l'homéostasie, c'est-à-dire de l'équilibre physiologique. Le but est simplement de prévenir tout ce qui est excessif. De patientes recherches sur les souris ont permis de concilier ces deux exigences.

Contrairement au GK11, la 7 Bêta hydrocholestérol n'a pas dépassé encore le stade fondamental ; les résultats obtenus sur l'animal permettent néanmoins d'être d'ores et déjà très optimiste. Non seulement cette molécule ralentit la prolifération et l'hypertrophie des astrocytes, mais elle freine également de façon appréciable la production des Ncam embryonnaires, rendant ainsi le tissu cicatriciel beaucoup plus perméable. Reste maintenant à vérifier que les fibres qui repoussent demeurent fonctionnelles.

Troisième priorité de l'IRME : donner de quoi

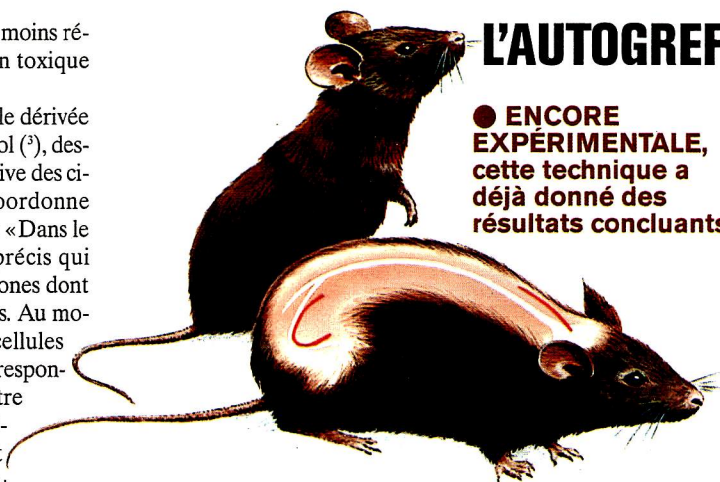
## Des protéines pour "nourrir" les neurones

survivre aux neurones et notamment aux neurones moteurs qui sont restés bloqués au-dessous de la lésion. Les motoneurones sont un peu les cellules clés de la moelle épinière au niveau de la locomotion ; ces cellules commandent aussi, par l'intermédiaire des muscles, nos gestes quotidiens, la soufflerie respiratoire, le jeu de la statique, les mouvements oculaires et

tous ces mécanismes souterrains de la vie dont on n'a généralement pas conscience. Or, privés de l'information du cerveau, ces outils vont peu à peu dégénérer, s'atrophier, perdre toute possibilité d'agir et finalement disparaître.

## L'AUTOGREFFE

● **ENCORE EXPÉRIMENTALE, cette technique a déjà donné des résultats concluants.**



Le greffon, constitué d'un segment de nerf issu du nerf sciatique, est implanté dans les centres nerveux qui commandent la respiration. Le rôle de ce nerf supplémentaire est de fournir au système nerveux central incapable de s'autoréparer un substrat susceptible de favoriser la repousse des fibres nerveuses lésées.

Ce type de greffe dite "en aveugle" peut dans un second temps donner lieu à un "pontage nerveux". L'extrémité du greffon jusqu'ici restée libre est alors implantée dans la

moelle épinière, au-delà de la région sinistrée, pour constituer une sorte d'itinéraire bis qui court-circuite la lésion.

Dans les deux cas, les fibres nerveuses qui ont repoussé (leur pourcentage est encore malheureusement faible) sont de nouveau capables d'émettre des informations. Des mesures montrent, en effet, que les propriétés physiologiques des neurones régénérés sont similaires à celles des neurones respiratoires enregistrés chez des animaux non greffés.

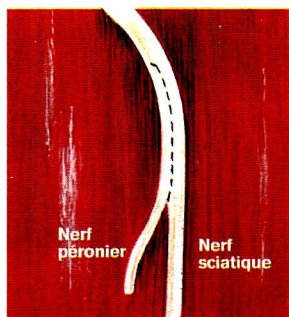
(1) Substance chimique qui transmet l'information d'une cellule à l'autre.

(2) Substances antalgiques qui ont la particularité de se fixer avec une très grande affinité sur le canal calcium.

(3) Fruit d'une collaboration entre l'INSERM de Montpellier et le CNRS de Strasbourg.



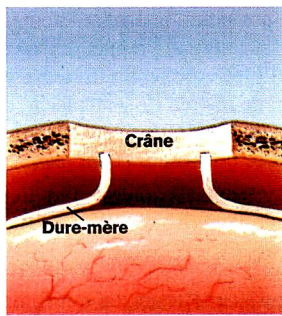
# NERVEUSE "MARCHÉ" CHEZ LE RAT



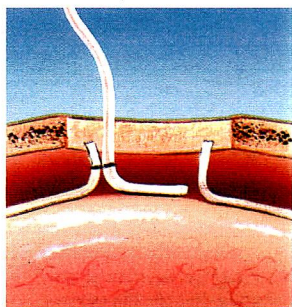
**① DÉGAGEMENT et section du nerf destiné à l'autogreffe**



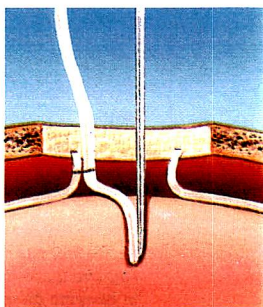
**② MISE EN ATTENTE du greffon dans du sérum physiologique**



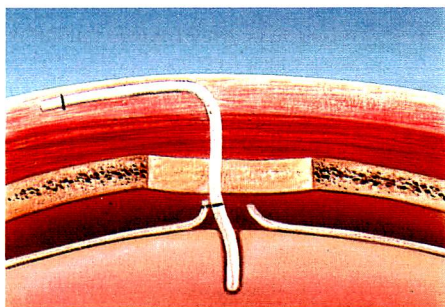
**③ OUVERTURE de la boîte crânienne, puis de la dure-mère**



**④ SUTURE du greffon sur la dure-mère**



**⑤ IMPLANTATION dans le cerveau à l'aide d'une micro-pipette**



**⑥ LIGATURE du greffon dans la face interne de la peau, après fermeture de la boîte crânienne**

Dessins Penichoux

Pour les empêcher de dépérir, il va falloir leur fournir des substances nutritives spécifiques que le SNC n'est pas à même de produire. On connaît bien maintenant ces facteurs neurotrophiques indispensables à la croissance des neurones durant l'embryogenèse et qui leur permettent, plus tard, de survivre et de se régénérer en période critique. Le NGF (*nerve growth factor*, ou facteur de croissance dérivé du nerf), le BDNF (*brain derived neurotrophic factor*, ou facteur de croissance dérivé du cerveau) et le GAP 43 (*growth associated protein*, ou protéine associée à la croissance axonale) restent certes les plus connus, mais on en a découvert depuis beaucoup d'autres et le catalogue ne cesse de s'enrichir. Chacune de ces protéines agit de façon tout à fait sélective sur une po-

pulation ou un sous-ensemble de neurones bien déterminés. L'IRME dispose déjà de candidats sérieux, dont la molécule NT3 qui semblerait essentielle au maintien de l'homéostasie. Grâce aux techniques de clonage et au formidable raccourci des biotechnologies, on devrait disposer sous peu d'assez de ces substances pour pouvoir passer à l'étude sur l'animal.

Voilà pour les essais de sauvegarde de ce qui pouvait l'être, reste maintenant à tenter de réparer ce qui a été détruit. Un programme d'autant plus complexe que, rappelons-le, on se trouve ici face à des cellules souches absolument muettes. Pour reconstruire, il va donc falloir faire appel à de nouvelles "briques", autrement dit importer de nouvelles cellules nerveuses et de

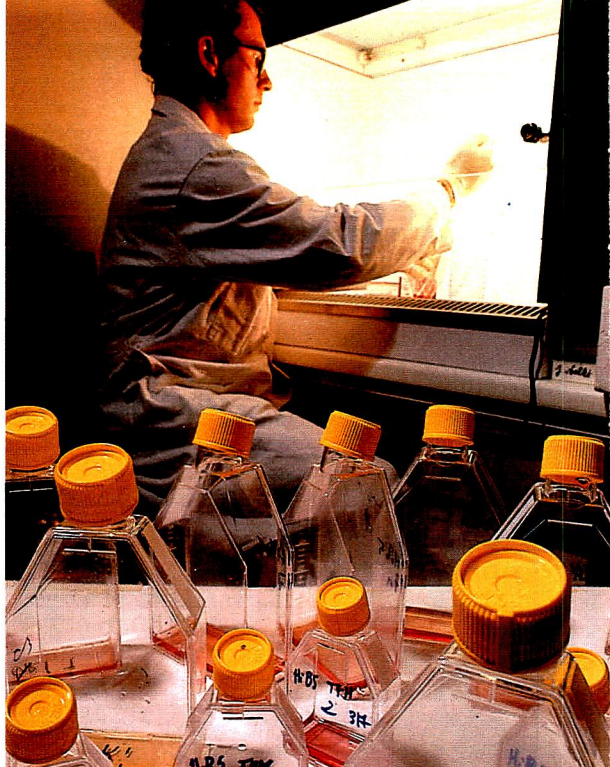


## COUP DU LAPIN

► nouveaux câbles électriques susceptibles de remplacer ou de restaurer une partie du matériel endommagé ou perdu.

Parmi ces stratégies, pour l'instant strictement expérimentales, il faut citer en premier les transplantations de cellules embryonnaires. Parce qu'ils sont capables de migrer, de se déplacer, de se différencier et de développer leurs projections axonales ; parce qu'ils sont capables aussi de survivre à long terme dans la structure hôte, ces "précurseurs de la cellule nerveuse" permettent de compenser une partie des pertes subies. Constituant, par ailleurs, une source potentielle en neurotransmetteurs, en neuromodulateurs ou en substances hormonales, ils offrent à la moelle épinière déconnectée des centres nerveux une chance de pouvoir se réorganiser et, par là même, de retrouver ou d'acquérir certaines fonctions réflexes.

Démonstration à Montpellier encore, où, grâce à des greffes de neurones sérotoninergiques fœtaux, des rats mâles (rendus paraplégiques par une section de la moelle épinière) ont retrouvé le contrôle de leur fonction urinaire et, plus extraordinaire encore, sont redevenus capables de procréer. Des greffes de neurones sécrétant de noradrénaline permettraient, dans les mêmes conditions, de réveiller ce fameux "générateur de locomotion lombaire" (4) qui déclenche chez le nouveau-né maintenu au-dessus d'une table, ce réflexe de marche bien connu. Certains centres de rééducation commencent d'ailleurs



V. Truong/Cosmos

## Coup de pouce aux cellules nerveuses

Pour les inciter à fabriquer elles-mêmes les hormones ou les facteurs de croissance nécessaires à leur régénération, l'équipe du Pr Mallet, à Gif-sur-Yvette, introduit dans le génome de ces cellules des virus génétiquement modifiés dans ce but. Les cellules marquées en bleu ont été transformées par génie génétique.

## UN SYSTÈME TRÈS HIÉRARCHISÉ

Le système nerveux orchestre et réajuste en permanence toutes nos fonctions vitales. Le cerveau et la moelle épinière constituent le système nerveux central (SNC), ou névraxe. Cet axe principal est relié à tout un réseau de faisceaux secondaires innervant l'ensemble du corps, c'est le système nerveux périphérique (SNP).

Les éléments de base du système nerveux sont les neurones (ou cellules nerveuses) constitués d'un corps cellulaire (assurant la fonction et le métabolisme du neurone) et de prolonge-

ments, les dendrites, chargés de retransmettre toute l'information venant de l'extérieur. Chaque neurone est également équipé d'une très longue antenne : l'axone (véritable câble de transmission pouvant mesurer jusqu'à 1 m pour un corps cellulaire de 5 micromètres), dont le rôle est de véhiculer les "ordres de mission" sensoriels et moteurs issus du cerveau.

C'est la juxtaposition massive des axones qui forme la structure du nerf.

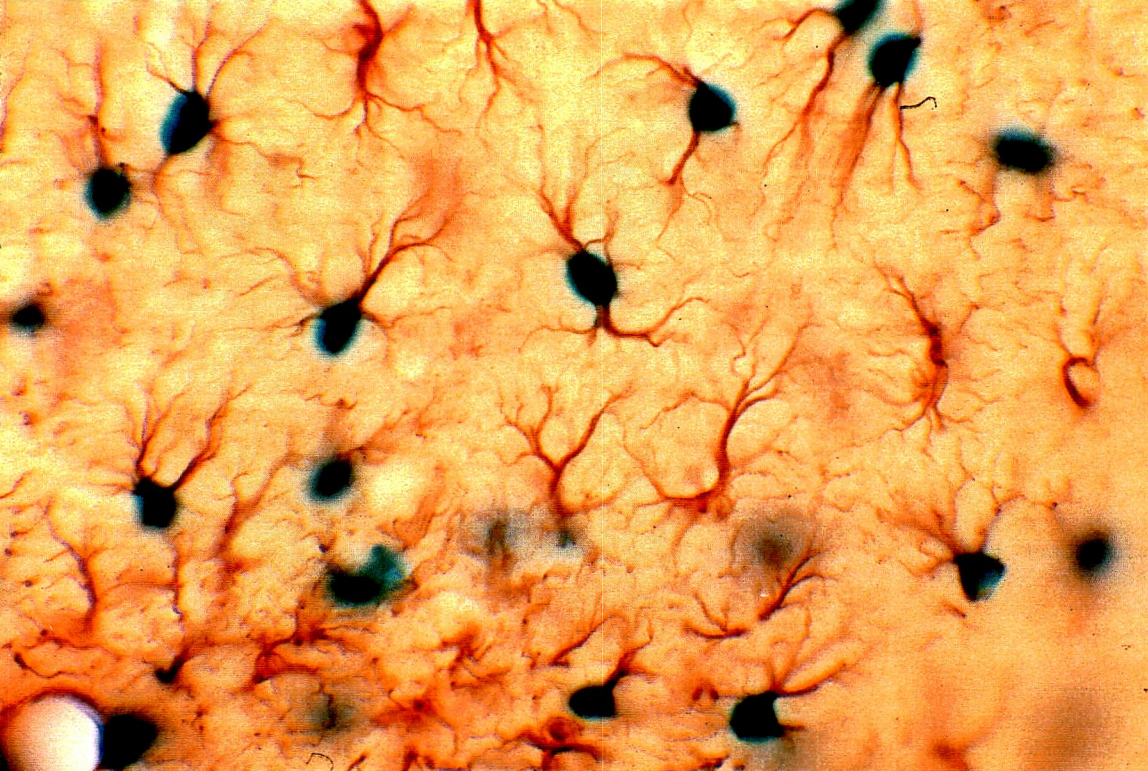
Dans le SNC, et particulièrement au niveau de la moelle épinière, la rupture

accidentelle de ces faisceaux nerveux, entraîne un déficit moteur et sensoriel touchant les parties du corps situées en dessous de la lésion. Handicap jugé généralement comme irréversible car, contrairement à ce qui se passe pour les nerfs périphériques, les fibres nerveuses de la moelle épinière ne repoussent pas spontanément. Un processus régénératif semble se mettre en place, mais cette croissance est difficile au sein de la cicatrice causée par le traumatisme, et de plus, des synapses (contacts entre

éléments nerveux) contre nature peuvent être établies avec des neurones voisins.

Les neurones ne sont pas les seuls constituants du système nerveux. Ils sont entourés de cellules satellites, les cellules gliales, qui assurent leur nutrition et leur protection. Contrairement aux cellules gliales du SNP (cellules de Schwann) qui favorisent la repousse des fibres nerveuses lésées, les cellules gliales du SNC (et tout particulièrement les oligodendrocytes) ne sont pas propices à une régénération axonale.





D.R.

(4) Des chercheurs suédois ont mis dernièrement en évidence dans la moelle épinière de la lamproie et de certains mammifères, un agencement de neurones susceptibles de déclencher, sous certaines conditions, une véritable locomotion automatique.

aujourd'hui à exploiter cette découverte, en injectant des substances analogues à la sérotonine ou à la noradrénaline à des paraplégiques que l'on rééduque à la marche.

Toujours dans le contexte des greffes neuronales, mais sous une rubrique peut-être un peu plus avant-gardiste, les travaux de Jacques Mallet et de l'unité de biologie cellulaire et moléculaire du CNRS qu'il dirige à Gif-sur-Yvette font appel au génie génétique pour inciter l'organisme sinistré à produire lui-même les substances hormonales ou trophiques nécessaires à sa régénération. Ici, il n'est même plus besoin de passer par le circuit cellulaire normal, il suffit de poster au bon endroit un certain nombre de "sentinelles" codant pour la substance désirée et de déclencher le programme en conséquence. L'aventure n'en est certes encore qu'à ses tout premiers balbutiements, mais, les chercheurs l'affirment, ça n'est déjà plus de la science-fiction.

Avancées prometteuses également du côté des greffes nerveuses. Ce sont les recherches conduites par le Pr Jean-Claude Horvat, au laboratoire de neurobiologie de l'université René-Descartes à Paris, et par le Dr Patrick Gauthier, au sein du laboratoire de biologie des rythmes et du développement (unité CNRS 1832) de la faculté Saint-Jé-

rôme à Marseille, qui jouent cette fois les figures de proue. Cette technique de reconstruction des voies nerveuses, que l'on doit au chercheur canadien Albert J. Aguayo, consiste à prélever chez un rongeur un segment de nerf périphérique au niveau de la patte et à implanter l'une des extrémités du nerf dans le cerveau ou dans la moelle épinière de l'animal (voir dessin page précédente). Le rôle du nerf supplémentaire ainsi créé, est de fournir au SNC, incapable de s'autoréparer, un substrat susceptible de favoriser et de guider la

repousse des fibres nerveuses lésées. Les nombreuses expérimentations qui ont suivi la mise en œuvre, en 1980, de ce protocole, ont permis de démontrer que pratique-

ment tous les types de cellules centrales (sauf celles qui siègent dans le cortex) sont capables ainsi de se "retricotier" des axones.

Mais on s'était encore très peu intéressé jusqu'ici à l'aspect qualitatif du phénomène. Patrick Gauthier est l'un des rares chercheurs à avoir étudié le caractère fonctionnel des neurones après repousse axonale, et il est le seul également à travailler sur la régénération des neurones respiratoires. A ce titre, il s'est attaché, bien sûr, depuis huit ans, à démontrer les potentialités de repousse de son modèle, mais « ce qui excitait surtout l'équipe, se souvient-il, c'était de ►

## Bientôt, la première banque de nerfs



► connaître le pourcentage de neurones concernés par cette plasticité, c'est-à-dire par cette faculté, pour une structure lésée, d'assurer sa propre régénération. De savoir si ceux qui avaient régénéré leurs axones étaient encore capables de faire des synapses (de faire passer l'information), si les messages émis restaient vraiment fiables et s'il était possible, enfin, par des moyens qu'il nous restait bien sûr à déterminer, de "rebasculer" ces messages vers les cellules cibles auxquelles ils étaient normalement destinés».

Questions qui ont presque toutes aujourd'hui reçu une réponse. Pour Patrick Gauthier, le succès tiendrait à l'exceptionnelle personnalité du modèle utilisé. Le caractère rythmique et spontané des messages émis par les neurones respiratoires permet, en effet, une identification instantanée. En comparant par ailleurs les messages émis par les neurones qui ont régénéré à ceux normalement émis par leurs homologues sains, il est facile d'en détecter les éventuelles altérations.

Grâce à ce précieux auxiliaire et à l'outillage hypersophistiqué dont elle dispose, l'équipe marseillaise a donc pu ainsi établir que la repousse axonale des neurones respiratoires ne concernait pas seulement une minorité de cellules "surdouées", mais qu'il était possible, au contraire, de l'étendre au sein d'une même greffe, à tous les types cellulaires respiratoires. Ainsi, pour une seule greffe implantée dans la moelle épinière au niveau des voies respiratoires descendantes, on a pu identifier jusqu'à cinquante fibres nerveuses respiratoires qui avaient régénéré. Toutes ces fibres transmettent des messages normaux, et ce, même si l'autre extrémité de la greffe n'est pas reconnectée sur une cible (greffes dites "en aveugle"). Le maintien de ces propriétés fonctionnelles n'est toutefois pas illimité dans le temps. Dans les greffes en aveugle, les cellules centrales "rescapées" redeviennent généralement muettes au bout de quatre ou cinq mois (phénomène normal pour tout élément nerveux privé de cible). L'activité des fibres nerveuses régénérées peut par contre se maintenir pendant vingt mois (autrement dit pendant la du-

rée de vie de l'animal de laboratoire) lors de l'établissement de pontages nerveux court-circuitant une lésion (pontage bulbe rachidien/moelle épinière ou même bulbe/muscle).

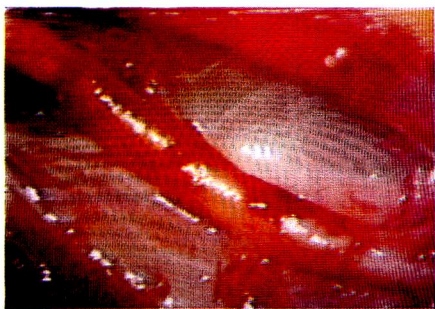
Découverte qui soulève aussitôt une autre question. Cet "itinéraire bis" constitué par les pontages de nerfs va-t-il être capable lui-même d'assurer correctement la transmission? Autrement dit, saura-t-il conduire, sans les altérer, jusqu'aux éléments cibles (motoneurones du diaphragme, fibres musculaires), les ordres bulbaire qu'il doivent exécuter? Les réponses en-

registrées au niveau des destinataires (réponse post-synaptique) permettent d'ores et déjà d'être affirmatif.

Sur le principe du moins, car, en fait, si la communication passe de nouveau, les messages, eux, sont encore trop peu nombreux pour assurer la récupération totale de l'ensemble de la fonction respiratoire au niveau de la structure ré-innervée. S'ils veulent rétablir, même partiellement, la fonction interrompue, les chercheurs se doivent donc de «doper l'en-

semble de leur stratégie». En clair, il faut pouvoir augmenter le nombre des fibres susceptibles de repousser et potentialiser le maintien de leurs propriétés fonctionnelles grâce à la molécule anti-cicatricielle de Privat et par l'action de substances neurotrophiques appropriées.

L'équipe marseillaise s'est déjà lancée à corps perdu dans cette nouvelle bataille. Non sans s'accorder le temps, au passage, de découvrir que les neurones centraux peuvent aussi régénérer quand la greffe est post-traumatique, c'est-à-dire quand elle est effectuée de deux à quinze jours après la lésion des axones par le traumatisme, et que les transplants nerveux sont tout aussi efficaces quand ils ont été préalablement cryopréservés. Ce qui a incité Patrick Gauthier (en collaboration avec Gisèle Novakovitch, spécialiste de la cryopréservation de tissus, à Marseille) et l'IRME, à prévoir une banque de nerfs – la première du genre – pour effectuer, dans un premier temps, de la recherche et, à plus long terme, pour les traumatisés. ■



V. Hung/Cosmos

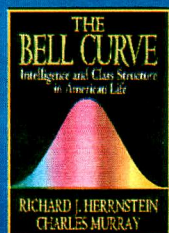
## Un manchon nourricier

**Au banc d'essai du laboratoire de neurochirurgie de Rouen : une technique qui consiste à faire repousser des nerfs lésés à l'intérieur d'un tube de collagène contenant des facteurs de croissance.**



**DOSSIER**

# Intelligence et hérédité



**Un débat sans fin et peut-être aussi sans fond s'est instauré depuis la publication d'un**

**ouvrage américain, *The Bell Curve* (la courbe en cloche), qui prétend démontrer que les Noirs sont héréditairement voués à une intelligence inférieure. Au Musée de l'Homme, le spécialiste André Langaney a démonté pour nous, point par point, les carences du débat.**

PAR GERALD MESSADIÉ



Dessin L. Bro



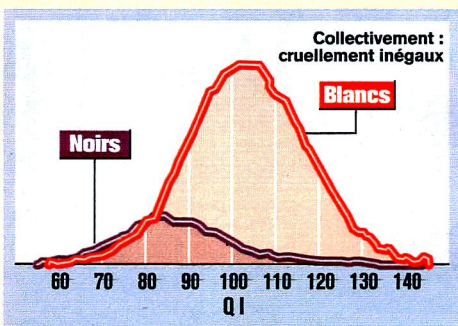
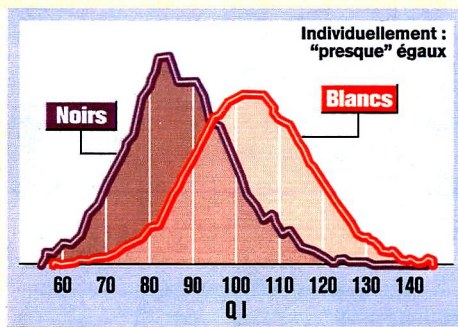
L'intelligence est-elle héréditaire et raciale, tel est le débat déclenché à l'automne dernier par un gros livre publié aux Etats-Unis. Ce débat n'est pas près de s'achever, bien qu'il ne soit pas très neuf.

*The Bell Curve* est signé de Richard J. Herrnstein et Charles Murray, l'un psychologue, l'autre titulaire d'un diplôme en sciences politiques, et décédé. Les 845 pages (qui évoquent l'aphorisme de McLuhan, « le message est le message », autrement dit, en l'occurrence, l'épaisseur du livre témoigne de la conviction des auteurs) sont bourrées de diagrammes, statistiques, courbes de Gauss et de Poisson, références savantes, etc. La teneur en est beaucoup plus simple : les Noirs américains sont héréditairement et génétiquement moins intelligents que les Blancs ; leur quotient intellectuel (QI) moyen est de 85 contre 100 pour les Blancs. Les programmes d'aide sociale, qui coûtent cher au gouvernement américain, ne servent qu'à les aider à se reproduire et, argument singulier, à entretenir la criminalité (« ces gens ne se marient pas et font des enfants illégitimes... »). Comme ce sont toujours, dans un groupe social, les plus intelligents qui font le moins d'enfants (et les moins intelligents qui en font le plus), la société américaine est en train de scier la branche sur laquelle elle est perchée, parce qu'elle favorise le groupe de population le moins productif et qu'elle va donc laisser éroder son capital intellectuel...

La préface et la quatrième de couverture témoignent d'une cautèle admirable : « Nous n'ignorons pas le mal que pourrait faire ce livre s'il était mal compris. Nous nous en sommes souciés depuis le jour où nous l'avons entrepris. Mais on ne peut faire de vrai progrès dans la résolution des problèmes sociaux américains s'ils demeurent aussi mal perçus qu'ils le sont aujourd'hui. Quel bénéfice peut apporter la compréhension du rapport entre la structure sociale et la politique publique ? [La réponse est qu'] il ne peut y avoir de progrès sans cette compréhension. »

Si l'on veut bien faire abstraction du fait que Murray s'est livré dans sa jeunesse à des activités qui ne plaident pas tout à fait pour sa sollicitude à l'égard des Noirs (croix de feu du Ku Klux Klan, etc.), si l'on veut également faire abstraction du fait que *The Bell Curve* est un ouvrage bâtarde, parce que le spécialiste n'y trouvera strictement rien qu'il ne connaisse déjà et que le lecteur ordinaire, lui, ne comprendra pas le quart des courbes savantes qui emcombrent les pages, si l'on veut bien encore admettre que c'est donc là un ouvrage pédant en plus que bâtarde, on pourra se pencher sur l'argumentation.

## Des courbes étrangement incomplètes



Dessine Art Press

Selon des enquêtes de la National Longitudinal Survey of Youth, la première courbe que voilà montre que, pour deux groupes numériquement équivalents, le QI de la majorité des Blancs se situe entre 90 et 110, et celui de la majorité des Noirs est compris entre 75 (aux limites de la débilité) et 95, une minorité infime de ceux-ci atteignant 130. La seconde courbe indique que, sur l'ensemble de la population américaine, les Noirs formeraient un "tas" au QI en grande majorité inférieur à celui des Blancs. Mais ces courbes ne font aucune référence au fait que la plupart des Noirs, justement, souffrent du statut socio-économique le plus bas et que ce sont aussi les Blancs au statut socio-économique le plus bas qui accusent les QI les plus faibles.

Nous nous sommes pour cela adressés à un spécialiste reconnu, André Langaney, généticien, directeur du laboratoire d'anthropologie biologique au Musée de l'Homme à Paris et professeur au Muséum d'histoire naturelle. Comme tel (et non comme psychologue ou diplômé de Sciences po), il connaît parfaitement l'historique du débat, ses thèmes, l'état le plus récent de la question et, bien entendu, les fameuses courbes. C'est avec son conseil vigilant que les lignes qui suivent ont été rédigées.

"Héréditaire", "héritable" et "génétique" sont des termes qui entretiennent une confusion déplorable, commence par observer Langaney. Au sens commun, "héréditaire" signifie





Popperfoto/Cosmos

## La notion même d'intelligence pourrait disparaître

Le QI du président Kennedy était de 119. Celui du joueur de base-ball Reggie Jackson est de 160. En déduira-t-on que celui-ci est plus intelligent que celui-là ? A la condition de savoir ce qu'on entend par "intelligence". Aucun accord, en effet, n'a jamais été obtenu sur la définition de ce terme. Deux grands courants théoriques s'opposent, en effet : certains postulent que c'est une fonction cognitive générale, d'autres, qu'elle comporte des fonctions fondamentales distinctes. Dans le dernier tiers du <sup>xx</sup> siècle, un troisième courant est apparu, pour lequel la notion d'intelligence en tant que fonction distincte de celle qu'on reconnaît aux animaux est appelée à disparaître. Car l'animal possède à des niveaux divers les trois types d'activité intellectuelle censés définir l'intelligence : l'abstraction, la construction de modèles et la solution de problèmes.



A.P./Wide World Photos

QI 160

(1) La variance est une mesure de la diversité d'un caractère entre les membres d'une population. Alors que la moyenne situe le niveau général d'un caractère dans une population, la variance reflète la diversité des individus autour de la moyenne.

ce qui est transmis des parents aux enfants, quel que soit le mode de transmission. Quand Lamarck parlait de l'hérédité biologique, il disait "génération", et n'a jamais évoqué la "génération des caractères acquis". C'est au <sup>xix</sup> siècle, avec Darwin, que le terme "héréditaire" a pris le sens suivant : "qui est transmis par les cellules sexuelles", et qui est donc biologique. Ce sont là un terme scientifique et un concept indispensable à la compréhension du débat.

La définition du terme "héréditaire" est beaucoup plus difficile, parce que c'est une mesure statistique de la transmission qui ne dépend pas du mode de transmission. Ce n'est que la ressemblance systématique observée sur de longues

périodes de temps et de larges groupes de population qui permet de dire que tel ou tel trait est héréditaire. Et là réside un point très important : l'hérédité mesure la variance (1) qui est héréditable par rapport à la variance totale du caractère. En termes plus courants, seule une partie des traits d'un caractère donné est héréditable. Et cela vaut dans tous les cas ; pour la taille, par exemple, la diversité des variations de taille observée entre des enfants va dépendre de la diversité observée entre les parents et de la population où on la mesure. L'hérédité ne peut donc pas être interprétée, comme c'est souvent le cas, comme une constante pour un caractère donné, que ce soit la taille ou le QI.

Enfin, "génétique" signifie "qui est transmis par des gènes mendéliens". Mais, contrairement encore à ce qu'on croit, "génétique" ne signifie pas non plus "héréditable", et des effets génétiques comme on en a mesuré d'innombrables fois dans des espèces extrêmement variées, de la mouche drosophile et du maïs au singe et à l'homme, ne sont pas obligatoirement héréditaires. Le sexe est, par exemple, déterminé génétiquement, mais n'est pas héréditaire puisque celui d'un parent ne renseigne pas sur celui de l'enfant. A l'opposé, la fortune est héréditable mais non génétique. Et Langaney éclaire ici une chausse-trappe fréquen- ▶

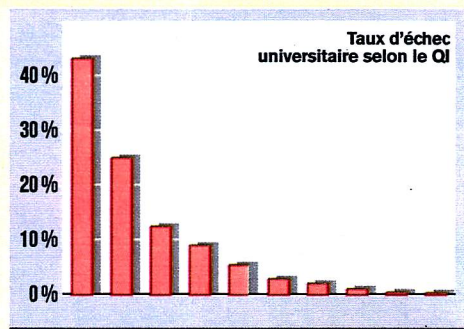


► te de l'épistémologie : « On mesure des hérédités et on en déduit du génétique. » C'est comme si l'on comparait des canards et des chasseurs.

Ce point est d'autant plus important qu'on s'est aventuré très souvent trop loin dans l'induction, en extrapolant des observations faites entre jumeaux, mono- et dizygotes ; or, en l'état actuel des connaissances, il est impossible de dissocier tous les facteurs qui caractérisent de simples frères et des jumeaux de l'un ou l'autre type. C'est-à-dire que les rapports entre jumeaux n'ont pas la signification formelle qu'on leur prête trop souvent.

L'hérédité raciale du QI est un postulat, pas un fait démontrable. On verra plus loin ce que désigne le QI. En ce qui concerne sa transmissibilité, observe Langaney, « il est bien évident qu'on n'a de bonnes mesures de l'hérédité que si on dispose de variations [d'une génération à l'autre] suffisantes. » Or, ce n'est pas le cas. Quand Herrnstein et Murray publient tableau après tableau et courbe après courbe pour démontrer que, dans les enseignements primaire et secondaire, les Noirs américains accusent de façon constante un QI inférieur à celui des Blancs, ils ne rapportent qu'une relation brute

## Les chiffres de M. de La Palisse



Dessins Art Press

► Ce graphique démontre que les deux tiers de ceux qui échouent dans leurs études supérieures sont parmi les 20 % d'étudiants les moins intelligents (en abscisse, les taux d'échecs finaux, en ordonnée, les QI par ordre croissant). On s'en serait douté. Ce à quoi on s'attendait aussi, c'est au non-dit du graphique : les Noirs étant présumés héréditairement moins intelligents, ils encombrèrent inutilement les bancs des universités. Présomption injustifiée : il vient de se créer dans le quartier du Bronx, à New York, une école de rattrapage qui démontre que ceux qui ont échoué peuvent quand même faire d'excellents diplômés.

## LES TESTS DE QI SONT D'ABORD DES TESTS DE PERFORMANCES

Les premiers tests de mesure des capacités mentales furent créés en 1905 par le psychologue Alfred Binet, et son élève Théodore Simon, à la demande du ministère de l'Instruction publique. L'objet en était de repérer les enfants qui échouaient dans leurs études primaires pour des raisons liées à leur développement intellectuel et, tout aussi bien, de distinguer les sujets d'élite qui méritaient une attention particulière. Ces tests proposaient aux enfants des exercices de difficulté croissante portant sur des figures, des chiffres, des lettres et des mots. Les taux moyens de bonnes réponses permirent d'établir des moyennes

statistiques correspondant à des tranches d'âge données. Dès lors, il devenait possible d'estimer qu'un enfant avait tel ou tel âge mental. S'il avait dix ans, par exemple, et ne réussissait pas les tests de son âge, mais seulement ceux que réussissait un enfant de huit ans, on pouvait dire que son âge mental était de huit ans.

Les termes de "quotient intellectuel" furent créés en 1912 par l'Allemand Wilhelm Stern et repris par l'Américain Lewis Terman dans son ouvrage *la Mesure de l'intelligence* paru en 1916. Il publiait une version "améliorée" du test Binet-Simon, devenu Stanford-Binet (Stanford parce que

c'était le nom de l'université où Terman enseignait). Terman imagina de diviser l'âge mental de l'enfant par son âge biologique et de multiplier le résultat par 100, pour éviter les décimales. Ainsi, un enfant de 6 ans qui accusait un âge mental de 8 se voyait attribuer un QI de  $(8/6) \times 100 = 133$ . Le test était utilisé, non seulement pour les enfants, mais pour tous les individus, quel que soit leur âge.

Diverses expériences indiquent que les performances d'un individu ne s'améliorent pas après l'âge de 18 ans. Le Stanford-Binet a été remplacé par les tests de l'Américain David Wechsler, dits WAIS (Wechsler Adult

Intelligence Scale) et mis au point entre 1930 et 1960 à l'intention des adultes.

Ils ont permis de savoir que les performances intellectuelles varient avec l'âge : de 103 en moyenne à 16 ans, le QI moyen monte à 114 à 25 ans, mais rétrograde à 103 à 40 ans, puis à 96 à 63 ans.

Les mesures de QI sont tempérées par ce qu'on appelle l'intervalle de confiance, situé dans une marge de  $\pm 5$  à  $\pm 10$ . Il faut également savoir que la moyenne générale des quotients augmente de 3 points tous les dix ans. Les tests de QI mesurent des performances, un jour donné, non des aptitudes ou l'intelligence.





COLL. Car's

## Et l'adaptation au milieu ?

Les tests psychométriques sont utiles pour mesurer des performances dans des conditions déterminées, mais il est admis qu'ils reflètent d'abord les orientations théoriques de ceux qui les ont conçus et de celui qui les applique, et qu'ils ne reflètent pas certains aspects de l'intelligence de l'examiné, comme ses capacités créatives ou sa connaissance de l'environnement naturel et social. Cela indique bien l'impossibilité d'établir un test universel d'"intelligence". Un exemple mémorable en est donné dans le film du Japonais Akira Kurosawa, *Dersou Ouzala*, où un Russe, le lieutenant Arséniev, explore l'Extrême-Orient sibérien en compagnie d'un guide Golde, Dersou Ouzala. C'est grâce à sa connaissance de l'environnement que le Golde sauve et sa vie et celle d'Arséniev : quand il comprend qu'un blizzard va tomber, il jette Arséniev sous un tas de bottes de foin pour le protéger. Sans Dersou, Arséniev, doté d'une intelligence pourtant "supérieure", fut mort.

qui ne permet pas d'interprétation. Rien ne permet, par exemple, de savoir, à l'heure actuelle, si les QI des petits Noirs de la décennie quatre-vingt sont inférieurs, égaux ou supérieurs à ceux de leurs parents : c'est pourtant là ce qui serait intéressant. Les constatations multipliées par Herrnstein et Murray n'offrent pas de bases d'interprétations rigoureuses. Ces considérations s'apparenteraient à celles qui étaient à la mode

dans les conversations de café d'il y a cinquante ans, en France : que les Bretons sont pieux et têtus, que les Auvergnats font de bons bougnats et que les Provençaux galéjont.

Il existe peut-être des composantes génétiques, c'est-à-dire mendéliennes, de l'intelligence. Il existe, en effet, des déficiences mentales héréditaires, il pourrait aussi y avoir des facteurs d'intelligence héréditaires. Mais cela n'a pas empêché Einstein d'avoir un fils débile. Celui d'Ivan le Terrible était aussi débile, et l'Aiglon n'était pas un aigle non plus. On s'interdira donc, si l'on prétend parler de science, ce genre d'extrapolations du dicton "Tel père, tel fils".

Grand usage a été fait d'observations sur des jumeaux élevés ensemble et sur des jumeaux séparés. Elles voudraient démontrer que le caractère (entendez aussi par là l'intelligence) est "héréditaire", c'est-à-dire génétiquement transmissible. Induction : si les jumeaux démontrent l'hérédité de l'intelligence, cela indique donc bien que les Noirs sont un cas désespéré. Or, Langaney est plus que réservé à l'égard de ce genre d'observations. Il y a quelque deux ans, un expérimentateur américain, Thomas Bouchard (dûment cité dans *The Bell Curve* et qui eut les honneurs d'une publication dans la revue *Science*), présenta des cas de jumeaux qui avaient été séparés à la naissance, qui n'avaient eu aucun



► contact depuis et que Bouchard avait réussi à retrouver et à réunir. Ce travail est connu sous le nom d'"étude du Minnesota". Merveille : ces jumeaux avaient acheté la même voiture la même année, avaient épousé des rousses du même âge, qui portaient le même prénom et qui avaient, miracle surnuméraire, le même signe astrologique ! Langaney parle courtoisement à cet égard de "suspçon de fraude". Il se demande comment, si ces jumeaux ne s'étaient pas retrouvés eux-mêmes pendant tant d'années, l'expérimentateur les avait, lui, retrouvés...

La fraude n'est pas rare dans ce domaine, en effet : Bouchard, encore lui, prétendait dans l'étude du Minnesota rétablir la réputation d'un expérimentateur britannique plus célèbre pour le scandale qu'il déclencha que pour l'intérêt intrinsèque de ses travaux, Sir Cyril Burt. Dans les années soixante, celui-ci avait effectué des recherches sur deux groupes de jumeaux élevés ensemble et séparément et avait retrouvé dans les deux groupes exactement le même taux de corrélation des QI, à la troisième décimale près ! Tous les statisticiens ont appris depuis à se méfier de corrélations qui collent trop bien, mais Burt, apparemment, ne s'en méfia pas. En 1976, Leon Kamin, psychologue, fouilla dans les papiers de Burt et découvrit des manipulations de données destinées à prouver après coup sa thèse (il tenait, lui aussi, par ailleurs, que les Noirs sont "racialement" moins intelligents). Le coup fut dur pour les tenants de l'hérédité de l'intelligence ; en 1989 et 1991, deux d'entre eux, Robert Joynton et Ronald Fletcher, assurèrent qu'ils avaient repris les travaux de Burt et les avaient trouvés parfaitement corrects. Bouchard, lui, a donc fait mieux dans l'étude du Minnesota : il a retrouvé exactement le même taux de corrélation que Burt. Ce genre de coïncidence, trop belle, a fait que, dans son livre *The Mismeasure of Man*, Stephen Jay Gould déclara que le domaine de la mesure de l'intelligence est peuplé de charlatans, de racistes et d'illuminés et conclut que « les arguments déterministes pour classer les gens selon une mesure unique de l'intelligence, et quel que soit leur raffinement mathématique, n'ont pas reflété beaucoup plus que des préjugés sociaux. »

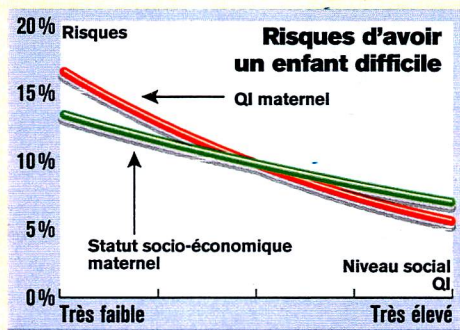
Les observations de jumeaux doivent en tout cas être interprétées avec prudence, rappelle Langaney : monozygotes ou non, séparés ou non, ils ont déjà partagé un environnement commun de la conception à la naissance. Tout ce qu'on peut dire à propos de ces observations est qu'elles rapportent des corrélations, pas des transmissions génétiques vérifiées.

La définition d'une intelligence "raciale" gé-

## Des arguments qui se contredisent

### Quels sont les enfants blancs qui ont le pire tempérament ?

Enfants très difficiles	QI de la mère	Enfants très peu sociables
-	Très brillante	-
4 %	Brillante	3 %
8 %	Normale	5 %
14 %	Médiocre	11 %
-	Très médiocre	12 %
8 %	Tous enfants blancs	6 %

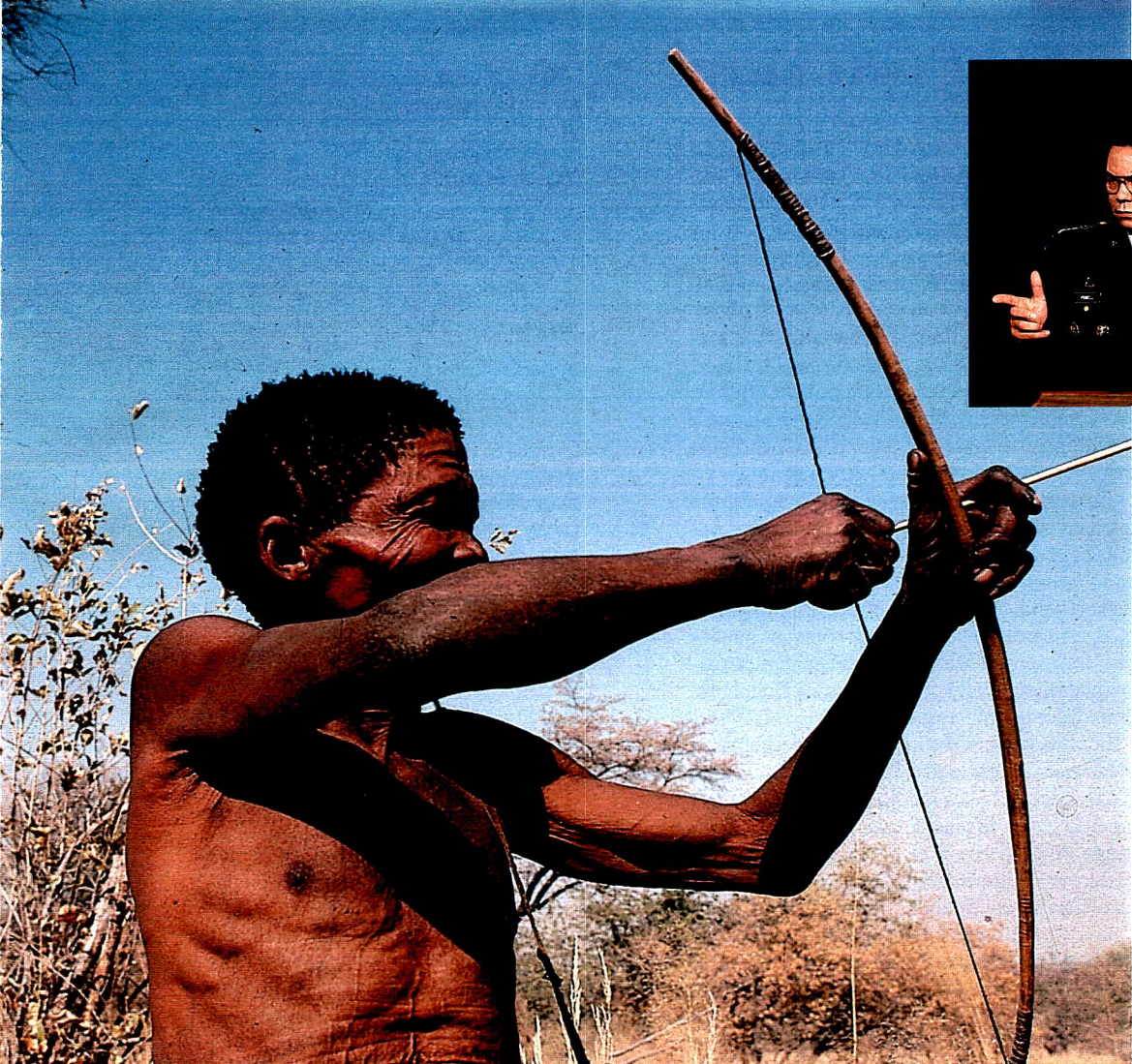


Le premier tableau que voici vise à démontrer que le faible QI des femmes tend à produire des enfants socialement inadaptés, en d'autres termes, des candidats à la délinquance. Pourtant, Herrnstein et Murray publient aussi le diagramme ci-dessus qui prétend démontrer que, pour les femmes blanches, le QI et le statut socio-économique n'ont qu'une influence relative sur les problèmes de développement de l'enfant : il est en effet titré "Le QI et le niveau socio-économique d'une mère blanche ont peu d'influence sur les problèmes de développement de l'enfant"... Ces deux tableaux s'annulent donc, comme les critiques ont été prompts à le relever. En réalité, le premier vise à suggérer que les femmes peu intelligentes (sous-entendant ainsi : les Noires), et elles seules, produisent des gametons (plus loin, il est d'ailleurs dit que les Noirs produisent plus d'enfants nés hors du mariage). L'influence du milieu socio-économique n'est même pas évoquée. La valeur démonstrative de tels travaux est contestable, pour dire le moins.

nétiqement transmissible n'est pas possible en l'état actuel des connaissances : laissons de côté le terme "raciale", qui ne recouvre scientifiquement rien, puisque nous avons des chances non négligeables d'être génétiquement plus ressemblant à un Eskimo qu'à notre voisin de palier. Deux faits indiscutables doivent être soulignés.

Le premier est qu'il n'y a aucune raison que l'hérédité d'un caractère soit la même dans





W. McNamee/Cosmos

Sylvain Cordier/Explorer

## L'intelligence se forge aussi dans l'action

Avant l'actuel général John Shalikashvili, le président des chefs d'état-major des armées américaines – le plus haut poste dans l'institution militaire américaine –, fut Colin Powell (à droite), un Noir. Les tenants d'une infériorité intellectuelle héréditaire des Noirs voudraient le présenter comme l'exception qui confirme la règle. Toutefois, il est permis de se demander, d'une part, si Powell eut atteint son haut niveau de responsabilité s'il avait été directement transplanté, au même âge, d'un village africain aux Etats-Unis et, d'autre part, si ce ne sont pas les lois anti-raciales qui ont contribué à la promotion d'intelligences telles que celle de Powell. Les travaux de Piaget et de Galpérine ont, en effet, démontré que l'intelligence se développe dans l'action. Cela implique que les faibles QI de la population noire américaine, sans parler d'autres minorités ethniques ailleurs dans le monde, sont également dus aux faibles chances sociales qui leur sont offertes.

toutes les populations. Parler des "Noirs" de façon abstraite est ignorer la diversité des populations dont les Noirs américains ont dérivé et leur métissage européen très variable et souvent considérable. Chez les Tchouktches de Sibérie, les transmissions de caractères ne sont pas forcément les mêmes que pour les Naga de l'Inde (nous avons choisi Tchouktches et Naga parce les croisements inter-tribaux y sont peu probables et parce qu'ils présentent des caractéristiques génétiques distinctes). Or, les Noirs américains, descendants des esclaves dont les colons américains faisaient trafic au XVIII<sup>e</sup> siècle pour cultiver leurs plantations de coton, venaient aussi bien du Sénégal et de Guinée que du Dahomey et du Cameroun (sans parler du fait que Africains et Européens ont une origine commune, sans doute, il y a moins de 50 000 ans).

Ce fait se comprendra encore plus facilement si l'on considère l'hérabilité de la taille qui, elle, ►



► passe pourtant pour acquise. On admet *grosso modo* que 60 % des facteurs (car il y en a plusieurs) qui déterminent ce trait purement somatique sont génétiquement héréditaires; le reste, soit donc 40 %, est lié à l'environnement. On peut, sur l'animal, effectuer des mesures satisfaisantes de la part de l'un et de l'autre, en observant deux groupes d'animaux, les uns à l'état sauvage, les autres en domestication contrôlée; c'est dans ce dernier groupe qu'on pourra étudier, pas complètement, bien sûr, la variation due à l'environnement. Mais ce genre d'expériences est évidemment infaisable chez l'être humain.

Le deuxième fait, rappelle Langaney, est que la précision des mesures d'hérédité, quand celle-ci est du moins fondée sur des taux de variance suffisants, est extrêmement faible. De plus, ces mesures sont très complexes et contradictoires et, à cet égard particulier, les graphiques publiés par Herrnstein et Murray sont énigmatiques, parce qu'ils n'indiquent pas toujours les techniques employées pour l'interprétation.

Intelligence et QI sont soumis à des facteurs aléatoires. Tel est le dernier point de la critique d'une thèse qui n'avait déjà pas lieu d'être "resuscitée", qui, de plus, comme le démontre l'ouvrage de Herrnstein et Murray, comporte un plaidoyer politique très net contre l'aide sociale aux Noirs, et qui est donc un pamphlet déguisé.

La définition de l'intelligence humaine est un domaine impossible à préciser (les Grecs, qui avaient pourtant oublié d'être sots, ne possédaient aucun mot équivalent!), alors, savoir ce qu'on entend par intelligence animale est sujet à des discussions infinies. Telle est d'ailleurs la raison pour laquelle la définition de l'intelligence humaine a suscité autant de théories. Il faut toutefois rappeler, avec Langaney, que l'intelligence n'est pas définie par le QI et ne peut se confondre avec lui. Le QI est une mesure de performances intellectuelles qui, à elles seules, ne sauraient circonscrire tout le domaine des aptitudes mentales. De plus, les mesures spécifiques des tests (capacité verbale, raisonnement, repérage spatio-temporel, abstraction, etc.) ne sont pas indépendantes. En effet, comme l'avait découvert en 1904 l'Anglais Charles Spearman, il est fréquent que des gens qui réussissent un test réussissent aussi les autres. Ce qui a donné à Spearman l'idée qu'il existerait un facteur insaisissable qui commande les autres, et que Spearman a appelé *g*, pour "général". Enfin, les tests ne mesurent que certaines aptitudes et ne reflètent guère les capacités créatrices, entre autres. On conçoit sans peine que Beethoven eût risqué, s'il y avait été soumis, de n'obtenir qu'un

## «Un QI ne peut pas monter et descendre à la fois»

### Ecart entre les résultats de tests d'aptitude réalisés par des Blancs et des Noirs en 1979 et en 1988

	Ecart en 1979	en 1988	Evolution
Verbal	1,25	1,13	- 0,12
Maths	1,28	1,13	- 0,15
Analyse	1,46	1,21	- 0,25

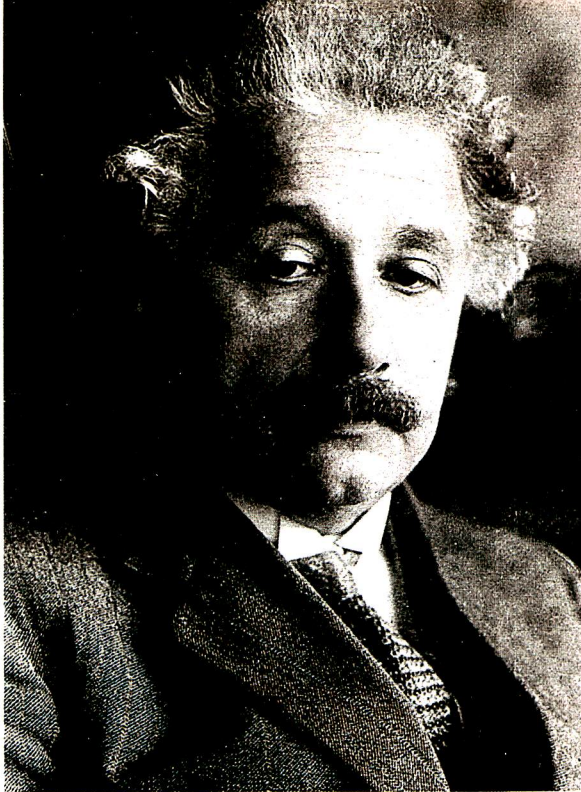
L'ouvrage de Herrnstein et Murray postule que le QI général des Etats-Unis tendrait à s'abaisser en raison de l'expansion démographique des Noirs et du fait que les Blancs ont de moins en moins d'enfants au fur et à mesure que leur niveau d'instruction s'élève. Eux-mêmes publient pourtant les résultats de tests d'aptitude effectués à dix ans d'intervalle, qui démontrent que l'écart entre les QI des Blancs et des Noirs tend à se réduire. Eux-mêmes également évoquent le fait que le QI moyen d'un groupe de population augmente de 3 points tous les dix ans. Comme le disent les critiques américains (tel Robert Sternberg, de l'université Yale), «un QI général ne peut pas monter et descendre en même temps».

résultat médiocre au QI que doivent passer les recrues de l'armée américaine; en aurait-on déduit que son intelligence était médiocre?

Langaney estime, *cum grano salis*, qu'il faut garder une certaine réserve à l'égard des tests d'aptitude. Il observe ainsi qu'il y a une forte proportion de Nord-Africains parmi les boxeurs en France et de Noirs parmi les boxeurs aux Etats-Unis. Y aurait-il donc un facteur génétique qui prédispose à la boxe? Ou bien serait-ce plutôt que les Nord-Africains et les Noirs, qui appartiennent notoirement à des groupes défavorisés en Occident, seraient plus motivés par la boxe parce qu'elle leur offre l'illusion d'une issue à leur sort?

Faut-il encore rappeler que dans quatre tests d'aptitudes (verbale, logique, numérique et spatiale) auxquels avaient été soumis des enfants juifs, chinois, noirs et portoricains de New York, les premiers avaient les meilleures notes dans les tests verbaux, les Chinois, les plus mauvaises. En déduira-t-on que les Chinois sont "demeurés" sur le plan verbal? Ou bien qu'ils sont handicapés par la langue? Ce serait plutôt la seconde explication, là aussi, qui serait la meilleure, car un autre test, toujours à New York, a démontré que les Asiatiques (Chinois, Japonais et Coréens) ont un QI moyen de 106, alors que celui des Blancs est de 103. En déduira-t-on que l'avenir de l'Amérique est dans son immigration asia-





H. Roger Viollet

## Le génie ? Pas un bon "investissement" génétique !

Si l'intelligence était héréditaire, comme le postulent Herrnstein et Murray, après l'illustre Fhockley – ce prix Nobel de physique proposait de fonder une banque du sperme des génies, dans l'espoir de faire proliférer l'espèce –, on eut espéré d'Einstein une descendance dotée au moins d'une certaine notoriété. Mais ni Hans Albert, ni Edward Einstein, ses fils, n'ont à cet égard défrayé la chronique.

tique ? Ou bien plutôt que ces considérations finissent par ne plus rien signifier ?

Le QI, qui sous-tend la plus grande partie de l'argumentation sur l'hérédité de l'intelligence, est donc dépendant de facteurs psychosociaux, en dépit de l'argumentation épaisse avancée par certains sur ce point. En témoigne, toujours à propos de la différence Blancs-Noirs, le fait que les QI d'enfants noirs des villes du Nord américain, qui est industrialisé, sont plus élevés que ceux des enfants du Sud, qui l'est moins, et que, de plus, les QI des enfants noirs ayant émigré vers le Nord augmentent proportionnellement au temps écoulé depuis leur installation. De toute façon, pour les Noirs comme pour les Blancs, il a été démontré que les enfants dont les pères exercent un métier "intelli-

gent" présentent un QI moyen de 115, alors que ceux dont les pères sont des manuels non qualifiés ont un QI moyen de 94. Si on doit reprendre l'argumentation de Herrnstein et Murray, il faudra alors en déduire que l'intelligence est fondamentalement génétique pour les Blancs comme pour les Noirs. Dans ce cas, et toujours pour suivre leur raisonnement, il faudrait refuser l'aide sociale aux Blancs pauvres autant qu'aux Noirs pauvres ! Il semble plus raisonnable de déduire que le QI dépend avant tout de la culture dont bénéficient les milieux familiaux.

Pour entrer dans la technique de la statistique, il faut mettre bien en lumière le fait suivant : des études comparatives des QI moyens de deux groupes, l'un constitué de Blancs, l'autre de Noirs, ont démontré que les QI moyens des seconds étaient inférieurs à ceux des premiers. Mais, quand on étudiait chaque groupe, on trouvait que les différences entre les individus qui avaient les QI individuels les plus bas et ceux qui avaient les plus hauts étaient du même ordre. Dans le groupe des Noirs, il y avait beaucoup d'individus présentant des QI plus élevés que ceux des Blancs les plus élevés.

Enfin, pour en finir avec le QI, on a vérifié depuis des années que lorsque les tests de QI sont rédigés d'une façon accessible aux petits Noirs, qui sont moins scolarisés et qui possèdent une moindre maîtrise du langage que leurs homologues blancs, les fameuses différences entre Noirs et Blancs se réduisent. Et Herrnstein et Murray "oublient" de dire, à ce sujet, ce qu'ils eussent trouvé aussi bien dans l'*Encyclopaedia Britannica* : c'est que les Blancs des couches sociales défavorisées ont des QI très inférieurs à ceux des classes aisées.

Le débat semble contradictoire ; il ne le serait qu'en raison de la volonté de démontrer à l'avance ce qui n'est pas démontrable, du moins en l'état actuel de la science, c'est que l'intelligence serait "racialement" génétique. La science ne possède aujourd'hui ni les connaissances génétiques, ni les connaissances biologiques, ni les outils statistiques pour entreprendre une étude concluante. « Quand on n'a pas les moyens de faire une mesure, on ne la fait pas, dit André Langaey, et quand elle ne veut rien dire, eh bien, on ne la publie pas non plus. »



R.N. Matheny/CHRI/Science Monitor



# CONTRACEPTION

## La science défie la société

**Science & Vie :** Comment votre célèbre RU486 opère-t-il dans l'interruption volontaire de grossesse ?

**Etienne-Emile Baulieu :** Une antihormone, c'est une "fausse clé" qui s'introduit à la place de la vraie dans le récepteur de la cellule, et qui en bloque le fonctionnement. L'antiprogestérone que contient le RU486 pénètre ainsi, en leurrant le récepteur de la progestérone, dans les cellules où s'implante le produit de la conception (les cellules de l'endomètre, que l'on nomme à ce moment-là "décidua"). L'altération de l'effet de la progestérone par son antagoniste empêche l'œuf de se fixer.

**S & V :** A quel moment de la grossesse le RU486 est-il le plus efficace ?

**E.-E. B. :** Moins l'on tarde, plus il est efficace, car il y a moins de progestérone à combattre, celle-ci augmentant pendant la grossesse. Mais la loi française de 1975 précise que l'interruption de grossesse – alors uniquement faite par des moyens chirurgicaux ou par aspiration – ne doit se faire qu'après un délai de réflexion d'une semaine.

Retarder l'interruption mécanique n'a aucune importance médicale. Mais, avec le RU486, la situation est différente : plus on s'y prend tôt, meilleur est le résultat. Médicalement, il n'est pas opportun d'imposer un délai de réflexion pour le RU486. Par conséquent, la loi n'est plus adaptée. C'est pour cette raison que j'ai demandé sa modification, mais ce n'est pas, pour l'instant, le souci de tous.

**S & V :** Et que pensez-vous de la contraception masculine ? Pourquoi et comment y travaillez-vous maintenant ?

**E.-E. B. :** En ce qui concerne la stérilisation par vasectomie (coupure, ligature ou oblitération des canaux déférents), les méthodes mises au point sont relativement faciles à pratiquer, très efficaces, mais, malheureusement, pratiquement irréversibles. Or, je suis contre toute mesure définitive.

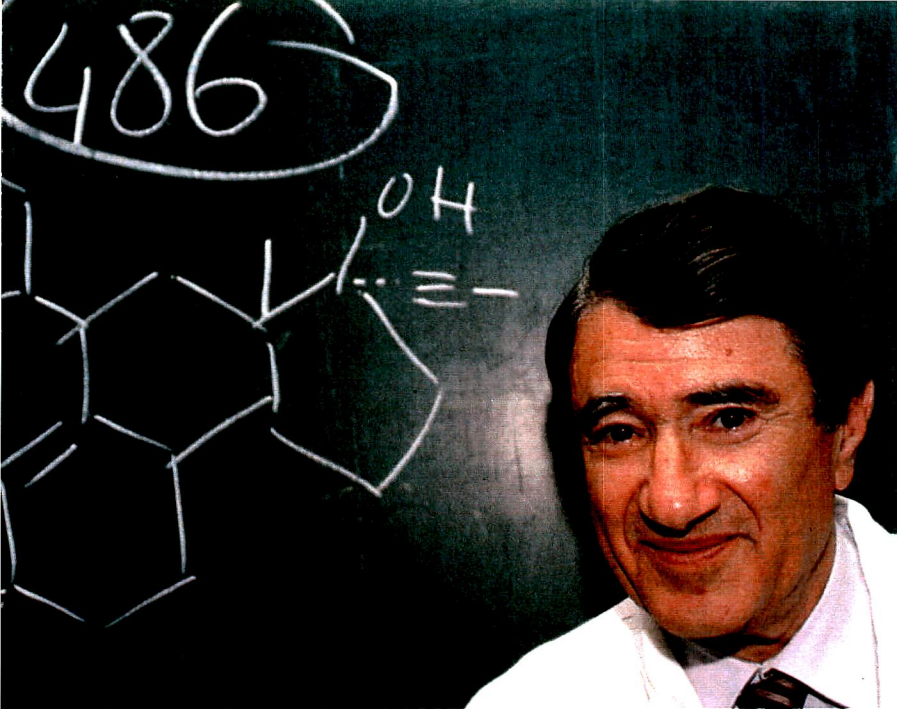
**Il y a quelques jours, une publication de la revue Science confortait les recherches du Pr Baulieu sur la contraception masculine. Avec les remous que continue de susciter la pilule abortive RU486, le débat de société risque de s'enflammer. Quand la science bouscule les lois et les mentalités.**

PAR GUITTA PESSIS-PASTERNAK

Les autres essais, dont certains sont réussis, font chez l'homme, du point de vue hormonal, l'équivalent de ce que l'on fait déjà chez la femme : ils cherchent à supprimer la formation des gamètes. Malheureusement, chez l'homme, non seulement il s'agit d'en supprimer des centaines de millions par jour, mais il faut plusieurs semaines pour y arriver ; et, inversement, plusieurs semaines pour faire marche arrière. On obtient des résultats à l'aide de grosses doses d'hormones, mais je ne suis pas sûr de la sécurité, à terme, de la technique. Pour moi, ce n'est pas une bonne ligne de recherche.

A mon avis, mieux vaut inhiber le fonctionnement des spermatozoïdes. Plusieurs types de molécules – trop toxiques, malheureusement – ont déjà été proposés. En réfléchissant sur les résultats de certaines expériences avec le RU486 chez





A. Nogués/Sygma

## Etienne-Emile Baulieu

**Le père du très controversé RU486 – qui permet d'interrompre la grossesse autrement que par des moyens mécaniques – répond aux questions de *Science & Vie*.**

le singe, j'ai eu l'occasion, avec les collaborateurs du service du Pr Jouannet, à l'hôpital du Kremlin-Bicêtre, de découvrir des effets imprévus du RU486, qui inactive les spermatozoïdes humains.

(1) Une étude du Pr Roldan, dans la revue *Science* du 2 décembre 1994, conforte l'idée que la progestérone joue un rôle primordial dans l'amorce de la fécondation.

Plus intéressant encore : nous avons observé que des molécules apparentées au RU486, mais n'ayant pas ses propriétés antihormonales, étaient également efficaces (1). L'effet antispermatozoïde est obtenu quasi immédiatement, et il est très rapidement réversible. C'est la ligne de recherche que nous poursuivons. Il faudra naturellement démontrer que la prise répétée d'un tel produit n'a pas d'effets secondaires.

Si nous réussissons sur le plan biologique et médical, les hommes et les femmes auront à répondre à la question : « L'utiliserez-vous ? » Notre rôle est d'imaginer ce qui est possible compte-tenu de nos connaissances de la nature et des modifications que nous pouvons apporter à ses contraintes. Mais c'est à la société et aux individus de décider s'ils veulent faire usage du produit de nos recherches.

**S & V :** Justement, comment l'activité scientifique est-elle devenue l'un des moteurs des mutations sociales ?

**E.-E. B. :** L'activité scientifique, c'est, avant tout, la découverte. Et celle-ci aboutit non seulement à de nouvelles représentations conceptuelles, mais également à la fabrication d'un certain nombre de nouveaux instruments, de nouveaux objets...

Je considère que deux des plus grands changements de l'humanité au cours des deux derniers siècles concernent la condition féminine. Dans un premier temps, on a offert aux femmes la possibilité de se dégager de leur condition quasi exclusivement ménagère. La deuxième révolution en cours est celle qui a pour effet une moindre mortalité des enfants en bas âge et des femmes en couches. Songez qu'autrefois elles avaient une chance sur quatre d'y passer ! Or,

c'est la médecine, les connaissances dérivées du monde pastorien et les progrès de la chimie thérapeutique qui ont permis aux gens de vivre, en moyenne, un an de plus tous les quatre ans.

**S & V :** N'est-il pas étonnant que Pincus, l'inventeur de la pilule, ait mis au point cette molécule-miracle sur les sollicitations d'une célèbre féministe américaine ?

**E.-E. B. :** Cela est, en effet, exemplaire et devrait faire rêver ceux qui souhaitent que les besoins sociaux pilotent la recherche. Pincus a démarré ses travaux à cause de Margaret Sanger, fondatrice du planning familial américain, et de Catherine McCormick, qui offrit le soutien financier nécessaire.

Cette affaire est encore plus importante du point de vue symbolique que pratique. La condition féminine a d'abord changé du fait des nouvelles conditions matérielles de vie, grâce aux réfrigérateurs, aux cuisinières électriques ou à gaz, aux machines à laver, etc. Restait (et reste encore !) la maîtrise de la vie sexuelle et de la reproduction.

**S & V :** Deviendrez-vous l'initiateur d'un nouveau débat entre science et société ?

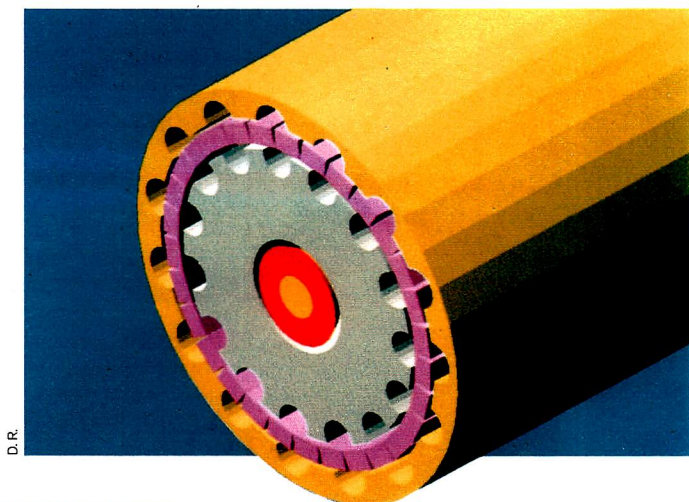
**E.-E. B. :** Ce qui caractérise quelqu'un comme moi, c'est d'être un médecin qui fait de la recherche : je connais à la fois les besoins de la société dans le domaine de la reproduction et les problèmes de la recherche. Ce type d'activité offre un excellent champ d'observation.

L'excellence est le critère de réussite. Ensuite, les individus feront ce qu'ils auront décidé eux-mêmes quant à l'application des produits de la recherche. Les scientifiques sont responsables de la qualité de l'offre, nouvelles connaissances et nouveaux moyens. Mais ils se doivent aussi d'en expliquer la signification et les limites. ■



# TECHNOLOGIE

Dirigé par Gérard Morice



D.R.

Le plus petit moteur du monde compte 92 pièces, sur 7 mm de long et 2 mm de diamètre ! Les deux rotors (en mauve), formés chacun de 15 pôles qui se décalent lors du fonctionnement, tournent entre les deux stators, extérieur et intérieur.

## Nanotechnologie

### Le plus petit moteur électrique du monde est français

**7** mm de long sur 2 mm de diamètre : c'est le plus petit moteur électro-magnétique jamais fabriqué. Conçu par le Centre technique de l'industrie horlogère (Cetehor), ce petit chef-d'œuvre de miniaturisation mécatronique (la mécanique électronique) a obtenu le "Micron d'or" au dernier salon Micranora.

Étudié et mis au point avec le soutien du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, développé avec le concours de la

société MMT (Moving Magnet Technologies), de Besançon, ce micro-moteur est destiné à un brillant avenir, affirme Michel Froelicher, directeur général du Cetehor, qui constate que des applications apparaissent en microrobotique, en horlogerie, en génie biologique et médical, etc. L'une des premières applications permettra le pilotage de cathéters dans des organes.

Le moteur est de type pas à pas à aimants mobiles et possède un stator et un rotor en couronne extérieure et, à l'intérieur, un premier ensemble rotor-stator. Dans ce moteur l'ensemble "rotors" est composé de 15 paires de pôles déphasés en alternance d'un demi-pas. Ces pôles sont créés sur les parties stator par une denture et par deux bobines déphasées de 90° l'une par rapport à l'autre. Quant à la vitesse de rotation, elle peut aller, selon la fréquence d'alimentation électrique,

de 5 tours/min à 6 000 tours/min.

Les couples stator-rotor travaillent de façon alternative. Lorsqu'une bobine fait avancer l'un des rotors, celui-ci transmet son mouvement sur l'axe central. Quand ce rotor a tourné, il occupe une phase d'équilibre, le second rotor se décale vers l'extérieur et intervient alors à son tour. Du fait du déphasage à 90° des deux courants, le moteur entre en rotation grâce au champ produit par la seconde bobine et transmet la puissance de couple sur l'arbre central.

En fait, ce n'est pas tant le concept même du moteur qui surprend que l'extraordinaire performance de miniaturisation réalisée par les ingénieurs du Cetehor. Les stators extérieurs, réalisés en alliage fer-nickel, ont une épaisseur de 0,05 mm en fond d'encoche ! Quant au jeu radial entre stators et rotors, il est, lui, de 0,02 mm ! S. B.

**36 15**  
**SCV**

Plus facile, plus rapide  
Abonnez-vous  
sur minitel !  
(mot clé ABO, puis envoi)



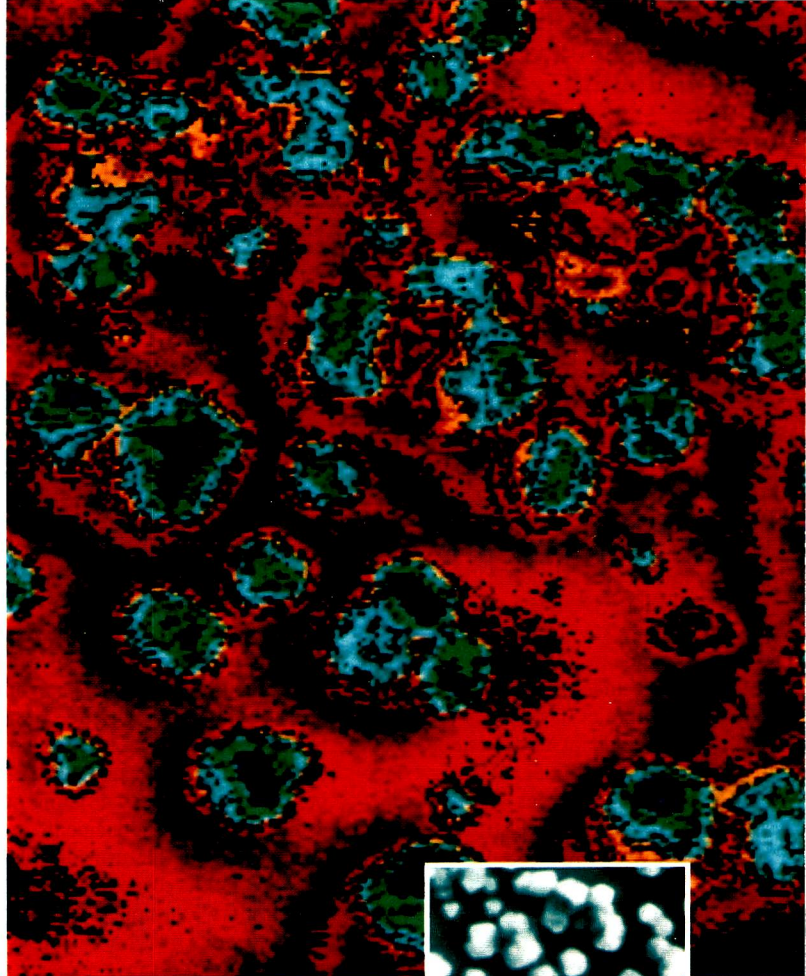
# Le diamite : le nouveau diamant

**A**près l'âge du bronze et du fer, puis, depuis cinquante ans, l'âge du silicium, voici l'âge du carbone : c'est ce qu'annonce Pham Van Huong, directeur du laboratoire de spectroscopie moléculaire et cristalline de l'université de Bordeaux I.

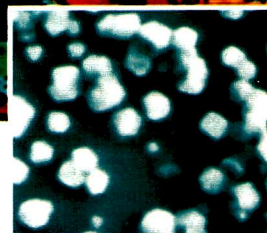
Le diamant (qui est composé d'atomes de carbone) est le matériau le plus dur qui existe. C'est un excellent conducteur thermique et le seul composant micro-électronique à pouvoir résister aux conditions extrêmes ; contrairement aux composants électroniques en silicium, qui doivent être changés tous les deux mois lorsqu'ils sont dans un environnement de radiations intensives, ce qui est extrêmement coûteux.

En 1990, Huong et son équipe ont découvert une nouvelle structure du carbone plus dure que le diamant et qui garde les mêmes propriétés : c'est le diamite.

Le diamite a été obtenu par hasard lors de la synthèse du diamant à l'aide de la nouvelle technique de dépôt chimique en phase vapeur, CVD (Chemical Vapor Deposition), à partir de méthane sous une pression de 0,3 millièmètre d'atmosphère. La technique CVD, date de 1989 et s'avère beaucoup moins



**A droite, du diamant. Ci-dessus, du diamite – un matériau encore plus dur que le diamant, aux applications industrielles multiples.**



Sigma

## Erratum

● Une erreur de numéro de téléphone s'est glissée dans l'écho "Un service minitel spécialisé", publié page 91 de notre numéro 926 (novembre 1994). Il fallait lire : 16 92 98 94 60.

coûteuse et plus facile d'accès que la technique classique de synthèse du diamant sous haute pression.

Auparavant, en effet, on plaçait du carbone dilué dans du fer fondu à très hautes températures (supérieures à 2 600 °C) et à des pressions très élevées. Des cristaux de diamant apparaissaient ainsi dans le fer fondu.

A l'aide de la technique CVD, Huong s'est rendu compte que, en changeant légèrement la pression, les atomes n'étaient plus ordonnés suivant les sommets d'un cube mais sur un réseau hélicoïdal hexagonal. Structure qui rappelle étonnamment le graphite (d'où le nom de diamite). Dans le diamite, la fré-

quence de vibration des atomes est supérieure à celle du diamant.

Le diamite est aujourd'hui obtenu dans une soixantaine de laboratoire à travers le monde (Russie, Etats-Unis, Japon...). En 1992, Huong a été couronné par le prix américano-japonais ISTECS-MRS (International Superconductivity Technology Center, Japon – Materials Research Society, Etats-Unis). Le diamite ne laisse donc plus de doute quant à ses applications industrielles futures. Que ce soit dans les composants micro-électroniques, les outils de coupe, les machines-outils, les outils de forage... L'ère du carbone n'est plus très loin !

J.-C. G.



## Transports

## Une puce de choc pour le ticket chic

**L**e "Passe sans Contact", actuellement expérimenté en grandeur réelle par la RATP, remplacera peut-être bientôt tickets, cartes oranges ou autres coupons dans les transports en commun. Faire disparaître la fraude dans le paiement des transports tout en simplifiant l'opération pour l'utilisateur : c'est pour remplir ces deux conditions qu'a été conçu le Passe sans Contact. Destiné à remplacer le ticket à piste magnétique, il se compose de trois éléments : une carte à puce, un lecteur de poche téléconsultable et des bornes de lecture commandant les dispositifs d'accès.

La carte à puce est du type "porte-monnaie". Des "jetons", correspondant soit à des titres de transport unitaires (l'équivalent d'un ticket) soit à des abonnements (type carte orange), peuvent y être mémorisés. L'achat de ces jetons s'effectuera à partir de bornes comparables à celles qui sont actuellement utilisées pour le RER ou les trains de banlieue, et qui délivrent un ticket ou un coupon. La borne sera munie d'un lecteur-enregistreur de carte. Après y avoir été glissée, cette dernière verra son re-

chargement en unités s'effectuer automatiquement.

Le lecteur de poche est destiné à recevoir en permanence la carte. Un type de fonctionnement comparable à celui de nos actuels radiotéléphones GSM. En effet, le lecteur reste en veille et, dès que l'utilisateur passe à proximité d'une borne d'accès, le lecteur se "réveille" et un échange de données s'établit. La carte est alors lue et le droit d'accès délivré ou refusé en fonction des jetons disponibles ou de la validité de l'abonnement pour le trajet demandé. Un afficheur, placé sur l'une des faces du lecteur, permet à l'utilisateur de connaître en permanence son crédit de jetons ou la validité de son abonnement.

Les bornes de lecture sont placées aux points d'accès du réseau de transport, tourniquets du métro ou portes des bus. La liaison est réalisée en hautes fréquences. La portée des bornes peut varier de 10 cm à 1,20 m. Lorsque le procédé sera totalement opérationnel, il est donc prévu que l'utilisateur n'ait même pas à sortir son lecteur de sa poche ou de son sac pour que le dispositif fonctionne.

H.-P. P.

**Fini les tickets ! Le Passe sans contact, nouveau mode d'accès aux transports en commun, est tout électronique.**



Marguerite/RATP com.-audiovisuel

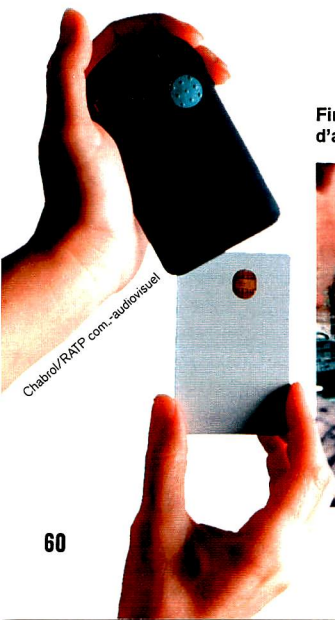
## Cartographie

## La France vue de l'espace en couleurs naturelles



**O**n associe souvent les images satellite aux vues prises par *Météosat*, qui est un satellite "immobile" par rapport à la Terre, situé en orbite géostationnaire à 36 000 km d'altitude et qui voit toute l'Europe mais avec une faible précision. Les satellites d'observation comme *Landsat 5* sont, eux, en déplacement permanent autour de la planète, sur une orbite beaucoup plus basse, qui permet de voir des territoires plus restreints mais avec une grande précision. Afin de visualiser des régions ou des pays entiers, un assemblage de plusieurs images (des "scènes") est donc nécessaire.

Lancé par la NASA le 1<sup>er</sup> mars 1984, *Landsat 5*, satellite américain d'observation civile, se déplace à une altitude de 705,3 km et voit la terre entière en seize jours, par carrés de 185 km de côté. Ses capteurs Thematic Mapper sont au nombre de 7 (bleu, vert, rouge, proche infrarouge, infrarouge, infrarouge thermique et micro-ondes), ont



Chabrol/RATP com.-audiovisuel





D.R.

une précision au sol de 30 x 30 m, et permettent d'obtenir des images en couleurs naturelles, à la différence de la plupart des images satellite connues du grand public. C'est à partir des données de ce satellite que la société M-SAT Editions a réalisé la première image de l'intégralité de la France en couleurs naturelles.

Le travail des ingénieurs de SAT-Editions, pour passer d'une collection d'images brutes à l'image d'une région ou d'un pays, peut se décomposer en trois étapes.

- Les corrections géométriques : la déformation géométrique des images brutes est due à la rotondité de la terre, aux variations d'altitude du satellite, à la différence d'angle entre un point situé au bord de la scène et un point situé à l'aplomb du satellite. Les corrections géométriques permettent de calquer chaque scène sur un repère géographique connu par la saisie de points d'amer (éléments fixes servant de points de repère) sur l'image et sur

des cartes au 1/25 000. Un logiciel scientifique, qui calcule un polynôme de déformation, sera ensuite appliqué à l'image à corriger.

- La mosaïque : les images sont assemblées numériquement. A titre d'exemple, la France est composée de 40 images différentes.

- Les corrections chromatiques : les images brutes de *Landsat* sont de teinte bleutée, couleur dominante due à l'épaisseur de la couche atmosphérique. La restitution des couleurs naturelles se fait en jouant sur les intensités des trois couleurs primaires (rouge, vert et bleu). Un des problèmes majeurs de cette étape est l'homogénéisation des teintes de deux images voisines (qui sont fréquemment de dates différentes), afin de donner l'impression de ne voir qu'une seule image.

Tout ce travail se fait sur un système informatique puissant qui permet de traiter des fichiers de très grande taille. En effet, chaque scène *Landsat* "pèse" 100 Mo, et l'image de la France en pleine définition,

qui contient plus d'un milliard de points, correspond à un fichier de 3,3 giga-octets. La maîtrise de toutes ces techniques permet de disposer aujourd'hui d'images satellite de régions ou de pays vus sous un jour nouveau, d'une grande beauté et d'une lisibilité immédiate.

## Coup de ciseaux dans un ruban tricolore

- Le pont de Normandie (voir *Science & Vie* n° 917, p. 82) sera inauguré le 20 janvier. Ce sera l'aboutissement d'une aventure de six ans pour les milliers d'hommes qui ont travaillé à son édification et le début d'un ambitieux projet économique pour le développement de l'estuaire de la Seine.



## Invention

## Genève, Genève plus que jamais

**L**a Salon international des inventions, des techniques et produits nouveaux tiendra sa 23<sup>e</sup> édition du 31 mars au 9 avril 1995. Nos lecteurs connaissent bien cette manifestation, à laquelle *Science & Vie* s'associe chaque année. Elle met en contact les innovateurs et les partenaires indispensables à leur succès : investisseurs, fabricants et distributeurs, venus, du monde entier, voir

chaque année un salon nouveau (on ne peut exposer qu'une fois). C'est la seule manifestation consacrée exclusivement aux inventeurs, et elle constitue le plus important marché d'inventions au monde. Le Salon de Genève, c'est : plus de 110 000 visiteurs, 635 exposants de 33 pays et 1 000 inventions, présentées par des chercheurs indépendants mais aussi par des entreprises,

des laboratoires, des universités, des organismes d'Etat ou privés. Des professionnels viennent y "parler affaires" : 45 % des inventions y sont négociées. En primant les meilleures innovations, le Salon les authentifie en outre et leur permet d'arriver plus vite sur le marché.

Toutes ces données justifient que l'OMPI, l'organisation mondiale de la propriété intellectuelle, ait offert au salon sa médaille "en reconnaissance des services rendus aux inventeurs". Cette médaille n'est attribuée qu'aux organismes ou personnalités qui "ont contribué d'une manière exceptionnelle à la promotion et à l'encouragement des activités inventives et innovatrices".

Les Français sont toujours les plus nombreux à Genève – les plus primés aussi. Les plus hautes instances technico-économiques françaises apportent leur patronage au Salon, le plus souvent sous forme de prix réservés aux inventeurs français. La section française bénéficie ainsi de l'appui de l'Institut national de la propriété industrielle (INPI), de l'Agence de l'innovation (ANVAR), de l'association France-Brevets, de l'Assemblée des chambres françaises de commerce et d'industrie, de la chambre France-Suisse pour le commerce et l'industrie, de l'Assemblée permanente des chambres de métiers, du Centre des jeunes dirigeants d'entreprise et de la Compagnie nationale des conseils en propriété industrielle (prix de 10 000 F).

*Science & Vie*, pour sa part, invite un inventeur dont la création aura été publiée au cours des douze derniers mois.

Renseignements : *Science & Vie*, département Innova, 1 rue du Colonel-Pierre-Avia, 75015 Paris. Contact : Monique Vogt, tél. : 1 46 48 48 66 ; fax : 1 46 48 18 64.

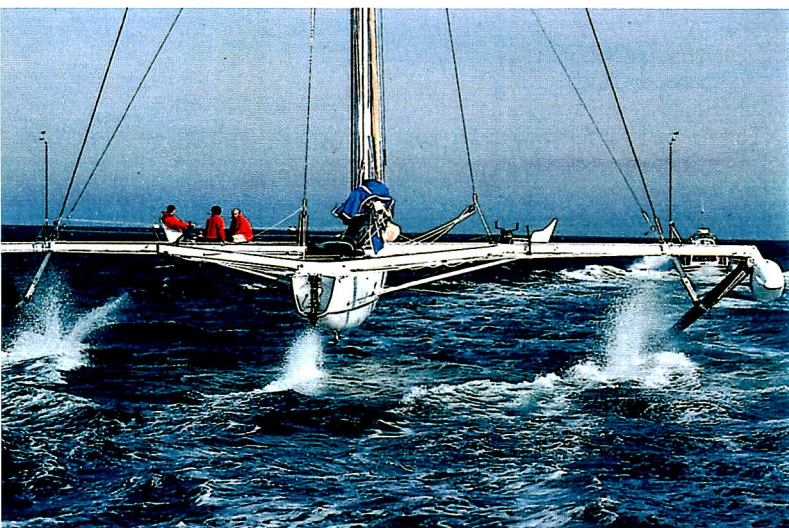
## Construction navale

## L'hydroptère a volé sur l'eau

**I**l a volé pour la première fois, en octobre, au large de Saint-Nazaire. Par un vent de 15 nœuds, l'hydroptère a bondi à plus de deux mètres au-dessus des flots, à plus de 25 nœuds. Ce drôle de bateau de 18,6 mètres de long et 23,8 mètres d'envergure décolle de la surface de l'eau dès qu'il prend de la vitesse. Il repose alors sur ses "foils", deux ailes marines inclinées, qui plongent dans l'eau de chaque côté de la coque : suspendu entre l'air et l'eau, l'hydroptère devrait laisser loin derrière lui les voi-

liers de conception classique.

Conçu par les architectes Alain de Bergh, Vincent Lauriot Prévost et Marc Van Petegen, ce voilier révolutionnaire est le fruit de dix ans d'efforts pour son skipper, Alain Thebault, ancien équipier d'Eric Tabarly, mais aussi pilote d'avion, qui a réussi à convaincre une douzaine de partenaires, dont Dassault Aviation. L'hydroptère, qui était mené par un équipage de quatre hommes, devrait s'attaquer à plusieurs tentatives de record, dont celui de la traversée de l'Atlantique.



Ph. Pissone/Sigma



Tunnel sous la Manche

## 6 700 luminaires high-tech

**L**a galerie de service du tunnel sous la Manche, qui abrite l'alimentation électrique et les installations de sécurité, est longue de 50 km. Tous les 9 m environ, elle comporte un éclairage à une hauteur de 2,5 m. A cela, il faut ajouter l'éclairage de tous les couloirs de liaison avec les tunnels ferroviaires. Cela représente au total quelque 6 700 lampes.

Un détail ? Loin de là : un véritable problème technique. L'éclairage doit en effet être assuré par des lampes qui résistent à la chaleur intense qu'elles dégagent, à la corrosion, ainsi qu'aux ondes et à la pression des trains circulant dans les tunnels ferroviaires. On pensait démonter une partie des 10 000 lampes de chantier en polycarbonate et les réutiliser dans le tunnel de service. C'était sans compter sur les prescriptions de la Commission internationale de sécurité, dont l'une interdit l'utilisation des plastiques à l'intérieur du tunnel.

La solution fut trouvée par la société française Comatelle, et par son sous-traitant la firme allemande Schott, qui a une longue expérience dans la fabrication de tubes de verres spéciaux de haut de gamme.



Pour éclairer la galerie de service du tunnel sous la Manche : 6 700 lampes qui résistent à la chaleur intense, à la corrosion, aux ondes et à la pression des trains...

D.R.

Le verre utilisé est borosilicaté (ce verre est utilisé pour les instruments d'optique et pour la verrerie culinaire). La forme de la lampe est semi-cylindrique. Il a également fallu fabriquer un module semi-cylindrique spécial, cannelé afin d'éliminer la réflexion à l'intérieur du verre et d'obtenir une bonne ré-

partition de la lumière. La nouvelle enveloppe de verre présente ainsi la même réfraction et les mêmes paramètres photométriques que les premières lampes en polycarbonate utilisées pour les travaux.

Finalement, ce qui risquait d'être un véritable problème s'est résolu strictement dans les délais prévus.

### Détection

## Le stylo détecteur de fausse monnaie en France

**O**n se souvient du stylo détecteur de faux billets présenté ici même par une innovatrice québécoise (*Science & Vie* n° 916, p. 122). Le principe : un simple contact de son encre spéciale, n'importe où sur un billet de banque, permet de savoir instantanément si ce dernier est vrai (un petit point, difficilement visible, apparaît sur le billet) ou faux (une tâche noire s'étend sur le billet).

Ce stylo, utilisable sur 143 devises différentes, a été "réinventé" en France par la firme HT et C

(tél. : 1 49 92 55 44), qui le commercialise au prix de 52 F TTC. Trois présentations : stylo pour 5 000 utilisations, pour 30 000 utilisations, et rechargeable. On nous assure qu'aucun lien n'existe entre les deux inventions, québécoise et française, et – cela va sans dire – qu'aucune ne copie l'autre...

Chacune serait du reste mondialement brevetée, ce qui, si c'est exact, laisse planer un sérieux doute quant à l'efficacité des recherches d'antériorité effectuées lorsqu'on dépose un brevet.

**36 15**  
**SCV**  
La bourse  
à tout instant  
(Paris, Londres, New York)  
et votre portefeuille  
mis à jour en direct





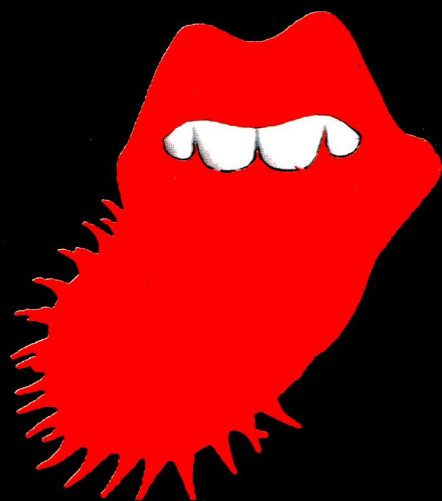
# VOLKSWAGEN

P R E S E N T S

# ROLLING STONES

# WOODOO LOUNGE

# EUROPEAN TOUR 95



"LE POSTE DE "PLUS GRAND  
GROUPE DE R'N'R  
DU MONDE",  
N'EST PAS ENCORE LIBRE"

THE TIMES (UK)

"UN FLOT CONTINU  
DE RAGE  
ET D'ENERGIE"

LA REPUBBLICA (ITALY)

"UN SURPRENANT  
ET JUBILATOIRE MELANGE DE  
FEUX D'ARTIFICES  
ET DE R'N'R."

THE DAILY MIRROR (UK)

"TOUT CE JOLI MONDE TURBINE,  
MOULINE ET CLIQUETE  
A MERVEILLE"

LIBERATION (FRANCE)

## VENDREDI 30 JUIN 95



A L'HIPPODROME DE LONGCHAMP

SPECIAL GUEST : **BON JOVI**



BILLETS EN VENTE A PARTIR DU JEUDI 8 DECEMBRE 1994 A 15 H EN EXCLUSIVITE  
LOCATIONS : TOUTE FNAC, MINITEL 3615 ROLLING STONES, 3615 NRJ CLUB, 3615 FNAC,  
PAR TELEPHONE : 49 87 50 50 ET COLLECTIVITES : ACTE 42 82 92 18.

ABCL GROUP PRODUCTION IN ASSOCIATION WITH LCB / RONNIE PRODUCTIONS

POUR CONNAITRE LA FREQUENCE NRJ DE VOTRE VILLE, TAPEZ 3615 CODE NRJ, RUBRIQUE STA.

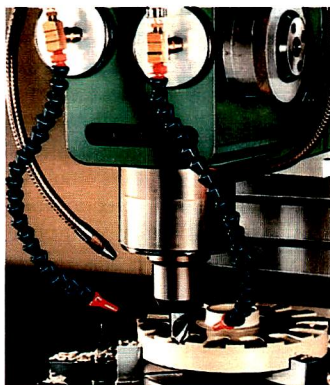




## Usinage presque sans fluide (suite)

**E**n juin, nous avons relaté dans ces mêmes colonnes les travaux du CETIM (Centre technique des industries mécaniques), qui développe un procédé de microlubrification permettant d'usiner pratiquement sans fluide, à l'aide d'air comprimé à faible pression.

La firme française Recoules nous informe qu'elle distribue un autre procédé de micropulvérisation, "l'Accu-Lube", «lubrifiant écologique 100 % végétal qui donne des résultats exceptionnels sans aucune pollution. L'Accu-Lube constitue une micropulvérisation permettant de travailler proprement, avec des copeaux et des pièces sèches, en augmentant de 2 à 8 fois la durée de vie des outils. L'Accu-Lube s'utilise en quantité infime : une pompe en



D.R.

consomme 6,6 millilitres à l'heure en utilisation continue.»

Partout où il faut une bonne lubrification, Accu-Lube la réalise avec des avantages impressionnants : amélioration des états de surface,

visibilité pendant l'usinage, facilité d'aspiration des copeaux, possibilité de peindre ou de souder directement. L'utilisation l'Accu-Lube n'entraîne aucun rejet nocif : plus de récupération des huiles usagées, plus d'odeur d'huile rance, moins de risques autour des machines, etc.

L'inventeur, Frank Graunt, était ingénieur de recherche dans l'industrie aéronautique (Boeing). Il avait mis au point "Boelube", un lubrifiant à base d'alcool gras d'origine naturelle, qui présentait un coût trop élevé pour de simples applications de pulvérisation. Accu-Lube résout le problème, et Frank Graunt a fondé sa propre entreprise pour l'exploitation de ce produit, distribué en France (et en Allemagne) par la firme Recoules.

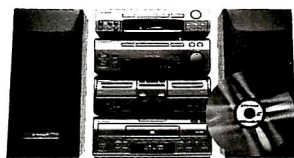


# Maman!

**Sanglota la petite Isadora, petit rat de l'opéra, imaginant sa prestation dans le Lac des Cygnes sur des chaînes Hifi dépourvues de lecteur LaserDisc®.**

**PIONEER OU TRANIR.** Pour la première fois, avec son nouveau modèle MADISON, Pioneer associe dans une chaîne Midi un lecteur de LaserDisc® bistorand PAL/NTSC et un processeur Dolby surround Pro-Logic®. Et pour que le spectacle soit complet, il y ajoute son système LaserKaraoke®. Pioneer, en réunissant tout l'audiovisuel en une seule chaîne, permet ainsi d'accéder, chez soi, au spectacle total... au Grand Spectacle. Il démontre aussi, une nouvelle fois, son respect absolu de la musique et des interprètes.

8615 PIONEER  
2.117 / m.



**PIONEER®**  
The Art of Entertainment  
PIONEER SETTON S.A.

\*Dolby® et "Pro-Logic" sont des marques de fabrique de Dolby Laboratories Licensing Corporation.



## Polémique

## Tests de personnalité : de pire en pire !

**L**es caractéristiques déduites d'un test de la personnalité d'un étudiant en médecine seraient déterminantes pour son succès scolaire. C'est du moins ce qu'affirme sans la moindre réserve Jay Jacoby, professeur d'anesthésie de l'université d'Etat de l'Ohio.

Une étude a été réalisée : 95 anesthésistes de 6 hôpitaux américains y ont participé. Chacun a passé une série de tests psychologiques et rempli des questionnaires de per-

sonnalité au début de sa 3<sup>e</sup> année d'internat. Les chercheurs ont ensuite comparé les résultats de ces tests à l'évaluation des compétences de ces internes, réalisée lors des deux premières années d'internat. Il en ressortirait que les étudiants les plus doués sont ceux qui sont les plus optimistes et dont les talents personnels sont les plus prononcés. Et les chercheurs d'en conclure que "si les candidats avaient été soumis à ces tests avant d'intégrer l'internat

et si les administrateurs qui les ont sélectionnés avaient eu connaissance de leurs résultats, cela les aurait aidés à choisir les personnes dont les performances se sont ensuite révélées les meilleures".

Cette lamentable étude a reçu le soutien de personnalités "inconceutables" de l'université d'Etat de l'Ohio et du Social Research de l'université de Berkeley, en Californie. Peut-être la personnalité de son auteur, John McDonald, chef du département anesthésie de l'Etat de l'Ohio n'y est-elle pas pour rien...

Cette étude témoigne d'une méconnaissance totale des recherches effectuées sur les tests de personnalité. Vincent Frézal, directeur du Management Research Institute (Etats-Unis), rappelle que les tests de personnalité ont un coefficient de validité moyen de 0,15 %, ce qui signifie une validité nulle.

Aux Etats-Unis, à partir des années 1950, avec le développement de la psychologie et des sciences humaines, la tentation a été grande de mettre en pratique les méthodes d'investigation de la personnalité lors des procédures d'évaluation. Mais les échecs aussi retentissants que nombreux provoqués par cette approche personnaliste conduisent les praticiens et les chercheurs à l'abandonner. Un mouvement anti-tests de personnalité naquit, mené notamment par des chercheurs de renommée internationale, qui conduisit l'Etat de Californie à interdire purement et simplement, en 1969, l'utilisation de tels tests lors des procédures d'évaluation dans l'enseignement.

Autre sujet de perplexité, l'étude a été réalisée à partir de 95 cas, un nombre si infime qu'il lui ôte toute valeur. Il y a donc de quoi s'alarmer sur la publication d'une telle étude, et sur le bruit fait autour d'elle outre-Atlantique.

## Sécurité routière

## Des glissières esthétiques

**U**ne PME de Dordogne, CIHB, a élaboré des glissières de sécurité en bois et acier, alliant l'esthétique et la robustesse. Ces glissières ont été mises au point grâce au LRBB, le Laboratoire de rhéologie du bois de Bordeaux avec le soutien financier de l'Agence nationale de valorisation de la recherche.

Les nouvelles glissières sont constituées de deux demi-rondins en pin ou en mélèze, qui enserrant une lame d'acier galvanisé. Les supports utilisés sont ceux des glissières métalliques, recouverts d'un demi-rondin de chaque côté de

l'âme en acier. Les boulons d'assemblage, lors d'un choc violent, sautent, ce qui permet au véhicule de continuer à glisser.

Testées au laboratoire d'essais de l'INRETS (Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité), à Satolas, les glissières CIHB sont homologuées au niveau 2, c'est-à-dire pour les routes départementales et secondaires. Des essais effectués avant la fin de l'année devraient leur permettre d'obtenir l'agrément en niveau 1 pour les routes nationales et à grande circulation.

O.J.



D.R.



# L'affichage virtuel à la télévision

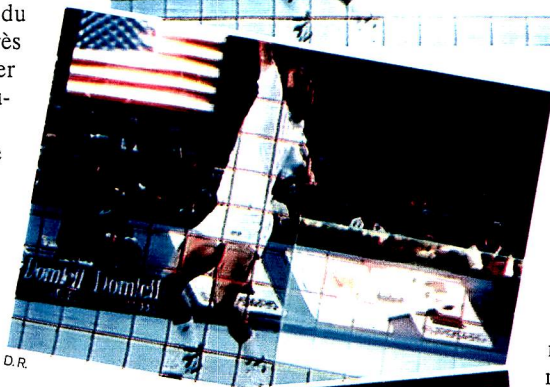
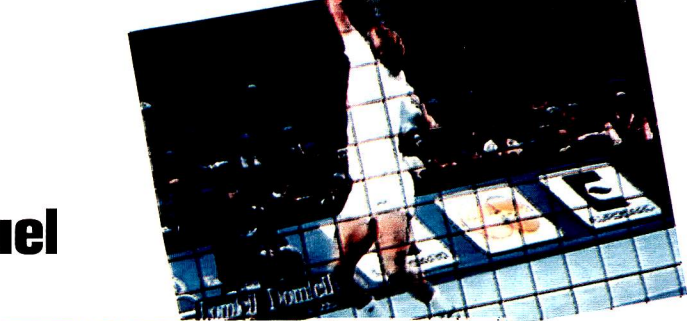
**L**e marché du sport télévisé est en crise : les détenteurs de droits sur les grands événements font face à une inflation des coûts (salaires des stars du foot ou du tennis) ; de leur côté, les chaînes ne parviennent plus à couvrir avec les recettes publicité et sponsoring les droits de retransmission qu'elles paient aux organisateurs. Comment développer les recettes du sport sans augmenter le prix très élevé des spots et sans rallonger les écrans publicitaires qui saussionnent les diffusions ?

La réponse est technologique et se nomme EPSIS en France (Espace publicitaire par substitution d'images), OR-AD en Israël ou PEB (Princeton Electronic Billboard) aux Etats-Unis. Ces sigles désignent des systèmes d'affichage virtuel qui permettent, lors d'une retransmission sportive, d'insérer une image publicitaire de synthèse sur les publicités existantes ou sur un emplacement vierge. Le tout sans que le téléspectateur s'en aperçoive puisque ces systèmes traitent les obstacles rencontrés (par exemple, une balle qui passe devant le message). Les organisateurs et télévisions pourront ainsi vendre le même emplacement à des annonceurs différents d'un pays à l'autre ou rajouter des publicités à l'écran.

Pour le moment, les systèmes d'affichage virtuel sont capables, en direct, de traiter des surfaces fixes en deux dimensions dans une image animée. On n'est donc pas près de voir un joueur de foot doté d'une inscription virtuelle sur son maillot. «Le traitement en temps réel d'une personne est au-delà des possibilités actuelles», confirme

Pierre Pleven, qui dirige le projet Epsis, développé par Matra Hachette Multimédia.

Dans l'hexagone, Epsis a été présenté lors du dernier Sportel de Monaco, un congrès réunissant les partenaires du monde sportif. Ses promoteurs ne souhaitaient pas donner trop de détails sur son fonctionnement technique. On sait néanmoins qu'Epsis est un ordina-



**Tour de passe-passe...**  
Un système d'affichage virtuel permet de changer la publicité affichée derrière le joueur. Le téléspectateur français ne lira pas le même message que, par exemple, le téléspectateur italien...

teur très puissant qui se présente sous forme d'une station de travail pouvant être intégrée dans un car-ré. Transporté sur le lieu de l'événement, Epsis met en mémoire la configuration du site, l'emplacement de substitution et le panneau virtuel à insérer. Il suit en permanence la zone d'image à traiter, permettant ainsi au logiciel d'insérer la publicité virtuelle en tenant compte, pixel par pixel, des obstacles qui

traversent le champ virtuel. «Epsis sera fonctionnel pour le direct dans un horizon de quinze mois», promet Pierre Pleven. F. B.

● Ont collaboré à cette rubrique : Frédéric Brillet, Serge Brosselin, Jean-Charles Gérard, Olivier Jacquinot et Henri-Pierre Penel.



# TÉLÉVISION

## L'ère de la nouvelle

PAR HENRI-PIERRE PENEL

**E**n ce 27 mai 2011, Yves, ingénieur de maintenance, se préparait à profiter d'un repos mérité. La semaine avait été dure. Le calculateur embarqué du robot de pose des blocs supraconducteurs présentait encore des anomalies. Tout le monde était sur la brèche, depuis les responsables du centre de recherche et du développement jusqu'aux techniciens de site. Il était hors de question de payer des indemnités de retard sur l'achèvement du Trans-France, dont l'inauguration devait avoir lieu à la fin de l'année.

Par habitude, il saisit la télécommande qui traînait sur le canapé en demi-cercle de son salon et, aussitôt, à quelques centimètres au-dessus de ce que l'on aurait pu prendre pour une table basse, surgit "la maquette" de la nouvelle Citroën CY 823. Elle pivotait sur elle-même tandis qu'une voix féminine vantait la puissance de son ordinateur d'assistance à la conduite.

« Encore de la pub ! Décidément il n'y a plus que ça à la voluvison », pensa Yves.

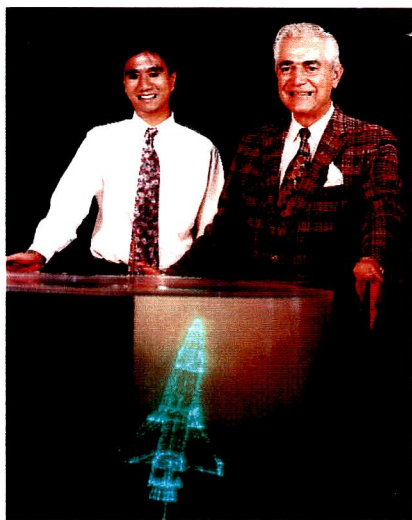
Certes, si cette vision est quelque peu futuriste, rien n'interdit de penser que nos téléviseurs, demain, n'auront plus grand-chose de commun avec ceux que nous connaissons actuellement. Dépouvus d'écran, ils pourront reconstituer des volumes immatériels dignes des plus belles séquences de *la Guerre des Etoiles*. En effet, aux Etats-

Unis, une équipe du NCCOSC (Naval Command Control and Ocean Surveillance Center), division de San Diego du laboratoire de recherche de la marine américaine, travaille sur un projet qui va dans ce sens. Actuellement consacré au contrôle aérien et à la surveillance maritime, il n'est pas exclu que, dans le futur, ce projet soit orienté vers une utilisation plus "grand public", visant à remplacer le téléviseur actuel.

Ce nouveau procédé développé par les chercheurs américains, baptisé "3D Volumetric Display System", n'a pas grand-chose à voir avec les systèmes actuels de reconstitution du relief. Pour comprendre, observons ce qui se passe lorsque nous voyons un objet éclairé.

Chaque point de la surface de l'objet renvoie la lumière dans une direction donnée. Si ce n'était pas le cas, nous ne verrions pas cet objet. Pour s'en convaincre, supposons qu'une statue, par

exemple, placée dans une pièce obscure soit éclairée par un projecteur. L'ensemble des murs de la pièce, ainsi que le sol et le plafond, se trouvent, à leur tour, éclairés par la lumière réfléchie par la statue. Pour un observateur, placé en un point quelconque de la pièce, la vision de l'objet correspond donc à l'ensemble des rayonnements réfléchis dans sa direction. Ou, plus exactement, cette vision résulte de l'association de deux groupes de rayonnements réfléchis ; le premier correspondant à celui émis en direction de l'œil droit de l'observateur, le second à celui vers l'œil gauche. C'est en comparant ces deux images, légèrement différentes l'une de l'autre en raison de la parallaxe des yeux, que notre



US Navy

### L'image animée tridimensionnelle

Parvis Soltan, l'inventeur du système, (à droite) présente l'une des premières images animées en trois dimensions, celle de la navette spatiale américaine.



# dimension

**Le laboratoire de recherche de la marine américaine met au point un système révolutionnaire de visualisation en volume. Première application : la surveillance maritime et le contrôle aérien. Deuxième application, plus lointaine : une télévision grand public en volume.**





► cerveau reconstitue le volume.

Pour recréer une vision en relief, il est donc nécessaire de transmettre à chaque œil de l'observateur l'image qu'il reçoit de l'objet observé dans la réalité. C'est ainsi que fonctionnent les photos stéréoscopiques. De même, il est parfaitement possible d'appliquer ce principe au cinéma. Dans ce

cas, deux films, l'un correspondant à la vision de l'œil droit, l'autre à celle de l'œil gauche, défilent de manière synchrone et un dispositif de séparation, le plus souvent des lunettes, permet la sélection au niveau des yeux. Si ce dispositif est tout à fait satisfaisant en ce qui concerne la restitution du relief, on ne peut pas encore parler de restitution des volumes (voir *Science & Vie* n° 920, p. 106). En effet, ici, l'angle d'observation est figé. C'est celui de la caméra de prise de vue. Dans une salle de projection équipée de ce procédé, tous les spectateurs, quelle que soit leur place, voient l'objet sous le même angle. Il reste hors de question de voir l'un ou l'autre des côtés de l'objet filmé en se déplaçant devant l'écran.

En fait, pour restituer parfaitement la vision d'un volume il faut recréer la direction et l'intensité de chaque rayon lumineux réfléchi. Actuellement la seule technique qui permette cette opération est l'holographie. L'image est obtenue par un réseau d'interférences lumineuses créées à partir d'un cliché photographique, transparent ou réfléchissant, dit hologramme. Pour chaque point de l'espace, l'hologramme se comporte comme une infinité de "projecteurs". Les interférences sont soit constructives (leurs intensités lumineuses s'additionnent), soit destructives (leurs intensités s'annulent). Dans l'espace, les zones d'interférences constructives, donc lumineuses, correspondent aux directions selon lesquelles l'objet d'origine reflétait la lumière. Son volume "en lumière" est donc reconstitué. Si l'hologramme est cylindrique il est même possible de faire le tour de l'objet. Tout comme si ce dernier était réel, l'observateur a tout loisir d'en contempler chaque face. Mais ce procédé présente deux désavantages. En premier lieu, afin de reconstituer correctement le réseau interférentiel permettant la vision du volume, il faut éclairer l'hologramme en lumière cohérente ; c'est-à-dire que la source lumineuse doit émettre en permanence un rayonnement où tous les trains d'ondes sont en phase les uns avec les autres. Si les lasers répondent à cette condition, ils ne permettent pas de régler le problème de la couleur. Pour répondre aux condi-

tions de mise en phase, la lumière ne peut être que monochromatique, c'est-à-dire n'être composée que d'une seule longueur d'onde lumineuse, soit encore d'une couleur unique. Rien à voir avec "l'arc-en-ciel" que nous voyons habituellement. Au mieux, il est possible d'utiliser des sources, toujours des lasers, capables de générer des fré-

quences harmoniques (un groupe de couleurs proches, mais sans nuances intermédiaires). Cette "astuce" permet de donner des fausses couleurs. Néanmoins, comme il s'agit

d'un spectre discontinu, la palette de teintes reste restreinte. En gros, seules quelques teintes très limitées de l'arc-en-ciel peuvent être restituées.

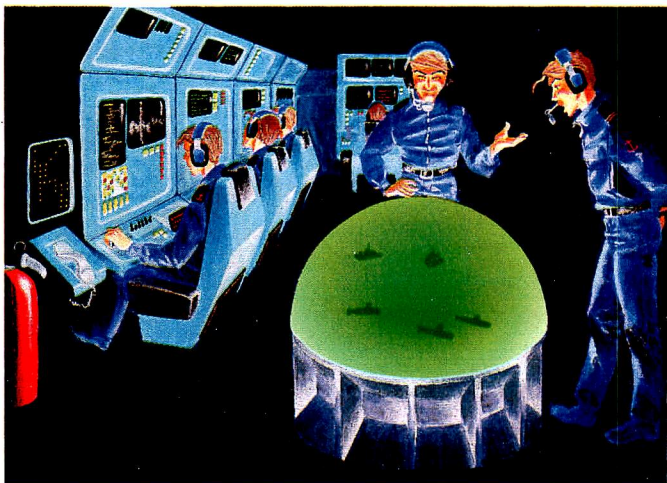
Le second handicap de cette technique réside dans le fait qu'il n'est pas possible de projeter un hologramme. Le cliché peut être comparé à une fenêtre à travers laquelle on voit l'objet. Dans le cas d'un cylindre, tout se passe comme si l'objet était dans un bocal. Il est impossible de reconstituer un mouvement avec une technique identique à celle du cinéma.

Ni la stéréoscopie ni l'holographie ne sont donc

## Un concept qui rappelle l'holographie

## Une priorité : la maîtrise des océans

La marine américaine, à l'origine du projet, est tout particulièrement intéressée par les représentations en volume des espaces océaniques à partir des informations fournies par les systèmes radar et sonar.

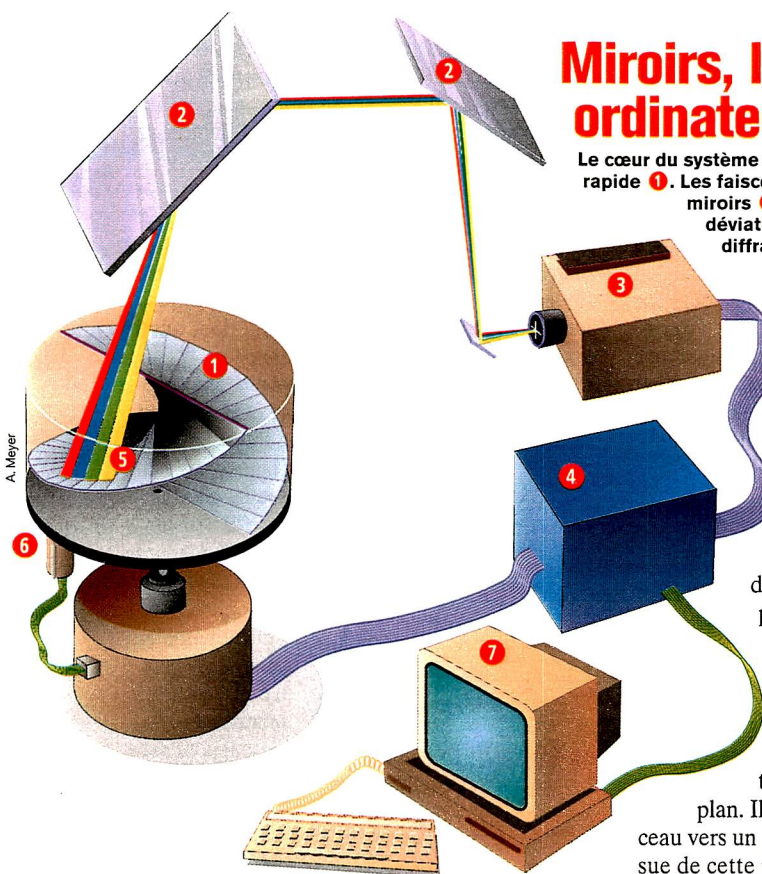




# Miroirs, lasers et ordinateurs

Le cœur du système est un miroir hélicoïdal en rotation rapide **1**. Les faisceaux laser sont guidés par un jeu de miroirs **2** après avoir subi une première déviation par deux barrettes à diffraction **3**. L'ordinateur **4** "connaît"

en permanence le point de réflexion de chaque faisceau **5** grâce à un capteur **6** indiquant la position du miroir. En commandant les lasers, à partir de données enregistrées **7**, il peut reconstituer la luminosité et la couleur de chaque point du volume à visualiser.



ser est, dans un premier temps, dévié par deux barrettes à diffraction. Ce dispositif permet, à partir d'une tension électrique, de dévier plus ou moins le faisceau laser, un peu comme le ferait un miroir oscillant mais sans poser de problème mécanique. L'une des barrettes le dévie suivant l'axe des X, l'autre suivant l'axe des Y qui, traditionnellement, définissent un plan. Il est ainsi possible d'orienter le faisceau vers un point quelconque d'un carré. A l'issue de cette première déviation, le faisceau est envoyé sur le miroir tournant. En raison de la forme hélicoïdale, cette réflexion s'effectue soit à la "base" de l'hélice, soit à son "sommet", en fonction de la position angulaire du miroir. Ceci permet de reconstituer l'axe des Z permettant de passer en trois dimensions. Au total, il est donc possible de provoquer la réflexion du faisceau laser, en jouant conjointement sur la tension appliquée aux barrettes à diffraction et en connaissant à tout instant la position angulaire du miroir hélicoïdal, en un point quelconque du "cylindre virtuel" que constitue le miroir en rotation. Il ne reste plus qu'à modifier l'intensité lumineuse du faisceau laser pour retomber dans un cas de figure très proche de l'holographie cylindrique évoquée plus haut.

Si cette théorie peut paraître d'une séduisante simplicité, la mise en œuvre d'un tel procédé est nettement plus complexe. Un peu comme sur l'écran d'un téléviseur, l'ensemble des points du cylindre est "balayé" en permanence. Le miroir hélicoïdal tourne à vitesse élevée et les barrettes à diffraction dévient le faisceau un très grand nombre de fois par seconde. Rappelons que, ici, ce n'est plus une simple surface qui doit être entièrement couverte pour reconstituer une image, mais un vo-

adaptées à la restitution de volumes en mouvement. Il fallait trouver autre chose. Ce sont justement ces réflexions qui sont à l'origine du 3D Volumetric Display System.

Son concept de base rappelle cependant celui de l'holographie. La meilleure façon de reconstituer un volume est de recréer l'ensemble des rayons lumineux qu'il réfléchit en respectant leur direction et leur intensité lumineuse. Cependant, toute l'astuce du procédé réside dans l'élimination du film photographique indispensable à l'holographie qui est remplacé ici par un jeu de miroirs et un ordinateur. Afin de simplifier l'explication du fonctionnement du système, ne nous attachons pas, dans une première phase, à la couleur et supposons-le monochrome. Ici, la source lumineuse est encore un laser. Cependant, au lieu d'être diffusé, comme dans le cas de l'hologramme, afin d'éclairer uniformément l'ensemble de la surface du cliché, on conserve la directivité du rayon. La clé du dispositif est un miroir en rotation rapide dont la forme est doublement hélicoïdale. Le faisceau la-



► lume. Ceci multiplie donc considérablement le nombre de points. Dans ces conditions, on obtient un cylindre "plein de lumière" lorsque le laser éclaire en permanence. Reste maintenant à "sculpter" ce volume lumineux de manière à restituer le volume de l'objet à représenter. A cet effet, il faut commander l'intensité lumineuse du faisceau laser de façon bien précise. Cette opération est réalisée par un ordinateur qui doit savoir, à tout instant, en quel point du volume se produit la réflexion. Pour cela, deux indications lui sont transmises. Première information : la position angulaire instantanée du miroir hélicoïdal lui est fournie par un capteur électromagnétique. Cette information permet donc à l'ordinateur de déterminer la position Z du point de réflexion, en fait la hauteur.

Deuxième information : les tensions de commande des barrettes à diffraction lui sont connues. A partir de là, l'ordinateur peut donc reconstituer les coordonnées X et Y. En comparant en permanence ces informations aux données contenues par un fichier informatique stockant la description tridimensionnelle de l'objet à représenter, il sera alors en mesure de commander la luminosité du laser et, par voie de conséquence, de jouer les "sculpteurs de lumière" et de restituer le volume.

Dans ces conditions, l'observateur n'a pas besoins de porter des lunettes pour reconstituer le relief puisque la forme lumineuse existe réellement. De même, tout comme une statue, il est possible d'en faire le tour et chaque observateur voit l'image sous un angle qui est fonction de sa position. Rien n'interdit d'en faire le tour, de s'en approcher ou de s'en éloigner.

Pour restituer la couleur, le dispositif utilise quatre faisceaux laser de couleurs différentes. Il semble que, actuellement, il ne soit pas encore possible de reconstituer une image en couleur comparable à celle que nous connaissons par les procédés habituels. Quoiqu'il en soit, cette "colorisation" n'est qu'une extension du procédé décrit plus haut. La déviation des quatre faisceaux se fait de manière strictement identique,

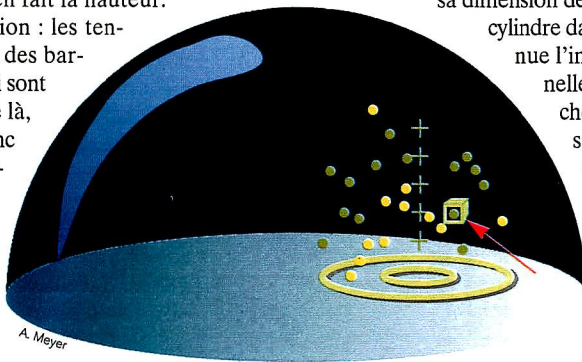
tant au niveau des barrettes de diffraction qu'à celui du miroir tournant. Seul le contrôle de luminosité de chaque faisceau coloré est géré indépendamment par l'ordinateur en fonction de la couleur à restituer.

Enfin, la restitution ne pose plus ici aucun problème. Par son principe même, le procédé est prêt pour reconstituer un volume animé. En effet chaque tour du miroir hélicoïdal correspond à une "image" sans aucun lien avec la précédente ou la suivante. Animer un volume devient donc aussi simple ici qu'en télévision traditionnelle.

Le téléviseur 3D de demain est-il né ? Pas encore tout à fait. Ce procédé comporte effectivement un handicap : le miroir tournant. Rappelons que sa dimension détermine la taille du cylindre dans lequel est contenue l'image tridimensionnelle. Actuellement, les chercheurs travaillent sur un miroir de 91 cm de diamètre par 46 cm de haut. Ce qui est déjà relativement imposant pour restituer une image aux dimensions modestes, puisqu'elles ne peuvent être supérieures à celles du miroir.

Néanmoins, si cette pièce mécanique ne devait pas tourner, le problème ne serait pas incontournable. Mais ne perdons pas de vue que le cadencement des images est directement lié à la vitesse de rotation du miroir. Actuellement, le prototype tourne à 30 tours par seconde (soit 1 800 tours/minute), vitesse nettement insuffisante pour assurer un confort de vision acceptable. Pour limiter le scintillement des images, il faudrait que leur cadence de succession soit au moins égale à celle de nos téléviseurs actuels, soit 50 tours/seconde. Ceci conduirait à une vitesse de rotation du miroir de 3 000 tours/minute. Une hélice de 91 cm de diamètre lancée à une telle vitesse, cela constitue un bon ventilateur...

Il semble donc qu'une telle technique soit difficilement envisageable. La solution serait peut-être d'enfermer l'hélice dans une enceinte transparente ou serait fait le vide. Un peu dommage, toutefois, de délimiter ainsi le volume de l'image tridimensionnelle.

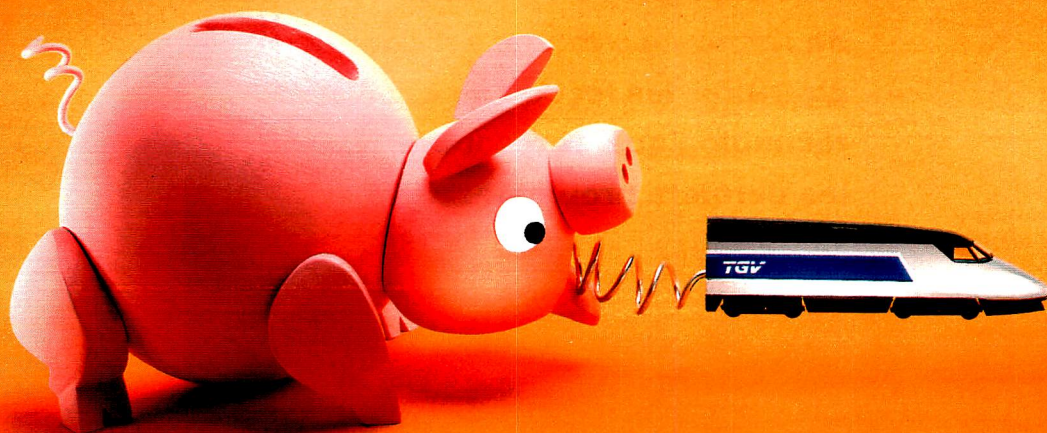


## Le contrôle aérien

**Ce nouveau procédé permet de reconstituer un espace aérien pour le contrôler. Dans notre exemple, des avions sont représentés par des points répartis dans le volume à des altitudes et des éloignements différents de l'aéroport (cercles concentriques). Un curseur cubique (flèche), appliqué à un point, permet de connaître les caractéristiques du vol.**



# Avec Carrissimo, voyager ne mange pas vos économies.



**Carrissimo,  
pour les 12 - 25 ans.**

Carrissimo, c'est la carte qui vous permet de voyager en train à prix réduits. Vous pouvez l'utiliser à 1, 2, 3 ou 4 copains, frères, sœurs ou cousins

**Jusqu'à 50 %  
de réduction...**

dans une fourchette d'âge de 12 à 25 ans. Votre Carrissimo vous fait bénéficier de 20% ou 50% de réduction dans tous les trains, tous les jours même

**... tous les jours,  
dans tous les trains.**

le week-end. Pour un complément d'informations, reportez-vous au Guide des prix réduits disponible en gares et en agences de voyages.



**SNCF, le progrès ne vaut que s'il est partagé par tous.**



# ARIANE 5

## Sera-t-elle à temps ?

**Après l'accident d'Ariane 4, le 2 décembre dernier, l'Europe spatiale tremble : en novembre de cette année, la version 5 de la fusée doit décoller de Kourou. Le temps est compté pour tirer les leçons de cet échec technologique et résoudre les derniers problèmes.**

PAR PHILIPPE  
HENARÉJOS

### COMPOSITE INFÉRIEUR :

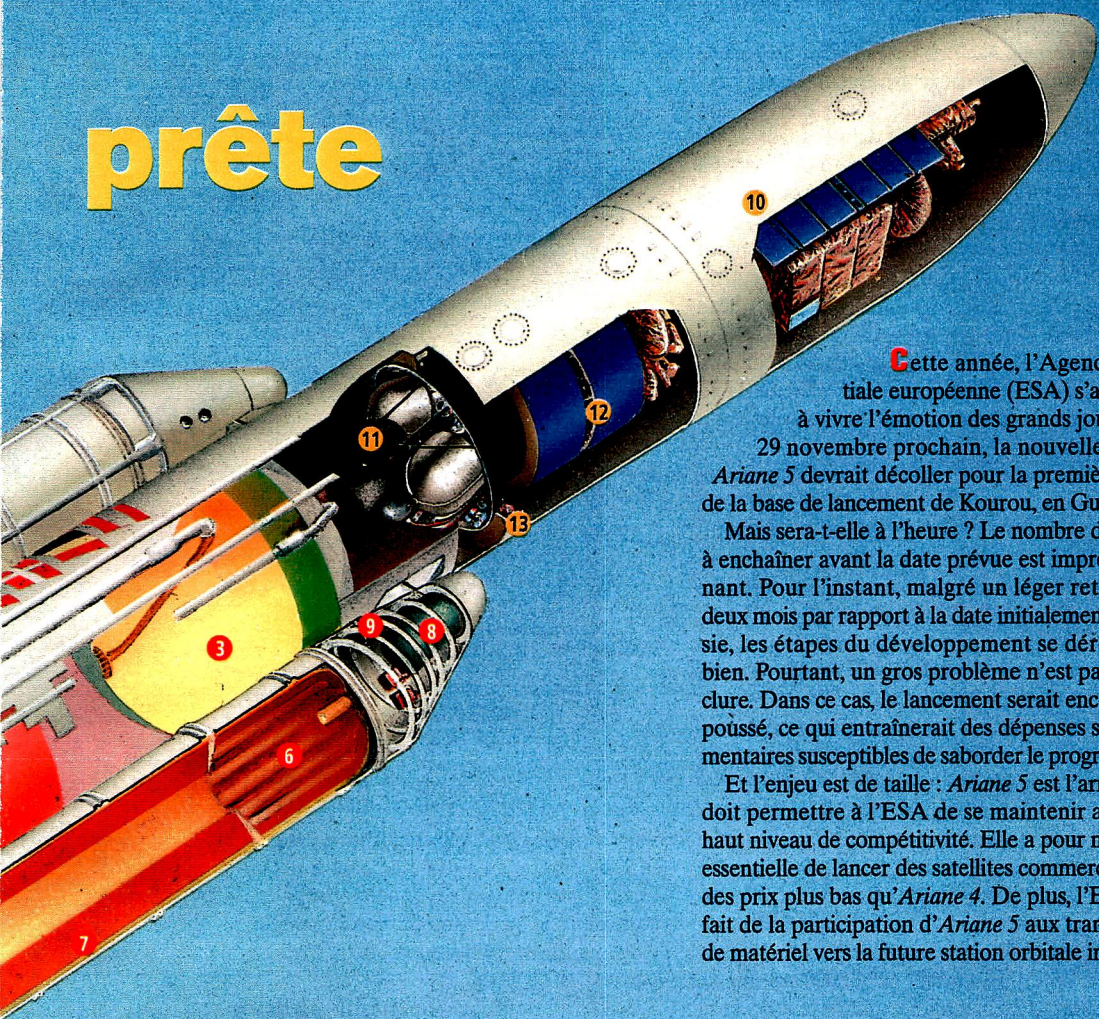
- 1 Etage principal cryotechnique (EPC).
- 2 Réservoir d'hydrogène liquide.
- 3 Réservoir d'oxygène liquide.
- 4 Moteur Vulcain.
- 5 Etages d'accélération à poudre (EAP).
- 6 Premier segment d'un EAP (fournit une très forte impulsion au décollage).
- 7 Propergol.
- 8 Parachutes destinés à la récupération des EAP.
- 9 Dispositif pyrotechnique de séparation des EAP.

### COMPOSITE SUPÉRIEUR :

- 10 Coiffe.
- 11 Etage à propergols stockables (EPS).
- 12 Structure externe pour le lancement multiple de charges utiles (SPELTRA).
- 13 Case à équipements.



# prête



Cette année, l'Agence spatiale européenne (ESA) s'apprête à vivre l'émotion des grands jours. Le 29 novembre prochain, la nouvelle fusée Ariane 5 devrait décoller pour la première fois de la base de lancement de Kourou, en Guyane.

Mais sera-t-elle à l'heure ? Le nombre d'essais à enchaîner avant la date prévue est impressionnant. Pour l'instant, malgré un léger retard de deux mois par rapport à la date initialement choisie, les étapes du développement se déroulent bien. Pourtant, un gros problème n'est pas à exclure. Dans ce cas, le lancement serait encore repoussé, ce qui entraînerait des dépenses supplémentaires susceptibles de saborder le programme.

Et l'enjeu est de taille : Ariane 5 est l'arme qui doit permettre à l'ESA de se maintenir au plus haut niveau de compétitivité. Elle a pour mission essentielle de lancer des satellites commerciaux à des prix plus bas qu'Ariane 4. De plus, l'Europe fait de la participation d'Ariane 5 aux transports de matériel vers la future station orbitale interna-

## LA TRAJECTOIRE IDÉALE

Neuf heures avant le décollage, la fusée quitte le bâtiment d'assemblage final (BAF) sur sa table de lancement mobile. Une fois la fusée en place dans la zone de lancement, les réservoirs de l'étage principal cryotechnique sont remplis d'oxygène et d'hydrogène liquides.

À l'heure H, le moteur Vul-

cain est allumé le premier. Après avoir contrôlé qu'il fonctionne correctement, les accélérateurs à poudre sont mis à feu : les sabots d'arrimage se décrochent, et la fusée s'élève dans le ciel. Trois déflecteurs de jets canalisent les gaz d'échappement des trois moteurs. 15 000 litres d'eau, contenus dans un réservoir externe de 90 m de haut, se déversent alors sur l'aire de

départ au rythme de 20 m³/s, afin de refroidir le pas de tir et d'atténuer le bruit (les vibrations dues à la résonance sont en effet préjudiciables au fonctionnement de la fusée).

Au bout de 130 secondes de vol, alors qu'Ariane 5 se trouve à 60 km d'altitude, les deux accélérateurs à poudre, ayant terminé leur combustion, se détachent. Ils retombent dans l'océan puis seront

récupérés pour expertise, mais ils ne resserviront pas.

À 110 km d'altitude, la coiffe est larguée. Après dix minutes de vol (à 140 km d'altitude), le moteur Vulcain a brûlé tout son carburant. L'étage principal cryotechnique se détache du composite supérieur et retombe dans l'atmosphère. L'étage à proergols stockables prend alors le relais pour la mise sur orbite de la charge utile.



► tionale, dès 1997, une condition *sine qua non* de son engagement au projet. Enfin, sept ans après son premier vol, *Ariane 5* devrait offrir à l'Europe la possibilité, jusqu'ici exclusivement réservée aux Américains et aux Russes, d'envoyer par ses propres moyens des hommes dans l'espace.

Pour toutes ces raisons, *Ariane 5* doit partir à l'heure, et, en réalité, le compte à rebours a déjà commencé. Pour atteindre son but, l'ESA n'a pas hésité à concevoir un lanceur entièrement nouveau et surtout gigantesque. Alors qu'*Ariane 4*, dans sa version la plus puissante, pèse 470 tonnes, *Ariane 5* atteint les 730 t. Un peu plus trapue que son aînée (56,37 m au maximum, contre 58,4 m), *Ariane 5* peut satelliser 6,8 t en orbite géostationnaire, au lieu de 4,2 t. En orbite basse, cette capacité s'élève à 20 t.

Dès 1985, l'ESA a dû persuader les Etats membres que cette aventure de 5,5 milliards d'ECU (environ 30 milliards de francs) représentait un bon investissement. A l'époque, les études prospectives montraient, d'une part, que la taille et le poids des satellites commerciaux destinés à l'orbite géostationnaire allaient augmenter et, d'autre part, que de plus en plus de pays s'attaquaient à ce marché. Dans ce contexte, *Ariane 4*, avec sa coiffe trop petite, ne suffisait plus. Si l'ESA souhaitait conserver son rang en matière de lancements, elle devait se doter d'une fusée plus puissante, plus fiable, mais également d'un rapport coût/efficacité amélioré. Le nouveau véhicule devait aussi avoir pour tâche de satelliser l'avion spatial *Hermès*, censé emporter des hommes.

Pour répondre à ces impératifs techniques et économiques, les ingénieurs de l'ESA ont eu l'idée d'un vecteur totalement différent des précédents. Les *Ariane 1* à 4 étaient des fusées classiques, constituées de plusieurs étages mis à feu successivement et utilisant des propergols (1) liquides. *Ariane 5*, elle, disposera d'un étage unique et puisera une grande partie de sa puissance dans un nouveau propulseur, baptisé Vulcain, qui fournira une impulsion particulièrement élevée. Ce propulseur, dit "cryotechnique", utilise comme propergols de l'oxygène et de l'hydrogène – qui ne peuvent être stockés sous forme liquide qu'à très basses températures.

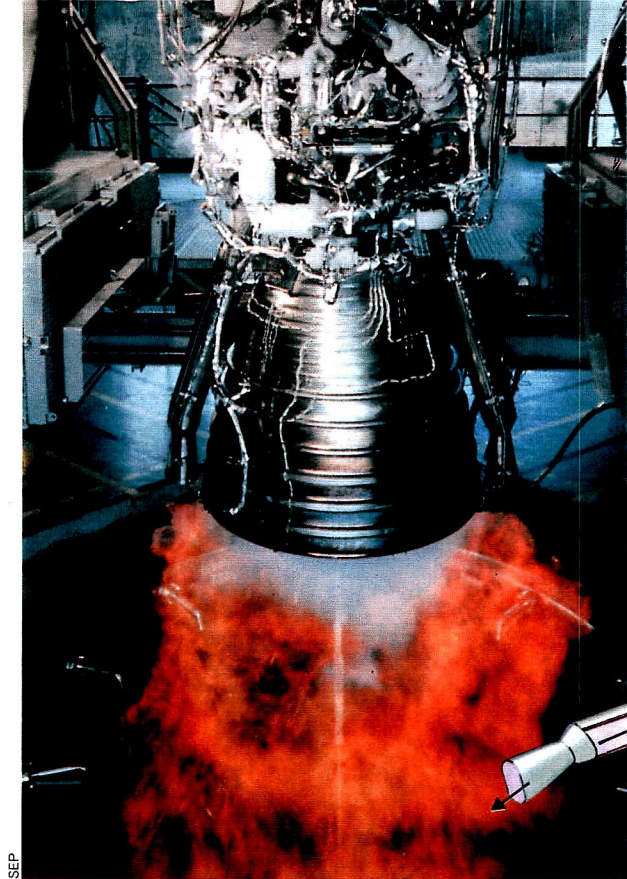
Il fallait pour cela vaincre une série de difficultés technologiques majeures. Les températures exigées, inférieures à - 252 °C, supposent une excellente protection thermique des résér-

voirs. D'autre part, elles fragilisent les matériaux employés. Enfin, la chaleur infernale suscitée par ce type de propulsion dans la chambre de combustion exige un fort refroidissement de la tuyère par un flux de gaz froids.

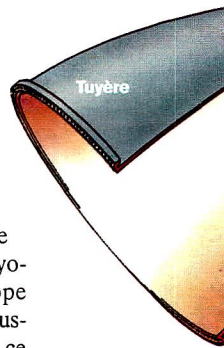
Jusqu'ici, seuls les Américains, sur leurs navettes spatiales, et les Russes, sur la fusée *Energia*, maîtrisaient ces gros propulseurs cryotechniques. L'Europe avait bien déjà, elle aussi, une expérience en ce domaine, avec les moteurs HM7 et HMB7 équipant les troisièmes étages d'*Ariane 1* à 4.

Mais leur poussée n'excédait pas 6,4 t, alors que Vulcain atteindra 100 t.

Cependant, ce propulseur reste insuffisant pour faire décoller la fusée. L'étage principal cryotechnique (EPC), de 5,4 m de diamètre, est donc flanqué de deux étages d'accélération à poudre (EAP). La "poudre" est en fait un propergol solide, stocké sur les parois intérieures d'un cylindre. Ces étages d'accélération présentent l'avantage d'être relativement peu chers à



SEP



## Attention au dépassement de budget !

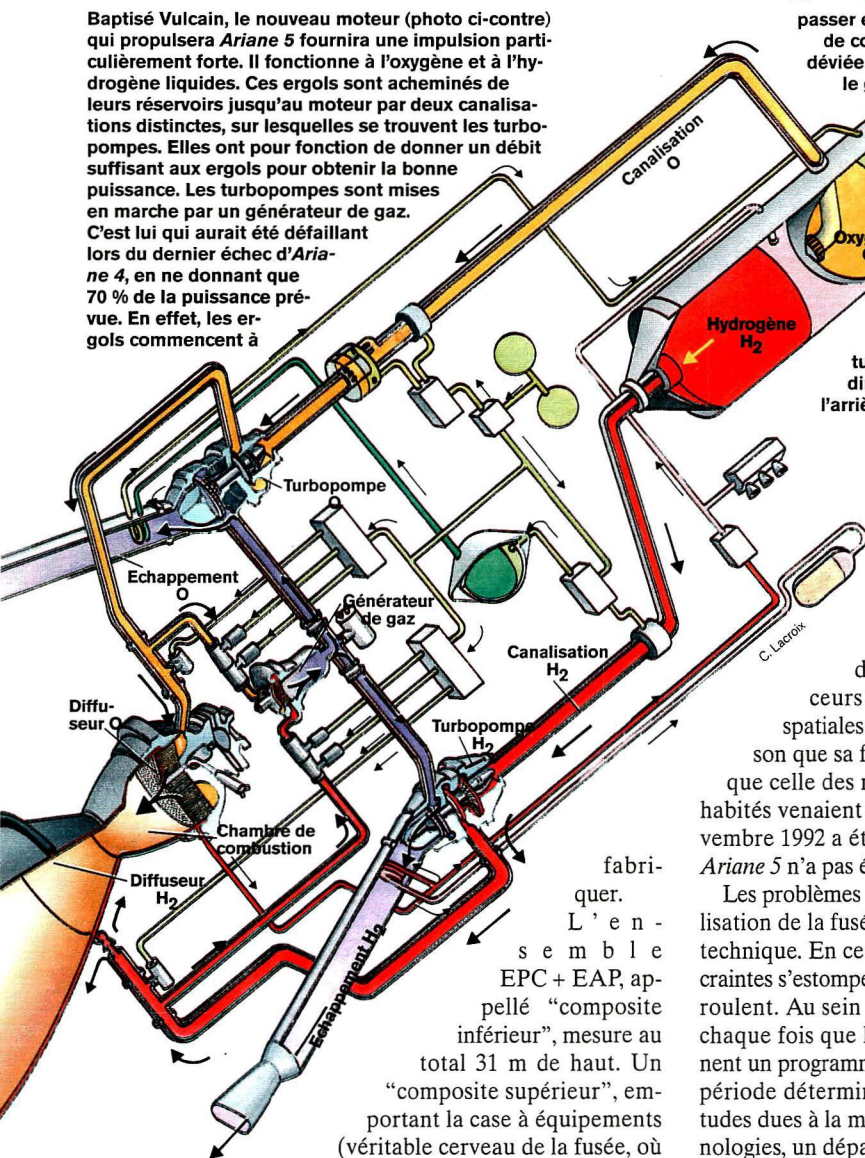
(1) Substances dont la réaction chimique génère l'énergie utilisée pour alimenter les moteurs-fusées.



# Pièce maîtresse : un moteur superpuissant

Baptisé Vulcain, le nouveau moteur (photo ci-contre) qui propulsera *Ariane 5* fournira une impulsion particulièrement forte. Il fonctionne à l'oxygène et à l'hydrogène liquides. Ces ergols sont acheminés de leurs réservoirs jusqu'au moteur par deux canalisations distinctes, sur lesquelles se trouvent les turbopompes. Elles ont pour fonction de donner un débit suffisant aux ergols pour obtenir la bonne puissance. Les turbopompes sont mises en marche par un générateur de gaz. C'est lui qui aurait été défaillant lors du dernier échec d'*Ariane 4*, en ne donnant que 70 % de la puissance prévue. En effet, les ergols commencent à

passer et à se consumer dans la chambre de combustion. Une partie des flux est déviée avant combustion pour alimenter le générateur de gaz et faire tourner les turbopompes encore plus vite (jusqu'à 35 000 tours/minute pour la turbopompe à hydrogène, 13 000 tours/minute pour la turbopompe à oxygène). Ils sont ensuite évacués par un échappement. Une faible partie de l'hydrogène, encore très froid après son passage dans la turbopompe, est utilisé pour refroidir la tuyère avant d'être éjecté vers l'arrière, participant ainsi à la poussée.



fabriquer.

L'ensemble EPC + EAP, appelé "composite inférieur", mesure au total 31 m de haut. Un "composite supérieur", emportant la case à équipements (véritable cerveau de la fusée, où sont regroupés ordinateurs de bord, télémètres, équipements électriques, etc.) et la charge utile, est placé par-dessus. Simple passager du composite inférieur au début du vol, il poursuivra ensuite sa route, propulsé par un "étage à propergols stockables" (EPS).

Adoptée définitivement à la conférence interministérielle de La Haye, en novembre 1987, cette formule de lanceur devrait coûter 10 % de moins à mettre en œuvre qu'une *Ariane* classique, et atteindre une fiabilité de 98,5 %, compatible avec l'envoi d'équipages dans l'espace. Mais, «dès le projet initial, les missions commerciales, en concurrence avec les navettes américaines, ont représenté l'objectif majeur d'*Ariane*

5», rappelle Daniel Mugnier, directeur du département lanceurs au Centre national d'études spatiales (CNES). «C'est pour cette raison que sa fiabilité devait être aussi bonne que celle des navettes américaines. Les vols habités venaient en "bonus". Et, lorsqu'en novembre 1992 a été décidé l'abandon d'*Hermès*, *Ariane 5* n'a pas été remise en cause.»

Les problèmes susceptibles d'empêcher la réalisation de la fusée étaient d'ordres financier et technique. En ce qui concerne les premiers, les craintes s'estompent à mesure que les tests se déroulent. Au sein de l'ESA, il existe une règle : chaque fois que les Etats membres entreprennent un programme, ils votent un budget sur une période déterminée. Compte tenu des incertitudes dues à la mise au point de nouvelles technologies, un dépassement éventuel de 20 % est accordé. Au-delà, une discussion s'ouvre, donnant aux partenaires qui le souhaitent la possibilité de se retirer. «A l'heure actuelle, nous estimons qu'au soir du deuxième lancement de qualification nous aurons dépensé 117 % de l'enveloppe de départ, ce qui nous laisse encore une petite marge, affirme Jacques Durand, chef du programme *Ariane 5*. Pour un programme aussi ambitieux, décidé dès 1987, c'est une très bonne performance. Pour s'en convaincre, il suffit de la comparer au tunnel sous la Manche ou au Concorde.»

«Dans la phase actuelle de développement, tout problème important entraînera un retard qui provoquera des dépenses supplémentaires. Mais les 3 % qui manquent pour que le budget



# BASE DE KOUROU : VINGT-DEUX JOURS POUR LANCER ARIANE

► atteinse sa limite maximale représentent tout de même une somme énorme, et il est peu vraisemblable que nous dépassions les 120 %», ajoute Jean-Jacques Dordain, directeur de la stratégie à l'ESA.

Au chapitre des finances figure également l'état du marché. Or, si, aujourd'hui, la mise sur orbite des satellites de communication représente 75 % des lancements d'*Ariane 4*, le nombre de ces derniers commence à diminuer. Cela tient au fait que leur taille et leur durée de vie augmentent. «Malgré cette tendance, *Ariane 5*, qui pourra accomplir de cinq à huit vols par an, restera adaptée à la situation», soutient Jacques Durand.

Pourtant, un doute subsiste devant la multiplication des concurrents. Outre la navette américaine, *Ariane 5* va devoir livrer bataille aux lanceurs russes Proton et japonais H2. Dans une moindre mesure, les fusées chinoises Longue Marche 3 et indiennes PSLV, emportant des charges moins importantes, représentent une menace pour *Ariane 5*. Son excellent taux de fiabilité suffira-t-il alors à faire la différence et à emporter le morceau ?

Reste, pour remplir pleinement le contrat financier, à tenir les délais de fabrication. En juin dernier, lors de la troisième mise à feu d'un propulseur à poudre, Guy Laslandes, directeur du programme *Ariane 5* au CNES, déclarait déjà : «Nous entrons dans une phase d'essais intensifs, et la date du 3 octobre 1995 pour le premier vol sera difficile à tenir.» Le 20 octobre 1994, un communiqué de presse de l'ESA venait confirmer cette incertitude en révélant que le lancement était reporté au 29 novembre 1995. Même si ce retard de deux mois n'a rien de dramatique, il montre combien le calendrier d'*Ariane 5* est serré. D'autres contretemps finiraient, à terme, par avoir ►

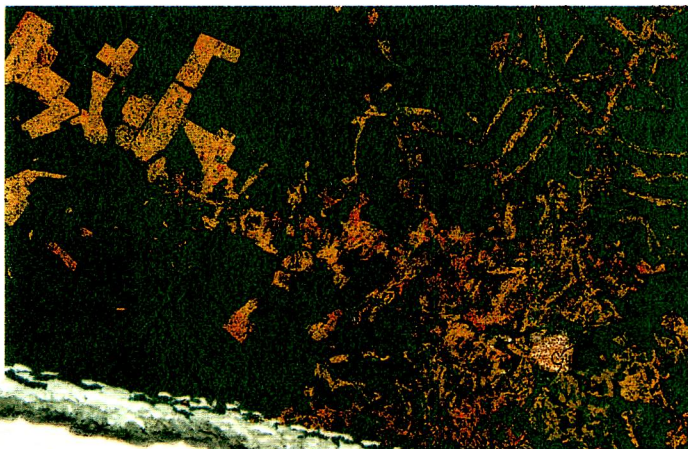
La campagne de lancement d'*Ariane 5* durera vingt-deux jours. Les étages d'accélération à poudre, déjà assemblés dans le bâtiment d'intégration des propulseurs (BIP) ① et testés sur le banc d'essai des accélérateurs à poudre (BEAP) ②, seront acheminés en position verticale, par voie ferrée, jusqu'au bâtiment d'intégration des lanceurs (BIL) ③. Là, ils seront assemblés avec l'étage principal cryotechnique, venu de France par bateau, la case à équipements et l'étage à propulseurs stockables (EPS) du composite supérieur. Les opérations dans ce bâtiment (80 000 m<sup>3</sup>, 58 m de haut) durent treize jours.

L'ensemble quitte ensuite le BIL sur une table de lancement mobile (870 tonnes

à vide), parcourt 1 200 m de voies ferrées et pénètre dans le bâtiment d'assemblage final (BAF) ④. Les dimensions de ce bâtiment sont encore plus impressionnantes : 90 m de haut, 123 000 m<sup>3</sup> entièrement climatisés. En huit jours, la charge utile prend place à bord, la coiffe est intégrée et l'EPS rempli d'ergols.

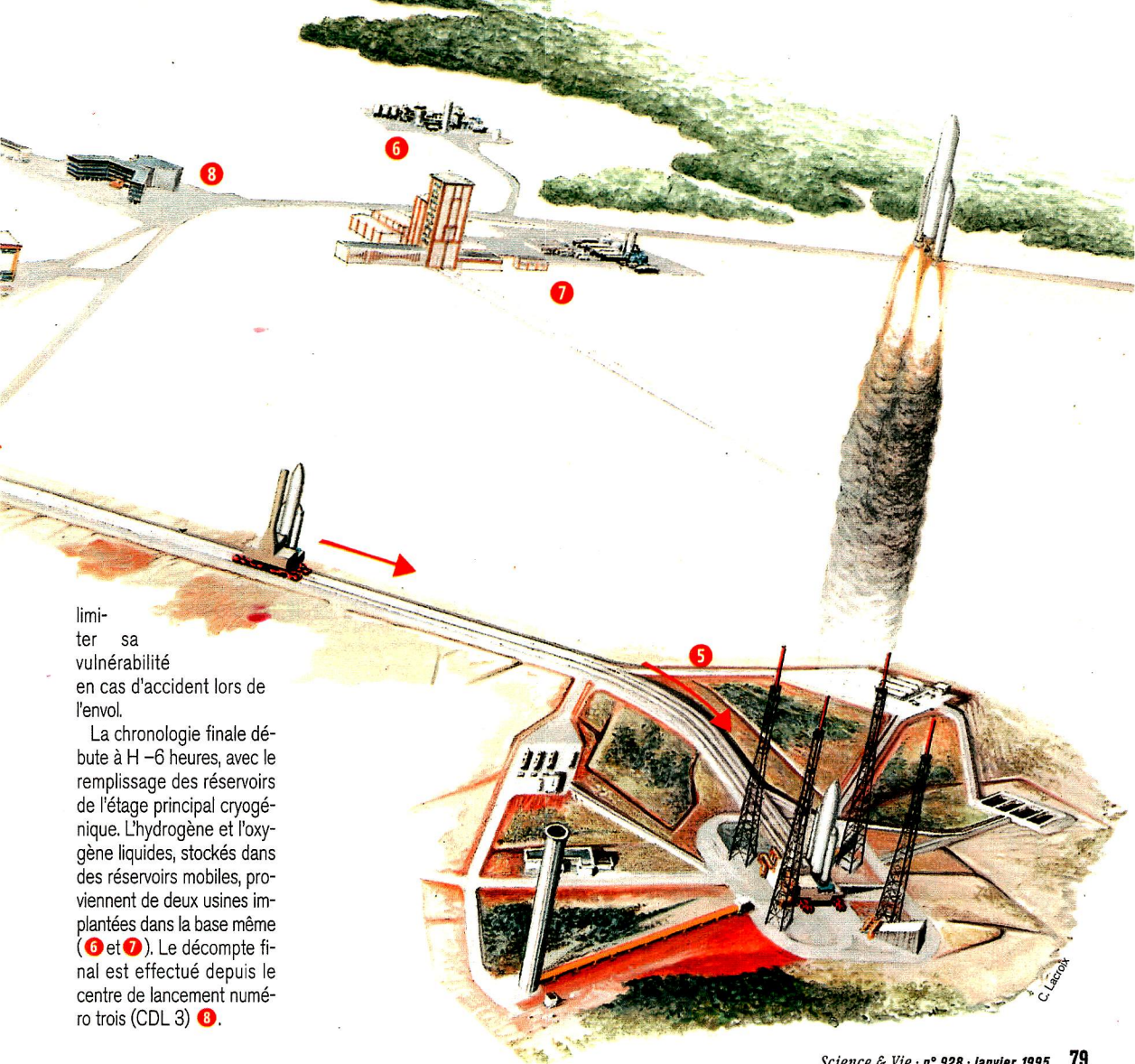
Neuf heures avant le décollage, les 1 500 tonnes de la table de lancement et de la fusée vont rejoindre, toujours sur des rails, la zone de lancement ⑤, distante du BAF de 2 800 m. Celle-ci comporte un minimum d'installations fixes de manière à





Le centre spatial de Kourou, en Guyane (ici, vu par le satellite ERS-1), d'où décollera Ariane 5 le 29 novembre prochain.

ESA



limiter sa vulnérabilité en cas d'accident lors de l'envol.

La chronologie finale débute à H -6 heures, avec le remplissage des réservoirs de l'étage principal cryogénique. L'hydrogène et l'oxygène liquides, stockés dans des réservoirs mobiles, proviennent de deux usines implantées dans la base même (6 et 7). Le décompte final est effectué depuis le centre de lancement numéro trois (CDL 3) 8.



## ARIANE 5

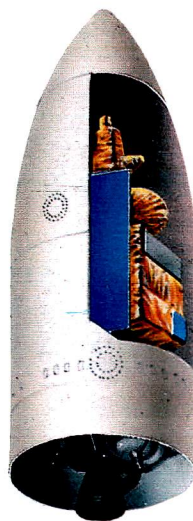
- une réelle incidence financière, puisqu'il faudrait payer plus longtemps les six mille personnes travaillant sur le projet.

Enfin, l'ESA ne gagnera son pari que si elle surmonte tous les problèmes techniques inhérents à la réalisation de son nouveau cheval de bataille. A cause de sa taille imposante, *Ariane 5* exigeait notamment la construction de nouvelles installations sur la base spatiale de Kourou. Après ELA 1 (ensemble de lancement 1) pour *Ariane 1* et 2, et ELA 2, qui sert actuellement aux *Ariane 4*, ELA 3 commence son existence (voir encadré page précédente). Ce complexe, colossal par rapport aux deux autres, s'étend sur 2 100 hectares. Les travaux, quasiment terminés, auront coûté 400 millions d'ECU (environ 2,6 milliards de francs). A l'heure actuelle, tout est déjà opérationnel, sauf le bâtiment d'assemblage final (BAF), encore en chantier, qui devrait être achevé au début du mois de mars 1995.

En ce qui concerne la fusée elle-même, et après l'explosion de la navette spatiale américaine *Challenger*, en janvier 1986, il fallait s'assurer que la technique des propulseurs à poudre serait parfaitement maîtrisée. «Avant toute chose, leur mise au point a été notre premier souci dans le développement d'*Ariane 5*, explique Jacques Durand. Ils produisent plus de 90 % de la poussée pendant deux minutes. Il était donc inconcevable de lancer le programme sans posséder totalement ces éléments. Nous avons fait des essais très poussés, notamment sur les joints d'étanchéité entre les trois segments. Nous avons même effectué des tests de pression avec des cas volontairement dégradés, afin de disposer d'une bonne marge de sécurité.»

Les recherches sur ces propulseurs ont, en premier lieu, demandé d'importants aménagements sur le site de Kourou. En effet, étant donné leur taille (3 m de diamètre, 31 m de haut, et 267 t une fois chargés) et les risques encourus en cas d'explosion, les essais des propulseurs à poudre devaient se dérouler loin des zones à forte densité de population. Toujours pour des raisons de sécurité, il valait mieux éviter de transporter les segments chargés entre l'Europe et la Guyane. Une usine de confection de la poudre a donc été implantée dans la base de Kourou même. Baptisée Usine de propergol de Guyane (UPG), elle permet de charger ensuite la poudre dans les deux segments inférieurs – les plus gros – de chaque propulseur, emportant respectivement 107,6 et 106,5 tonnes de poudre. Une

◀ Pour les vols habités



▲ Pour un simple satellite

## Des coiffes à la carte

La configuration du composite supérieur d'*Ariane 5* dépendra de sa mission. Avant tout destinée au lancement de satellites de communication, elle permet d'emporter un petit satellite en orbite géostationnaire (coiffe courte), ou un plus gros (ou encore 20 t de fret) en orbite basse (coiffe longue). Une structure spéciale (SPELTRA) permet le lancement simultané de deux satellites géostationnaires. Mais *Ariane 5* pourra aussi envoyer dans l'espace une capsule habitée.

fois ceux-ci remplis, le fait qu'ils soient déjà sur place procure deux avantages : la suppression de tout choc thermique, et la possibilité d'un transport en position verticale, de manière à éviter toute contrainte mécanique lors de manœuvres de basculement. Le premier segment, le plus court (22,5 t de poudre), à cause de sa structure délicate à obtenir, est entièrement fabriqué en Allemagne puis transporté en Guyane. C'est lui qui donne la forte poussée initiale nécessaire au décollage, sa section en étoile offrant une plus grande surface de combustion.





## ◀ Pour un satellite lourd



## SPELTRA ▶ pour deux satellites géostationnaires

En février 1993, ces trois segments ont parcouru les quelques centaines de mètres qui séparent l'usine de poudre du bâtiment d'intégration des propulseurs (BIP). Le premier propulseur en est sorti en position verticale, pour arriver sur le banc d'essai d'accélérateurs à poudre (BEAP). Cinq mises à feu statiques (simulations de tir dans lesquelles l'étage est retenu au sol) ont eu lieu, permettant d'enregistrer chaque fois quelque 600 paramètres (échauffement, poussée, rejets de la combustion...). Deux autres tirs en configuration de vol restent à effectuer avant le 29 novembre.

Entre les deux accélérateurs à poudre doit prendre place l'EPC, le gros étage à propulsion cryotechnique d'Ariane 5. Dans ce domaine, l'ESA possède, comme nous l'écrivions plus haut, une expérience qui remonte aux années soixante. Mais, pour arracher Ariane 5 à l'attraction terrestre, le moteur Vulcain devait at-

teindre les 100 t de poussée. «Depuis le 5 juillet 1990, 192 essais de Vulcain ont eu lieu, totalisant 50 000 secondes [soit environ treize heures], précise Jacques Durand. En vol, il doit fonctionner 600 secondes d'affilée, et nous avons réussi plusieurs tirs dépassant les 900 secondes. Un même moteur a même marché plusieurs fois, cumulant 10 000 secondes, ce qui nous donne une grande marge par rapport aux exigences.» Si, ces derniers mois, une turbopompe a pris feu, Daniel Mugnier se veut rassurant : «Il s'agissait d'une première définition. Nous avons utilisé des pièces en aluminium, moins résistantes, pour gagner du temps. Cet incident n'a pas de répercussions sur le programme.»

De son côté, le moteur à propergols liquides stockables du composite supérieur, qui doit fonctionner 11 300 secondes dans l'espace, a subi avec succès des essais plus long, sous vide, avec le reste de l'étage.

Si le difficile pari d'Ariane 5 est bien engagé, il n'est pas encore gagné pour autant. Chaque élément du système semble au point, mais il reste un bon nombre d'essais d'intégration à réaliser – ce qui signifie qu'il faut désormais tester les éléments ensemble. Cette étape est déjà largement entamée pour ce qui concerne les moyens au sol en Guyane. Depuis le 5 septembre 1994 se déroule la campagne Battleship, gigantesque préparation

## Reste à transformer les essais

ayant pour objectif de passer en revue toutes les opérations – prévues ou accidentelles – susceptibles d'arriver au cours d'un lancement. Le pas de tir, surmonté de l'étage principal renforcé afin de parer à une éventuelle explosion, a subi plusieurs allumages du moteur Vulcain, volontairement avortés au bout de quelques secondes pour tester la sécurité.

Depuis la course à la Lune entre Américains et Soviétiques, jamais un programme spatial n'avait été aussi serré. Même si, jusqu'à présent, l'Europe semble en passe de réussir ce tour de force, le suspense reste entier. Son indépendance spatiale est à ce prix. ■



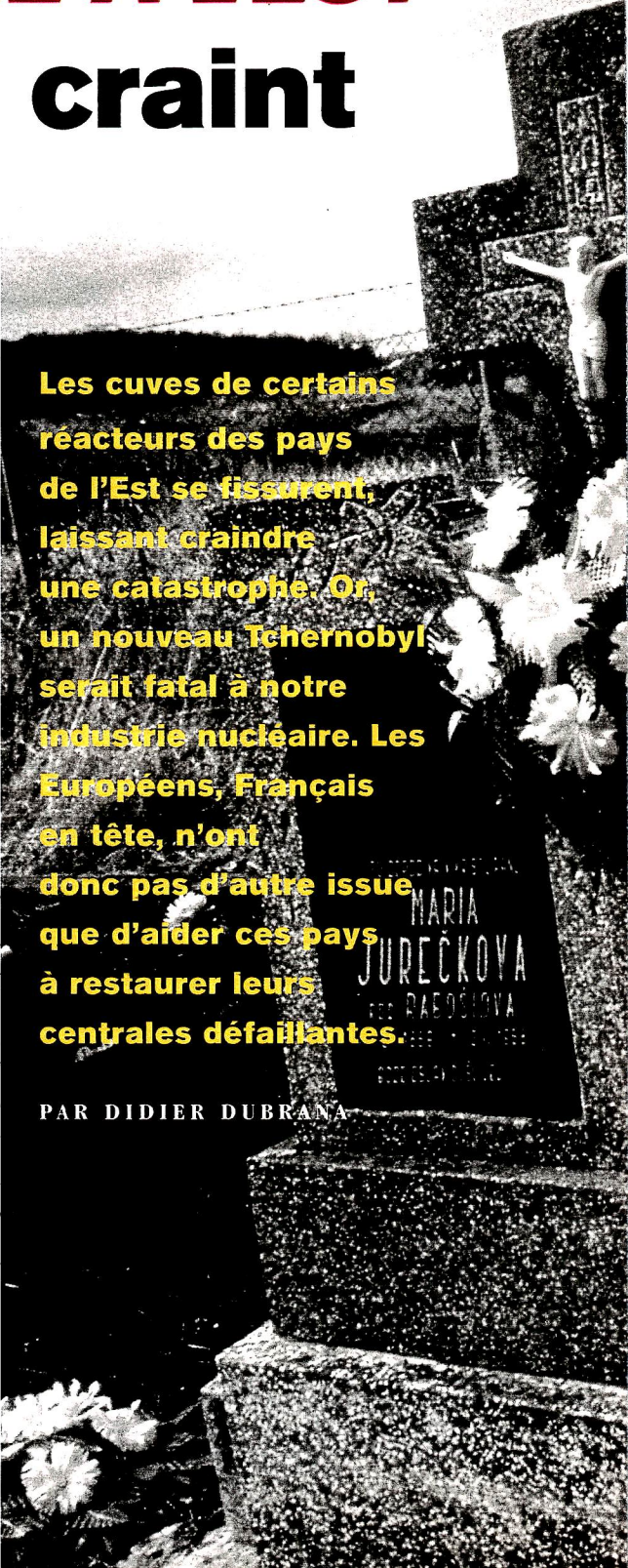
# NUCLÉAIRE À L'EST

## L'Europe craint le pire...

Le 17 octobre dernier, la tranche 3 de la centrale nucléaire de Tchernobyl a été de nouveau arrêtée pour une fuite dans le circuit primaire du réacteur. Bien que, selon Serguei Parachine, directeur de la centrale, «l'incident n'ait pas provoqué de montée de radioactivité», pour les Occidentaux, la centrale ukrainienne reste et restera pour longtemps encore le symbole du délabrement du parc nucléaire à l'Est. C'est ce sinistre état qui a poussé l'Union européenne à engager de fabuleux et coûteux programmes de rénovation.

Finalement, c'est un budget de plus de 400 millions d'ECUS (environ 2,6 milliards de francs) qui a été débloqué sur quatre ans pour financer deux grands programmes d'assistance technique aux pays de l'Est : TACIS (Technical Assistance to Commonwealth of Independent States) et PHARE (Pologne, Hongrie à la reconstruction économique). Cette manne financière est le prix à payer pour la sécurité des pays de l'Est mais aussi pour la nôtre. Les nuages radioactifs se jouent des frontières administratives.

La centrale nucléaire de Kozloduy est le premier maillon de cette chaîne de solidarité tendue entre l'Est et l'Ouest (voir *Science & Vie* n° 922, p. 116). Des travaux de réparation ont permis d'éviter l'arrêt définitif des deux premières tranches construites entre 1973 et 1975, tout en améliorant aussi les systèmes de sécurité – sans pour autant répondre totalement aux normes occidentales. Mais les Européens ont à peine eu le temps d'apprécier l'efficacité de leur travail que de nouvelles difficultés apparaissent à Kozloduy. En effet, la cuve du réacteur 1 (un VVER-230, comme, d'ailleurs, tous les réacteurs de cette centrale) menacerait de se fissurer : le bombardement neutronique qui anime le cœur de toute centrale nucléaire, associé à une variation brutale de température due à une rupture



**Les cuves de certains réacteurs des pays de l'Est se fissurent, laissant craindre une catastrophe. Or, un nouveau Tchernobyl serait fatal à notre industrie nucléaire. Les Européens, Français en tête, n'ont donc pas d'autre issue que d'aider ces pays à restaurer leurs centrales défaillantes.**

PAR DIDIER DUBRANA





Visum/Wolfgang Stecher

## Fermer une centrale : un luxe

La centrale nucléaire de Greifswald, dans l'ex-Allemagne de l'Est, a été arrêtée définitivement pour des raisons de sécurité. Mais, alors que l'Allemagne réunifiée peut se permettre un tel luxe, les autres pays de l'Est sont obligés de réparer leurs centrales, souvent au mépris des normes de sécurité internationales, pour continuer à alimenter leur industrie.

FRANÇOIS SUBA/REI



► de canalisation sur le circuit secondaire, pourrait déclencher une catastrophe. Rappelons que la réaction de fission nucléaire est la rupture d'un noyau lourd d'uranium 235 (le combustible nucléaire) sous l'impact d'un neutron. Cela provoque un dégagement d'énergie (environ 200 millions d'électronvolts). Cette réaction s'accompagne de la libération de produits radioactifs et de deux ou trois neutrons. Ces derniers déclenchent à leur tour la fission d'autres noyaux et la libération d'autres neutrons : c'est ce que l'on appelle la réaction en chaîne.

Il faut ajouter que les cuves de réacteurs de Kozloduy ont été fabriquées en ex-Union soviétique, et qu'il a fallu réduire leur diamètre pour faciliter leur transport par train vers la Bulgarie. Résultat : les cuves étant plus petites, le bombardement y est proportionnellement plus intense, ce qui les fragilise (voir encadré page ci-contre). De plus, les soudures entre les différents cylindres métalliques qui les composent sont autant de points sensibles à l'attaque neutronique (c'est le cas de toutes les cuves, mais, ici, le sous-dimensionnement augmente la densité du bombardement reçu). « A terme, si rien n'est fait, c'est donc la rupture de la cuve qui menace ce type de réacteur », confie Jean-Luc Milhem, ingénieur sûreté, chargé de mission pour l'international à l'Institut de protection et de sûreté nucléaire (IPSN) de Fontenay-aux-Roses. Pour l'IPSN, le compte à rebours est désormais enclenché, et « la démonstration rigoureuse de la tenue de la cuve du réacteur 1 constitue un préalable indispensable à la continuité de l'exploitation », ajoute Jean-Luc Milhem.

Les Bulgares – qui ne peuvent pas se payer le luxe de fermer ces tranches sans asphyxier leur industrie – proposent donc d'arrêter le réacteur le temps de recuire sa cuve, afin qu'elle retrouve sa solidité d'origine. Cette technique, déjà utilisée sur la tranche 1 avant l'arrivée des Occidentaux et sur la tranche 2 en 1992, consiste à chauffer la cuve (allégée de l'ensemble de son combustible) à 650 °C pendant dix heures. Cela provoque un réarrangement des cristaux métalliques qui retrouvent pour un temps leur solidité d'origine. Cette technique a aussi été utilisée aux États-Unis, mais de là à savoir si l'on peut renouveler un tel procédé sans remettre en cause la sécurité de l'installation nucléaire... Cela demande réflexion.

## Un but : installer des autorités de sûreté fiables

La poursuite de la coopération engagée entre les Bulgares et les Occidentaux s'avère plus que jamais primordiale. Son issue révélera la qualité de l'assistance technique développée à l'Est par « solidarité entre électriciens », précise Jean-Pierre Barret, directeur des programmes de sûreté nucléaire dans les pays de l'Est. Mais, surtout, elle devrait démontrer l'efficacité de l'autorité de sûreté bulgare (Bulgare nuclear surety authorities – BNSA) renforcée par les conseils du

binôme franco-allemand Riskaudit, composé de l'IPSN et de son homologue allemand la Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit (GRS).

Car, en fait, le fruit de la coopération technique serait totalement inutile sans l'émergence d'une véritable « culture de sûreté » dans les installations nucléaires de l'Est. En France, cette « culture » repose sur un triumvirat regroupant l'exploitant (EDF), l'autorité de sûreté (Direction de la sûreté des installations nucléaires – DSIN) et les constructeurs ou bureaux d'étude (Framatome...).



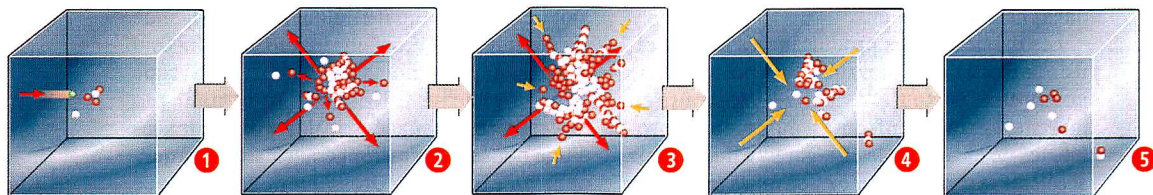
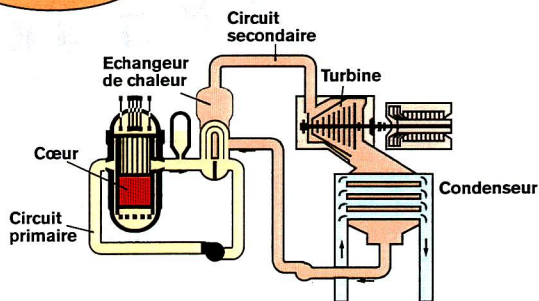
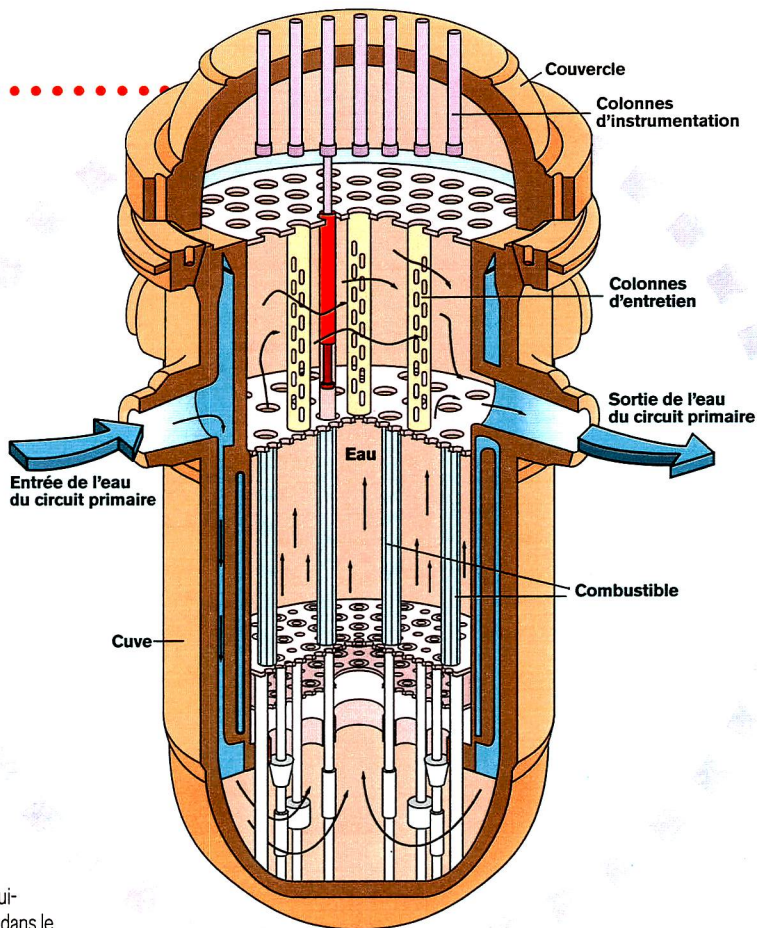
## Dix réacteurs nous menacent

Tous les réacteurs VVER-230 peuvent avoir un problème de fissuration de cuve. Les Occidentaux aimeraient bien les voir disparaître...



# LES CENTRALES MALADES DU CŒUR

La cuve renferme le cœur du réacteur nucléaire. C'est là que l'on trouve les barres d'uranium (100 tonnes) placées côte à côte dans un panier en acier inoxydable. Ce sont elles qui dégagent l'énergie lors de la fission des noyaux d'uranium. L'eau qui circule à grande vitesse, de bas en haut, entre les barres, s'échauffe à leur contact. A la sortie de la cuve, cette eau du circuit primaire (en jaune), activée par une pompe, traverse, avant de revenir à la cuve, un échangeur de chaleur. Elle cède alors ses calories à l'eau du circuit secondaire (en beige) qui se trouve transformée en vapeur. Cette vapeur sous pression actionne une turbine qui entraîne l'alternateur, produisant ainsi l'électricité. La vapeur passe enfin dans le condenseur, où elle revient à l'état liquide. Et le cycle recommence. La séparation complète du circuit primaire et du secondaire est primordiale car, du fait de son passage dans le rayonnement neutronique du cœur, l'eau du premier circuit est radioactive. A Kozloduy, pour les réacteurs de type VVER-230, c'est l'étanchéité de la cuve qui serait menacée par le bombardement neutronique (voir ci-dessous). A terme, si rien n'est fait, on pourrait avoir, en cas de fissure grave, une fusion du cœur – un scénario envisagé dans le célèbre film *Le Syndrome chinois*.



## JEU DE BILLARD

La collision entre un neutron et un atome d'acier bouleverse la structure atomique du métal. Lors d'un tel choc, l'atome heurté est éjecté de son site. Il laisse derrière lui une place vide,

une lacune (en blanc) ①. Ce premier atome heurté déplace d'autres atomes ② qui font de même, et ainsi de suite : c'est le phénomène de cascade ③. A la fin du bombardement

neutronique, lors de la phase de "recombinaison" ④, tous les atomes d'acier ne retrouvent pas leur position initiale : ils laissent des espaces libres qui fragilisent le métal ⑤.





## Les arrière-pensées de l'aide européenne

Pour l'instant, il faut réparer les vieilles centrales. Mais, bientôt, il faudra peut-être en construire de nouvelles. L'échiquier commercial est déjà en place, n'attendant que le signal du départ.

► Jusqu'à l'arrivée des Occidentaux, la sûreté dans les centrales de l'Est était assurée par le seul exploitant, qui faisait la pluie et le beau temps sur les sites, avec les accrocs que l'on connaît. Il a fallu plus de trois ans pour faire admettre aux Bulgares que la sécurité de leurs installations repose sur la présence d'un organisme de contrôle totalement indépendant. « Aujourd'hui, c'est le moment de tester si la machine est bien rodée dans cette affaire de cuve vieillissante », conclut Jean-Luc Milhem, « d'autant que l'expérience bulgare doit faire école dans l'ensemble des pays de l'Est. » Des autorités de sûreté fiables doivent être créées dans chacun d'entre eux.

Les mêmes causes produisant les mêmes effets, la Russie et la Slovaquie, qui possèdent de nombreux réacteurs VVER-230, toujours en marche, seront confrontés aux mêmes problèmes de cuves que les Bulgares. « Il faut donc accélérer la construction de nouvelles tranches à Mochovce (des VVER-213 répondant aux normes occidentales) pour permettre aux slovaques de se débarrasser de leurs réacteurs de type VVER-230 de Bonitche », conclut Jean-Pierre Barret. Ce même type de marchandage a

été aussi récemment proposé aux Russes lors de la réunion du G 7 : financer l'achèvement de la construction de trois nouvelles tranches, à Rovno, Khmelnytsky et Zaporopjje, pour arrêter le cauchemar ukrainien.

Mais qui payera l'addition ? Le citoyen européen, par le biais de la TVA (taxe sur la valeur ajoutée) dont une partie alimente le budget de la communauté européenne. Les Etats-Unis ont investi cinq fois moins d'argent que l'Europe pour la sécurité à l'Est. Ne se sentant pas directement menacé par les conséquences d'une nouvelle catastrophe nucléaire, ils attendent un éventuel redressement économique pour conclure des contrats juteux avec ces pays. Quant à la France, elle est condamnée à coopérer pour éviter un second Tchernobyl qui remettrait en cause sa politique du tout nucléaire. ■



# LEUR VIE EST ENTRE VOS MAINS : OUVREZ LEUR LE CHEMIN DE L'ÉCOLE

**En donnant 120 francs chaque mois à l'Association « Enfants du Mékong », devenez le parrain d'un enfant du Mékong. Si 120 francs offerts mensuellement ne sont pas négligeables pour ceux qui les donnent, là-bas, pour un enfant, ils représentent un budget capable de transformer sa vie et celle de sa famille.**

## Et si 120 francs valaient encore plus ?

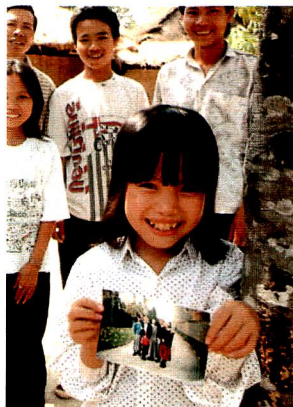
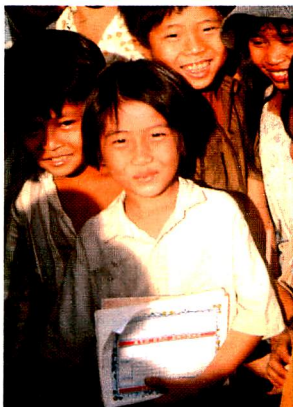
120 francs ce peut être beaucoup plus que ce que nous imaginons. En France, c'est la somme dont on a besoin pour faire un demi-plein d'essence, acheter deux paquets de lessive...

Dans ces pays, Vietnam, Cambodge... où la pauvreté est si grande et l'école payante, la plupart des enfants sont obligés de travailler dès l'âge de 7 ans. Sans scolarisation, ces enfants sont voués à la misère totale, aujourd'hui... et tout au long de leur vie. Sans niveau d'instruction suffisant de la population, l'avenir des pays du Mékong est également compromis.

120 francs permettent à un enfant d'apprendre à lire et à écrire mais aussi de se nourrir et de se vêtir. Il n'est plus alors une charge pour sa famille et il peut même l'aider.

## Une alliance efficace.

Présente sur le terrain depuis 36 ans « Enfants du Mékong » est une organisation non gouvernementale qui se charge du fonctionnement des établissements scolaires et pourvoit sur place aux besoins des enfants par le parrainage de donateurs français. La Fondation Hachette s'associe à



complémentaires : la parfaite connaissance du terrain d'une association à taille humaine et la puissance du groupe de communication Hachette donnent des résultats très positifs. Chaque jour des sourires retrouvés sont leur plus belle récompense.

## Le parrainage : une main tendue.

Pour Thy, 11 ans, l'es-

pérance d'une vie meilleure vient de très loin. C'est de France qu'une femme lui a tendue la main pour lui permettre d'accéder à l'école. Mère de 3 enfants, Martine Lagrange a d'abord pensé accueillir un enfant vietnamien chez elle. Elle réalise ensuite qu'il est préférable de laisser ces enfants dans leur famille d'origine. Le parrainage lui semble alors être la solution idéale pour soutenir un enfant. Grâce à « Enfants du Mékong », elle verse 120 francs par mois et établit une correspondance régulière avec Thy. Dans ses lettres, cette dernière lui raconte sa vie quotidienne, sa famille, ses espoirs et ses progrès à l'école. Martine Lagrange sait qu'elle a peu de chance de jamais rencontrer sa jeune protégée. Son acte d'amour désintéressé n'en a que plus de poids.



« Enfants du Mékong » et assure la construction ou la rénovation des écoles et l'envoi de livres. Dès le début ces deux organismes, de compétence reconnue, se découvrent idéalement



Enfants  
du Mékong

AIDE À L'ENFANCE DU SUD-EST ASIATIQUE

36.15 EPHATA \* EDM

**COUPON À RENVoyer À : « ENFANTS DU MEKONG » - 5, RUE DE LA COMÈTE - 92600 ASNIÈRES. TÉL. : (1) 47 91 00 84**

☐ **OUI**, je m'associe à l'effort de la Fondation Hachette et « Enfants du Mékong ». Je désire recevoir mon dossier personnel de parrainage, comportant la photo de mon filleul. Je joins dès aujourd'hui un premier chèque de 120 F à l'ordre de « Enfants du Mékong ».

☐ Je souhaite recevoir un formulaire de prélèvements automatiques mensuels.

☐ Je souhaite régler par chèque bancaire.

☐ **OUI**, je soutiens l'action humanitaire de « Enfants du Mékong ».

Je ne souhaite pas parrainer un enfant aujourd'hui, mais je m'associe à votre action en joignant un don de .....F.

**Important :** un reçu fiscal vous sera adressé tous les ans. Vous pourrez ainsi déduire votre don de votre revenu imposable dans les limites fixées par la loi. Vous recevrez également la revue « Enfants du Mékong » (6 numéros par an.)

NOM : .....

PRÉNOM : .....

ADRESSE COMPLÈTE : .....

.....

VILLE : .....

CODE POSTAL : .....

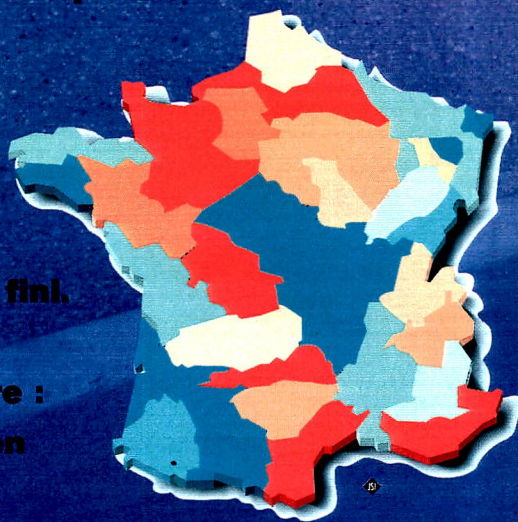
TÉLÉPHONE : .....

PROFESSION (facultatif) : .....



# L'eau à prix d'or

L'eau douce est précieuse. Mais si, sur fond de scandales politico-financiers, elle a augmenté en France de 30 % en trois ans, ce n'est pas, comme le suggèrent les récentes affaires, essentiellement pour payer des pots-de-vin, mais plutôt pour dépolluer les fleuves, les rivières et les nappes phréatiques. Et ce n'est pas fini. Nous devons nous y résoudre : l'écologie a bien un prix.



**L'état de l'eau en France**

- Fortes améliorations
- Amélioration
- Faible amélioration
- Statu quo favorable
- Statu quo
- Statu quo défavorable
- Légère dégradation
- Dégradation
- Fortes dégradations

PAR DIDIER DUBRANA





**A** l'automne 1992, Ségolène Royal, alors ministre de l'Environnement, proposait la création d'un observatoire du prix de l'eau. Cet automne, Michel Barnier a demandé... «la mise en place d'un observatoire du prix de l'eau» (!), face à une assemblée d'un millier de maires réunis dans le cadre de la 2<sup>e</sup> Journée nationale de l'eau, à Paris, le 18 novembre 1994. Par ailleurs, depuis le mois de septembre, les services de la Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes ont entamé une vaste enquête pour connaître «le juste prix de l'eau» en France. Ce travail, commandé par les ministères de l'Economie et de l'Environnement, couvrira près de 700 communes (de plus de 10 000 habitants), soit un total de 25 millions d'habitants. Vingt départements livreront leurs résultats au début du

printemps. Il faudra attendre l'été pour connaître non seulement le prix exact du mètre cube d'eau selon la commune considérée, mais également les raisons des disparités existantes, et le détail des investissements réalisés.

En attendant, comme les scandales financiers concernent principalement les deux géants français de l'industrie de l'eau (la Compagnie générale des eaux et la Lyonnaise des eaux), les Français sont persuadés d'être les dindons d'une farce politico-économique. D'autant que, en 1994, le prix de l'eau a augmenté deux fois et demie plus vite que l'inflation, selon les chiffres récemment publiés par le National Utility Service (NUS), une société de conseil spécialisée dans l'analyse des factures. Et ce n'est pas fini... Les services économiques du ministère de l'Environnement prévoient encore une augmentation de ►



► 8 % par an jusqu'en 1997 pour atteindre une moyenne nationale de 15,60 F le mètre cube contre 12,40 F aujourd'hui.

Tous les Français ne sont pas égaux devant l'eau, loin sans faut, comme en témoigne la gamme de prix pratiqués aux quatre coins de l'Hexagone et qui varient de 4 F à 40 F le m<sup>3</sup> (voir histogramme ci-contre). «Ces variations d'une commune à l'autre peuvent s'expliquer tout simple-

## Vous la lavez ?



**190 litres  
2,85 F**

plement par la qualité et la proximité de la ressource utilisée», explique-t-on au ministère de l'Environnement. Certes, il est plus facile et donc moins coûteux d'avoir de l'eau potable dans une commune auvergnate qui pompe directement l'eau pure dans la nappe phréatique qu'en région parisienne, où l'on traite l'eau polluée puisée dans trois fleuves (la Seine, la Marne et l'Oise) à l'aide de sept usines qui fabriquent 800 000 m<sup>3</sup> d'eau potable par jour (un Parisien consommant en moyenne 200 litres par jour).

Ces contraintes hydrobiologiques n'expliquent pourtant pas entièrement la flambée des prix. C'est, aujourd'hui, le mode de gestion des municipalités qui vient d'être mis en cause par le ministre de l'Environnement et, au premier chef, certaines pratiques "malsaines", comme le paiement d'un droit d'entrée par les entreprises privées qui souhaitent obtenir le monopole de la distribution de l'eau, jusqu'ici réservée aux régies municipales. En retour de ce "bakchich" – comme n'hésitent pas à l'appeler certains conseillers du ministère –, l'entreprise privée s'octroie le marché de l'eau pour dix, quinze, voire même trente ans.

## Vous arrosez ?

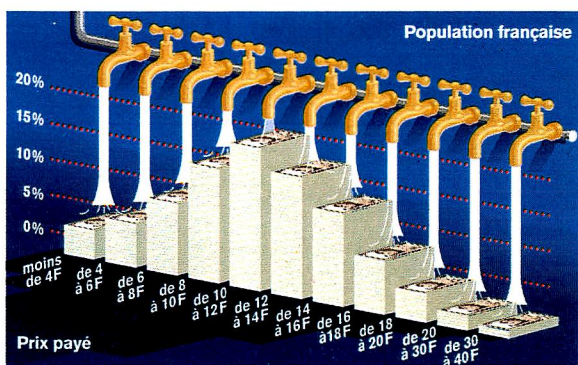


**17 litres/m<sup>2</sup>  
0,25 F**

En 1994, 40 millions de Français ont bu de "l'eau privée". Ce qui veut dire que 75 % des communes ont mis leur réseau d'eau en concession ou en affermage. Dans le premier cas, l'entreprise privée finance et réalise entièrement les équipements nécessaires à la distribution de l'eau tout en s'occupant de leur entretien et, bien entendu, de faire payer les usagers. Pour l'affermage, une partie des investissements étant financée par la municipalité, cette dernière reste propriétaire des installations mais elle les met à la disposition de l'entreprise privée qui en assure l'exploitation.

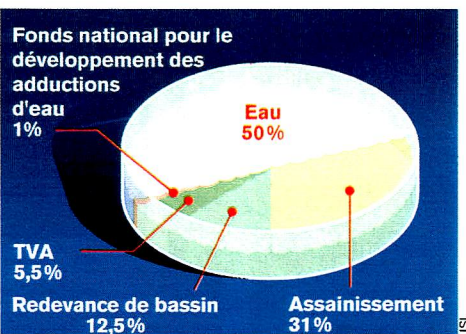
Finalement, pour le consommateur, le passage du public au privé se traduit bien souvent par

une augmentation du prix : l'eau privée est de 20 à 30 % plus chère que celle des régies municipales ! De là à conclure que les entreprises privées "se sucent" au passage... il n'y a qu'un pas, que viennent de franchir bon nombre de politiques et une majorité de Français. Le président de l'Assemblée nationale, Philippe Seguin, ne déclarait-il pas récemment dans les colonnes de notre confrère *le Monde* : «On n'échappera pas à un débat sur la nationalisation, au moins partielle, des sociétés en question [NDLR : CGE, Lyonnaise], compte tenu de l'importance déterminante qu'elles ont prise dans la vie des collectivités locales et de la suspicion que leur simple



## Les Français inégaux devant l'eau

Le prix de l'eau potable en France varie en général en fonction de la proximité de la ressource utilisée et de la densité de la population desservie. Il faut aussi tenir compte de la situation financière du gestionnaire (privé, public) qui doit rembourser des emprunts ou constituer des provisions pour l'extension ou le renouvellement des installations.



## Où va l'argent de l'eau

Seuls 50 % du prix de l'eau sont directement occasionnés par son traitement et sa distribution. Le reste concerne des taxes pour préserver l'environnement ou participer à l'effort des communes rurales.

une augmentation du prix : l'eau privée est de 20 à 30 % plus chère que celle des régies municipales ! De là à conclure que les entreprises privées "se sucent" au passage... il n'y a qu'un pas, que viennent de franchir bon nombre de politiques et une majorité de Français. Le président de l'Assemblée nationale, Philippe Seguin, ne déclarait-il pas récemment dans les colonnes de notre confrère *le Monde* : «On n'échappera pas à un débat sur la nationalisation, au moins partielle, des sociétés en question [NDLR : CGE, Lyonnaise], compte tenu de l'importance déterminante qu'elles ont prise dans la vie des collectivités locales et de la suspicion que leur simple



# VOTRE FACTURE À LA LOUPE

La consommation de cet abonné correspond exactement à la moyenne nationale (soit 120 m<sup>3</sup> par an). Le prix de l'eau dans cette commune est de 15,80 F/m<sup>3</sup>. Il est à noter que l'essentiel du montant total de la facture (taxes, fonds, redevance, etc.) est indexé sur la consommation de l'abonné.

FRANCAISE  
DES EAUX

SA Au capital 6.000.000 Siret xxxx

Facture du  
31 mars 1994  
n° client xxxxxxxx

Règlement : 6 rue de la Buvette, 91440 Les Fontaines  
Bureaux : 6 rue de la Buvette, 91440 Les Fontaines  
Ouvert du lundi au vendredi inclus (sauf jours fériés)  
Téléphone : xxxxxxxx Urgence : xxxxxxxx

Adresse de Consommation  
5 chemin des Sources  
91400 Les Fontaines  
Mme Dupont Françoise

N° du compteur NOUVEAU RELEVÉ  
970 le 28/01/94

ANCIEN RELEVÉ  
910 le 26/07/93

CONSOMMATION  
60 m<sup>3</sup>

VOTRE PROCHAINE FACTURE SERA ETABLIE SUR LA BASE D'UNE CONSOMMATION ESTIMEE

## DETAIL DE LA FACTURATION

SERVICE DE L'EAU  
01.10 Abonnement  
01.13 Consommation

C'est la partie fixe de la facture, qui garantit la location et l'entretien du compteur. Le prix varie selon le diamètre du compteur.

Elle dépend de vous. Mais attention aux fuites : une chasse d'eau défectueuse peut consommer 145 m<sup>3</sup> d'eau/an, soit plus de 2 000 F.

C'est le même prix pour toute la France. Il est fixé par l'Etat, et permet d'aider les communes rurales dans leurs dépenses d'équipement.

Cette taxe n'est perçue que s'il existe un tout-à-l'égout.

Vous la payez si vous habitez à côté d'un fleuve, elle permet d'entretenir ce dernier.

## CONTRIBUTIONS POUR LE COMPTE DES COLLECTIVITES

07.01 Fonds national pour le développement des adductions d'eau

08.01 Agence de l'eau : redevance prélèvement

## SERVICE DE L'ENVIRONNEMENT

03.01 Assainissement (réseau)

03.05 Assainissement (épuration)

## CONTRIBUTION POUR LE COMPTE DES COLLECTIVITES

04.01 Surtaxe communale réseau

04.05 Redevance assainissement

09.07 Taxe voies navigables de France

08.01 Agence de l'eau : redevance pollution

Sous-total :

Total hors taxes :

TVA :

Total :

Net à Payer

QUANTITE	PRIX UNITAIRE en francs	MONTANT hors taxes	TAUX TVA
60	5,16	98,54	5,50 %
		309,70	5,50 %
60	0,13	7,50	5,50 %
60	0,28	16,94	5,50 %
		432,68	
60	0,80	47,86	5,50 %
60	2,37	142,34	5,50 %
60	1,30	78,00	5,50 %
60	0,84	50,10	5,50 %
60	0,06	3,39	5,50 %
60	2,43	145,80	5,50 %
		467,50	
		900,18	
		49,51	
		949,69	
		949,69	

Elle est perçue par le service distributeur pour le compte des agences de l'eau qui réinvestissent dans des installations de dépollution (ex-stations d'épuration).

Elle couvre les frais de collecte et d'épuration des eaux usées. Son taux est fixé par la commune ou l'entreprise privée qui exploite l'eau.



► contact génère désormais.»

Certes, la carte du marché de l'eau en France dessine le partage entre les deux géants (la Lyonnaise des eaux et la Compagnie générale des eaux), avec une entrée remarquée de Bouygues par sa filiale des eaux, la SAUR : on le recon-

naît dans le milieu professionnel de l'eau (voir carte page 96). Certes encore, Jérôme Monod, président-directeur général de la Lyonnaise des eaux, a déclaré en novembre dernier «qu'il ne financerait plus les partis politiques», comme l'avait annoncé cinq mois plus tôt son homologue de la Compagnie

générale des eaux, Guy Dejouany. L'eau sent le soufre... Mais bien que ces débats passionnés ne soient pas dénués de tout fondement, ils masquent toutefois les vraies raisons de la flambée des prix, qui dépassent largement l'hypothèse d'un racket organisé par les entreprises privées.

En effet, dès 1990, Brice Lalonde, alors ministre de l'Environnement, avertissait le consommateur «du doublement prochain du prix de l'eau, afin de restaurer les milieux aquatiques et de préserver l'approvisionnement futur». De fait, l'année suivante, en mai 1991, le gouvernement décidait le doublement des redevances des agences de l'eau et, du coup, l'accélération des investissements consacrés à l'eau dans les cinq ans

à venir. Rappelons que les six agences de bassin – qui couvrent les grands bassins hydrauliques français – sont placées sous la tutelle du ministère de l'Environnement. A ce titre, elles perçoivent des redevances (voir facture page précédente) auprès des industriels ou des consommateurs pour financer, en retour, la construction ou l'amélioration de stations

d'épuration, par exemple. Voilà trente ans que ce principe du «pollueur-payeur» est appliqué en France. Mais, alors que la naissance des agences de bassin fut une véritable révolution en 1964, leur efficacité n'a pu totalement contrebalancer l'augmentation inconsiderée des rejets industriels et domestiques (eaux usées des villes) dans nos fleuves et rivières au cours des vingt dernières années (voir carte en page d'ouverture).

Nitrates, phosphates et pesticides en tout genre imprègnent quotidiennement le tissu hydraulique français, et pour cause : en France, le taux ►

## Un petit bain ?

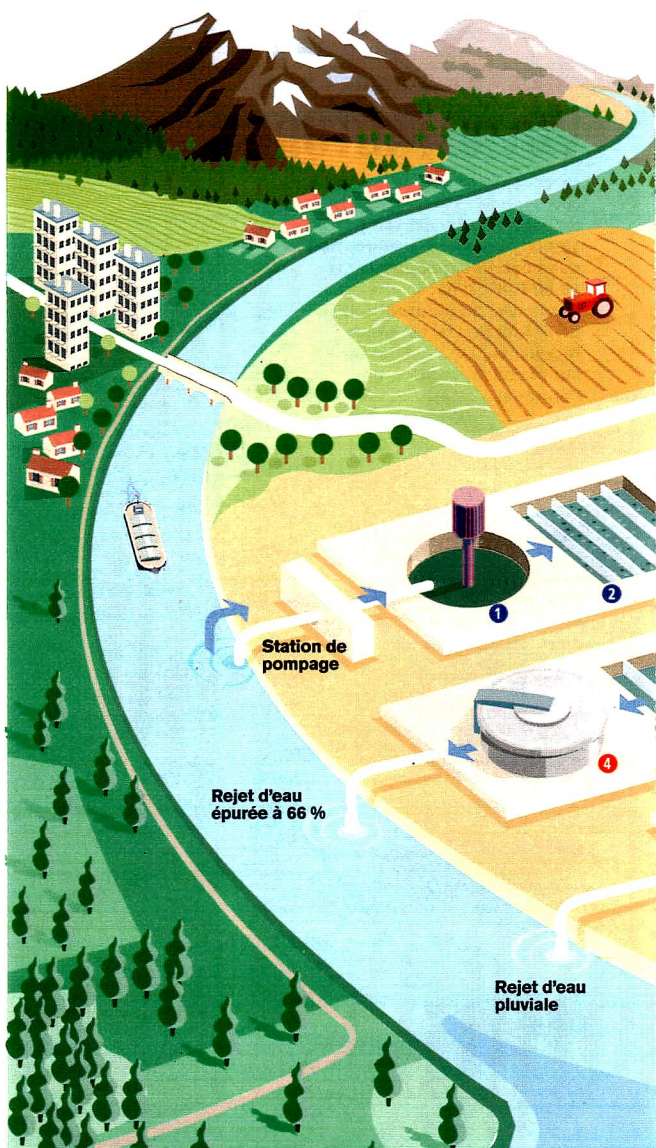


**150 litres  
2,25 F**

## Une douche ?



**30 litres  
0,45 F**



## HISTOIRES D'EAUX

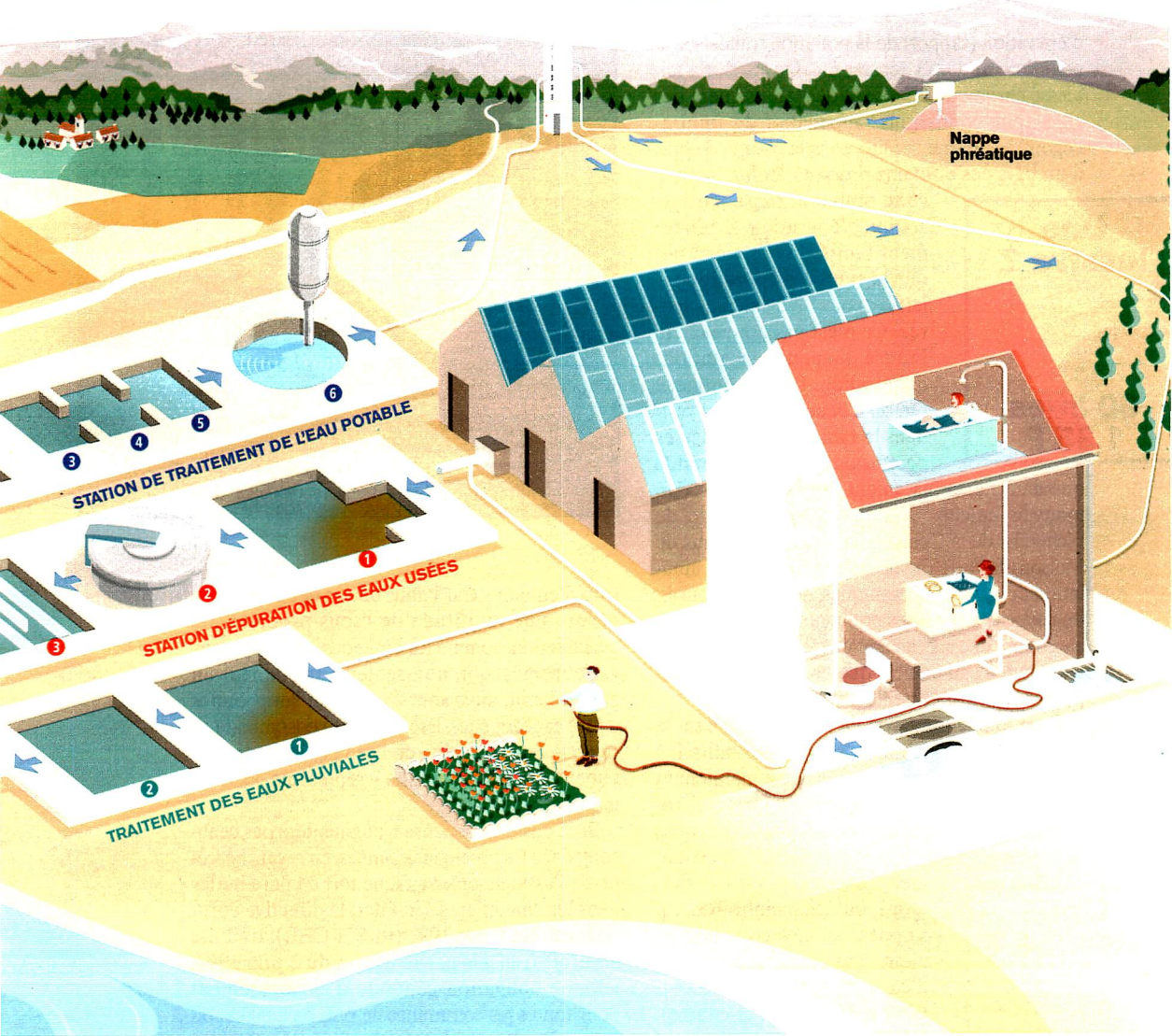
### ● LA STATION D'ÉPURATION DES EAUX USÉES

Elle traite à la fois les eaux usées domestiques et industrielles. Elle fonctionne dans un seul but : transformer la matière organique soluble dans l'eau en phase solide. On enlève tout d'abord les gros déchets (papier, bouteilles en plastique, etc). Puis, on complète par un déshuilage ①.

On ajoute un floculant dans un décanteur primaire ② qui accélère la sédimentation des matières en suspension. Cette phase permet d'éliminer une grande partie du phosphore, l'un des principaux responsables de l'eutrophisation des fleuves.

Vient la phase clé d'une station d'épuration. Dans un bassin d'aération ③, des bactéries se nourrissent de la matière organique (carbone, azote, phosphore, etc). On transforme donc la matière organique dissoute dans l'eau en phase solide, qui n'est autre que de la matière vivante. Cela entraîne la formation d'agrégats





de bactéries qui flocculent facilement au fond d'un décanteur secondaire <sup>4</sup>. On récolte dans ce décanteur des boues d'épuration qui peuvent être utilisées comme amendement dans l'agriculture (si elles ne sont pas trop chargées en métaux lourds). Sinon, elles doivent être incinérées dans un four de traitement d'ordures ménagères.

#### ● LA FILIÈRE DE TRAITEMENT DE L'EAU POTABLE

Rappelons que l'eutrophisation – qui est due à un excès de matière organique – est un mal qui touche de nombreux fleuves français. Pour éliminer une partie de la matière organique, une étape de floculation est nécessaire <sup>1</sup>. On ajoute à l'eau des sels de fer ( $\text{FeCl}_3$ ) ou d'aluminium

( $\text{AlSO}_4$ ), qui coagulent la matière organique sous forme d'hydroxyaluminium [ $2\text{Al}(\text{OH})_3$ ], par exemple. Après la phase de décantation <sup>2</sup>, l'eau passe sur un filtre à sable <sup>3</sup> qui retient le reste des impuretés, tout en éliminant l'ammoniac grâce aux bactéries nitrifiantes qui imprègnent le filtre à sable. De 40 à 50 % de la matière organique est alors éliminée. La désinfection à l'ozone <sup>4</sup>, qui consiste à envoyer de l'air ozoné dans l'eau, tue les micro-organismes pathogènes, élimine la plupart des goûts et des odeurs, et détruit aussi de nombreux micropolluants, comme les phénols et certains détergents et pesticides. Vient enfin la filtration sur charbon actif <sup>5</sup>. Le charbon actif est un

squelette carboné d'origine organique ou végétale très poreux. En passant à travers ce filtre, les impuretés de l'eau sont absorbées, c'est-à-dire fixées à la surface du charbon actif. On réalise toujours une chloration <sup>6</sup> par mesure de sécurité, au cas où certains micro-organismes pathogènes ont échappé à cette chaîne de traitement. Dans les nouvelles stations de traitement, on remplace souvent l'ozonation et les filtres à charbon par la nanofiltration.

#### ● EAUX PLUVIALES

On effectue un déshuilage <sup>1</sup> et un dessablage <sup>2</sup>. Cette filière de traitement, aujourd'hui succincte, devrait être améliorée dans les années à venir.



► d'épuration (rapport de la pollution traitée sur la pollution produite) dépasse à peine 45 %. La faiblesse chronique du réseau d'assainissement des villes (plus connu sous l'appellation du "tout-à-l'égout") entraîne la fuite, dans la nature, de plus d'un tiers des effluents produits. Enfin, lorsque

cette pollution passe par une station d'épuration, le rendement limité de l'ouvrage fait que la station d'épuration rejette encore 1/3 d'eau non épurée. Ce n'est pas nouveau : la France manque de stations d'épuration. Il faut éliminer ! Or, on a beaucoup plus investi dans la fabrication des usines de traitement d'eau potable

que dans l'assainissement des eaux usées. «Un mauvais calcul», souligne-t-on au centre de recherche de la Compagnie générale des eaux de Maisons-Laffitte (Yvelines). «En effet, l'accumulation de matières organiques, de métaux lourds, de pesticides et autres polluants dans les fleuves a entraîné une surenchère des techniques de traitement de l'eau potable que l'on aurait sûrement pu éviter avec une meilleure épuration.»

Il est loin le temps où un simple filtre à sable complété d'une désinfection au chlore suffisait à produire de l'eau potable. L'eau est maintenant filtrée sur des membranes dont les pores microscopiques retiennent les contaminants organiques (les virus, les bactéries, les colloïdes...) d'un diamètre supérieur à 0,1 µ (micron), ou des membranes qui stoppent les molécules inorganiques (sels minéraux, ions...) d'une taille supérieure à 0,001 µ (voir schéma page ci-contre). Cette technologie répond aux problèmes posés à la fois par une détérioration de la qualité de la matière première – eau pompée dans les fleuves – mais

aussi par la sévérité des nouvelles normes européennes de potabilité. L'exemple des pesticides est flagrant. La concentration en pesticides (toutes espèces confondues) ne doit pas dépasser 0,1 µg/l alors que l'OMS considère que, par exemple, l'atrazine n'est pas toxique à cette concentration. Pour être complet, il faut savoir que le producteur d'eau doit en assurer le transport jusqu'au compteur du consommateur. Pour éviter une éventuelle contamination bactérienne dans les canalisations, il faut donc désinfecter l'eau avec du chlore ou de l'ozone. Oui, mais point

## Une lessive ?



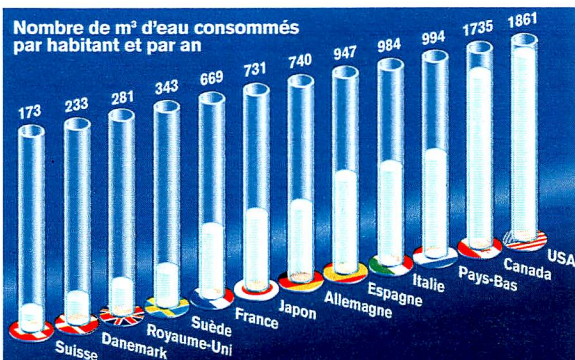
**90 litres  
1,35 F**

## Une vaisselle ?



**30 litres  
0,45 F**

Nombre de m³ d'eau consommés par habitant et par an



## La consommation d'eau dans le monde

Ces chiffres donnent une idée de la consommation de l'eau dans chaque pays, toutes destinations confondues : irrigation, industrie, population. Un Américain consomme environ 10 fois plus d'eau qu'un Suisse !

trop n'en faut ! Car l'abus de ces deux oxydants génère une multitude de "sous-produits" de désinfection, comme les organochlorés ou les organobromés, qui, non seulement donnent un goût à l'eau, mais sont également soupçonnés d'être cancérigènes. Bref, pour le consommateur, ce cycle de fabrication de l'eau potable – le traitement plus la distribution – représente 50 % du montant de sa facture.

Si ce poste de dépense n'augmentera pas beaucoup dans les prochaines années, en revanche, celui de l'assainissement risque fort de faire hurler dans les chaumières. En effet, la directive européenne du 21 mai 1991 (91 271 CEE), traduite en droit français par le décret du 3 juin 1994, «donne obligation générale d'assainissement pour toutes les communes de plus de 2 000 habitants». En d'autres termes, il est désormais interdit pour une ville de déverser ses eaux usées dans un fleuve sans traitement préalable ! La loi sur l'eau du 3 janvier 1992 avait déjà amorcé la pompe à "épuration des eaux usées" en France et, de ce fait, répercuté le coût des aménagements nécessaires (construction de stations d'épuration, réalisation du réseau de collecte d'eaux usées...) sur la facture du consommateur. L'écologie a un prix. L'arrêt des rejets de polluants dans la nature coûte cher. Mais les consommateurs que nous sommes tous ont parfois du mal à faire la relation entre la hausse des prix et la nécessité d'épurer notre eau de vaisselle, entre autres...

Paradoxalement, les Français, qui sont parmi les plus gros consommateurs d'eau embouteillée du monde, sont prêts à payer le litre d'eau minérale plus de cent fois plus cher que celle du



# LE NEC PLUS ULTRA ? UN FILTRAGE MÉCANIQUE !

Les habitants d'Auvers-sur-Oise ont de la chance. Ils bénéficient, en matière de traitement d'eau potable, de la nanofiltration sur membrane. Cette technique permet d'éliminer tous les contaminants organiques et inorganiques de l'eau. La membrane de nanofiltration est composée de pores extrêmement fins, qui arrêtent, selon leur taille, les particules à différents niveaux (dessin ci-contre).

L'eau polluée est injectée sous pression dans des modules spirales qui permettent une filtration tangentielle (voir dessin du bas) : sous l'effet de la différence de pression entre les deux faces de la membrane, une partie de l'eau polluée la traverse en abandonnant ses polluants. L'autre partie de l'eau, qui a seulement circulé le long de la membrane, lessive les polluants, qui sont évacués au bout du module spiralé.

Les membranes de nanofiltration devraient remplacer à l'avenir certaines étapes chimiques de traitement de l'eau, comme l'ozonation ou la filtration sur charbon actif. Elles ont, en effet, l'avantage de s'opposer au passage de polluants quelle que soit leur concentration dans l'eau. En revanche, la filière classique par traitement chimique doit, elle, être ajustée en permanence à la concentration en polluants. De plus, un traitement chimique génère souvent des sous-produits nocifs pour la santé, ce qui n'est pas le cas de la nanofiltration.

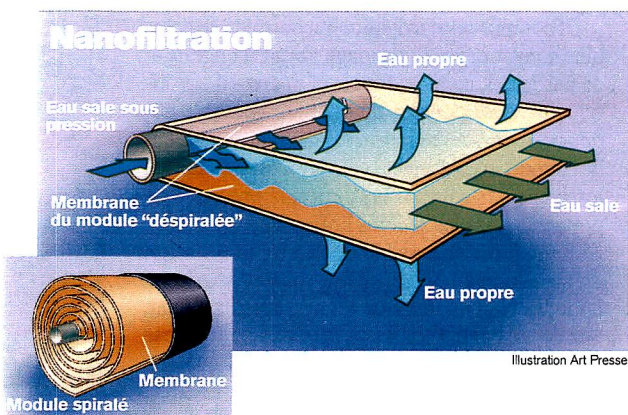
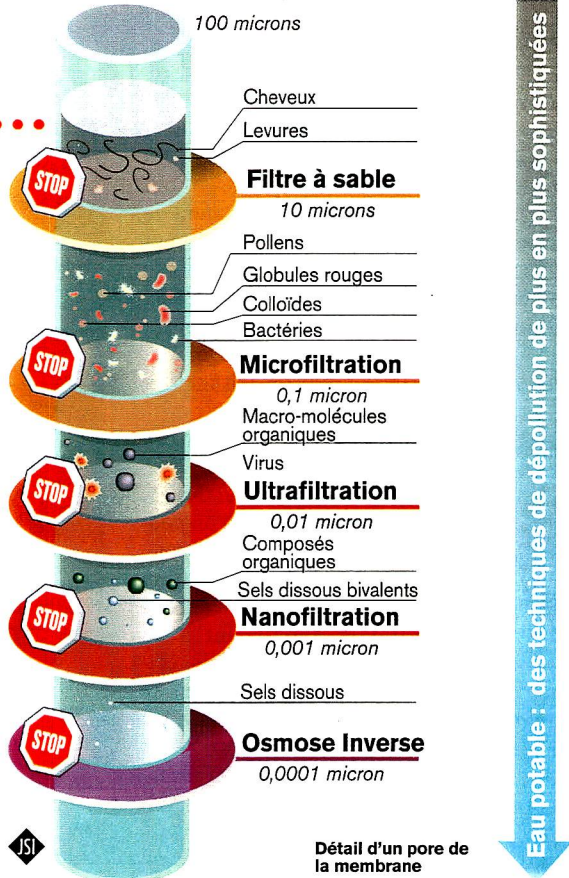
Reste tout de même un inconvénient : le coût de traitement par les membrane est élevé. Mais l'évolution d'une normalisation européenne de plus en plus contraignante devrait vite relativiser ce facteur économique.

robinet sans rechigner (un litre d'eau du robinet coûte moins de 1,5 centime en moyenne, et une bouteille d'eau minérale entre 1 F et 5 F, environ). Pour Michel Barnier, «les Français sont prêts à supporter le coût de l'eau si on leur explique clairement pourquoi ils paient et à quoi est destiné leur argent. Il est impératif que l'argent de l'eau aille à l'eau... et qu'il y reste.»

En attendant la transparence souhaitée par le ministre de l'Environnement, les Franciliens se

serrent la ceinture. La Parisienne des eaux, qui distribue l'eau sur la rive gauche de la capitale, confirme la baisse de consommation de 2 à 3 % par an depuis le début des années 90 (voir dessin page ci-contre). Or, l'amortissement des investissements étant prévu pour un certain niveau de consommation, la baisse de celle-ci pourrait aggraver la hausse du coût de l'eau.

Les agriculteurs eux aussi – et c'est nouveau – devront économiser. Ils sont en fait dans





► la ligne de mire du ministère de l'Environnement, qui souhaite les responsabiliser en ce qui concerne l'irrigation de nos campagnes. «Pour l'instant, on ne connaît pas exactement le nombre de mètres cubes d'eau prélevés pour l'irrigation chaque année en France !», concède Yves Merillion, chef du bureau de la gestion des ressources en eaux. Mais la nouvelle loi sur l'eau va planter des compteurs à l'orée des champs, ce qui devrait changer bien des pratiques.

On coupe la forêt landaise pour planter du maïs. Mais comme le sol des Landes est sablonneux (il s'agit d'un podzol, sol cendreux, sans humus), il faut arroser en continu même sous la pluie. De telles pratiques aboutissent à un pillage sans précédent de cette

ressource naturelle. L'été, dans les régions de Midi-Pyrénées, Aquitaine ou Poitou-Charente, 80 % des prélèvements d'eau en rivière ou dans les nappes phréatiques sont destinés à l'irrigation, et seulement 20 % sont utilisés par l'industrie de l'eau potable. Ce n'est pas étonnant : un agriculteur – quand l'eau lui est facturée – paie de 150 F à 200 F par hectare et par an pour irriguer son champ, alors qu'il utilise près de 2 000 m<sup>3</sup> d'eau par hectare de maïs.

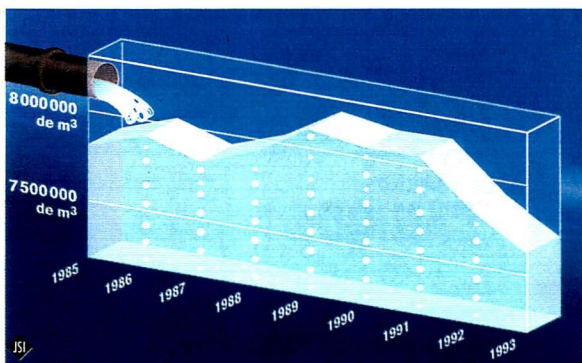
Et comme cette irrigation incontrôlée se combine souvent avec l'épandage abusif d'engrais et de pesticides, comme dans les Landes – il est difficile de faire pousser du maïs sur du sable dépourvu de matières nutritives, servant seulement de support aux racines –, cela implique, du fait du lessivage des sols par les pluies, la présence de polluants dans les rivières et fleuves avoisinants. Comme il est impossible de mettre une station d'épuration au bout de chaque parcelle agricole, il faudra bien un jour que les agriculteurs paient, eux aussi, l'eau à son juste prix afin de financer la dépollution des cours d'eau. A moins que l'on arrive à raisonner l'utilisation des engrais.

Le traitement des eaux pluviales est d'ailleurs l'énigme des années à venir. Qui paiera pour leur épuration ? Car, si, à la campagne, elles charient les amendements, en ville, c'est la pollution atmosphérique chargée d'oxyde d'azote, de dioxyde de soufre, etc., ou les nombreux hydrocarbures souillant les routes et les parkings, qui partent rejoindre les fleuves. Il n'est pas rare de voir la Seine couverte de poissons morts après un orage. «Il apparaît de plus en plus clairement que le traitement des eaux pluviales implique des investissements considérables, hors de portée

## Les toilettes

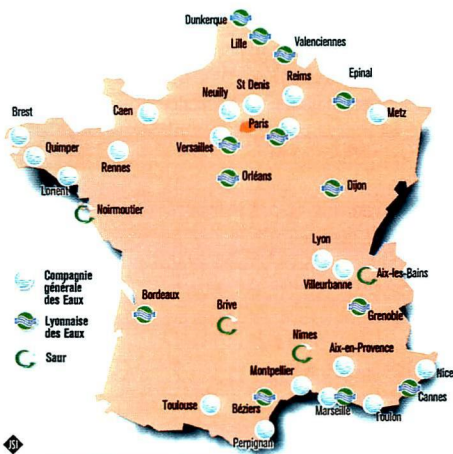


**10 litres  
0,15 F**



## Les Parisiens consomment de moins en moins d'eau

Les mesures d'économie d'eau préconisées par le ministère de l'Environnement et l'augmentation du coût de l'eau ont entraîné, depuis quelques années, une baisse de la consommation.



## Ils se partagent le marché

La Compagnie générale des eaux, la Lyonnaise des eaux et la SAUR (Bouygues) gèrent à elles seules 75 % de la distribution de l'eau en France.

des ressources normales des collectivités locales», souligne un récent rapport réalisé par OTV (1), une filiale de la Compagnie générale des eaux. Il apparaît donc de plus en plus clairement que notre facture d'eau augmentera et cela d'autant plus sûrement que le prix payé au mètre cube est inférieur à la moyenne nationale. Résultat : un consommateur payant son eau autour de 7 F le m<sup>3</sup> doit s'attendre à une augmentation de près de 35 % d'ici à deux ans. Les fleuves et les rivières vous le rendront bien un jour...

(1) Dépouiller les eaux pluviales, contribution à l'élaboration d'une stratégie.



DITION SPECIALE

# SCIENCE & VIE

DU TUNNEL SOUS LA MANCHE  
À LA CULTURE GÉNÉTIQUE,  
DE LA CHAPELLE SIXTINE À JUPITER...

# 1994

...TOUTE UNE ANNÉE VUE PAR  
**SCIENCE  
ET VIE**

**28 F**  
grand  
format

L. T. 4378 - 9412H - 28,00 F-RD.

- 8 FS - Scan 4.75 - Portugal cont 650 Esc - 40 Dh - 4.200 Dt - 190 Flux - Réunion/Antilles/Guyane 32 F

**UN AN D'ACTUALITE ET DE DECOUVERTES**  
**sortie le 16 décembre 1994**



# SÉCURITÉ ROUTIÈRE

## Comment sortir

**Fléau saisonnier, redouté des conducteurs et des responsables de la sécurité routière, le brouillard attend d'être vaincu. Météorologistes et constructeurs automobiles cherchent à déjouer ce traquenard atmosphérique, grâce à des analyses en laboratoire et à des systèmes de détection embarqués.**

PAR YANN WERDEFROY

**L**e brouillard est un tueur en série, insaisissable et silencieux. Chaque année, pris dans les collisions en chaîne dont il multiplie par trois le risque sur autoroute, ou fauchés au ras du bitume, des centaines d'automobilistes et de piétons en sont victimes.

Huit pour cent des accidents mortels lui sont imputables, et les carambolages qu'il déclenche s'avèrent cinq fois plus meurtriers que ceux ad-

venus par temps clair. Pour être bien connu des météorologistes, ce phénomène atmosphérique saisonnier – en France, il se produit au tournant de l'automne et de l'hiver, en moyenne trente jours par an, entre 4 h et 9 h du matin – n'en reste pas moins difficile à maîtriser sur le plan de la sécurité routière.

En dessous d'une visibilité de 200 mètres, le conducteur commence à perdre les repères visuels



# du brouillard

A photograph of a car, likely a Renault 5, in a foggy environment. The car's headlights are on, and the fog is thick, obscuring the background. The car is positioned in the center of the frame, facing the viewer. The fog is a pale, hazy blue-grey color. The car's headlights are a warm yellow-orange. The overall mood is mysterious and cautionary.

## Déjouer le piège

A Clermont-Ferrand, le laboratoire des Ponts et Chaussées met au point des appareils qui mesurent l'épaisseur du brouillard. Sur le terrain, ces visibilimètres sont reliés à des panneaux lumineux qui incitent les automobilistes à ralentir en cas de faible visibilité.

qui lui permettent notamment d'évaluer sa vitesse, celle des autres véhicules, et les distances qui l'en séparent. Hors agglomération, en dessous de 100 m de visibilité, si l'automobiliste ne ralentit pas, même en respectant les limitations de vitesse, sa distance de freinage excédera la profondeur de son champ visuel.

Mais le danger ne réside pas seulement dans la déviation des rayons lumineux – la “luminance

de voile” – causée par des milliards de gouttelettes d'eau en suspension, et la sensation d'opacité qui en résulte, il tient aussi, paradoxalement, à nos réflexes de peur.

Rouler dans le brouillard revient à conduire en état de stress. Perturbés, voire oppressés, certains conducteurs accélèrent pour sortir plus vite de la nappe. D'autres cherchent à se guider sur les feux arrière des véhicules qui les précèdent, au ►



- mépris des distances de sécurité. Résultat : les chocs arrière passent de 16 % par temps clair à 27 % par temps de brouillard...

Faute de pouvoir dissiper ce nuage (un stratus) posé sur un tronçon routier, comme on le ferait sur une piste d'aéroport en chauffant les réacteurs des appareils au sol, les chercheurs, les ingénieurs des Ponts et Chaussées et les constructeurs auto-

## Plusieurs causes à ce phénomène

mobiles s'efforcent d'en limiter les nuisances.

Les météorologistes parlent de brouillard quand la visibilité tombe en dessous de 1 km, et de brume au-delà. Ils distinguent trois types de brouillard : le brouillard d'advection, le brouillard d'évaporation et, le plus répandu, le brouillard de rayonnement qui représente 75 % des cas (voir dessins ci-contre). Il se distingue de la rosée qui, elle, forme une condensation sur le sol ou sur les objets au sol.

Le brouillard se caractérise par sa granulométrie (calcul statistique de la taille et de la répartition des micro-gouttelettes d'eau), sa concentration, et sa teneur en eau condensée.

Le poids infinitésimal de ces gouttes d'eau les fait léviter, et leurs charges électriques identiques les écartent les unes des autres. L'ensemble reste donc en suspension, les couches inférieures repoussant leurs voisines du dessus.

L'individu qu'enveloppe de la vapeur d'eau condensée, forcément, n'y voit goutte. La lumière que perçoit l'œil humain possède une longueur d'onde oscillant entre 400 et 500 nanomètres, or celle-ci s'épuise à cheminer au travers de gouttelettes de quelques micromètres de diamètre. Les gouttelettes font écran et atténuent le flux lumineux par absorption et diffusion, phénomènes dont la somme donne le coefficient d'extinction d'un brouillard. C'est la diffusion qui provoque par réfraction (déviation des rayons lumineux) cette "luminance de voile", génératrice d'opacité.

Il ressort d'essais effectués sur les performances photométriques d'un film réfléchissant – analogue à ceux des panneaux de signalisation en conditions nocturnes – qu'un brouillard limitant la visibilité à 50 m diminue de moitié, sur dix mètres de longueur, l'efficacité d'un phare d'automobile. Que le film soit mouillé par la condensation, et la déperdition atteint 60 %. Quant à l'œil du conducteur, il ne perçoit plus

## Attention au chaud et froid

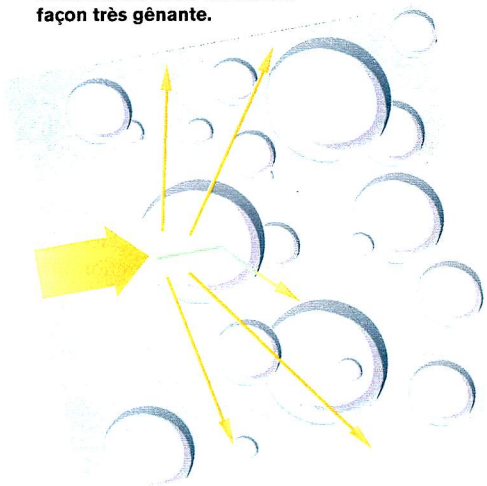
Lorsqu'une masse d'air chaud et humide rencontre un sol froid, l'eau en suspension se condense en se refroidissant, ce qui provoque l'apparition de brouillard ①. Si le sol se refroidit par rayonnement, quand la couverture nuageuse ne garde pas la chaleur, le brouillard est dit de rayonnement. En revanche, si le sol est déjà froid, on parle de brouillard d'advection, phénomène de changement de température plus soudain. Mais le résultat est le même : on n'y voit rien.

Autres conditions, autre processus, mais encore le même résultat. Ici, le brouillard se forme lorsqu'une masse d'air froid rencontre de l'humidité s'évaporant d'un sol tiède ②. C'est l'inverse du cas précédent : l'humidité vient du sol, et c'est l'air froid qui la condense. C'est un brouillard d'évaporation.

Bérengruer/Jerican. Dessins A. Meyer.

## Pourquoi on ne voit pas dans le brouillard

Quand un rayon lumineux (grande flèche jaune) rencontre des micro-gouttelettes de brouillard en suspension, une très faible partie du rayon est absorbée (dans les gouttelettes). Mais une autre partie, nettement plus importante, est diffusée. Le faisceau lumineux, dévié et réfléchi en tous sens (petites flèches jaunes), se transforme en un halo lumineux et opaque, appelé luminance de voile. La visibilité est alors réduite de façon très gênante.







que 20 % de la lumière réfléchiée par le film. Sévère handicap visuel.

Comme toujours, la prévision fait partie du traitement. Sur le site expérimental de Carnin, près de Lille, des chercheurs du CNRS et de la Météorologie nationale ont disposé le long d'un "mât à brouillard" de 80 m de haut des capteurs mesurant la vitesse et l'orientation du vent, le degré d'humidité de l'air, l'épaisseur

de la brume et la température. Cette "vigie atmosphérique" permet de modéliser l'apparition du brouillard, pour le prévoir au moins douze heures à l'avance. L'alerte peut alors être donnée sur le réseau routier par un système de signalisation.

D'autres laboratoires montent des manipulations pour obtenir des modèles plus précis sur la formation et la dissipation des brouillards. A l'Observatoire de physique du globe de Clermont-Ferrand, une chambre isotherme à flux continu permet d'instaurer une humidité relative de 100 % (à chaque température correspond une pression maximale, ou "tension", à laquelle l'air est saturé de vapeur d'eau). Une analyse spectrale – d'autres équipes ont recours à des compteurs à particules – permet de mesurer dans la durée la granulométrie de ce brouillard artificiel.

Le laboratoire d'optique atmosphérique de l'université de Lille a constaté, lors d'expériences similaires, que la taille des gouttelettes en suspension passait de 30 micromètres à 10 micromètres en fin de cycle : quand le brouillard perd en densité et commence à s'évaporer. Selon la température et le taux d'humidité, cette évaporation prendra de vingt minutes à une heure.

D'autres équipes travaillent sur des dispositifs antibrouillards qui intéressent l'aménagement du réseau routier et l'équipement des véhicules.

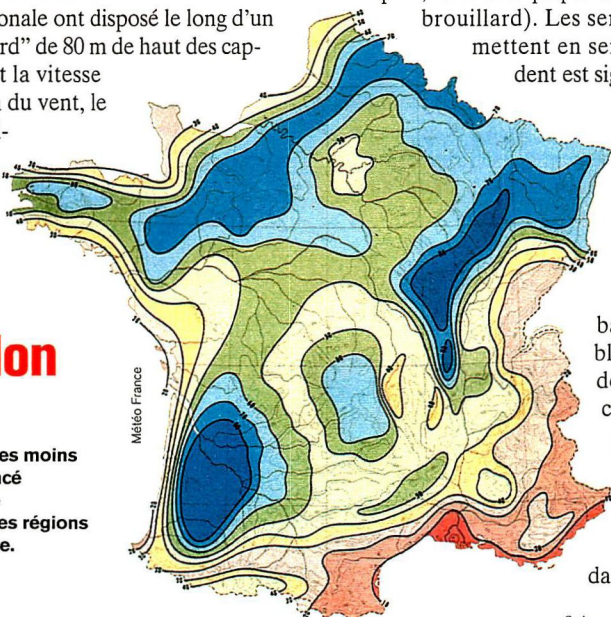
Sur le bord des routes, divers moyens de signalisation fournissent des repères visuels aux automobilistes. Les bornes d'appel d'urgence des autoroutes du Nord et du Centre sont équipées de lampes à éclat de couleur blanche (ce type d'éclairage, utilisé pour baliser les pistes d'aéroport, est le seul qui parvienne à percer un épais brouillard). Les services de sécurité les mettent en service dès qu'un accident est signalé dans un secteur.

Elles appellent les conducteurs à redoubler de prudence.

Ceux-ci peuvent également étalonner leur champ de vision grâce à des bandes latérales blanches de 50 mètres de long, peintes sur la chaussée. Mais cette signalisation au sol a parfois des effets pervers. Au Japon, par exemple, des lampes encastrées dans le goudron à inter-

## Variable selon les régions

Entre les zones en rose clair (les moins touchées) et celles en bleu foncé (plus de quatre-vingts jours de brouillard par an), l'inégalité des régions face au phénomène est patente.





► valle de 15 mètres jalonnent le tracé des courbes. Le système est performant, si performant que par temps de brouillard, les conducteurs oublient de lever le pied !

De même, les portiques d'information, panneaux lumineux, et la plupart des éclairages routiers, loin d'améliorer la visibilité du parcours ajoutent à la confusion à cause du poudroïement lumineux qui les nimbe.

## La lutte contre le brouillard s'organise

Des instruments plus sophistiqués, mais hélas beaucoup plus onéreux, sont aujourd'hui testés ou mis en service sur le bord de nos routes. Le laboratoire des Ponts et Chaussées de Clermont-Ferrand expérimente, dans deux hangars de 160 m<sup>2</sup>, et dans un brouillard artificiel obtenu par pulvérisation à haute pression d'eau déminéralisée, des appareils de référence appelés visibilimètres. Ils se rangent en deux catégories : les transmissiomètres qui calculent la perte de luminosité d'un signal modulé, et les diffusiomètres qui mesurent l'intensité de la diffusion du faisceau lumineux. Chacun d'eux permet de déterminer l'épaisseur du brouillard (voir dessins ci-contre).

Le Service d'études techniques des routes et autoroutes (SETRA) supervise les recherches et l'installation de ce type d'appareil dans les monts du Forez (Massif central). Sur le terrain, les données traitées par les visibilimètres sont transmises à un ordinateur central qui déduit la vitesse adaptées et les affiche sur des panneaux lumineux.

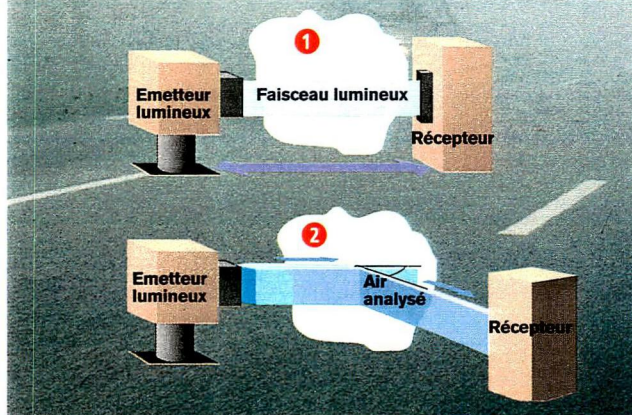
Dès 1978, la Société des autoroutes du Sud de la France (ASF) avait financé, avec le concours de la direction de l'Équipement de la Gironde, l'installation de détecteurs de brouillard par atténuation d'un signal infrarouge. Mais en dépit de sa fiabilité, ce matériel, opérationnel sur l'A 10, à la sortie de Bordeaux, sur l'A 26, près de Calais, et sur l'A 6, dans le Morvan, a été jugé trop onéreux pour qu'on puisse en généraliser l'usage.

Du côté des moyens embarqués,

## Les détecteurs

Les visibilimètres sont des appareils qui mesurent l'épaisseur du brouillard en envoyant un faisceau lumineux sur un réflecteur placé à une certaine distance, puis en recevant le faisceau réfléchi. On déduit ainsi la distance de visibilité en fonction de la vitesse maximale de sécurité. En France, on utilise l'étranger, sur les réseaux autoroutiers, le système réflecté à des panneaux qui informent les automobilistes en temps réel de la présence de brouillard, en leur conseillant parfois la vitesse à adopter au danger. Dans certains cas, le système est de type transmissiomètre. Le faisceau lumineux part d'un émetteur situé dans l'axe d'un véhicule, passe par un récepteur situé à une certaine distance, et mesure la perte de puissance due à l'atténuation par le brouillard. ①

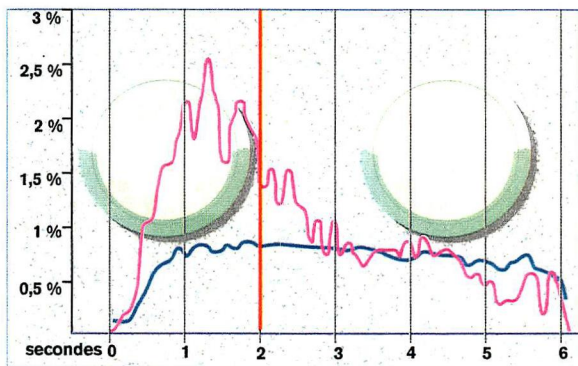
Dans d'autres cas, il s'agit d'un diffusiomètre. Le récepteur est placé de biais par rapport au faisceau émis, il mesure la quantité de lumière déviée, ou diffusée, par le brouillard. ②



## Gardez vos distances

Ces courbes représentent les temps séparant deux véhicules. La courbe bleue, assez homogène, a été obtenue après des mesures en conditions météorologiques normales : la plupart des conducteurs respectent une distance leur permettant de freiner en toute sécurité (plus de 2 secondes). En revanche, la courbe rouge est plus alarmante. Les

mesures ont été effectuées de jour et avec une visibilité de 25 à 50 mètres. Dans ces conditions de brouillard, on observe une augmentation très nette du nombre de véhicules (il passe à 30 %) qui ne respectent pas l'écart minimum de 2 secondes. Cela s'explique de façon paradoxale par le besoin rassurant de suivre un autre véhicule par temps de brouillard.



Dessins A. Meyer





## Après Bison Futé, voici "œil de lynx"

Le véhicule gris ci-dessus est équipé du LIDAR Renault, cell électronique qui émet un faisceau laser infrarouge invisible. Ce système antibrouillard mesure le temps de vol d'une impulsion lumineuse réfléchi par l'obstacle, ici la voiture verte. Disponible dans trois ans, ce dispositif pourra fournir au conducteur une image virtuelle de ce qu'il ne pourrait pas voir autrement. Une microseconde de décalage entre l'émission et la réception représente une distance de 150 mètres par rapport à l'obstacle. Le dispositif d'Opel, assez proche de ce système, affiche sur un écran placé sur le tableau de bord, entre autres paramètres, une évaluation de la distance de visibilité (photo ci-dessous).



l'horizon commence à se dégager. Dans le cadre du programme de recherche européen Prometheus, les constructeurs Renault et BMW ont développé deux systèmes de vision assistée.

Le LIDAR (Light Detection and Ranging), déjà expérimenté par Renault sur une Safrane, est une sorte de radar utilisant l'infrarouge qui devrait être commercialisé dans un proche avenir, dans une fourchette de prix comprise entre 5 000 F et 10 000 F. Un laser infrarouge balaie l'espace devant le véhicule (voir dessins ci-dessus). L'onde émise est réfléchi par les objets, catadioptres, panneaux, pylônes... qu'elle rencontre. L'ordinateur de bord saisit instantanément l'in-

formation et calcule le temps de réflexion de la lumière émise par le faisceau afin de déterminer la distance, la position, et la vitesse des objets qui, par temps de brouillard, peuvent représenter autant de dangers immédiats. Ces données numériques sont alors transcrites par synthèse d'image sur un afficheur. Au conducteur de ne pas confondre ce système de vision tous temps avec un jeu vidéo !

Chez BMW, on a développé un prototype d'agrandissement du champ de vision conçu spécifiquement pour le brouillard. De quoi reconnaître les files de circulation et la position des véhicules. Les signaux peuvent être synthétisés sur des afficheurs "tête haute" semblables à ceux des avions de chasse ou être traités par l'informatic de bord pour conseiller le conducteur.

Ce système reste un prototype onéreux et il a l'inconvénient de faire du toit de la voiture une espèce de tourelle de char hérissée de capteurs. Capteurs passifs à infrarouge dans des longueurs d'onde de 800 à 1 400 nanomètres, capteurs CCD ultrasensibles, capteurs de distance radar et laser, et détecteurs à balayage : se doter d'un pareil arsenal ne sera pas à la portée de tout le monde.

Cependant, du côté des ingénieurs de Ford, qui étudie un système comparable, on assure qu'une production en série alignerait son coût à l'achat sur celui d'un toit ouvrant perfectionné.

Proche du LIDAR de Renault, le semi-prototype installé par les ingénieurs d'Opel sur une Omega paraît le plus ingénieux et techniquement le plus abouti de tous. Baptisé ISOTEC (acronyme anglais qu'on peut traduire par technologie intelligente de guidage et de sécurité), ce système de conduite assistée peut être pris en compte par le régulateur de vitesse. Le capteur à infrarouge est placé cette fois sur le tableau de bord, à hauteur du pare-brise, et couvre un champ visuel qui recoupe quasiment celui de l'usager. Ce capteur calcule le coefficient de diffraction du rayon lumineux dans le brouillard. L'ordinateur en extrait une évaluation de la distance de visibilité et le signale au conducteur sur un afficheur spécial situé au centre de la console de bord (photo ci-contre). Simultanément se déclenche une alerte sonore et le tachymètre affiche une vitesse recommandée qui peut être automatiquement imprimée au véhicule par le régulateur.

En attendant que tout danger soit sinon écarté, du moins correctement négocié par des appareils de détection et de guidage, l'automobiliste devra continuer à prendre son mal en patience, sans forcer l'allure, sachant que le brouillard est un obstacle liquide qui peut en cacher d'autres, solides ceux-là. ■



# GASTRONOMIE

## Le réveillon de l'an

**L'avenir peut se déguster dès aujourd'hui. Toute l'équipe de *Science & Vie* s'est dévouée pour vous. Entre foie gras haute pression, légumes transgéniques, fleurs comestibles, grands crus sans alcool et crêpes au laser, les professionnels marient tradition et révolution. Voici notre menu.**

PAR MARIE-LAURE MOINET

### Entrées

#### Le foie gras haute pression

Il a une consistance nouvelle ; onctueux, il se rapproche du foie cru par l'arôme et du mi-cuit par la saveur. Comme il n'est pas ou peu chauffé, il n'exsude pas la graisse jaune qui enveloppe plus ou moins les foies gras entiers mi-cuits (pasteurisés autour de 80 °C) ou cuits (stérilisés à 110 °C environ). Par rapport à un foie gras cru, dont le goût est peu connu car il ne se conserve que quelques jours à 4 °C, il a l'avantage de se conserver au froid plusieurs mois, plus longtemps que le mi-cuit. C'est du moins la constatation de Jean-Michel Falières, producteur landais qui teste le procédé depuis un an, analyses microbiologiques à l'appui.

L'avenir de cet aliment non traditionnel, classé "novel food" par la réglementation européenne, est aujourd'hui entre les mains des deux commissions idoines : le Conseil supérieur d'hygiène publique de France, qui rend un avis sur les aspects microbiologiques et toxicologiques du produit ; ▶



Photos F. Malbrieu. Matériel aimablement prêté par Conran Shop.





La gastronomie du futur ne semble pas inspirer la morosité, du moins au sein de l'équipe rédactionnelle qui a pu en goûter quelques échantillons.



## La rédaction a testé pour vous

Sur cette table de réveillon sont présentées les grandes tendances de la recherche agro-alimentaire. Innovations technologiques : haute pression (pour le foie gras) ou aquaculture intensive (truite fario) ; fractionnement et séparation des matières de base traditionnelles (viande, lait, graines...), puis réassemblage des nouveaux ingrédients dans des recettes de terroir modernisées (craquillons de Lyon, alliot déshydraté) ou encore inédites (surimi de viande, glace au soja...) ; cosmopolitisme, biodiversité et originalité des formes, goûts et couleurs avec la sélection de fruits et légumes anciens ou exotiques, de fleurs comestibles, d'algues fraîches (de la confiture au fouet de sorcier au fromage à la porphyre, en passant par la glace au candi de laitue de mer) ; commodité et saveur avec des plats cuisinés en kit.





*Foie gras  
haute pression (de part et  
d'autre du foie gras ni-cuit)*

► la Commission de technologie alimentaire, qui juge l'intérêt du procédé.

Les pressions utilisées en agro-alimentaire vont de 4 000 à 10 000 bars (1) pendant de 3 mn à 30 mn, avec une eau de pressurisation à température contrôlable (entre -20 et 80 °C). Elles ne modifient pas les liaisons fortes entre les atomes des molécules et donc respectent les vitamines, arômes et pigments détruits par la chaleur. En revanche, elles perméabilisent les membranes des micro-organismes, ce qui les désorganise, voire les tue. Les bactéries Gram<sup>-</sup> (salmonelles, coliformes...) sont apparemment les plus vulnérables. Mais, à l'image des barèmes de valeurs pasteurisatrices, il faudra établir pour la "pascalisation" (le pascal est l'unité internationale de pression) des références sûres, intégrant, par produit et par micro-organisme pathogène, les trois paramètres temps, température et pression.

Avec un surcoût de 1 à 4 F par litre ou par kilo, le traitement hyperbare doit apporter une forte valeur ajoutée. François Zuber, du CTC-PA (2), l'envisage pour le foie gras, les légumes chers type cèpes, girolles, asperges, les jus de fruit frais actuellement chauffés par des "flash-pasteurisations", rapides mais systématiques, le vin blanc... Les producteurs de sauternes le testent pour remplacer l'anhydride sulfureux (SO<sub>2</sub>), antiseptique, antioxydant et... générateur de maux de tête lorsqu'il est en excès ! Au Japon, de multiples produits "haute pression" sont sur les linéaires : purées et jus de fruits, desserts aux morceaux de fruits, jambon cru, filets de poissons, sauces, gâteaux de riz...

Des produits nouveaux peuvent aussi voir le jour car, sous l'effet des hautes pressions, les protéines sont dénaturées, elles se déplient et

se réarrangent : on peut ainsi obtenir des textures nouvelles de viandes, de pulpes de poisson, de produits laitiers, d'ovoproduits, des gels fermes et élastiques, des films protéiques de lait ou de soja, des produits aux fruits congelés sans cristallisation...

### Les aliments reconstitués

Ils se multiplient. Les protéines, qu'elles viennent de la viande, du lait, du soja ou des céréales (gluten de la farine), sont déjà fractionnées et restructurées à volonté. Elles rejoignent le bataillon d'une industrie en plein développement, celle des PAI : produits alimentaires intermédiaires. Du coulis de fruits aux édulcorants de synthèse, de la simple "coule" des œufs cassés à une sauce complexe déshydratée ou une viande pré-rôtie, ces PAI bousculent

nos traditionnels farine, beurre, œufs, sucre, sel et poivre. Ils complexifient le secteur des additifs, qui compte déjà vingt catégories !

On regarde désormais les ingrédients sous l'angle de leur fonctionnalité : émulsifiante, foisonnante, gélifiante... Les fabricants de champagne et de bière analysent les protéines qui rendent la mousse plus fine et plus stable, les bulles plus persistantes... Les arômes seront emprisonnés dans des molécules qui les libéreront sur commande, les cyclodextrines. Les amidons (sucre polymérisé des végétaux) et les protéines sont scindés, modifiés. Avec les amidons précuits, solubles à froid, plus besoin de chauffer pour épaissir une crème dessert ! Les protéines laitières ou végétales, scindées en microparticules, peuvent remplacer la matière grasse (allègement en calories) ou le blanc d'œuf (foisonnement). Après le steak, les glaces végétales déboulent...

La connaissance des affinités et des répulsions moléculaires est un moteur pour inventer de nouvelles recettes. Comprendre que des gouttelettes grasses (beurre, huile, chocolat) ne se mélangent aux gouttelettes aqueuses (eau, vinaigre, jus d'orange) que grâce à la présence de molécules tensioactives (lécithine, protéines), munies d'un pôle hydrophile et d'un pôle hydrophobe, c'est avoir la clef de toute émulsion. Il devient impossible d'oublier le jaune d'œuf dans la mayonnaise ou la moutarde dans la vinaigrette ; à moins de préférer la gomme arabique ou un amidon modi-

*Les craquillons de  
Lyon : des bouchées  
de panse de boeuf*



*Fleurs  
comestibles*





Une spécialité culinaire qui, semble-t-il, a plu à notre rédacteur en chef-adjoint.

fié. Sous l'égide d'Hervé This, scientifique et auteur d'un livre détonant <sup>(3)</sup>, des congrès de physique moléculaire gastronomique s'organisent (le second aura lieu en avril prochain) !

Reste à sauvegarder le "paysage en bouche", souvent bien monotone dans les aliments restructurés. Leur texture molle et homogène fera encore longtemps rêver du subtil gradient d'un bon rôti de bœuf gras ou d'une soupe de légumes frais.

## Les plats

### Les légumes oubliés renaissent

Pour accompagner la dinde du réveillon, nous vous conseillons les tubercules du cerfeuil tubéreux : ses feuilles et ses hampes florales sont toxiques, mais ses racines ont un goût exquis, intermédiaire entre la pomme de terre et la châtaigne. Il émerge grâce à Jean-Yves Péron, enseignant-chercheur à l'ENITHP d'Angers <sup>(4)</sup>, à qui l'on doit d'avoir régénéré par culture *in vitro* une espèce introduite en France en 1882 et menacée de disparition un siècle plus tard, le crosne du Japon. Aujourd'hui, ce légume

est commercialisé en frais et chez tout bon distributeur de surgelés.

Près de Bordeaux, un agriculteur-conserveur passionné, Bernard Lafon, œuvre aussi pour la biodiversité. Il a créé en mai dernier une association, Les Amis d'Arcimboldo, pour faire sortir les fruits et légumes rares du ghetto des collectionneurs. Lui-même, depuis 1977, cherche à

*Farandole de légumes sélectionnés*



présenter sous forme moderne (frais, mais aussi confits, en conserve ou surgelés) des trésors oubliés. Parmi eux, l'ortie, le potimarron et surtout une baie au doux surnom d'"amour-en-cage", qui donne des coulis et des confitures délicieuses. Il s'agit d'une variété annuelle de *Physalis peruviana*, ou coqueret du Pérou, dont une forme vivace voisine, le *Physalis alkekengi* au fruit rouge, petit et astringent, fleurit à l'automne dans les terrains incultes d'Europe.

### Mangez-les avec des fleurs...

Décoratives, de nombreuses fleurs sont aussi comestibles : beignets de fleurs de courgettes ou d'acacia, violettes, pensées, primevères ou capucines cristallisées au blanc d'œuf ou à la gomme arabique (voir le livre de Marc Veyrat, *Fou de saveurs*, éd. Hachette). Aux antipodes de la tomate longue conservation, ces fleurs fragiles figurent parmi les 160 fruits et légumes différents cultivés par les agriculteurs de la coopérative L'Armorique maraîchère, à Taulé (Finistère), en constante recherche d'innovation pour rester sur des marchés étroits mais haut de gamme. Leurs salades nouvelles, comme la ficoïde glaciale ou la cordifole, étonnent ; le mini-potiron aux allures d'orange ferme et lisse se mange à la petite cuillère comme un demi-melon... Les sélectionneurs ne sont pas dupes. Toute création variétale est possible : le verrou est chez le distributeur. C'est lui qui "fait" la nouveauté. ▶







## ► Le chou Romanesco

Avec ses inflorescences pyramidales, il fera sans doute fureur, mais plus en surgelé qu'en frais, car ses têtes sont fragiles. Ce chou-fleur vert n'est pas une plante transgénique mais le descendant de vieux génotypes italiens, type *Romanesco*, remis au goût du jour, notamment par le sélectionneur de semences Rijk Zwaan. Il peut aujourd'hui être cultivé jusqu'en Bretagne, où il est commercialisé par la marque de coopératives Prince de Bretagne. Bientôt, un chou-fleur orange, sélectionné à partir de mutants spontanés, verra le jour. Quant au champignon shii-také, il aura pris la relève du champi-



*Le chou "fractal"*

gnon de Paris dont le cours ne rémunère plus les producteurs. Les endiviers du Nord, qui ont sélectionné de grandes feuilles de pissenlit blanc, adopteront peut-être demain l'endivia, croisement entre l'endive rouge et la chicorée chioglia sélectionné par l'INRA <sup>(5)</sup>.

### Mangerons-nous transgénique ?

Côté plantes, un riz coloré, au grain génétiquement enrichi en bêta-carotène ou aromatisé façon basmati, n'est pas une utopie. Les laitues ou les

## LA TRUITE FARIO : LE SAUMON FRANÇAIS

Pour faire grandir les truites en mer, il faut éviter leur maturation sexuelle, qui pompe toute l'énergie au profit de la laitance ou des œufs. La solution trouvée : n'élever que des femelles, qui arrivent à maturité un an plus tard que les mâles, vers 3 ans, et, si l'on veut obtenir des poissons plus gros, donc plus âgés, élever des femelles stériles.

Pour créer des élevages "tout femelles", on produit en bassins d'eau douce des pères "néo-mâles" : ce sont des alevins femelles (donc XX) masculinisés par une hor-

mone ajoutée à faible concentration dans l'alimentation, sous contrôle vétérinaire. Les testicules de ces néo-mâles donnent du sperme 100 % X, qui, en fécondant les ovules 100 % X des femelles, donneront une descendance exclusivement femelle XX : ces femelles seront transférées en mer à un poids inférieur à 100 g.

Pour avoir de gros poissons – jusqu'à 5 kilos –, on ne transfère en mer que des femelles stériles. Pour cela, on trempe les œufs qui viennent d'être fécondés quelques minutes dans un bain d'eau chaude (27 °C) ; le globule polaire de l'ovule n'est alors pas éjecté, et le poisson se

épinards accumulant moins de nitrates dans leurs feuilles sont près d'aboutir dans les laboratoires. Mais les principales variétés transgéniques, si attendues et craintes en même temps, ne seront pas spectaculaires. Les tomates transgéniques longue conservation, commercialisées depuis cette année aux Etats-Unis, ressemblent à leurs cousines issues de sélections classiques par croisements

entre variétés. Nous digérerons bien quelques gènes nouveaux de résistance aux virus et aux herbicides, ainsi que les protéines produites par ces gènes. Des betteraves transgéniques auront plus de sucre, des pommes de terre auront un amidon mieux adapté aux frites et aux chips, du blé aura un gluten de farine plus panifiable ou plus biscuitier, du colza, une huile plus diététique ; cela sera-t-il écrit sur le morceau de sucre, la frite surgelée ou le biscuit ? Nous verrons.

Côté animaux, point de poulets à quatre cuisses mais peut-être un petit gène, par-ci par-là,

(1) Un bar correspond à la pression atmosphérique et à celle d'une colonne d'eau de 10 m ; au plus profond des fosses océaniques, à environ 10 km sous la mer, la pression n'est encore que de 1 000 bars !

(2) Centre technique de la conservation des produits agricoles.

(3) *Les Secrets de la casserole*, éd. Belin.

(4) Ecole nationale d'ingénieurs des travaux de l'horticulture et du paysage.

(5) Institut national de la recherche agronomique.





Elanmer

retrouve avec trois lots de chromosomes (deux de l'ovule de la mère, un du sperme du père) au lieu des deux habituels. Ces poissons, dits triploïdes, sont stériles et mettent donc toute leur énergie à grossir et à rosir.

Cette couleur saumonée tant appréciée est due aux pigments de synthèse incor-

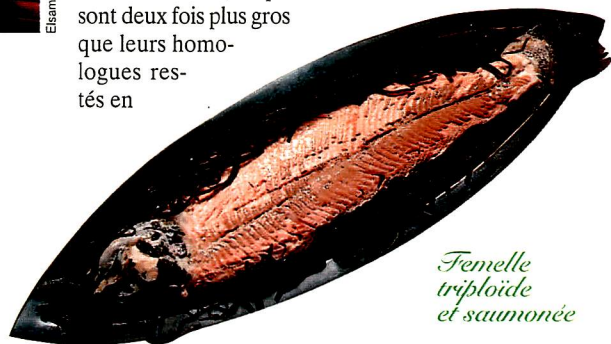
porés dans la nourriture. La canthaxanthine, un rétinoïde proche de la vitamine A, tend à être remplacé par l'astaxanthine, plus proche des pigments naturels du phytoplancton qui, au long de la chaîne alimentaire, se retrouvent dans la carapace des crustacés puis dans la chair des saumons migrateurs.

transférés en mer avec une chance de survie proche de 100 %.

### La truite fario

Variante française du saumon atlantique, la truite fario revient. A cause de sa croissance lente en eau douce, la truite indigène *Salmo trutta*, cousine du saumon atlantique (*Salmo salar*), a été supplantée dans les piscicultures continentales par sa cousine américaine, la truite arc-en-ciel, *Oncorhynchus mykiss* (\*). Cependant, il est impossible d'obtenir des grosses truites arc-en-ciel en mer : elles ne supportent pas l'eau au-delà de 17 °C. Non seulement la truite fario la supporte mais le passage en milieu marin stimule sa croissance :

au bout d'un an, les poissons sont deux fois plus gros que leurs homologues restés en



Femelle triploïde et saumonée

Elisabeth a goûté les desserts industriels au vrai lait, à la crème fraîche, aux œufs, fabriqués selon la tradition. Malgré les excès, elle va bien.



de résistance aux germes fréquents dans les élevages intensifs. Des animaux géants ? Une percée spectaculaire a été obtenue par les Canadiens du Department of Fisheries and Ocean de West-Vancouver (Colombie-Britannique). Ils ont créé des saumons dotés d'un gène stimulant l'hormone de croissance : à 1 an, les saumons étaient en moyenne onze fois plus gros que leurs congénères sauvages, et, pour certains, trente-sept fois plus gros (\*).

Aujourd'hui, les professionnels n'en veulent pas : un seul fugeur pourrait "polluer" le milieu marin. Et, craignant la réaction du consommateur, ils ne veulent même pas s'intéresser, pour l'instant, à la simple injection ponctuelle de cette hormone de croissance, qui permettrait aux jeunes saumons d'être

eau douce. Pour réussir l'élevage en mer de la truite fario, il a fallu surmonter un problème de taille : la maturation sexuelle. Un poisson qui arrive à maturité devient laid (robe sombre et mate) et grandit moins, car il mobilise tous ses lipides et ses pigments vers ses organes reproducteurs. Des truites exclusivement femelles et, s'il le faut, triploïdes, ce fut la réponse des généticiens de l'INRA à ce problème. Aucune manipulation génétique dans cette prouesse, mais un savant montage exploitant la facilité avec laquelle les poissons changent de sexe (voir encadré ci-dessus). Les poissons triploïdes sont stériles ; au lieu de "perdre" leur énergie à se reproduire, ils ne font que grossir.

Leur chair a une teneur en lipides de 10 à 12 %, ce qui fait de la truite fario un poisson gras intermédiaire entre le saumon sauvage (poissons maigres à moins de 6 % de lipides) et le saumon d'élevage norvégien, plus près de 20 % de lipides. Demain, la majorité des poissons et mollusques d'élevage seront triploïdes : bar, turbot... et huîtres. Une société privée, la Satmar, pionnière en éclosion de mollusques, commercialise les premiers naissains d'huîtres stériles : elles grossiront et n'auront jamais la laitance qui éloignent les amateurs de la consommation d'huîtres en dehors des mois en "r" (\*).





## Fromages et desserts

### Un dessert en kit

Avec la multiplication des lactoreplaceurs et autres molécules interchangeables à même fonctionnalité, le *nec plus ultra* en l'an 2000 sera de consommer des desserts au vrai lait, à la crème fraîche, aux œufs frais ou avec de vrais fruits (voir le livre de Pierre Hermé, *Secrets gourmands*, éd. Larousse). Mais il y aura aussi l'idée géniale, la touche finale qui intègre l'innovation. Cette année, ce sont les

*Retour au naturel  
pour des entremets  
industriels*



crèmes brûlées "à froid" : un mélange de cassonade et de caramel déshydraté se reconstitue au contact de la crème, et croustille en deux minutes... En plus, c'est bon.

Les nouveaux procédés rapides, propres, comme la cuisson dans l'emballage final (le "cook'in pack" d'Orlait) retardent la date limite de conservation (DLC) sans recours aux conservateurs. Exemple extrême : un lait cru microfiltré, avec une DLC de quinze jours, est aujourd'hui commercialisé expérimentalement par l'union des coopératives laitières de Villefranche. A Dijon, certains chercheurs pensent même pouvoir empêcher la prolifération microbienne par de simples règles astucieuses d'assemblage d'ingrédients. Une révolution s'ils le confirment.

Garder le "bon vivant" et éliminer le mauvais, telle a toujours été la règle des artisans du vin, du pain, du fro-

## UN CONDIMENT DIÉTÉTIQUE : L'ALGUE

Au goût inconnu sur Terre, les algues essaient laborieusement de se frayer un chemin vers notre assiette : ces légumes originaux peuvent fournir un condiment diététique parfait, riche en minéraux, vitamines, acides gras insaturés, protéines... On extrait depuis longtemps leurs macromolécules gélifiantes : carraghénane (E 407) extrait de l'algue rouge *Chondrus crispus* (pioka breton), alginates extraits des algues brunes *Laminaria* (E 400 à E 405), agar-agar

extrait des algues rouges *Gracilaria verrucosa* et *Gelidium*. Désormais, onze d'entre elles ont gagné le statut de "novel food". Récoltées par les goémoniers ou importées, saumurées et vendues en frais ou broyées et déshydratées, elles ne connaissent pas encore l'accueil que leur réservent les Japonais, malgré le militantisme du chef breton Bruno Matignon ou la passion douce de Clotilde Boisvert (co-auteur de *Nouvelles Saveurs de la mer*, éd. Albin Michel).

mage, du saucisson. Les bons cocktails de ferments – levures et bactéries lactiques, principalement – sont jalousement sélectionnés et gardés de père en fils. De son côté, l'industrie vend des ferments performants mais pas toujours porteurs de qualité organoleptique. Mais cela change. Ainsi, partis de plus de 2 000 souches récupérées dans les zones de produc-



*Goji du Pérou  
ou amour-en-cage*





**Deux  
héroïques  
goûteurs,  
le  
rédacteur  
en chef  
et le  
directeur  
artistique,  
qui n'ont  
pas  
reculé  
devant le  
graves de  
l'INRA.**

tion  
tradition-  
nelles, l'Institut tech-  
nique du gruyère à La Roche-sur-Foron (Haute-  
Savoie), a sélectionné une petite collection des  
meilleures pour cailler le lait (résistance aux vi-  
rus bactériophages) et produire de bons arômes.  
C'est le premier complexe de ferments "de ter-  
rain" produit industriellement par Standa Indus-  
trie à Caen. Les producteurs de yaourts rivalise-  
ront sur leurs nouveaux laits fermentés riches en  
souches capables d'adhérer aux cellules intesti-  
nales (comme le nouveau *Lactobacillus acido-*  
*philus LAI*) et dotées de vertus anti diarrhéiques,  
immunostimulantes ou calmantes !

Ne soyons pas naïfs, ces ferments sélectionnés  
auront, s'il le faut, des gènes nouveaux, conférant  
une résistance aux virus bactériophages ou un arôme  
à volonté que l'on aura identifié. Ne vient-on  
pas, à l'INRA de Dijon, d'attribuer le goût si ty-  
pique du vin jaune vieilli en tonneau dans le Jura  
à une molécule, le sotolon ? On peut également  
imaginer – car ces recherches sont évidemment  
confidentielles – des levures transgéniques dont le  
métabolisme produise autre chose que l'alcool.

contient de l'alcool. Ces nouvelles boissons, pour  
être sans alcool et pas trop sucrées, contiennent  
2/3 d'un jus de raisin de muscat de Hambourg et  
1/3 de vin blanc désalcoolisé.

Des boissons de synthèse à base de vin sui-  
vront : "allégées" en éthanol, enrichies en d'autres  
alcools (glycérol, sorbitol...). L'une d'elle, à 6 %  
d'alcool, est en cours d'expérimentation. De nou-  
veaux procédés extraient également le potentiel  
aromatique largement inexploité par la fermen-  
tation classique du moût de raisin. La *flash-déten-*  
*te*, qui introduit brusquement le raisin dans une  
enceinte sous vide profond (de 20 à 60 millibars)  
fragilise les parois cellulaires de la pellicule du rai-  
sin. Or, c'est là que se concentrent la plupart des  
composés aromatiques et colorés qui caractéri-  
sent le vin : les polyphénols (bons pour la santé,  
ne recrachez plus ni la peau ni les pépins du rai-  
sin), les dérivés de caroténoïdes (arômes de vio-  
lette...) et les précurseurs d'arômes dont l'exis-  
tence vient d'être démontrée.

L'extraction de ces précurseurs, des glycosides  
terpéniques, est étudiée par Ziya Günata, ingé-  
nieur à l'Institut des produits de la vigne de Mont-  
pellier. Il vient d'identifier, après avoir comparé  
l'effet de trente-quatre préparations commer-  
ciales d'enzymes, celles qui, en début de vinifica-  
tion, libèrent des arômes que ni les enzymes du  
raisin ni celles des levures de la fermentation al-  
coolique ne libéraient encore.

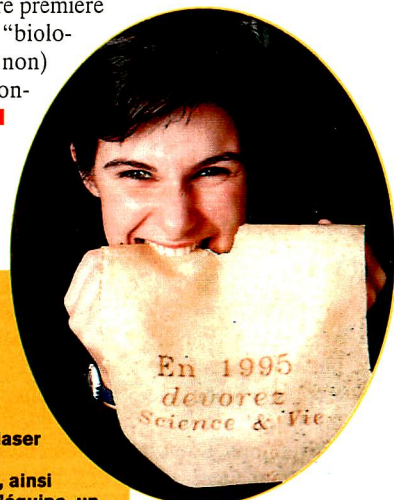
L'utilisation des enzymes comme auxiliaires  
technologiques est un boulevard pour l'obtention  
des aliments de demain. Car la diversité de nos ali-  
ments reposera avant tout sur celle des procédés  
mis en œuvre, de la production  
de la matière première  
(produits "biolo-  
giques" ou non)  
au condition-  
nement. ■

## Vins

### Des vins sans alcool : à votre santé !

Pour l'instant, le seul écart – de taille – que réa-  
lise un groupement vinicole, l'UCCOAR, à  
Carcassonne, est la production de vins dont on a  
retiré l'alcool postérieurement à la vinification (8).  
Une précision pour les mauvais esprits : la Cour  
de cassation a décidé, par un arrêt rendu le 10 mai  
1993, que la commercialisation et l'appellation  
d'un "vin sans l'alcool" ne constitue pas une frau-  
de, ni une tromperie. L'UCCOAR commercialise  
aussi des boissons pétillantes au jus de raisin.  
Comprenez la nuance : le jus de raisin est trop  
sucré pour être gazéifié et le pétillant de raisin

**Sonia  
mord la  
vie à  
pleines  
dents, en  
dégustant  
une crêpe  
gravée au laser  
et en vous  
souhaitant, ainsi  
que toute l'équipe, un  
bon réveillon et une  
heureuse année.**



Crêpes gravées au laser par  
"Les gourmandises de Fanny"

(6) *Nature*,  
15 septembre 1994.

(7) Cousine, elle,  
du saumon coho  
du Pacifique,  
*Onchorynchus*  
*kisutch*.

(8) Pour les  
amoureux de la  
tradition, se  
reporter à  
l'ouvrage *Le Livre*  
*d'Olivier*  
*Raellinger*,  
éd. du Rouergue.

(9) Procédés  
physiques mis au  
point par l'INRA  
à la station expé-  
rimentale de Pech  
Rouge-Narbonne,  
à Gruissan (Aude).



# PHOTO NUMÉRIQUE

## Enfin la haute définition

PAR ROGER BELLONE

**D**ans le domaine des appareils de prise de vue numérique, Kodak, le numéro 1 mondial de la photo, vient de battre son propre record établi voilà six mois avec le DCS 420, premier reflex couleur photographiant en haute résolution grâce à un capteur CCD constitué de 1,5 million de cellules d'analyse (1 542 x 1 012). En effet, la firme américaine lance un second modèle, le DCS 460, séparant, lui, 6 millions de points/image – ou pixels – (très exactement 3 060 x 2 036 pixels).

L'appareil code chaque point/image sur 12 bits, ce qui représente 36 bits par couleur (12 pour le rouge, le vert et le bleu). Par rapport au codage antérieur sur 24 bits, cela permet d'améliorer le rendu des ombres et des très hautes lumières. Pratiquement donc, la qualité des images est comparable à celle que procurent les films de 400 ISO les plus récents ou la télévision à haute définition, dont le balayage d'écran sera de 1 250 lignes par couleur.

Le DCS 460 est le premier appareil numérique au monde capable d'une prise de vue instantanée en couleur d'une telle qualité. Jusqu'ici, il existait des équipements assurant une définition de 4 millions de pixels, mais celle-ci était obtenue après trois enregistrements, un par couleur à analyser. Ce qui interdisait la photo en un seul déclenchement et la limitait donc à des prises de vues sur pied de sujets sans mouvement.

Le capteur Kodak de 6 mégapixels est logé dans un dos électronique conçu par Kodak et adapté à un boîtier reflex Nikon F 90 X, l'appareil 24 x 36 le plus perfectionné de la marque. Cela signifie que les prises d'images numériques sont possibles dans les mêmes conditions qu'une photo argentique conventionnelle, notamment en mise au point et exposition automatiques et à des temps d'obturation rapides (1/1 000 s à 1/8 000 s si nécessaire).

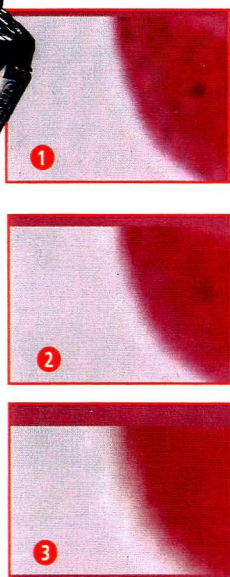
Seule limitation, la lumière éclairant le sujet doit être suffisamment intense, le système

**La photo numérique arrive à maturité. Avec une résolution passant de 1,5 million à 6 millions de points par image, elle égale le film classique de haute sensibilité.**



**Soixante fois mieux qu'en 1981**

Kodak et Nikon ont réalisé en association le premier reflex 24 x 36 numérique capable de séparer 6 millions de points/image (3 060 x 2 036 pixels) ①. Cet appareil, le DCS 460, est une amélioration du DCS 420 (1,5 million de pixels) sorti l'année dernière ②. Le premier prototype d'appareil numérique, le Mavica, fut lancé par Sony en 1981 avec une définition proche de 100 000 pixels ③.







est tout de même très élevée, 1,3 million de pixels (1 280 x 1 000) avec un codage couleur sur 24 bits. En revanche, la sensibilité correspond à un film couleur de 800 ISO.

Avec ces nouveaux reflex, la photo numérique accède à une définition élevée, voire à une très haute définition. Nous voilà bien loin de la résolution qu'autorisait le Mavica, premier prototype (électro-ique) présenté par Sony en 1981 et qui avoisinait les 100 000 pixels ! Mais il faut observer ici que, au-delà de la prise de vue directe, les

analyseurs en imagerie numé-

rique ont déjà largement dépassé les performances d'un Kodak DCS 460. Le photo-CD par exemple, mémorise les photos en couleur avec 18 millions de points, soit l'équivalent d'un film en couleur de 50 ISO. Certains scanners et imageurs analysent l'image avec des définitions de plus de 10 millions de pixels. Les appareils photographiques numériques ont donc encore un peu de chemin pour parvenir à la qualité de la photo argentique, qualité qui est parfaitement à portée de l'imagerie numérique. On peut penser que ce chemin sera vite parcouru. Mais la photo numérique

de qualité n'en sera pas pour autant à la portée des amateurs, car les prix restent excessivement élevés. L'appareil Fuji-Nikon le moins coûteux devrait être

vendu entre 35 000 et 40 000 F. Le DCS 420 de Kodak est deux fois plus cher ; le prix du DCS 460 sera de l'ordre de 170 000 F.

De tels équipements ne peuvent qu'être très spécifiques : publication assistée par ordinateur (PAO), recherche scientifique, presse, domaines administratifs et militaires. Quant au DCS 460, ses applications seraient limitées aux travaux exigeant une très haute définition et une exploitation immédiate des images, par exemple en recherche scientifique ou en imagerie médicale. ■

DCS 460 ayant une sensibilité équivalente à celle d'un film de 100 ISO.

L'association de Nikon avec Kodak pour la réalisation de cet appareil n'est pas fortuite. La firme japonaise s'intéresse de longue date à l'imagerie numérique. Aujourd'hui, elle semble avoir pris une place avantageuse sur ce terrain car, à son association avec Kodak, Nikon en ajoute d'autres. D'abord avec Apple, qui a conduit fin 1993 à la réalisation de l'appareil numérique Apple Photo-flash conçu pour la saisie d'images destinées à un ordinateur ou à une transmission par téléphone. Ensuite, avec Fuji, le premier concurrent de Kodak sur le marché des surfaces sensibles argentiques.

Avec Fuji, précisément, Nikon vient de présenter l'E2, reflex monobloc pour la photo numérique. En fait, l'E2 est également proposé par Fuji sous la référence Fujix DS-505. Les deux boîtiers sont identiques, mis à part la fréquence de prise de vue qui peut atteindre 1 image/seconde chez Fuji et 3 images/seconde chez Nikon.

Ici encore Nikon a conçu le boîtier, lequel peut recevoir tous les objectifs de la marque. Fuji a créé le capteur CCD et l'électronique numérique. Si la résolution n'atteint pas celle des DCS Kodak, elle

## Encore réservée à des usages professionnels



Dirigé par  
Roger  
Bellone

Les synthétiseurs évoluent vite et sont souvent dépassés en quelques mois. L'originalité des claviers électroniques Farfisa de la série F est qu'ils sont capables de s'adapter aux besoins spécifiques du musicien et à l'évolution technologique. Cette performance repose d'abord sur la technique retenue pour la production synthétique des sons : ce sont des claviers dits "multisynthèses", entièrement numériques mais capables de créer des sons analogiques en modulation de fréquence (FM) et des sons codés en numérique. Ces claviers autorisent de multiples combinaisons et une extraordinaire diversité de sonorités et de styles (rock, pop, jazz, classique, liturgique, etc.). L'unité Multisynthèse F est conçue pour conserver un fort potentiel de développement : un tiers de ses capacités est utilisé dans le clavier F 1 (le plus performant de la gamme, qui comporte également les claviers F 5 et F 6). Avec une carte d'extension mémoire ①, il est possible de recevoir et de traiter des sons nouveaux : il existe déjà une véritable sonothèque sur disquettes. Tous les perfectionnements des claviers électroniques se retrouvent sur les Farfisa F :

- Le clavier Aftertouch ② : pour

ajouter un trémolo ou un vibrato lorsque l'on joue de la trompette, par exemple, il suffit d'appuyer plus fortement sur les touches.

- Le pédalier : il permet d'obtenir des basses (huit au choix).

- Les programmes ③ : pour chaque style musical (swing, rock, jazz, classique...) une centaine de programmes modifiables sont disponibles.

- Un séquenceur seize pistes ④ : c'est un magnétophone électronique dont la capacité de mémoire (224 ou 380 Ko) permet de stocker plusieurs morceaux et d'afficher les textes sur un écran ⑤.

- La fonction HTA (Human Touch Accompaniment) ⑥ : une touche commande l'exécution automatique d'un arrangement des accompagnements selon un style personnel. Autrement dit, les arrangements sont produits en harmonie avec la façon de jouer du musicien.

- Un éditeur de sons ⑦ : cette unité électronique prend en compte 205 paramètres permettant de transformer les sons ou d'en créer.

- Un éditeur de styles ⑧ : il est doté de sept pistes programmées, pouvant être modifiées, ce qui donne une grande liberté pour réaliser des accords.

- Les processeurs d'effets : les Farfisa F en

possèdent huit (contre de deux à quatre dans les synthétiseurs classiques). L'éventail des effets est donc élargi : écho, distorsion, trémolo, hall...

- Du chant au "karaoke" : deux entrées

microphone ⑨ avec convertisseur analogique/numérique permettent de chanter "à travers" le clavier, d'ajouter des effets au chant et des accompagnements. Avec l'interface multimédia





# évolutif

(en option), le synthétiseur devient "karaoke" : les paroles de chansons mémorisées dans les disquettes 10 peuvent être envoyées

du clavier sur l'écran d'un téléviseur ou d'un moniteur.

● Entrée MIDI pour l'ordinateur : grâce à elle le transfert des données

informatiques musicales vers n'importe quel maillon d'une chaîne audio ou de montage son est possible.

En d'autres termes, elle permet à des éléments différents de dialoguer grâce à un langage

numérique commun.

Le plus complet des modèles Farfisa, le F 1, possède 76 touches avec contrôle de sensibilité et Aftertouch.

Prix : 19 900 F (le F1), 14 500 F (le F5) et 11 700 F (le F6). R.B.





## AUDIOVISUEL

### ▼ Le son programmé

Trois appareils groupés dans un boîtier portable, c'est ce que propose le Samsung RCD 940, poste radio à transistors (FM, PO et GO) intégrant un magnétophone à cassette et un lecteur de disques compacts. Pour la radio, un tuner numérique permet la mémorisation de 30 stations. Plusieurs formes de lecture des CD sont possibles et programmables : choix de certaines plages du disque, choix de l'ordre de lecture des morceaux, écoute des débuts de plages, lecture aléatoire. Enfin, si l'on veut enregistrer une partie ou tout le disque, il suffit d'appuyer sur la touche "enregistrement" du magnétophone.

Puissance de l'appareil : 2 x 4 W. Prix : 990 F (il existe un modèle à télécommande au prix de 1 190 F).  
P.S.



### ▼ Mini formats mais maxi angulaires

Appareils simples et élégants, les Konica EU-mini sont équipés d'un objectif 6,7/28 mm à 3 lentilles. Avec un champ presque deux fois plus large que celui d'un 50 mm, cet objectif permet la prise de vue depuis 90 cm sans

réglage. L'obturateur donne deux temps d'exposition, 1/180 s et 1/60 s, et assure la synchronisation au flash électronique intégré. Très compacts (11 x 6 x 3 cm, et 150 g), ces appareils sont disponibles en trois couleurs. Prix : 600 F. F.B.



### Un coup de ► plumeau pour les bandes vidéo

Sans un nettoyage régulier des têtes de lecture du magnétoscope, les enregistrements vidéo donnent à l'écran des lignes irrégulières, des images "neigeuses" ou un son déformé. Ces imperfections sont dues à des particules minuscules qui se déposent sur les têtes de lecture. Pour les éliminer, la société 3M a réalisé une cassette qui nettoie les têtes et contrôle immédiatement l'opération. 3M recommande d'effectuer un nettoyage préventif mensuellement, et chaque fois que l'on constate une dégradation de l'image



ou du son en visionnant une cassette. A l'insertion de la cassette, des graphiques apparaissent sur l'écran, accompagnés d'un message vocal qui indique l'évolution du nettoyage et signale quand les têtes sont propres. Cette cassette reste efficace durant trente passages et tous les nettoyages effectués s'affichent sur l'écran lors de chaque utilisation. Prix : 99 F. F. B.

### Grande définition ► sans vibrations

Pour les amateurs recherchant la perfection de l'image vidéo, Canon a réalisé le caméscope UC 7 Hi, en format Hi-8, assurant une définition de 450 points par ligne horizontale. Il possède des circuits DSP qui assurent un traitement numérique du signal. Le capteur CCD, de haute qualité, sépare 470 000 pixels. Le zoom (1,8 de 5,2-62,4 mm) est équipé d'un stabilisateur optique haute fréquence capable d'éliminer les effets des vibrations sur la prise de vue et d'assurer ainsi la stabilité des images sur l'écran TV. Pour le reste, l'UC 7 Hi possède les caractéristiques des caméscopes perfectionnés : autofocus de 1 cm à l'infini ; exposition automatique, sensibilité minimale de 3 lux, plusieurs programmes d'exposition, balance automatique des blancs sur 64 zones, son hi-fi stéréo, sortie pour montage, générateur de 216 caractères et torche vidéo intégrée. Poids : 600 g. Prix : 8 990 F. P.S.





## SPORT ET LOISIRS

### Changez de fuseau horaire sans bouger

Horloger de haute précision Jaeger-LeCoultre vient de lancer la Reverso Duoface, une montre dotée d'un cadran sur chaque face, connectés à un même mécanisme mais donnant l'heure dans deux fuseaux horaires différents. En fait, les deux cadrans sont distincts, et pivotent pour se placer dos à dos, ce qui, pour utiliser le même mécanisme d'horlogerie, constitue une gageure.

Le système est constitué de 180 pièces terminées et assemblées à la main. La technique est astucieuse : par l'intermédiaire d'un arbre transversal, l'aiguille des minutes du premier cadran renvoie directement à celle du second cadran le mouvement que lui a

imprimé la roue centrale ; un inverseur de sens giratoire placé sur cet arbre, permet aux heures de tourner dans le bon sens sur chacune des faces. Ce dispositif simple, sans jeux d'engrenages superflus,

permet au système de fonctionner avec précision et sans déperdition d'énergie. Le dispositif de pivotement permet d'obtenir immédiatement la lecture de l'un des cadrans. Mécanique à

remontage manuel, cette montre possède une autonomie de quarante-cinq heures et ses deux faces se règlent simultanément ou distinctement. Prix : **28 000 F** en acier ou **48 000 F** en or jaune. F.B.



### ◀ Pour damer le pion en s'amusant

Plus facile que les échecs, plus stratégique que le jeu de dames, Gymkhana est d'apparence fort simple : deux joueurs disposant l'un de pions rouges, l'autre de pions blancs, doivent former chacun une ligne continue sur un plateau quadrillé, de façon qu'elle traverse tout le plateau ou qu'elle encercle un pion adverse. Plus de 51 000 possibilités sont ainsi offertes à chaque joueur. Pour gagner, il faut suivre sa propre ligne, surveiller celle de son adversaire et anticiper sa stratégie. En principe, le jeu est rapide, chaque partie ne durant guère plus de cinq minutes. Prix : **195 F**. F.B.



## OPTIQUE

### ▼ La nuit comme en plein jour

Etudier le comportement d'animaux, surveiller des bâtiments, faire de l'observation astronomique, pratiquer la navigation nocturne ou bien photographier au clair de lune, autant d'activités qui ne sont guère possibles sans instrument spécifique. S'il s'agit de faire des observations la nuit à plus de 10 mètres, le télescope NSB 4X80 de Swarovski permettra d'y

voir comme en plein jour. En fait, cet instrument permet même de voir par une nuit sans lune avec seulement 0,1 millilux de lumière, grâce à un amplificateur électronique intégré. Il est utilisable au crépuscule (1 lux). Avec plus de lumière, il est nécessaire de coiffer la lentille avant avec un obturateur spécial. L'image traitée par l'amplificateur est visible sur un écran luminescent vert. Etonnant, même si ça fait cher du photon. Renseignements : Génération 2001. Tél. : (1) 43 72 25 80. Prix : 65 000 F.



### Pour redresser les verticales ▲

L'opticien allemand Schneider vient de lancer le PC-Super Angulon 2,8/28 mm, un objectif à décentrement destiné aux appareils photographiques reflex 24 x 36. Le dispositif mécanique de la monture permet de déplacer l'axe optique des lentilles de 11 mm horizontalement ou de 9,5 mm verticalement. Ce système permet par exemple de photographier de grands immeubles sans déformation, c'est-à-dire en conservant le parallélisme des verticales. Pour cela, la prise de vue se fait sans incliner l'appareil vers le haut, en le maintenant rigoureusement vertical. Mais de cette manière le sommet du bâtiment est coupé : on décentre donc le bloc optique jusqu'à ce que, dans le viseur, la tête du bâtiment soit visible. Prix : 10 470 F. P.S.

## MAISON ET JARDIN

### ▼ La friteuse dans le lave-vaisselle

La friteuse Universalis 1250 conçue par SEB libère les utilisateurs de tout souci d'entretien : elle possède une cuve et

un couvercle amovibles qui peuvent être tous deux lavés dans le lave-vaisselle. De plus, la cuve est revêtue

intérieurement d'un anti-adhésif qui facilite la vidange du bain d'huile et le nettoyage. Ainsi, la partie extérieure de la friteuse, qui contient tout le dispositif électrique, n'a pas à être lavée. Elle possède une couche isolante thermique qui permet de la saisir durant une cuisson sans se brûler, ainsi qu'un logement pour une cartouche au charbon actif qui réduit les odeurs de graisse brûlée. Prix : 769 F (ou 859 F avec minuteur). F.B.





## Des puces pour le chauffage ►

Les programmeurs de chauffage sont souvent d'utilisation fastidieuse, voire délicate si l'on a oublié le mode d'emploi. Le Tybox C de la société Delta Dore fait appel à des cartes à puces pour programmer automatiquement le thermostat. Quatre cas de figure ont été prévus :

- Tybox C peut tout d'abord s'utiliser sans carte ; il faut alors

assurer une programmation classique, manuelle et hebdomadaire. En outre, il comporte un programme par défaut (chauffage tous les jours de 6 h à 23 h avec réduction nocturne).

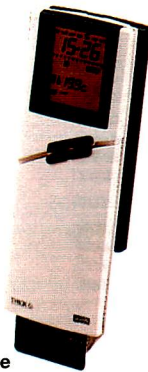
- La carte "Typopuce" : elle permet l'accès à un programme "travail" (température réduite du lundi au vendredi pendant les heures de

bureaux).

- La carte "Mémopuce" : elle mémorise le programme hebdomadaire effectué soi-même sur l'appareil et peut être rechargée sur le Tybox C à tout moment. Finies, donc, les erreurs de programmation !
- La carte "Perfopuce" : réalisée sur demande, elle traduit strictement les données fournies par

l'utilisateur et l'affranchit de tout souci. Elle assure également des performances supplémentaires à l'appareil (programmation à la demi-heure près de températures différentes, fonction de verrouillage du clavier...)

Prix : 1 190 F avec Typopuce et Mémopuce. S.F.

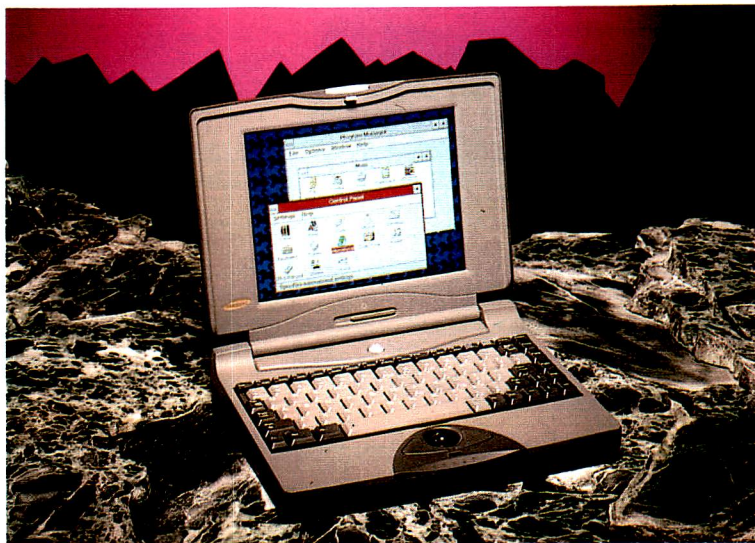


## INFORMATIQUE

### ▼ Une souris dans la famille

Microsoft House Mouse, inaugure la nouvelle souris destinée à la famille ; elle s'adapte à toutes les mains. Elle est livrée avec le logiciel *Intellipoint Home*. Des images, liées à un thème choisi, remplacent le pointeur standard et des animations accompagnent l'exécution des ordres. L'utilisateur peut ajuster la taille et la couleur du pointeur pour améliorer sa visibilité, créer une traînée pour suivre les mouvements du curseur, utiliser une fonction Sonar pour repérer une souris perdue.

Prix : 299 F. F.C.



### ▲ Les micro-ordinateurs de Corée

Samsung, le numéro 1 de l'électronique grand public coréenne, vient de lancer trois micro-ordinateurs Notemaster 486 P relativement puissants et rapides, dotés d'un processeur Intel 486 et d'un disque dur amovible de 260 Mo. Le plus petit, le modèle 486 P 33 C possède une mémoire RAM de 4 Mo et un microprocesseur cadencé à 33 MHz, alors que sur les deux autres appareils (486 P 475 P et 475 T) ces caractéristiques sont respectivement de 8 Mo et 75 MHz. Sur les trois ordinateurs, la mémoire RAM est extensible à 20 Mo. Tous sont équipés d'un écran à cristaux liquides permettant d'afficher 80 colonnes, 25 lignes et possédant une résolution de 640 x 480 pixels. Evolutifs, ils sont équipés de deux connecteurs d'extension PCMCIA type II et III permettant toutes connexions à des fax, modem et modules de réseau informatique. Les trois modèles ont les mêmes dimensions et poids : 29 x 22 x 5 cm environ et 3,25 kg. Prix : 20 000 F le 33 C, 27 000 F le 475 C, et 34 000 F le 475 T. F.B.



Ont participé  
à la rédaction  
de ces  
informations :  
Florence  
Bellone,  
Frédérique  
Chapuis,  
Stéphan  
Faudoux,  
Jérôme Paoli  
et Paule Sully.

## Pratique et familial ▶

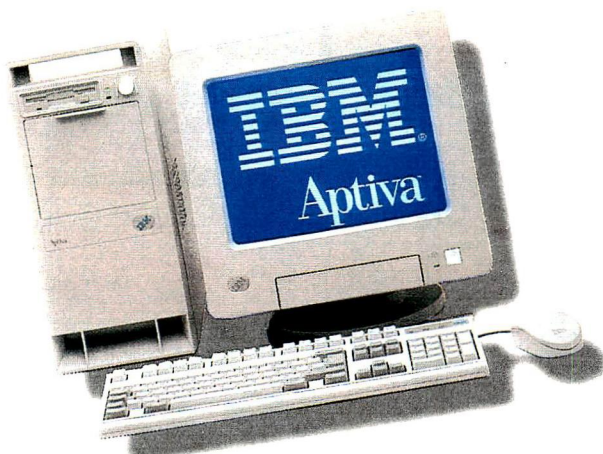
Equipé d'un lecteur de CD-Rom double vitesse 16 bits, le Presario CDS 520 de Compaq s'adresse à toute la famille en raison de la vaste bibliothèque de logiciels et de données sur CD-Rom avec laquelle il est fourni. Agréé France Telecom il fait même office de fax, de minitel et de répondeur téléphonique.

Prix : 12 000 F environ.  
J.P.



## ▼ Le multimédia le plus complet

En plus de son lecteur CD-Rom double vitesse, le Spectria de Packard Bell peut être équipé de cartes de traitement audio et vidéo permettant de recevoir tant les programmes radio que télévision. De même il se transforme en fax ou en répondeur téléphonique grâce à un kit communication. Enfin, grâce à une carte optionnelle, il peut lire les films enregistrés au format CD-I de Philips. Prix : à partir de 10 000 F. J.P.



## ▲ Pour bien débuter

Successeur du célèbre PS/1, l'Aptiva d'IBM est une excellente machine d'initiation. Le logiciel *Aptivaware* dont il est équipé permet une véritable autoformation. Enfin l'Aptiva est proposé en 10 versions dont trois, orientées multimédia, sont équipées d'un lecteur de CD-Rom.

Prix : à partir de 7 500 F.  
J.P.







Abbé Pierre  
Antoine de Caunes  
Bruno Masure  
Carole Bouquet  
Christian Clavier  
Daniel Auteuil

## ILS ONT SIGNÉ LE TEE-SHIRT «MERCI !» :

Eddy Mitchell  
Eric Cantona  
France Gall  
Frédéric Mitterrand  
Jane Birkin

Jean-Jacques Goldman  
Jean-Paul Gaultier  
Jean-Pierre Papin  
Laurent Fignon  
Luc Besson

Miou-Miou  
Patrick Dupond  
Philippe Vandel  
Pierre Arditi  
Romane Bohringer  
Yannick Noah

«Acheter le tee-shirt **MERCI !**,  
c'est soutenir la lutte  
contre le sida.  
Le porter, c'est témoigner  
sa solidarité.»

Antoine de Caunes  
Président de Solidarité Sida.



Avec le soutien de



**Oui**, je désire soutenir la lutte contre le sida en achetant le tee-shirt «MERCI !».

Nom : ..... Prénom : .....

Adresse complète : .....

Merci de bien vouloir me faire parvenir ..... tee-shirt(s) blanc(s) «Merci !», au prix unitaire de 100 F. : .....

..... tee-shirt(s) noir(s) «Merci !», au prix unitaire de 100 F. : .....

Plus 30 F. de frais de port : 30,00

Total de la commande : .....

Le règlement, par chèque bancaire ou postal, libellé à l'ordre de «Association Solidarité Sida», est à renvoyer avec ce bon de commande à l'adresse suivante :  
**Solidarité Sida - 183, rue Saint-Honoré - 75001 Paris.** Toutes les commandes seront honorées dans un délai de trois semaines à compter de la  
réception du règlement, et dans la limite des stocks disponibles.



# MÉDIATHÈQUE

## LIVRES

### Réquisitoires contre "le système"

*Philippe Saint Marc*  
**L'ÉCONOMIE BARBARE**  
Frison-Roche, 491 p., 135 F.

*Michel Godet*  
**LE GRAND MENSONGE**  
Fixot, 295 p., 109 F.

C'est une illusion que de parler de science ou de technique sans référer à la société. D'où l'intérêt de ces deux ouvrages.

Celui de Philippe Saint Marc, conseiller à la Cour des comptes, fait place, en de très nombreux chapitres, à des sujets que nous avons traités, d'une manière qui n'est pas ordinaire aux médias : pollution de l'air, politique de l'environnement, maladies de civilisation, crise de l'agriculture et, bien sûr, environnement. A l'heure où l'on prétend masquer par des campagnes antitabac les vraies causes de la morbidité anormale des voies aérodigestives supérieures, il

rappelle avec pertinence que la pollution de l'air en ville et sur les lieux de travail en Seine-Saint-Denis est bien supérieure à celle dans les autres régions, et que la mortalité par cancer des poumons et de l'estomac y dépasse de 40 % la moyenne de Paris et du reste du pays. Eloquent. Mais nul n'osera incriminer les causes de cette pollution, car ce serait "déplacer".

Pour dépolluer, observe l'auteur, il faudrait lutter contre l'envahissement du béton et de la voiture, et créer des espaces verts. On sait ce que désigne désormais l'expression "espace vert" : des carrés dérisoires d'arbres importés à des coûts extravagants (250 000 F pour chaque arbre des Champs-Élysées, par exemple). Quant à la lutte contre le béton, elle ne fait évidemment pas l'affaire de tout le monde.

Cela ne fait pas non plus celle de tout le monde que de rappeler le nombre de tués sur la route. Il est de très loin supérieur à celui des victimes du sida ou de la Bosnie : chaque année, l'auto tue en Europe 50 000 personnes et en blesse 1 500 000 autres. De 1946 à 1993, rien qu'en France, la route a tué un demi-million de gens et en a blessé 11 millions ! Ce n'est la faute de personne, dira-t-on – ou, comme dans les romans populaires du début du siècle, «c'est la faute à pas-de-chance !»

L'auteur établit aussi clairement l'impact de l'environnement idéologique sur la santé : pour s'en tenir aux exemples extrêmes, relevons que la France se classe au deuxième rang de l'Europe des Douze en ce qui concerne les suicides : 177 par million d'habitants (le numéro un est le Da-

neemark, avec 217 suicides par million d'habitants ; mais il est vrai que ce pays est aussi le premier en matière de viols, avec 94 par million d'habitants). Nous nous plaçons également au second rang en ce qui concerne la criminalité globale (56 actes de délinquance pour 1 000 habitants).

On parle beaucoup d'emploi, ces temps-ci, et Saint Marc ne se dérobe pas devant le problème. Ses chiffres sont impressionnants : chaque privatisation entraîne des licenciements. Ainsi, British Gas se déleste de ses employés au rythme de 3 000 par an, et, en vue de sa privatisation, Deutsche Telekom supprime 30 000 emplois. Mais il est vrai que, là, on aborde un sujet, l'économie, qui n'entre pas dans le cadre de ces pages. L'auteur n'est pas un ultralibéral, on s'en avise sans peine.

Professeur au Conservatoire national des arts et métiers, Michel Godet se situe, lui aussi, dans le droit-fil de ces soucis. Mais, bien que son discours apparaisse économique, il déborde largement sur des domaines qui sont de notre compétence. Ainsi des rapports entre éducation et chômage, qui ont trop souvent servi à incriminer le système éducatif pour de mauvaises raisons. 700 000 jeunes de moins de 25 ans sont au chômage, victimes de la ségrégation par l'échec scolaire. Mais, observe Godet, en Alsace et en Vendée, où l'apprentissage est beaucoup plus développé que dans le reste du pays, le chômage des jeunes est beaucoup plus faible. La solution ? Développer l'apprentissage ; mais, pour cela, il faudrait changer d'état d'esprit. Or, «la France de cette fin de siècle dé-

pense des milliards inutiles dans un système éducatif qui, d'un côté, fabrique des armées de diplômés sans emploi, et, de l'autre, exclut définitivement du marché du travail les sans-diplômes.»

Observons incidemment que l'auteur ne fait que frôler le problème du diplôme et la tyrannie des "cinq grandes" (Polytechnique, Centrale, Normale, Mines, Ponts et Chaussées, ENA). En Allemagne, où il n'existe pas de grandes écoles, on a réussi à créer des emplois et à contenir le chômage en dépit de circonstances particulièrement difficiles (la réunification, et l'absorption de territoires industriellement archaïques). On n'y embauche qu'"à la base" : c'est-à-dire qu'on forme le candidat au travail "sur le tas". L'ascension professionnelle est consacrée par l'expérience, non le diplôme.

Godet observe donc, un peu rudement, certes, que «chaque polytechnicien coûte près d'un million de francs par an à la nation, chaque HEC, près de 200 000 F...» De fait, pour quelques centaines d'étudiants, l'X coûte aussi cher à la collectivité que toute l'université Paris I avec ses 30 000 étudiants ! Or, demande Godet, «pourquoi subventionner précédemment les études de ceux qui seront les mieux payés à la sortie de leurs études ?»

Nous n'aurons pu, dans le cadre d'une critique de ces deux livres, en offrir que des bribes. La pensée des auteurs est considérablement plus riche, on peut s'en douter. Et le lecteur qui s'y plongera est assuré de ne pas perdre son temps, même s'il n'approuve pas toutes leurs positions. G.M.

Philippe SAINT MARC

## L'Economie barbare



Éditions Frison-Roche





## Le jeu dans tous ses états

Jean-Marie Lhôte

### HISTOIRE DES JEUX DE SOCIÉTÉ

Flammarion, alb. coul. sous emboîtement, 672 p., 8 795 F (650 F jusqu'au 31 janvier 1995).

Le jeu est une affaire sérieuse. Deux philosophes, Emile Benveniste et Roger Caillois, rappellent l'auteur, y voyaient une forme du sacré. Avant eux, l'historien Johann Huizinga avait démontré dans *Homo ludens* que c'est un élément essentiel des cultures. Philosophiquement, le jeu est un duel symbolique avec les puissances divines. Dans notre loto, le joueur courtise la Fortune. Sans doute ne sait-il pas que, au XVIII<sup>e</sup> siècle, ce jeu était associé à la divination par les songes, c'est-à-dire à l'espoir de la sollicitude divine qui communiquerait le numéro gagnant dans un songe. Dans le jeu d'échecs, le joueur s'efforce de montrer sa supériorité intellectuelle. Dans le jeu aztèque de la balle, le perdant était sacrifié.

Lhôte s'est moins intéressé à l'aspect biologique du jeu, qui a eu un rôle considérable dans l'évolution des races animales. Ce furent, en effet, les animaux sauvages les plus

joueurs, donc les plus jeunes, qui osèrent approcher les premiers des campements humains (les aînés, prudents, se tenaient à distance) et qui enclenchèrent le processus de la domestication.

Le jeu a joué, si l'on peut ainsi dire, un rôle considérable dans les sociétés depuis les temps les plus anciens. Les jeux de stratégie dans les sociétés dites primitives, notamment en Afrique, exercent toujours une influence régulatrice sur les rapports conflictuels. Et il n'y a qu'à évoquer l'importance des triots, des casinos, puis des jeux télévisés et, pourquoi pas, de la Bourse, pour s'aviser de l'importance du jeu dans nos propres sociétés.

L'ouvrage de Lhôte est un corpus étonnant de quelque neuf cents jeux joués à travers l'espace et le temps, avec leurs termes, leurs thèmes, leurs règles, etc., de l'*abbia* gabonais au *zug* anglais, du *chonka* au mah-jong chinois, des osselets aux tarots, en passant par le *fanorona* malgache et le *guayro* inca. L'appareil de notes et la bibliographie sont des modèles du genre. Lhôte a discrètement évité le terme d'encyclopédie, hélas ! galvaudé. C'en est pourtant une que ce fascinant ouvrage, admirablement illustré et tout aussi bien imprimé.

G.M.



## Le physicien bateur

James Gleick

### LE GÉNIAL PROFESSEUR FEYNMAN

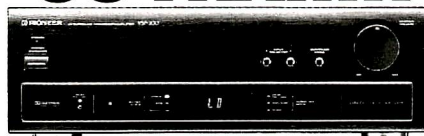
Odile Jacob, 576 p., 180 F.

En 1985 paraissait en France *Vous voulez rire, M. Feynman*, qui regroupait des ré-

flexions diverses du célèbre physicien. Dans une université parisienne, un enseignant de physique nucléaire en déconscience la lecture à ses étudiants. Ceux qui bravèrent l'interdit découvrirent avec stupeur que l'ouvrage parlait bien plus de la manière d'aborder les filles que de physique théorique...

Richard Feynman était suffisamment exubérant pour pouvoir dire tout haut que la physique n'est pas toujours ce que l'on pense. Un dieu iconoclaste, en quelque sorte ! Titulaire du prix Nobel de physique, comme toute une génération de physiciens – qui eurent la chance d'exercer leur sacerdoce durant les années d'or trente, quarante et cinquante –, Feynman fut sur- ▶

# PIONEER OU TRAHIR



## AMPLIFICATEUR - PROCESSEUR VSP 200 DOLBY PRO-LOGIC

Quand les balles vous sifflent vraiment  
aux oreilles, un bon film d'action  
devient un prodigieux film d'action.

3815 PIONEER 2181

**PIONEER**  
The Art of Entertainment  
PIONEER SETTON S.A.

"Pioneer", "Pro Logic" sont des marques de Pioneer Electronics Licensing Corporation.



tout un magicien, l'un de ces êtres qui surprennent par la profondeur de leurs analyses. Il fut celui qui fit entrer la mécanique quantique dans l'âge adulte, en la dépouillant de ses contradictions internes.

On le retrouve aussi dans quelques-unes des grandes aventures du xx<sup>e</sup> siècle, comme la conception de la bombe atomique – à laquelle il participa activement – et la navette spatiale – son nom apparaîtra dans la commission d'experts chargés de trouver les causes de l'explosion de *Challenger* en 1986.

Feynman ne correspond pas à l'image que l'on peut se faire d'un physicien. "Nullissime" en sciences humaines, il était poussé par un esprit de concurrence et une volonté de se distinguer. Il a acquis cette dernière attitude au lycée de Far Rockaway, près de New York, où il brillait dans les concours de mathématique. Peut-être est-ce le secret de son génie : tout prendre comme un défi.

Le livre de James Gleick est le fruit d'un vrai travail d'enquête. Il révèle moult détails sur la physique depuis soixante ans, et sur les mœurs dans les universités américaines avant la guerre. On apprend ainsi que, pour que Feynman soit admis à l'université de Princeton, un professeur dû préciser que «sa physionomie et ses manières» ne laissaient pas paraître son origine juive. L'Amérique bien-pensante des années trente avait aussi quelques démons à chasser...

Cette biographie complète du physicien américain est incontournable. La production de livres sur la physique est abondante, mais celui-ci se distingue.

Alta Oloumi

**Même s'ils ne sifflent pas sur nos têtes...**

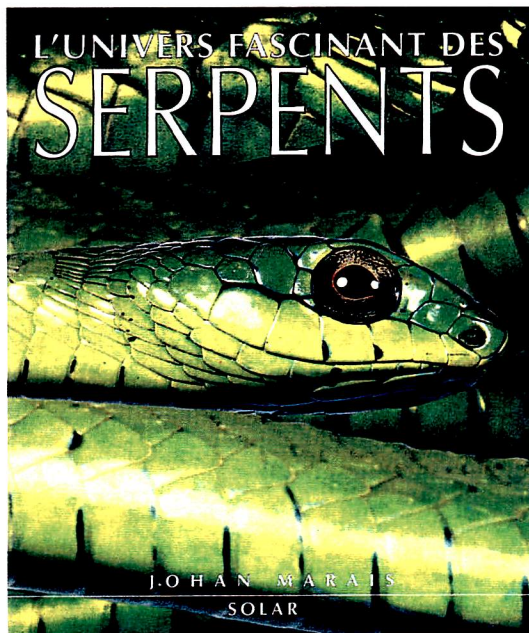
*Johan Marais*

**L'UNIVERS FASCINANT DES SERPENTS**

Solar, alb. 144 p., 180 F.

Un ouvrage de vulgarisation, proposant une sélection des serpents les plus étonnants à l'aide de photos de très grande qualité, accompagnées de textes courts. Il n'offre certes pas une vue complète de l'univers des serpents mais permet de se familiariser avec un animal qui, trop souvent, suscite une terreur sacrée ou, simplement, de la répugnance.

En ce qui concerne le danger, il faut rappeler qu'il est très peu de serpents qui attaquent spontanément, sans qu'on leur marche dessus ni qu'on les provoque. Les magnifiques pythons sont si peu agressifs qu'on a été jusqu'à les prendre comme animaux de compagnie (ce qui est ex-



cessif), et les boas ne sont guère plus menaçants. Le cobra, le crotale, voire la redoutable vipère du Gabon, dont les venins sont très dangereux, n'attaquent eux aussi qu'assez rarement, réservant évidemment leur énergie à la capture de leurs proies – qui sont plus petites que l'homme.

Cela étant, il est utile de rappeler, comme le fait ce livre, que même les serpents non venimeux possèdent des crochets capables d'infliger des morsures douloureuses et

dangereuses. L'image le démontre également, la distinction classique entre la tête de la vipère et celle de la couleuvre (la première est triangulaire, et l'autre, ovale) est valable en général, mais le serpent corail, le fer-de-lance et le bouche de coton ont des têtes qui peuvent prêter à confusion, et ils restent des serpents dangereux. G.M.





## La clé universelle, vous dis-je !

Henri Laborit

### LA LÉGENDE DES COMPORTEMENTS

Flammarion, 288 p., 295 F.

C'est Jean-Pierre Changeux qui va être content ! *La Légende des comportements* ressemble furieusement, en effet, à ce que serait une remise à jour de *L'Homme neuronal*, publié par ledit Changeux il y a un peu plus de dix ans.

Oh ! certes, c'est un bien beau livre, bien séduisant. L'iconographie et la présentation sont en grande partie à l'origine de cette séduction : les toiles de grands maîtres abondent, et même les dessins "anatomiques" ont subi, de la part de Gilles Alkan, un traitement des plus artistiques.

Mais il n'en reste pas moins que le message de Laborit est clair : l'explication de tous nos comportements, nos émotions, nos désirs, notre intellect, passe par la compréhension du fonctionnement de notre cerveau.

Henri Laborit se place ici «au carrefour de la biologie, de la psychologie et de la sociologie». Il serait plus exact de dire qu'il fait de la biologie du cerveau la clé, la base enfin vraiment scientifique de ces sciences "molles" que sont les deux autres citées. Pour Laborit, on aura tout compris lorsque l'on saura «quelles sont les aires du cerveau et les molécules qui entrent en jeu dans tel ou tel comportement».

Qu'on nous comprenne bien : nous ne remettons pas

le moins du monde en cause le désir et le plaisir, tout à fait légitimes, que les chercheurs éprouvent à élucider les mystères de la nature. Mais nous nous insurgeons contre l'arrogance scientifique qui consiste à faire du réductionnisme moléculaire la seule clé possible d'accès au monde vivant, et contre l'inqualifiable prétention qui en fait la seule planche de salut pour mettre fin à la misère humaine, aux guerres, aux tortures et aux génocides.

Thierry Pilorge

## Une publication qui grince

### ALLIAGE N° 19

Association Anaïs (78 route Saint-Pierre-de-Félic, 6000 Nice), 85 F.

«Pourquoi traduire ferry par transbordeur au lieu de bac ?» demande Pierre Laszlo. Sans doute parce que bac ferait trop rustique pour un pays qui se veut "technologique". Résultat : tout le monde dit ferry. Et pourquoi traduire marketing par mercatique, alors qu'on aurait pu se satisfaire de marchandage ?

On l'aura compris, *Alliage* continue d'avoir mauvais esprit. Bruno Latour y reprend un texte déjà publié, mais cela n'est pas grave. Voilà une hilarante démonstration de l'art de la "pédantique", qui préside à la rédaction des communications de congrès.

L'un des moments forts de la lecture de ce numéro (rien que pour cela, il vaut les 85 F) est le texte de Kolakowski sur les folies de l'archéosociologie.

G.M.

## Pour ne pas mourir... tout à fait ignorant !

Bruno Léandri

### LA GRANDE ENCYCLOPÉDIE DU DÉRISOIRE

Fluide Glacial - Audie, alb. ill. 223, p., 98 F.

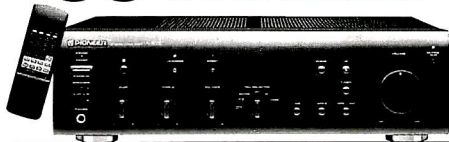
Salutaire exercice de dérision. L'auteur y rappelle l'existence de l'îlot de Clipperton, le plus petit des territoires français d'outre-mer (trois kilomètres par deux), dépendant administrativement de Papeete (à 6 000 km de là), totalement désert et revendiqué par... le Mexique. Il rappelle également le caractère aléatoire du gouverneur général de l'Occident :

l'Audimat. Il rappelle que l'indice d'audience télévisée est établi en France sur la base des 2 300 foyers – pas un de plus – équipés d'un appareil Audimat et censés représenter 56 millions de Français !

Guère en peine de sarcasmes, Léandri rappelle également que le plus gros cuirassé du monde fut le japonais Yamato, 73 000 t, armé des plus gros canons de la marine de guerre (460 mm) et qui, lancé en 1941, n'accomplit qu'une seule mission – une mission suicide en 1945, où périrent ses 2 700 matelots. Enfin, pour en finir avec les légendes, ce n'est pas Lindbergh qui, le premier, a traversé l'Atlantique : ce sont, huit ans plus tôt, Alcock et Brown. Bravo !

G.M. ►

# PIONEER OU TRAHIR



## AMPLIFICATEUR INTEGRE A 503 R

Si on avait dit au petit Jean-Sébastien qu'on écouterait sa Messe en si mineur avec un amplificateur sans construction cellulaire, il aurait probablement fait une fugue.

3615 PIONEER 2.18 F. cm



**PIONEER®**

The Art of Entertainment

PIONEER SETTON S.A.



**«Tu as voulu voir  
Vesoul et on  
a vu ta mère...»  
(Jacques Brel)**

Jacques Ninio

## STÉRÉOMAGIE

Seuil, alb. 70 p., 120 F.

Selon l'auteur, directeur de recherche au CNRS, la vision en stéréo, ce serait comme le vélo ! Après les explications préliminaires, l'important est de reconnaître les sensations qui vont permettre de trouver son équilibre sur n'importe quel vélo... L'auteur étudie la stéréoscopie au laboratoire de physique statistique de l'Ecole normale supérieure. Ce livre est le fruit de sa rencontre avec des images remarquables. Le plus étrange

est que lui-même fait partie de ces 5 % de gens qui ont de la peine à voir en relief. S'inspirant des travaux de Bela Julesz, inventeur d'images constituées d'une mosaïque de petits carrés dont la structure n'apparaît qu'en vision stéréo, il a remplacé les petits carrés par des lignes épousant un relief et permettant de le révéler. Ce qui lui a permis d'avoir lui-même accès à la vision en relief.

Du stéréogramme classique à l'autostéréogramme camouflé (voir *Science & Vie* n° 927, p. 122), en passant par les "papiers peints" décoratifs en relief et la photographie stéréoscopique, l'auteur encourage à réaliser soi-même, à la main, de tels stéréogrammes, pour en comprendre le principe. Il in-

dique donc l'équipement nécessaire. Même pour fabriquer un stéréogramme camouflé en une image, point n'est besoin, en effet, d'un ordinateur. Des ciseaux, de la colle et une photocopieuse suffisent, et l'on obtiendra, par exemple, l'image d'un papillon qui ne déploiera ses ailes qu'en vision stéréo.

Cette analyse de la perception stéréoscopique a permis à l'auteur de créer des tests pour comprendre dans quelle mesure le cerveau travaille "au point par point" ou bien globalement. *Christiane Holzey*

## Jouez au pharaon

### PYRAMIDES EN KIT

Seuil jeunesse, boîte, 149 F.

Ni livre ni jeu, il s'agit, selon les éditions du Seuil, d'un "kit documentaire", inventif et, comme il se doit à l'heure actuelle, interactif. C'est une réussite. On commence par découvrir l'Egypte ancienne à l'aide d'une carte grand format, qui donne une vision à la fois historique et géographique du pays à l'époque des pharaons.

On peut ensuite étudier le site des pyramides de Gizeh grâce à un panorama. Et c'est la découverte, à l'aide d'un modèle réduit à monter, de la Grande Pyramide, à l'extérieur comme à l'intérieur. Un fascicule explique ce qu'étaient les pyramides et comment elles furent construites. Il donne aussi des indications sur la façon de construire le modèle fourni. Nous sont révélés également les secrets des momies et de l'embaumement.

Une sorte de jeu de l'oie en cent cases mène, après

# 36 15

# SCV

**MESSAGERIE  
INTERNATIONALE**

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

maintes péripéties, dans les galeries labyrinthiques de la pyramide, jusqu'à la chambre royale.

Un livre-jeu sur l'Egypte ne serait pas complet sans hiéroglyphes. Celui-ci propose même un décodeur de hiéroglyphes (il y a d'ailleurs un message secret à traduire). On peut ainsi s'amuser à écrire son nom, celui de son meilleur copain ou de son poisson rouge en hiéroglyphes. Ajoutons à tout cela des fac-similés de documents laissés par des savants, grands découvreurs de la civilisation égyptienne. Bref, au total, un jeu à la fois éducatif et distrayant – à un prix nettement inférieur à celui d'une cassette de jeu vidéo... *T.P.*

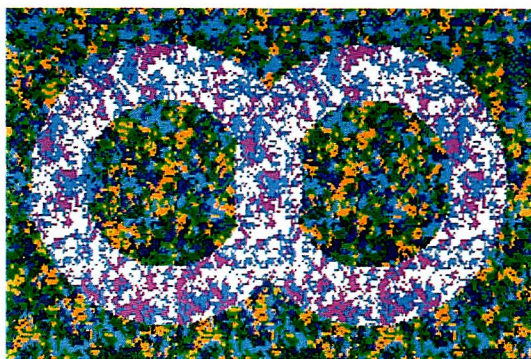
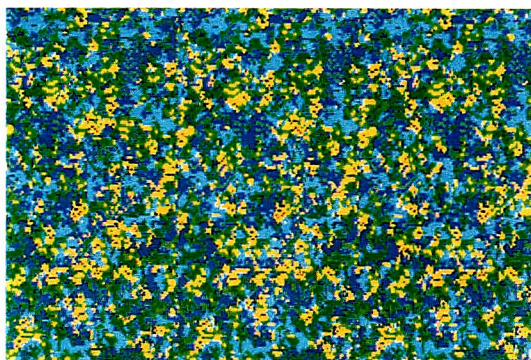
## Ces pauvres requins, à quelle sauce !

*R. Sidney et le Dr Najiba Boubekry*

### PAS DE CANCER CHEZ LES REQUINS

Montorgueil, 189 p., 98 F.

A propos du fait que le cartilage de requin possède une action sur le système immuni-





taire, notamment contre le cancer (ce qui est à l'étude). Beaucoup de tapage autour de la "naturopathie" et des nombreux travaux qui "démontrent" que manger du cartilage de requin guérit d'à peu près tout... *G.M.*

**«Homme libre,  
toujours,  
tu chéiras  
la mer...»**

*Yves Paccalet*

**LA MER ET LA VIE  
CHRONIQUE DE  
LA MER DES ORIGINES  
AU XXI<sup>e</sup> SIÈCLE**

Larousse, 224 p., 300 F.

Les amoureux de l'image seront comblés. S'il n'y avait qu'une seule raison d'acheter ce livre, ce serait le plaisir des yeux. Qu'il s'agisse des photos, très nombreuses, très belles, très grandes, ou des dessins, utilisés notamment pour donner corps aux ancêtres fossiles, tout n'est que beauté, étrangeté, ou émotion.

Pas étonnant : dès la préface, on comprend qu'Yves Paccalet est un poète. Il est "tombé" dans la mer quand il avait 10 ans. Il ne l'a plus jamais quittée. Et, dans ce livre, il nous fait partager son rêve.

Il n'y a pas que le plaisir des yeux. En fait, tout y est : de l'humble crevette au requin blanc et aux baleines, de l'eau dans l'Univers à la tectonique des plaques, des faunes d'Ediacara et de Burgess aux grands fossiles marins du Secondaire, des origines de la vie à l'exploitation de la mer par l'homme, des Vikings à Cousteau (dont il

est l'ami) – le tout traité en brefs chapitres de deux pages.

Rêveur, certes, l'auteur n'est cependant pas aveugle : en quatre chapitres, il se révolte contre «la mer empoisonnée, la mer piégée, la mer blessée, la mer sac-cagée» par les pollutions, la surexploitation, le pillage de ses espèces, le bétonnage de ses côtes. Il s'attriste de la disparition de nombre d'espèces et milite pour un vrai droit de la mer et une exploitation intelligente de ses ressources. Surtout si l'on doit, un jour, en faire notre demeure... *T.P.*

**Comment parler  
de ce  
qu'on ignore**

*Dr Melvin Montrose  
et Paul Perry*

**AUX FRONTIÈRES  
DE LA MORT**

Christian de Bartillat,  
316 p., 98 F.

Comme son titre l'annonce, l'ouvrage traite des gens qui ont cru être morts et ont survécu. Ils ont vu des spectacles curieux, par exemple, «une lumière chaude et irradiante d'amour».

Pas un instant les auteurs, qui, pourtant, en connaissent un brin en médecine (du moins en principe), ne semblent s'aviser que, lorsqu'un cerveau est mort, c'est pour toujours. Il est vrai que, au Moyen-Age, des voyageurs rapportaient avec force qu'il existait en Asie une peuplade d'unijambistes qui se déplaçaient en se roulant par terre... *G.M.*



## Nous vous souhaitons pour 1995 une rencontre heureuse

Cette année découvrez l'être qui répond  
à votre idéal.

Pour que son chemin et le vôtre se croisent, Ion International vous propose de rencontrer des personnes dont le caractère, la sensibilité et même la sexualité sont en harmonie avec les vôtres.

Ion International c'est :

- le sérieux d'une méthode qui fait ses preuves depuis 44 ans.
- une équipe de psychologues et de graphologues diplômés qui vous assurent d'un suivi personnalisé.
- un renouvellement des contacts jusqu'au succès complet.

### Pour en savoir plus :

Nous vous invitons à une conférence d'information\*  
le mercredi 25 janvier 1995 de 19 h à 21 h  
au Sofitel-Paris-Saint Jacques-Espace-Saint-Jacques -  
Salon Montsouris-Niveau E - 17, Bd Saint-Jacques - Paris 14<sup>ème</sup>  
\*(Invitation gratuite et sans engagement de votre part)

## Ion International

La liberté de bien choisir...

94, rue Saint-Lazare, 75442 Paris cedex 09  
Tel. : (1) 45 26 70 85

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

M., Mme, Mlle .....  
Prénom ..... Age .....  
Adresse .....  
.....

■ TOULOUSE (31300) 16, rue Nungesser-et-Coli - Tél.: 61.59.48.58  
■ MARSEILLE (13004) 11, rue de la Visitation - Tél.: 91.49.79.55  
■ BRUXELLES - Tél.: (02) 645.09.91 ■ GENEVE - Tél.: (022) 46.84.88 ■ POLOGNE - USA

SV12



## CD-ROM



## Le tabac t'abat

## C-DITABAC :

Focale 7 - association Paris sans tabac, 450 F.

**M**ine d'informations sur le tabac, ce CD-I contient des interviews, des témoignages de personnalités, des adresses pratiques, des jeux, des dessins animés éducatifs pour les enfants, des tests amusants (pour évaluer sa dépendance)... En tout, plus de 40 clips vidéo, 1 300 visuels et 900 séquences sonores, classés en une quarantaine de rubriques. L'utilisateur peut partir seul à leur découverte ou choisir l'un des scénarios, préétablis en fonction du public visé. C-ditabac s'adresse aussi bien au corps médical et paramédical, aux enseignants, aux étudiants et aux chercheurs qu'au particulier.

On apprend, notamment, que les Européens consomment 600 milliards de cigarettes par an. En France, 5 % des jeunes de 13 ans fument une cigarette par jour. Le tabac tue plus que le sida (65 000 décès par an en France). Mais la Communauté européenne subventionne l'hectare de tabac planté à hauteur de

2 800 F. Le tabac est présenté comme le mode d'entrée dans la toxicomanie : aux Etats-Unis, 68,2 % des jeunes de 12 à 17 ans fument plus de vingt cigarettes par jour ont déjà pris de la marijuana, 31,7 %, de la cocaïne, et 5,1 %, de l'héroïne. Chez les non-fumeurs, ces mêmes pourcentages sont respectivement de 2,5 %, 0,3 % et moins de 0,1 %.

► **Configuration requise :** lecteur de CD-I. *Olivier Cadou*

## A la découverte du nouveau monde

## COLONIZATION

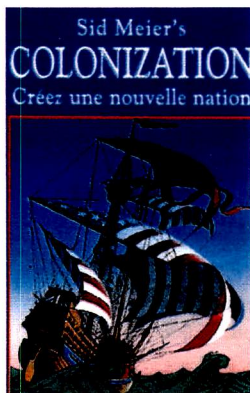
Micropose - Ubi Soft, 400 F.

**A**vec le nouveau jeu de simulation de Sid Meier, Colonization, le joueur devient tour à tour explorateur, colon, conquistador et diplomate. Son objectif : découvrir un nouveau monde, le coloniser et développer une nouvelle nation. Pour cela, il doit tout d'abord choisir la puissance européenne qu'il va représenter : France, Espagne, Hollande ou Grande-Bretagne. Lorsque le jeu débute, à la fin du xv<sup>e</sup> siècle, il possède un

bateau et commande un groupe de colons et de soldats. Il débarque alors sur une terre inconnue peuplée d'indigènes. Très vite, les colons vont construire des villes, des routes, des mines, et cultiver la terre.

Chaque ville peut être considérée comme un ensemble d'unités de production. Les habitants améliorent la cité, construisent de nouveaux bâtiments. Sur votre ordre, ils deviendront diplomates, militaires, fermiers, forgerons ou menuisiers. Ils vont créer de nouvelles industries et passer des accords commerciaux avec les Indiens et les représentants des autres pays d'Europe. Ils se feront des alliés, mais également des ennemis farouches. Il vous faudra, dans ce cas, choisir entre la guerre et la paix. Attention également aux révoltes, elles risquent d'être nombreuses si l'économie ne reste pas stable. Le jeu se termine en 1800 ; d'ici là, vous devez avoir déclaré votre indépendance et créé une nouvelle nation.

► **Configuration requise :** PC équipé de 1 Mo de RAM, de 5 Mo sur le disque dur et d'une carte audio. Logiciel : Dos 3.3 minimum. *O.C.*



## Si vis pacem, para bellum

## L'ANNÉE STRATÉGIQUE 1995 - LES ÉQUILIBRES MILITAIRES

IRIS - Infotronique, 492 F.

**L**a première partie de ce CD-Rom, "L'année stratégique", est une analyse région par région de tous les grands événements politiques, diplomatiques et militaires mondiaux, réalisée par un groupe d'experts français. Elle permet de mieux comprendre l'évolution stratégique des régions du monde et des alliances.

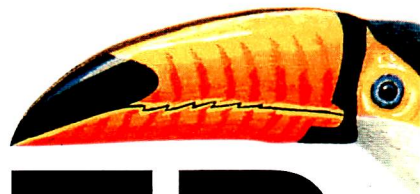
La seconde, "Les équilibres militaires", est la traduction française de l'étude annuelle rédigée par l'International Institute for Strategic Studies de Londres, *The Military Balance*. Il s'agit d'une évaluation qualitative et quantitative des forces militaires réparties sur la surface du globe. Dépenses militaires comparées au PNB, nombre de soldats des armées, budget annuel consacré à la Défense, détail du matériel équipant chaque pays, forces conventionnelles et armements nucléaires...

On accède à ces informations par région, par pays (en cliquant simplement sur la carte) ou par l'intermédiaire de tableaux récapitulatifs. On y découvre, par exemple, que le Koweït, l'ex-Yougoslavie et la Corée du Nord sont les Etats les plus militarisés du monde. Le CD-Rom intègre également des notes de lecture de l'Institut de relations internationales et stratégiques (IRIS) concernant plusieurs centaines d'ouvrages parus depuis 1991.

► **Configuration requise :** Mac ou PC équipé de 4 Mo de RAM. *O.C.* ■



LES ENCYCLOPÉDIES PASSION



# MASTER

**Benjamin**

**Cadet**

**Junior**



HACHETTE LIVRE R.C.S. Paris B 60 2060 147 ex design Pascal Plottier

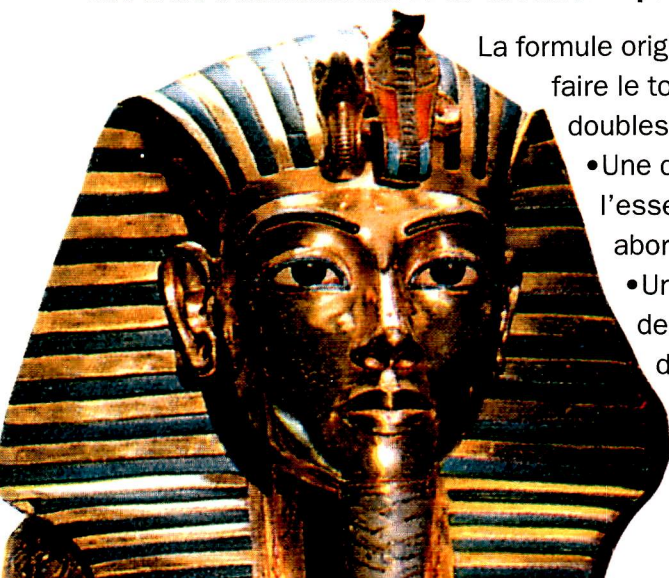
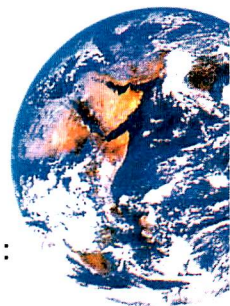
**ON PEUT TOUT LEUR DEMANDER.**

En sciences, histoire, géographie, vie quotidienne...

Une foule d'informations et de documents pour satisfaire leur curiosité.

La formule originale de la collection :  
faire le tour d'un sujet en deux  
doubles pages.

- Une double page de **lecture utile** :  
l'essentiel à savoir sur le thème  
abordé.
- Une double page de **lecture plaisir** :  
des zooms sur des points plus précis,  
des anecdotes, des devinettes...



**HACHETTE**  
Éducation



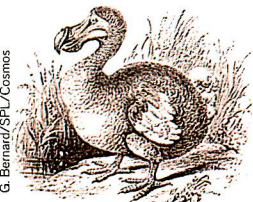
# AGENDA

## Expositions

● **LE TRIOMPHE DE LA VIE.** La biodiversité du monde vivant actuel, les fossiles, les milieux extrêmes, la recherche et la vie. Jusqu'au 8 mai. Entrée libre. **Muséum d'histoire naturelle, 5 bd Vauban, 89000 Auxerre.** Tél. : (16) 86 51 51 64.

● **LES LOUPS.** Quelle image l'homme s'est-il construite du loup, à travers les mythes, les contes et les légendes ? Du 16 janvier au 10 mars, de 14 h à 18 h, sauf dimanche et fêtes. Entrée libre. **Centre culturel de la Villedieu, CD 58, 78990 Elancourt.** Tél. : (1) 30 50 51 70.

● **ATTENTION, ILS VONT DISPARAITRE !** Pour prendre conscience de la disparition des espèces. Du 9 au 20 janvier. Entrée libre. **Maison de la culture et des loisirs, rue Gabriel-Péri, 02430 Gauchy.** Tél. : (16) 32 08 66 96.



● **PAO ET PRÉ-PRESSE, PRÉAO ET MULTIMÉDIA, SOLUTIONS REPROGRAPHIE.** Trois salons pour les utilisateurs de la chaîne graphique. Les 25, 26 et 27 janvier. Entrée sur invitation, en téléphonant au (1) 44 39 85 00, ou minitel 3617 Infopromotions. **Parc des expositions de Paris, porte de Versailles.**

● **LES DENTS DE LA TERRE.** Une partie de la plus belle collection privée de minéraux en Europe. Jusqu'au 13 mars. **Palais de la découverte, avenue Franklin-Roosevelt.** Tél. : (1) 40 74 80 00. Minitel : 36 15 Découverte.

● **A LA DÉCOUVERTE DE L'OR.** L'histoire de l'or en France, depuis l'origine de son exploitation jusqu'à nos jours. Jusqu'au 12 février. Entrée 20 F. **Musée de l'Histoire du fer, avenue du Général-de-Gaulle, 54140 Jarville-la-Malgrange.** Tél. : (16) 83 15 27 70.



R. De Guglielmi/SPL/Cosmos

## Colloques & conférences

● **LES ENTRETIENS DE LA COMMUNICATION SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE,** organisés par l'ASTS, le 19 janvier de 9 h 30 à 17 h :

● **Comment se décident les orientations de la recherche, et comment sont-elles diffusées ?** par F. Kourilski, à 9 h 30.

● **La médiatisation des scientifiques est-elle objective ?** par M. Cazenave, à 14 h.

● **Quelle est la place de l'idéologie dans la communication scientifique et technique ?** par J.-M. Lévy-Leblond, à 16 h.

**Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche (amphithéâtre Poincaré), 1 rue Descartes, 75005 Paris.** Tél. : (1) 44 89 82 82.

● **Comment tuer le bruit par le bruit,** par A. Roure, le 19 janvier à 18 h 30. **CNRS (salle de conférences), 31 chemin Joseph-Aiguier, 13402 Marseille Cedex 20.** Tél. : (16) 91 16 40 00.

● **Le centenaire du grand article de Pierre Curie sur la symétrie,** de G. Lochak,

le 16 janvier à 20 h 30 ;

● **Observation de sauts quantiques sur un seul atome,** de C. Cohen-Tanoudji, le 23 janvier à 20 h 30.

**Ecole normale supérieure (salle de conférences), 45 rue d'Ulm, 75005 Paris.** Tél. : (1) 49 40 36 40.

● **Forum horizon chimie** permet la rencontre des entreprises de l'industrie chimique et des étudiants. Les 25 et 26 janvier de 10 h à 17 h. **Maison de la chimie, 28 bis rue Saint-Dominique, 75007 Paris.** Tél. : (1) 45 35 41 82.

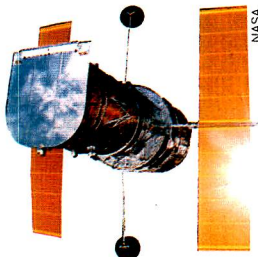
● **Pollution des sols : état des connaissances et perspectives d'avenir,** colloque organisé par les étudiants du DESS gestion et génie de l'environnement de l'université Paris VII. Le 24 janvier de 9 h 30 à 18 h. **Paris VII (amphi 24), 2 place Jussieu, 75005 Paris.** Tél. : (1) 44 27 56 24.

## Télévision

● **ARTE**

● **Archimède,** le 6 janvier à 22 h. Quelles questions le cinéma pose-t-il aux scientifiques ? De quelle façon le cerveau comprend-il l'illusion du réel ? La numérisation de l'image risque-t-elle de transformer le cinéma ?

● **Horizon, Hubble vision,** le 20 janvier à 22 h. L'aventure passionnante des travaux de réparation du télescope Hubble.



● **Le troisième œil,** le 27 janvier à 22 h. Qu'est-ce que voir ? Des scientifiques du monde entier cherchent à comprendre comment notre cerveau analyse, traite et recompose ce que les yeux lui transmettent.

## Radio

● **FRANCE CULTURE**

● **Les perspectives scientifiques,** du lundi au jeudi de 19 h 30 à 20 h :

– **Les hibernants,** par J. Kellen, du 2 au 5 janvier ;

– **Psychanalyse et science,** par C. Goémé, du 9 au 12 janvier ;

– **La science des formes aujourd'hui,** par E. Noël, du 16 au 26 janvier.

● **La science et les hommes,** le mercredi de 9 h 05 à 10 h 30 :

– **L'impossible maîtrise du risque,** par E. Noël et Ph. Boulanger, le 4 janvier ;

– **Transdisciplinarité,** par M. Cazenave, le 11 janvier ;

– **Biologie, diversité humaine et linguistique,** par M.-O. Monchicourt, le 18 janvier ;

– **Paléontologie et dinosaure,** par C. Paoletti, le 25 janvier.

● **Archipel médecine,** de 20 h 30 à 21 h 30 :

– **L'imagerie médicale,** par H. Lesire-Ogrel, le 3 janvier ;

– **La douleur,** par H. Lesire-Ogrel, le 17 janvier. ■

● **MANIFESTATION DU CŒUR :** les Restaurants du cœur ont 10 ans. Ils ont fourni 36 millions de repas l'hiver dernier. Les bénéfices de la vente de CD, cassettes et cassettes vidéo (disponibles partout en France) de leur spectacle au grand Rex seront intégralement versés à l'association créée par Coluche. Vos dons peuvent être également adressés au 221 rue Lafayette, 75010 Paris. Tél. : (1) 46 07 43 45.



# 1995 sera l'année des économies: Jean-Charles G. a découvert qu'il



disposait chaque  
année d'un budget  
jusqu'à 69 Francs  
supérieur à celui  
de Patrick S. qui  
n'est pas encore  
abonné à  
Science et Vie.

A votre avis, qui fait  
la meilleure affaire? ✂

## Bulletin d'abonnement

à retourner sous pli affranchi avec votre règlement à  
SCIENCE & VIE 1, rue du Colonel Pierre Avia 75503 Paris Cedex 15

**Oui** je m'abonne dès aujourd'hui  
à Science & Vie et je choisis  
la formule suivante :

- ☐ **1 an couplé**  
12 N° + 4 hors série :  
295 F seulement au lieu de 364 F\*
- ☐ **1 an simple**  
12 N°:  
220 F seulement au lieu de 264 F\*

Cochez SVP

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

RC PARIS B 572 134 773

Nom

Prénom

Adresse

Code postal

Ville

Je choisis de régler par :

- ☐ chèque bancaire ou postal à l'ordre de SCIENCE & VIE
- ☐ carte bancaire

N°

expire à fin  mois  année

Date et signature obligatoires



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

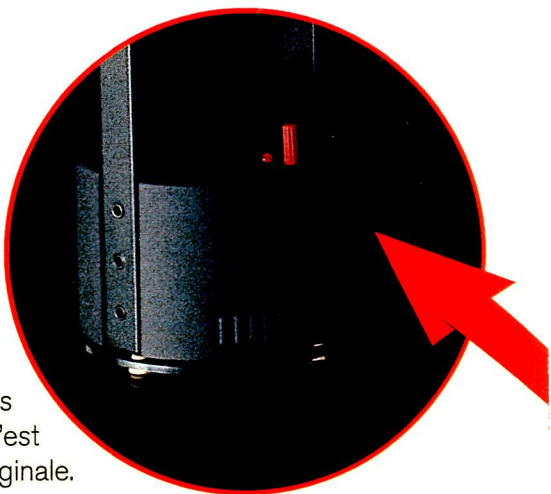
OFFRES VALABLES JUSQU'À FIN 1995 ET RÉSERVÉES  
À LA FRANCE MÉTROPOLITAINE.  
ÉTRANGER NOUS CONSULTER, TÉL. (33-1) 46 48 48 48  
Vous pouvez aussi vous abonner par  
Minitel en tapant 3615 ABON

SV 928



# Les variateurs de lumière

Pousser l'éclairage dans une pièce comme on pousse le son d'un ampli stéréo est devenu chose courante depuis la diffusion des lampadaires halogènes. En soi, l'idée n'est pas neuve puisque l'éclairage des tableaux de bord était déjà réglable sur les voitures d'il y a cinquante ans, mais c'est la manière de le faire qui est plus originale.



**P**endant des dizaines et des dizaines d'années, l'éclairage électrique à la maison n'a connu que deux états : allumé ou éteint. Seules les salles de spectacle ou certaines enceintes industrielles connaissaient la lumière qui brille ou décline progressivement. Et puis, avec l'arrivée des ampoules dites halogènes – ainsi nommées parce qu'elles renferment un ou deux gaz de cette famille chimique – on a vu l'éclairage progressif se généraliser à la maison ou au bureau.

*A priori*, il n'y avait pourtant aucun obstacle théorique à franchir pour avoir cette lumière nuancée : en interposant une résistance variable entre l'ampoule et la prise de courant, on peut faire varier à son gré l'éclat du filament. Il suffit d'ailleurs d'un mauvais contact à la prise ou à la douille de l'ampoule pour qu'on voie la lumière vaciller : tout contact mal établi introduit une résistance supplémentaire, et l'intensité qui passe dans le filament baisse d'autant, d'où la chute de lumière.

C'est ici qu'il faut rappeler les lois de base de l'électricité : si  $V$  est la tension du courant et  $R$  la résistance du circuit, l'intensité  $i$  qui va y circuler est donnée par  $V = Ri$  (célèbre loi d'Ohm). La puissance consommée est  $P = Vi$  et la chaleur libérée dans le

temps  $t$  pour porter le filament à l'incandescence est  $W = Ri^2t$  (effet Joule). L'intensité intervient au carré, et il suffit qu'elle varie de peu pour que la température du filament, et donc sa luminosité, change beaucoup.

La tension du secteur étant supposée constante et voisine de 220 volts, la première manière de faire changer l'intensité qui traverse le filament, dont la résistance est aussi constante, est d'intercaler une autre résistance sur le trajet du courant. Pour avoir une lumière modulée en continu, on utilise une résistance variable, dite rhéostat, faite d'un curseur mobile qui frotte sur un enroulement conducteur. Ce procédé

## POUR QUELQUES GOUTTES D'ESSENCE, ON FAIT VARIER L'ÉCLAIRAGE DU TABLEAU DE BORD

était d'usage courant sur les voitures pour doser la luminosité du tableau de bord, mais il n'a pratiquement jamais servi pour l'éclairage domestique.

A cela deux raisons : d'une part l'intensité qui circule chauffe bien le filament, mais aussi le rhéostat, et, d'autre part, la puissance consommée ne baisse pas en proportion de la baisse de luminosité car une partie de cette puissance – facturée au compteur, bien

sûr – est inutilement perdue à élever la température du rhéostat. Les deux phénomènes sont sans importance pour un tableau de bord, dont le mince éclairage consomme peu de courant, et, de surcroît, ce courant ne coûte pratiquement rien – quelques gouttes d'essence en plus ou en moins.

Il n'en va pas de même avec l'éclairage domestique, où les ampoules consomment facilement 100 W et plus si l'on veut être bien éclairé, et où l'échauffement du rhéostat, à moins de le considérer comme une chaufferette supplémentaire l'hiver, nécessiterait une isolation thermique. Notons toutefois qu'avec du courant continu (cas des voitures) il n'y a pas d'autre solution. Avec le courant domestique, qui est de l'alternatif 50 périodes, il y a un autre moyen, qui passe par l'électronique, et c'est celui-là qui est devenu général dans les maisons.

Le courant alternatif, c'est un flux qui monte, passe par un maximum, décroît jusqu'à devenir nul, puis repart dans l'autre sens, remonte à un nouveau maximum, redescend, et ainsi de suite 50 fois par seconde. Les effets thermiques étant indépendants du sens de circulation du courant, la chaleur dégagée par effet Joule reste la même à chaque période, et l'intensité qui passe dans le filament est





A. Baillo

## De la pénombre à la pleine lumière.

Un simple coup de pouce sur le variateur permet de doser l'éclairement des lampes à ampoule halogène : un progrès dû au mariage du vieux rhéostat et de la jeune électronique.

toujours transformée en lumière.

Le courant alternatif arrive donc comme des vagues, mais il faut noter un détail d'importance : on considère en général la hauteur des vagues comme étant l'écart entre un creux et un sommet ; c'est une vision fautive : les vagues sont faites d'une succession de creux et de bosses par rapport à la surface plane qui est celle de l'eau par temps calme.

La hauteur et la profondeur d'une vague sont donc l'écart entre un pic, ou un creux, et cette surface plane. Cette dernière,

transposée à l'électricité, correspond à la tension zéro, alors que les creux et les sommets sont les maxima dans un sens ou dans l'autre. L'énergie totale est la somme de ces oscillations, et c'est elle qui fait briller l'ampoule de tout son éclat. Pour diminuer cette luminosité, on peut absorber une part de cette énergie dans une résistance annexe, comme nous l'avons vu plus haut, mais

on peut aussi se contenter d'écarter les vagues pour ne prendre que la part d'énergie juste nécessaire.

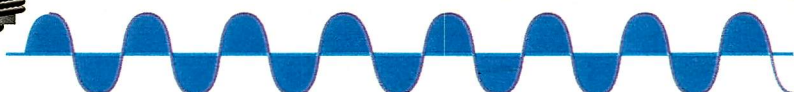
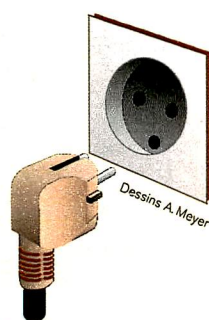
C'est la technique universellement adoptée aujourd'hui et rendue familière par les lampadaires halogènes, bien qu'elle ait été en service depuis beaucoup plus longtemps dans certains locaux à usage professionnel ou industriel. Toute l'astuce consiste à ne ►





## Les vagues du courant . . .

Le courant alternatif du secteur arrive comme une suite continue de vagues dont la puissance correspond à la surface délimitée par chaque arche. Une lampe reliée directement à la prise consomme toute cette puissance.



► prendre qu'une part des oscillations et à laisser passer le reste, qui ne sera donc pas consommé en pure perte.

Revenons aux vagues sur l'eau : on peut recueillir l'énergie emportée par ces ondulations en mettant un flotteur au bout d'un bras pivotant et en reliant une manivelle à ce bras ; les oscillations du flotteur au passage des vagues seront transformées en rotation. Mais si l'on a besoin de peu d'énergie, on peut limiter avec une cale la course du flotteur de façon à ce que seul le haut des vagues le soulève ; le reste passe en dessous sans le toucher. Avec une cale réglable, on peut ainsi n'utiliser que la crête des vagues, ou la moitié de leur hauteur, ou la totalité en laissant le flotteur descendre jusque dans les creux.

C'est un principe similaire que l'on va appliquer aux ondes du courant, mais en utilisant le temps de montée de chaque oscillation et non son amplitude : on laissera le courant passer librement pendant une fraction de seconde, puis on le dérivera sur l'ampoule jusqu'à ce qu'il s'annule. Nouveau passage libre pendant une autre fraction de seconde alors qu'il croît dans l'autre sens, puis nouvelle dérivation vers la lampe, et ainsi de suite à chaque annulation de la tension.

Tout le problème consiste évidemment à déclencher la dérivation au bon moment, ce qui est résolu de manière très simple

grâce aux transistors. Mais, pour cela, il faut un signal de commande, et ce signal est justement donné par le courant alternatif lui-même, qui s'annule chaque fois qu'il change de sens, donc 100 fois par seconde. Rappelons que le transistor est un montage électronique à base de semi-conducteurs qui, d'une part, ne laisse passer le courant que dans un sens et, d'autre part, ne le laisse passer dans le bon sens que si un courant auxiliaire lui est envoyé sur un troisième fil de commande.

Ce courant de commande peut être très faible comparé au courant principal et, de plus – mais c'est une propriété qui ne sera pas utilisée ici –, ce courant principal est proportionnel au courant de commande : c'est là le caractère amplificateur du transistor. À côté du transistor, il existe un montage plus simple, la diode, toujours faite à partir de semi-

### POUR DIMINUER LA LUMINOSITÉ, ON FRAGMENTE LES VAGUES DU COURANT

conducteurs, qui ne laisse passer le courant que dans un sens.

À côté du transistor standard, il existe nombre de variations, dont le thyristor, qui nous intéresse ici : comme tout transistor, il est isolant tant qu'un courant de commande ne lui est pas envoyé, mais, à partir de là, il reste conducteur, même si on supprime le courant de commande, tant que la tension du courant principal n'est pas retombée à zéro ; à

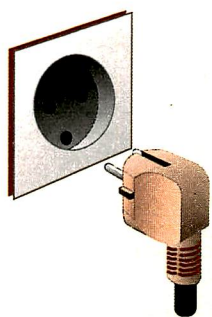
ce moment, il redevient isolant. Pour l'utilisation en courant alternatif, on monte deux thyristors tête-bêche, et on a un triac qui laisse passer le courant dans les deux sens dès que la commande est déclenchée.

Il existe de même divers types de diodes, dont la diode à avalanche qui, non seulement ne laisse passer le courant que dans un sens, mais ne le laisse passer qu'au-dessus d'une certaine tension ; de surcroît, elle présente une rémanence, c'est-à-dire qu'elle reste conductrice même quand la tension est retombée en dessous de ce seuil de déclenchement. Il faut que cette tension redescende à une valeur nettement inférieure pour que la diode redevienne isolante. Pour le courant alternatif, on utilise des diacs faits de deux diodes à avalanche montées tête-bêche.

Pour faire un variateur de lumière, on commence par prendre un triac qui va servir à dériver le courant vers l'ampoule au bon moment ; le reste du temps, il sera isolant. Reste à lui envoyer le courant de commande à l'instant voulu, et celui-ci ne peut être pris directement sur le fil d'alimentation car le triac serait déclenché dès que le courant monte après s'être annulé. Or on veut justement garder un certain intervalle avant d'alimenter l'ampoule.

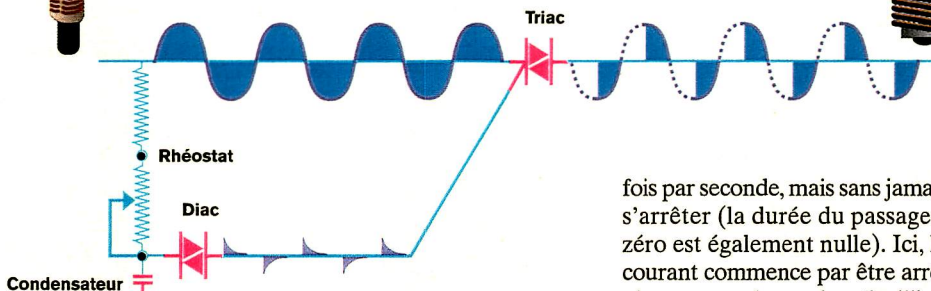
On fait donc un montage annexe qui va débiter un courant décalé par rapport au courant principal ; rien de plus simple : il





## ... sont fractionnées.

Le variateur interpose entre prise et lampe un triac dont le déclenchement est commandé par le montage d'un circuit déphaseur : le passage du courant se trouve alors fractionné et la lampe ne reçoit plus que des fragments de puissance.



suffit de monter en série une résistance et un condensateur pour avoir un courant déphasé, c'est-à-dire qui garde même période que le courant principal, mais ne s'annule pas au même instant. De plus, le condensateur va permettre d'envoyer une impulsion brève au triac pour le déclencher. Notons enfin que le déphasage est fonction de la résistance : en montant une résistance variable, en fait un rhéostat de très faible puissance – il n'y passe qu'un courant infime et, là, aucun échauffement n'est à craindre – on peut varier le déphasage.

On prend comme instant de départ celui où le courant vient de s'annuler, et on suppose que l'on ne veut utiliser que la moitié de l'énergie. On règle donc la résistance variable de façon à ce que le courant secondaire soit un peu en retard sur le courant principal – il s'annule un peu plus tard. Ce courant principal arrive sur le triac mais ne le franchit pas puisque le courant de commande ne lui est pas encore arrivé.

Dans le circuit secondaire, le courant monte à son tour et charge le condensateur ; quand la tension arrive à quelques dizaines de volts, le diac devient soudain conducteur et laisse passer la charge du condensateur vers la

commande du triac. Ce courant de décharge déclenche donc le triac qui devient conducteur, et le courant principal peut aller au filament de l'ampoule. Mais une fraction seulement de l'alternance lui parvient puisque toute la première partie a été d'abord arrêtée par le triac.

### UN VARIATEUR DE LUMIERE, C'EST UN TRIAC, UN CONDENSATEUR, UNE RÉSISTANCE ET UN RHÉOSTAT

Comme toute vague qui passe, la tension principale redescend après avoir atteint son maximum, et vient un moment où elle s'annule. Comme nous l'avons vu, le triac redevient alors isolant. Le même processus reprend pour l'alternance suivante : après être passée par zéro, la tension remonte en sens inverse sans atteindre l'ampoule, puis, avec un retard, le courant secondaire vient déclencher le triac et le filament est de nouveau allumé, et ainsi de suite.

L'ampoule ne reçoit donc plus que des morceaux de courant : alors qu'elle était alimentée de manière périodique mais continue, elle reçoit maintenant de l'énergie fragmentée, discontinue. Dans le courant alternatif normal, la tension passe par zéro 100

fois par seconde, mais sans jamais s'arrêter (la durée du passage à zéro est également nulle). Ici, le courant commence par être arrêté, par exemple pendant 5 millisecondes. Les 5 ms suivantes, il passe, puis revient à zéro et ne circule plus durant 5 autres ms, puis repasse encore pendant 5 ms, et ainsi de suite à chaque période.

Au total, sur les 20 ms que dure une période, le filament n'aura été alimenté que la moitié du temps dans notre exemple. Mais en faisant varier le déphasage du courant secondaire avec le rhéostat, on peut ne l'alimenter que le quart du temps, ou le dixième, et la lumière sera encore plus faible. Inversement, en poussant le rhéostat dans l'autre sens, on peut envoyer le courant les trois quarts du temps, ou les neuf dixièmes, ou laisser le passage totalement libre et l'ampoule brillera de son éclat maximal.

Grâce à l'inertie thermique – un filament ne s'allume ni ne s'éteint instantanément – ce fractionnement incessant du courant passe inaperçu. Mais il est assez paradoxal de voir que ce système s'est répandu avec les ampoules halogènes qui ne gardent leurs qualités de longévité et de luminosité qu'à la condition de fonctionner toujours à plein régime, et non à la moitié ou au quart de leur puissance nominale. ■

**LE MOIS PROCHAIN :  
La télécommande infrarouge**

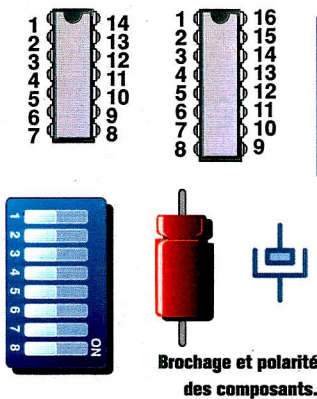


# Commandons jusqu'à 4 096 contacts

Dès la présentation de notre interface PC du n° 926, nous avons eu un nombre très important de demandes provenant de lecteurs passionnés par les circuits ferroviaires en modèle réduit, qui souhaitaient "télécommander" leurs réalisations avec leur ordinateur. Cependant, la majeure partie des messages était accompagnée de la remarque suivante : «Surtout pas l'éternelle carte 8 entrées-sorties immédiatement saturée».

Nous avons reçu le message, et la configuration que nous vous proposons est capable de traiter jusqu'à 4 096 entrées-sorties en tout ou rien. Certes, il nous semble assez peu probable qu'une telle capacité soit atteinte par l'un d'entre vous. Nous avons donc opté pour un système "modulable".

En fait, nos commandes sont accessibles par groupes de huit : huit relais plus huit entrées. Chaque groupe correspond à une



Brochage et polarité des composants.

carte. De plus, grâce à la présence des signaux ST1 et ST2 sur notre interface, il est possible de donner à chaque carte un numéro, en fait une adresse. Ainsi, nous pourrions commander jusqu'à 256 cartes différentes, ce qui nous fait bien une capacité totale de 4 096 commandes. Cela dit, passons à l'étude de cette nouvelle carte.

En premier lieu, nous trouverons deux registres, qui prélèvent et mémorisent les données envoyées par l'ordinateur sur notre "bus". Le premier d'entre eux a pour mission de mémoriser l'octet correspondant au numéro de carte. Sa sortie est connectée à un comparateur d'adresses. Ce dernier reçoit donc, d'une part, l'adresse transmise et, d'autre part, un octet déterminé par la position de micro-contacts. Si les deux octets sont identiques, le second registre est activé. Le passage de ST1 à 0 indiquera donc à la carte que la donnée présente sur le bus lui est destinée. Elle est donc chargée dans le second registre. De même, simultanément, la carte transfère sur le bus l'état de ses entrées. Elles sont transmises à l'ordinateur. Enfin, les sorties du registre de données commandent des relais. Ce sont eux qui permet-

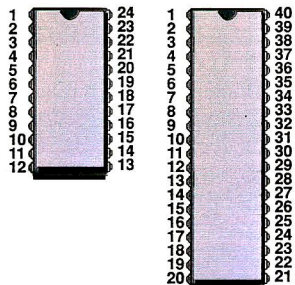
tent de commander le circuit ferroviaire ou toute autre application.

Précisons que, avant tout, il faut donner un numéro à chaque carte. Même si une carte unique est utilisée, ce réglage doit être effectué. Cette opération s'effectue par l'intermédiaire du jeu de huit microcontacts. Chacun d'entre eux correspond à une puissance entière de 2. Le premier correspond à  $2^0$ , donc à 1, le second, à  $2^1$ , soit 2, le troisième à  $2^2$ , soit 4, etc., jusqu'au huitième qui correspond à  $2^7$ , soit 128. Attention, une puissance de deux est prise en compte lorsque le contact qui lui correspond est en position "OFF". Une adresse se calcule donc en additionnant les puissances de deux sélectionnées. Par exemple pour l'adresse 27, que l'on décompose sous la forme  $16 + 8 + 2 + 1$ , nous devons sélectionner  $2^4$ ,  $2^3$ ,  $2^1$  et  $2^0$ , soit, sur les contacts, du huitième au premier ON, ON, ON, OFF, OFF, ON, OFF, OFF. Si, pour une raison ou une autre, l'adresse de la carte doit être modifiée, il suffit de changer la position des contacts. Il faut veiller à bien donner à chaque carte une adresse différente, sous peine de conflit de transmission.

Afin de contrôler l'adressage d'une carte, signalons que celle-ci, dès que son adresse est envoyée, signale sa présence. Cela a pour conséquence de provoquer l'extinction de la diode D3 de la carte de liaison série. Pour vérifier qu'une

## ERRATUM

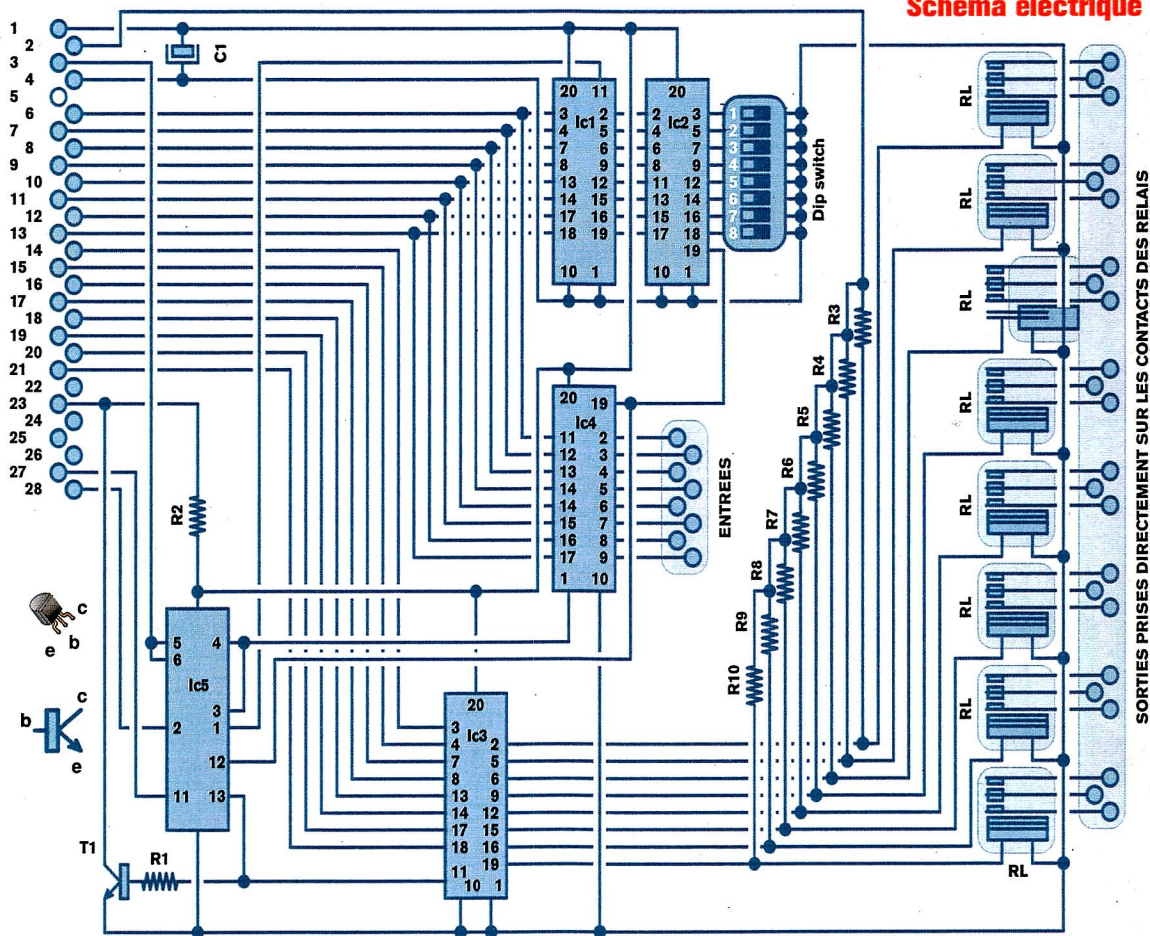
Une erreur s'est glissée dans la numérotation du brochage des circuits intégrés. Veuillez nous en excuser et trouver ci-dessous la bonne numérotation. De plus, IC2 est muni, sur le schéma, de deux broches 13. En fait, ces deux points correspondent au même contact.



**36 15**  
**SCV**  
Envoyez-nous vos idées  
(rubrique "courrier")



## Schéma électrique



### Adresse et positions de SWA

Número	8	7	6	5	4	3	2	1
Position	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
Valeur	128	64	32	16	8	4	2	1
Position	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
Valeur	0	0	0	0	0	0	0	0

NOMENCLATURE

Ic1 = SN 74 LS 373  
 Ic2 = SN 74 LS 688  
 Ic3 = SN 74 LS 373  
 Ic4 = SN 74 LS 541  
 Ic5 = SN 74 LS 02  
 T1 = 2N 3904  
 C1 = 100 microfarads 12 volts  
 R1 = 4,7 kilohms (jaune, violet, rouge, or)  
 R2 = 4,7 kilohms (jaune, violet, rouge, or)  
 R3 à R10 = 470 ohms (jaune, violet, brun, or)  
 RL = relais 5 V (ou 6 V) 80 ohms

carte répond correctement, il suffit donc d'envoyer une donnée quelconque, ce qui provoque l'allumage de D3, puis d'envoyer l'adresse de la carte. D3 doit s'éteindre aussitôt. Depuis l'ordinateur, l'envoi d'une adresse sera donc précédé d'un ordre OUT(&H3FC),2 et celui d'un contenu, de OUT(&H3FC),1.

Globalement une commande au-

ra alors l'allure suivante :  
 OUT(&H3FC),2 : OUT(&H3F8),N  
 OUT(&H3FC),1 : OUT(&H3F8),C  
 X = INP(&H3F8), où N correspond au numéro de la carte, C à l'état des relais et X à celui des entrées. ■

**LE MOIS PROCHAIN :**  
 Recevoir des images  
 avec un poste de radio

### OÙ SE PROCURER LES COMPOSANTS

- MAGNETIC FRANCE,  
11 place de la Nation, 75011 Paris.  
Tél. : 1 43 79 39 88.
- PENTASONIC, 10 bd Arago,  
75013 Paris. Tél. : 1 43 36 26 05.
- TSM, 15 rue des Onze-Arpes,  
95130 Franconville. Tél. : 1 34 13 37 52.
- URSMEYER ELECTRONIC,  
2052 Fontainemelon, Suisse.  
Disponibles chez la plupart des revendeurs régionaux.



# Bloc-notes : le fichier futé

**B**ien que, chaque mois, nous vous précisions que nos programmes, tels qu'ils sont publiés dans ces pages, sont directement compatibles avec le Q-Basic, nombreux sont nos lecteurs qui cherchent encore à se procurer le GW-Basic. En effet, notre serveur minitel ne désemplit pas de demandes concernant l'adaptation des logiciels proposés. Rappelons donc, une dernière fois, que s'ils sont recopiés sous la forme proposée, ils "tournent" directement sous l'un ou l'autre de ces langages. Le Q-Basic ignore purement et simplement la nu-

mérotation des lignes indispensable au GW-Basic.

Quoi qu'il en soit, afin de faciliter l'adaptation de nos logiciels en Turbo Pascal, nous vous proposons, cette fois-ci, notre listing en Q-Basic. Mais il n'est plus compatible avec le GW-Basic. Nous souhaiterions que, par l'intermédiaire de notre service minitel, vous nous transmettiez votre opinion sur ce nouveau choix : préférez-vous que nous maintenions ce type de présentation ou souhaitez-vous que nous revenions à l'ancienne formule assurant la compatibilité GW-Basic ?

Cela dit, passons à notre programme de ce mois-ci. Il s'agit d'un bloc-note qui permet de mémoriser des textes sous forme de fiches. Chaque fiche correspond à un écran. Jusqu'ici, rien de bien révolutionnaire. C'est dans la recherche de l'information que notre logiciel diffère de ceux que nous avons déjà présentés. En effet, une fois les fiches saisies, l'écran de recherche comporte deux zones. Lors de la demande de recherche, la première est à remplir par les mots que doit impérativement contenir la fiche : c'est la zone "ET" ; la seconde, par les mots que ne doit pas contenir la fiche: c'est la zone "SANS". En tout, à l'aide de ses deux opérateurs, il est possible d'accéder à l'information de manière très sélective. Notons que la

```

' *****
' * ATTENTION *
' * Programme Q-Basic non compatible *
' * GW-Basic. *
' * Dites nous sur 3615 SCV si vous *
' * préférez cette présentation. *
' *****
10 CLS : COLOR 15, 0: ERF = 0: FICHE = 1: FF = 0
DIM FS(20, 200): DIM SS(200): DIM ET$(5): DIM SANS$(5)
FS(20, 2) = CHR$(4): LIB = 1
LOCATE 10, 15: PRINT "Pour charger un fichier taper C."
LOCATE 12, 15: PRINT "Pour en créer un nouveau taper N."
DO WHILE K$ <> "C" AND K$ <> "N": K$ = UCASE$(INKEY$): LOOP
' *****
' * Choix chargement ou *
' * saisie fichier. *
' *****
IF K$ = "C" THEN 100
LOCATE 17, 15: INPUT "Nom du fichier a créer"; N$
SGM = 48: ECRM = 1: ECRF = 1
LOCATE 17, 15
PRINT "Création en cours, veuillez patienter."
FICHIERS$ = "A:" + N$ + ".F" + CHR$(SGM)
GOSUB 4000
100 IF K$ = "N" THEN 200
LOCATE 17, 15: INPUT "Quel est le nom fichier"; N$
SGM = 48: ECRM = 1: ECRF = 1
LOCATE 17, 15
PRINT "Chargement en cours, veuillez patienter."
FICHIERS$ = "A:" + N$ + ".F" + CHR$(SGM)
GOSUB 5000
' *****
' * Menu principal. *
' *****
200 DO: FF = 0
Z = 1: DO WHILE Z < 201: SS(Z) = "": Z = Z + 1: LOOP
LOCATE 8, 15: PRINT "Pour saisir une fiche taper F."
LOCATE 10, 15: PRINT "Pour une recherche taper R."
LOCATE 12, 15: PRINT "Pour le menu principal taper M."
DO WHILE K$ <> "F" AND K$ <> "R" AND K$ <> "M"
K$ = UCASE$(INKEY$): LOOP
IF K$ = "F" THEN 400
IF K$ = "R" THEN 500
IF K$ = "M" THEN 10
LOOP

```

```

' *****
' * Saisie fiches. *
' *****
400 CLS: K$ = "": COL = 1: LG = 1: LT = 0: MOT = 1: MT$ = ""
DO WHILE LIB = 21: SGM = SGM + 1
FICHIERS$ = "A:" + N$ + ".F" + CHR$(SGM)
GOSUB 5000: LOOP
IF LIB < FICHE THEN LIB = FICHE
FICHE = LIB
LOCATE 23, 65: PRINT "Segment:"; SGM - 48
LOCATE 24, 65: PRINT "Fiche:"; FICHE
DO WHILE MOT < 201 AND LG < 26
DO WHILE K$ = "": K$ = INKEY$
LOCATE LG, COL: PRINT " ": LOOP
LOCATE LG, COL: PRINT K$
COL = COL + 1: IF COL < 81 THEN LT = LT + 1
IF K$ = " " OR COL = 81 THEN GOSUB 1000 ELSE MT$ = MT$ + K$
IF ASC(K$) = 27 THEN GOSUB 1000: GOSUB 4000: FF = 1
IF ASC(K$)=13 OR LG=24 OR MOT=201 THEN GOSUB 1000:GOSUB 2000
IF FF = 1 THEN 200
K$ = "": LOOP
' *****
' * Recherche fiches. *
' *****
500 CLS : LOCATE 3, 10
PRINT "Tapez vos mots-clé en les séparant par un espace."
LOCATE 5, 25: PRINT "(5 mots par zone au maximum)"
LOCATE 7, 20: PRINT "Pour changer de zone taper Entrée."
COLOR 1, 1: FD = 10: DO WHILE FD < 14: LOCATE FD, 1
PRINT STRING$(80, 32): FD = FD + 1: LOOP
FD = 20: DO WHILE FD < 24: LOCATE FD, 1
PRINT STRING$(80, 32): FD = FD + 1: LOOP
' *****
' * Saisie mots-clé. *
' *****
COLOR 15, 1: LOCATE 10, 30: PRINT "ZONE ET"
LOCATE 20, 30: PRINT "ZONE SANS"
LGR = 12: COLR = 5: ZN = 1: MOTR = 1
DO WHILE ZN < 3: K$ = " "
DO WHILE K$ = "": K$ = INKEY$
LOCATE LGR, COLR: PRINT " ": LOOP
LOCATE LGR, COLR: PRINT K$: COLR = COLR + 1
IF K$ = " " OR ASC(K$) = 13 THEN ON ZN GOSUB 6000, 6100
IF K$ <> " " AND ASC(K$) <> 13 THEN MR$ = MR$ + K$
IF MOTR = 6 THEN K$ = CHR$(13)

```



capacité de chaque zone est limitée à cinq mots, mais ce chiffre est largement suffisant dans l'immense majorité des cas. Passons donc à l'écriture du programme.

En premier lieu, un tableau de mémorisation est créé. Celui-ci est destiné à recevoir l'ensemble des fiches après leur lecture sur la disquette (ou avant leur sauvegarde si c'est la première fois que le logiciel est utilisé). Des tableaux annexes sont également utilisés pour le stockage temporaire des mots de sélection.

Vient, ensuite, une routine de

saisie. C'est par son intermédiaire que les fiches sont remplies. Il s'agit d'un petit éditeur de texte se chargeant de faire passer "à la ligne" tout mot trop long. Cette option permet d'éviter d'avoir des mots coupés lors de leur affichage. Une fois la dernière fiche saisie et validée par "Entrée", il suffit de taper "Echap." pour revenir au menu.

La routine de recherche commence par la mémorisation des mots permettant de sélectionner les fiches. Précisons que si cinq mots constituent un maximum pour chaque zone, il est possible d'en fournir moins, voire aucun. Dans ce cas, il faut taper directement "Entrée" pour passer à la zone suivante, ou au lancement de la recherche. Le programme s'arrête alors sur la première

fiche rencontrée répondant aux critères de sélection. La frappe d'une touche relance la recherche jusqu'à la fiche suivante et ainsi de suite.

Deux sous-routines annexes se chargent du transfert des données avec la disquette. La première permet de sauvegarder un fichier, la seconde de le charger en mémoire. Dans les deux cas l'ordinateur demande le nom du fichier et prend en charge la gestion des différents segments s'ils existent. Le nombre de fiches n'étant pas limité, la machine scinde, si nécessaire, un fichier en plusieurs "blocs" sur la disquette. ■

**LE MOIS PROCHAIN :**  
**Additionnons les fractions**

```
IF ASC(K$)=13 THEN ZN=ZN + 1: LGR=LGR + 10: COLR=5: MOTR=1
LOOP
' *****
' Recherche fiche.
' *****
COLOR 15, 0: SGM = 47: FINFICH = 0
DO WHILE FINFICH = 0: SCNF = 1
DO WHILE SCNF < 21: SCNM = 1: OK = 1: CTOK = 1: OKSANS = 1
CLS : LOCATE 1, 20: PRINT "Recherche en cours."
DO WHILE CTOK < 6: OKET = 0: SCNM = 1
IF ET$(CTOK) = "" THEN OKET = 1
DO WHILE SCNM < 201
IF ET$(CTOK) <> "" AND ET$(CTOK)=F$(SCNF, SCNM) THEN OKET=1
IF SANSS$(CTOK) <> "" AND SANSS$(CTOK)=F$(SCNF, SCNM) THEN OKSANS=0
IF F$(SCNF, SCNM) = "" THEN SCNM = 200
SCNM = SCNM + 1: LOOP
IF OKET = 0 OR OKSANS = 0 THEN OK = 0
CTOK = CTOK + 1: LOOP
IF OK = 1 THEN GOSUB 3000
SCNF = SCNF + 1: LOOP
SGM = SGM + 1
FICHIER$ = "A:" + N$ + ".F" + CHR$(SGM)
GOSUB 5000: LOOP
IF FINFICH = 1 THEN 200
STOP

' *****
' Sous-routine de transfert
' des mots saisis.
' *****
1000 LOCATE LG, COL - LT: PRINT STRING$(LT, 32)
FICHIER$ = "A:" + N$ + ".F" + CHR$(SGM)
IF COL > 55 THEN LG = LG + 1: COL = 1: CHL = LT: LT = 0
S$(MOT) = MT$: LOCATE LG, COL - LT: PRINT MT$
MT$ = "": LT = 0: MOT = MOT + 1: COL = COL + CHL: CHL = 0
RETURN

' *****
' Préparation sauvegarde
' *****
2000 SC = 1: TRF = 1: PRINT CHR$(7): CLS
DO WHILE S$(TRF) <> "": F$(FICHE, TRF) = S$(TRF): S$(TRF) = ""
TRF = TRF + 1: LOOP
K$ = "": COL = 1: LG = 1: LT = 0: MOT = 1
MT$ = "": CLS : FICHE = FICHE + 1
IF FICHE < 21 THEN RETURN
```

```
GOSUB 4000: EF = 1
DO WHILE EF < 21: EM = 1
DO WHILE EM < 201
F$(EF, EM) = "": EM = EM + 1: LOOP
EF = EF + 1: LOOP
F$(20, 2) = CHR$(4): FICHE = 1
RETURN

' *****
' Affichage texte.
' *****
3000 PRINT CHR$(7): CLS : AFF = 1
DO WHILE AFF < 201 AND F$(SCNF, AFF) <> ""
PRINT F$(SCNF, AFF): " " : AFF = AFF + 1
LOOP: K$ = ""
DO WHILE K$ = "": K$ = INKEY$: LOOP: RETURN

' *****
' Sauvegarde fichier.
' *****
4000 LOCATE 1, 20: PRINT "TRANSFERT DE DONNEES EN COURS"
OPEN "O", #1, FICHIER$: ECRF = 1
DO WHILE ECRF < 21: ECRM = 1
DO WHILE ECRM < 201: WRITE #1, F$(ECRF, ECRM)
ECRM = ECRM + 1: LOOP
ECRF = ECRF + 1: LOOP: CLOSE #1: CLS
IF F$(20, 2) <> CHR$(4) THEN SGM = SGM + 1
RETURN

' *****
' Chargement fichier.
' *****
5000 LOCATE 1, 20: PRINT "TRANSFERT DU SEGMENT: "; CHR$(SGM)
OPEN "I", #1, FICHIER$: ECRF = 1
DO WHILE ECRF < 21: ECRM = 1
DO WHILE ECRM < 201: INPUT #1, F$(ECRF, ECRM)
ECRM = ECRM + 1: LOOP
IF F$(ECRF, 1) <> "" THEN LIB = ECRF + 1
ECRF = ECRF + 1: LOOP: CLOSE #1: CLS
FINFICH = 1: LOCATE 1, 25: PRINT "FIN DE FICHIER"
IF F$(20, 2) <> CHR$(4) THEN FINFICH = 0 ELSE RETURN
LOCATE 1, 20: PRINT "FICHIER MULTI SEGMENTS"
RETURN

' *****
' Mémorisation mots-clé.
' *****
6000 ET$(MOTR) = MR$: MOTR = MOTR + 1: MR$ = "": RETURN
6100 SANSS$(MOTR) = MR$: MOTR = MOTR + 1: MR$ = "": RETURN
```



# La naissance de la microbiologie

**A**vant l'invention du microscope, bien peu de savants soupçonnèrent l'existence d'êtres vivants invisibles. Dans l'Antiquité, Aristote avait formulé l'idée que certaines maladies étaient contagieuses, mais il ne put en apporter la preuve. De même, au XVI<sup>e</sup> siècle, von Hutten et Paracelse affirmèrent l'existence de germes vivants invisibles, mais leurs idées n'eurent guère de succès. Girolamo Fracastoro (1483-1553), médecin et poète italien, écrivit un traité sur les maladies contagieuses dans lequel il attribue la syphilis et la tuberculose à des êtres vivants invisibles capables de se multiplier. Mais les règles d'hygiène élémentaire que nous pratiquons aujourd'hui étaient alors inexistantes et les épidémies fréquentes et meurtrières.

A la suite d'une épidémie de peste à Rome, en 1658, le jésuite allemand Athanasius Kircher affirma avoir observé au microscope dans le sang des malades "une innombrable éclosion de vers imperceptibles à l'œil", responsables selon lui de la peste. Et Anton van Leeuwenhoek décrivit et dessina en 1680 des bactéries présentes dans le tartre de ses dents ainsi que des levures de bière. Mais le véritable précurseur de la microbiologie fut l'abbé Lazzaro Spallanzani (1729-1799). Ce savant fut le premier à cultiver des microbes en utilisant un milieu nutritif. Il faisait pousser des microorganismes dans du jus de viande. Il démontra à cette occasion que les microbes ne poussent pas si le jus de viande a été bouilli et reste à l'abri de l'air. En revanche, si le liquide vient en contact avec l'air, les microbes se développent. Il réfutait ainsi la théorie de la génération spontanée tenue pour acquise à cette époque. Toutefois, la

bataille de la génération spontanée avait de beaux jours devant elle puisque Pasteur la combattait encore un siècle plus tard. Notre abbé montra également que les microbes se multiplient en se divisant en deux, puis encore en deux. C'est la raison pour laquelle ils envahissent

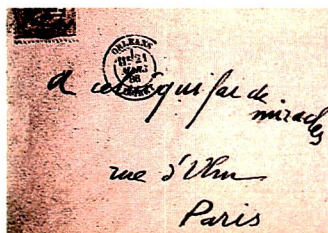
chées de 27 % à 0,23 %, simplement en exigeant des sages-femmes et des étudiants en médecine chargés d'examiner les patientes qu'ils se lavent les mains à l'eau de Javel. La découverte de l'antisepsie ne lui valut aucune reconnaissance : exigeant de son patron qu'il se soumette à la même hygiène, il fut révoqué. Le romancier Céline s'est inspiré de cet événement pour rédiger sa thèse de doctorat en médecine.

A la même époque, Agostino Bassi (spécialisé, non dans la biologie, mais dans le droit !) s'intéressa à une maladie du ver à soie. Il découvrit qu'elle était due à un champignon et qu'elle était contagieuse. En 1844, il tira des conclusions similaires concernant la rougeole, la syphilis, la peste et la variole, qu'il attribuait à des "parasites vivants". Ces travaux n'eurent pourtant aucune audience dans le monde scientifique et il mourut totalement ignoré.

Au contraire, les travaux de Casimir Davaine déclenchèrent une polémique. En 1863, il démontre que le charbon du mouton est dû à une bactérie et qu'il peut être transmis expérimentalement au lapin. Mais ses contradicteurs prétendent que la présence des bactéries dans le sang est une conséquence et non la cause de la maladie. C'est un médecin allemand, Robert Koch (1843-1910), qui résout l'énigme en montrant que le bacille du charbon forme des spores, organes de résistance capables de survivre dans les sols et d'infecter de nouveaux animaux en s'y développant. Koch peut être considéré comme le véritable fondateur de la microbiologie. C'est lui qui développa les principales méthodes encore utilisées aujourd'hui : milieux nutritifs adaptés, cultures des bactéries sur milieu solide, colorations spécifiques,



Ci-dessus, on vaccine un enfant contre la rage dans le laboratoire de Pasteur. La renommée du savant était telle que la lettre ci-dessous, adressée en 1886, lui parvint sans difficulté...



rapidement le milieu de culture.

A la suite des travaux de Spallanzani et du perfectionnement des microscopes, divers chercheurs observent et décrivent des microbes, mais l'importance écologique, épidémiologique et économique de ceux-ci reste insoupçonnée. En 1846, un obstétricien hongrois, Ignace Semmelweis, réussit à faire passer dans sa maternité la mortalité des accou-





E. Malmarche

## Cultivons des micro-organismes

Nous allons faire pousser des levures qui présentent l'avantage d'être sans danger.

### Matériel nécessaire

Une boîte de Pétri, de la gélatine alimentaire (1 feuille de 2 g), un cube de bouillon de bœuf, du sucre en poudre, des filtres à café, un compte-gouttes, de la levure de boulanger.

### Préparer le milieu de culture

Bien mélanger en agitant longuement 5 g de levure avec 100 ml d'eau dans un grand flacon. Porter à ébullition pendant quelques minutes au four à microondes et passer dans un filtre à café. Procéder de la même façon avec un cube de bouillon de bœuf. Mélanger les deux filtrats, ajouter 10 g de sucre et compléter à 1 l avec de l'eau. Bien mélanger. Prendre 100 ml de ce bouillon, y mélanger une feuille de gélatine alimentaire découpée en petits morceaux et porter à ébullition jusqu'à dissolution complète de la gélatine. Laisser refroidir puis verser dans la boîte de Pétri sur 5 mm d'épaisseur et placer au réfrigérateur jusqu'à gélification du milieu.

### Mise en culture

Mélanger 1 g de levure de boulanger avec 100 ml d'eau tiède et 1 g de sucre. Agiter et prélever une goutte de cette suspension, et la diluer dans 1 l d'eau. Bien agiter. Avec un compte-gouttes, prélever un échantillon. Ouvrir la boîte contenant le milieu et toucher la surface du milieu avec l'extrémité du compte-gouttes en une dizaine d'endroits différents. Refermer le couvercle. Laisser la boîte à température ambiante.

### Que va-t-il se passer ?

Les levures déposées sur le milieu se multiplient et engendrent des colonies qui deviennent visibles à l'œil nu en quelques jours. Chaque colonie présente une forme arrondie, une taille et une couleur caractéristiques de l'espèce *Saccharomyces cerevisiae* (voir photo). Pour éviter le développement de bactéries dans le milieu, on peut ajouter une "pointe de couteau" d'antibiotique.

**NB :** On trouve des boîtes de Pétri chez Prosciences, 44 rue des Ecoles, 75005 Paris, ou chez tout fournisseur de laboratoire. Toute boîte de petite taille munie d'un couvercle peut aussi faire l'affaire.

roncles et de l'ostéomyélite, streptocoque de la fièvre puerpérale, etc.). En étudiant le choléra des poules, il s'aperçut que l'injection d'une préparation vieillie du microbe protège les animaux contre l'infection. Il appelle le phénomène "vaccination" en hommage à Edward Jenner (1749-1823). Ce dernier avait découvert en 1798 que l'injection d'une préparation de vaccine, une forme de variole bénigne de la vache, protège l'homme contre la variole humaine très répandue à l'époque. Il faut noter que les Chinois avaient découvert ce phénomène des centaines d'années plus tôt.

Le 31 mai 1881, devant une foule de journalistes, de médecins et de vétérinaires, Pasteur injecte une culture virulente de charbon à 48 moutons dont 24 ont reçu au préalable une préparation atténuée. Deux jours plus tard, 22 des moutons non traités sont morts, 2 sont à l'agonie tandis que les 24 vaccinés sont bien vivants. C'est l'enthousiasme car on pressent l'importance du phénomène en médecine humaine. Toutefois, Pasteur craint de passer à l'expérimentation sur l'homme, dont il mesure le danger. De plus le corps médical s'y oppose. Si un comité d'éthique avait existé à l'époque, il n'aurait jamais autorisé de telles expériences ! Dans l'urgence, il va être conduit à le faire pour une maladie dont l'agent reste inconnu : la rage. Il avait déjà testé son vaccin sur des chiens lorsqu'on lui amena un enfant de 9 ans, Joseph Meister, mordu par un chien enragé. Il le vaccine (le temps d'incubation de la rage le permet, ce qui n'est pas le cas pour la plupart des autres maladies) et le sauve. 2 490 personnes recevront le vaccin au cours des quinze mois suivants. Pourtant, l'agent responsable restera invisible jusqu'à la découverte des virus dans les années cinquante. Mais c'est une autre histoire... ■

**LE MOIS PROCHAIN :**  
Modéliser les molécules

etc. On lui doit, entre autres, la découverte du bacille de la tuberculose et du vibron du choléra.

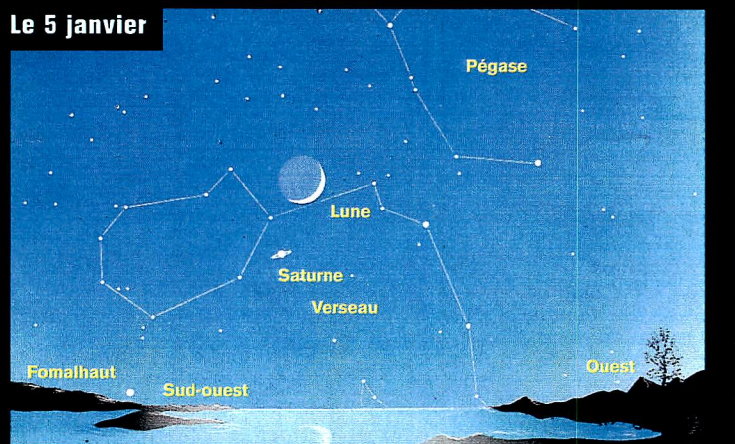
Mais, en France, c'est le nom de Pasteur qui reste attaché à la naissance de la microbiologie. Pasteur avait beaucoup travaillé sur les fermentations ; il en avait identifié les agents, des levures et des bactéries, ainsi que les microorganismes qui infectaient parfois les cuves des brasseurs. Il était persuadé que certaines maladies contagieuses pou-

vaient être dues aussi à des microorganismes. N'étant pas médecin, il ne voulait pas se lancer dans leur étude lorsque le ministère de l'Agriculture lui demanda d'étudier la pébrine, maladie contagieuse des vers à soie et péril économique. Après avoir résolu ce problème, il s'attaqua à d'autres maladies contagieuses. Il découvrit alors les microorganismes agents de diverses maladies aussi bien de l'homme que des animaux (staphylocoque des fu-

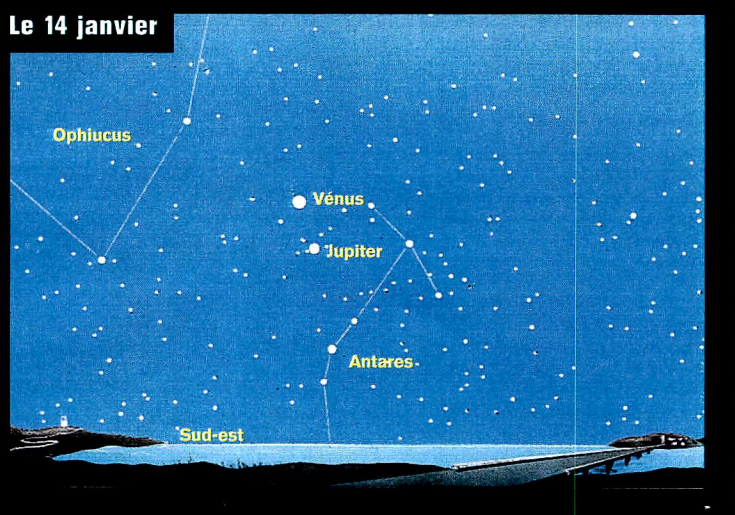


# L'année Saturne

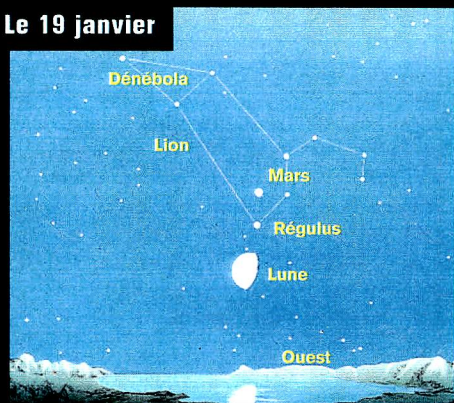
Le 5 janvier



Le 14 janvier



Le 19 janvier



## Les rendez-vous du mois

### Le 5 janvier

Un mince croissant de Lune, avec une belle lumière cendrée, se trouve à proximité de Saturne.

### Le 14 janvier

On observe un beau rapprochement de Vénus, Jupiter et Antares, vers 7 heures.

### Le 19 janvier

Un bel alignement dans le Lion, au matin.

**S**aturne, la planète aux anneaux, va nous offrir en 1995 le spectacle inhabituel de la disparition de ceux-ci, ainsi que l'observation de multiples "phénomènes mutuels" de ses satellites. Pour les débutants, rappelons les données essentielles concernant cette planète.

Saturne est une planète qui fait partie, avec Jupiter, Uranus et Neptune, du groupe des géantes gazeuses. Elle a un diamètre équatorial de 120 000 kilomètres et gravite sur une orbite elliptique à 1 milliard et 427 millions de kilomètres en moyenne du Soleil. L'ellipticité de son orbite cause des variations de distance au Soleil qui atteignent 150 millions de kilomètres, soit la distance moyenne qui sépare la Terre de l'astre central. Si cette géante a un volume qui représente 613 fois celui de la Terre, sa masse n'équivaut qu'à 95 fois celle de notre planète. Sa densité est, par conséquent, très faible, de l'ordre de 0,7. Si on pouvait avoir une baignoire d'eau assez grande pour y plonger Saturne, celle-ci flotterait ! Cela s'explique par la composition de la planète : un globe d'hydrogène et d'hélium à - 193 °C, entouré par une atmosphère plus "chaude" de 50 °C composée essentiellement d'éthane, d'ammoniac, d'acétylène et d'éthylène.

Comme la planète ne met qu'une dizaine d'heures à l'équateur pour tourner sur elle-même, le globe présente un aplatissement marqué de l'ordre de 1/9. Saturne accomplit un tour complet du Soleil en 29 ans et 167 jours. Comme une journée ne dure qu'une dizaine d'heures, l'année saturnienne comprend 25 217 jours !

Les anneaux sont situés dans le

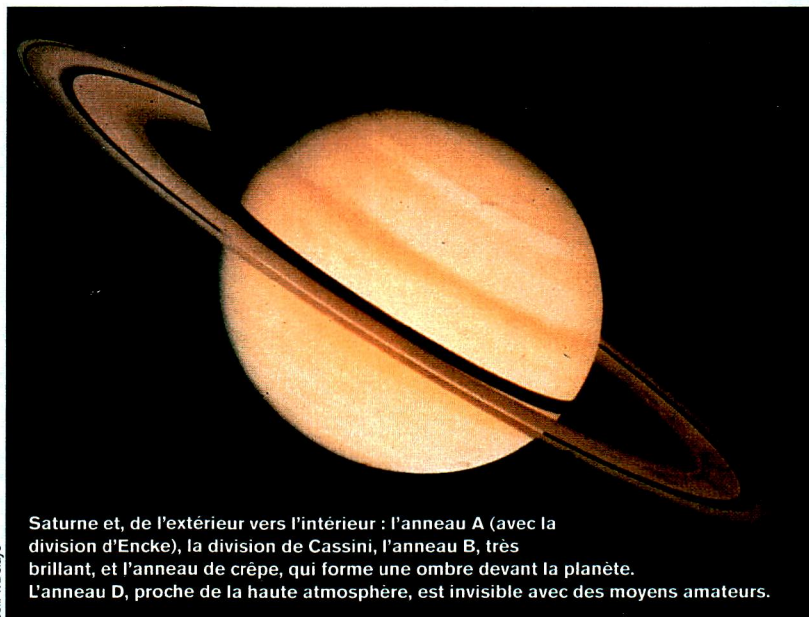
Dessins M. Roux-Sagot



plan de l'équateur de la planète, laquelle est inclinée de 27 degrés sur le plan de son orbite. Comme l'orientation du plan des anneaux se conserve dans l'espace à la manière d'un gyroscope, suivant la position de Saturne sur son orbite, nous observons les anneaux dans différentes orientations. Tantôt nous voyons leur face nord, tantôt leur face sud, selon un cycle qui a pour durée la période de révolution autour du Soleil. A deux reprises pendant ce cycle, les anneaux se présentent par la tranche. A ce moment-là, ils disparaissent à la vue de l'observateur car leur épaisseur est extrêmement faible, les dernières mesures indiquant moins d'un kilomètre pour un diamètre extérieur de 278 000 km. A l'échelle, il faut s'imaginer un disque de papier à cigarette de 75 mètres de diamètre.

Avant l'exploration directe par les sondes spatiales, on avait déjà observé que l'anneau de Saturne était en réalité composé de quatre anneaux concentriques. Le plus extérieur, ou anneau A, mesure 278 000 km de diamètre avec une largeur de 20 000 km environ. Il est plus sombre que la planète et est parcouru par une fine division, la division d'Encke, qui n'est visible qu'avec des télescopes de 25 à 30 cm de diamètre au minimum. Vient ensuite la division de Cassini, un vide de 3 500 km de large, bien visible dans une lunette ou un télescope à partir de 100 mm de diamètre.

L'anneau B, qui part de la divi-



Saturne et, de l'extérieur vers l'intérieur : l'anneau A (avec la division d'Encke), la division de Cassini, l'anneau B, très brillant, et l'anneau de crêpe, qui forme une ombre devant la planète. L'anneau D, proche de la haute atmosphère, est invisible avec des moyens amateurs.

sion de Cassini, est appelé aussi anneau brillant. Presque blanc, il a le même éclat que les parties les plus claires de la planète. Sa largeur est de 30 000 km environ. Les instruments les plus modestes permettent de l'observer.

Le troisième anneau, ou anneau C, est dit de crêpe, tant il est sombre et peu visible. On le distingue surtout devant la planète. Lorsque Saturne passe devant une étoile, on peut apercevoir celle-ci à travers l'anneau de crêpe. Il mesure 20 000 km de large et son bord intérieur n'est qu'à une dizaine de milliers de kilomètres de la surface de la planète.

L'anneau D, découvert seulement en 1969, se situe entre l'anneau C et la haute atmosphère de Saturne. Il n'est pas observable avec des moyens amateurs.

En dehors des anneaux, Saturne possède un beau cortège de satellites. Jusqu'en 1979, on en connaissait 10 mais, depuis le passage des sondes automatiques, on en compte plus d'une vingtaine. Ces nouveaux satellites ne sont, pour la plupart, que

des blocs rocheux de petite dimension aux formes irrégulières ; ils sont inobservables depuis la Terre et, donc, sans intérêt pour l'amateur. En revanche, 9 satellites principaux sont observables en fonction de la puissance de l'instrument utilisé.

En 1995, la Terre passera à deux reprises dans le plan des anneaux de Saturne, le 21 mai et le 11 août, puis elle y repassera le 11 février 1996. Le Soleil se trouvera dans le plan des anneaux le 18 novembre 1995. En conséquence, l'aspect de ceux-ci en 1995 sera le suivant :

- avant le 21 mai, la face nord des anneaux est éclairée, et elle est visible.
- Le 21 mai, la Terre, qui se trouvait au nord des anneaux, est tout juste dans leur plan et passe ensuite au sud.
- Du 21 mai au 11 août, la face sud est dirigée vers la Terre mais elle ne reçoit pas la lumière solaire, les anneaux ne sont donc pas visibles.
- Le 11 août, la Terre passe du sud au nord des anneaux.
- Du 11 août au 18 novembre, la

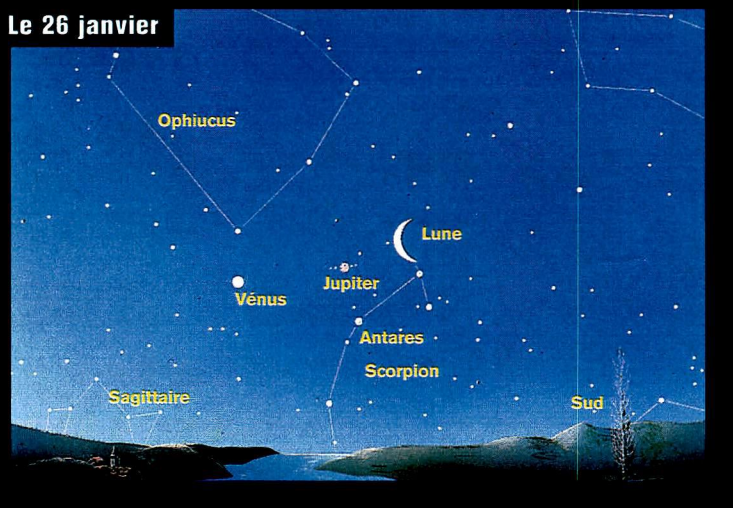
# 36 15

# SCV

Les positions  
des planètes ce soir



Le 26 janvier



### Les 26 et 27 janvier

Dans l'aurore, on suivra le déplacement d'une Lune "finissante", à proximité de Jupiter et Vénus.

► face nord, toujours éclairée par le Soleil, est visible depuis la Terre.

● Après le 18 novembre, le Soleil étant passé maintenant au sud des anneaux, la face nord, toujours dirigée vers la Terre, n'est plus éclairée et redevient donc invisible.

Ce n'est qu'à partir du 11 février 1996 que, la Terre repassant au sud, les anneaux seront à nouveau visibles. Ils continueront ensuite à "s'ouvrir" pendant environ sept ans puis se "refermeront" jusqu'à disparaître une nouvelle fois, mais

nous serons alors en 2009 !

Tous ces phénomènes sont à suivre avec attention par l'amateur. Il faut remarquer que, en fonction de la puissance de l'instrument utilisé, les anneaux peuvent disparaître plus longtemps (c'est le cas avec les petits télescopes) ou, au contraire, être visibles jusqu'au dernier moment.

Un autre aspect particulier du passage de la Terre dans le plan des anneaux concerne les satellites. Tout d'abord, du fait que l'orbite de ces satellites se présente, vue de la Terre, sous la forme d'une ellipse très allon-

gée, on observe dans cette période des phénomènes des satellites avec la planète tout à fait comparables à ceux des satellites de Jupiter, à savoir le passage du satellite ou de son ombre devant la planète, et sa disparition derrière la planète ou dans son ombre. Ces phénomènes sont nombreux et il est impossible d'en donner une liste ici. Toutefois, le lecteur peut se reporter aux éphémérides astronomiques où ils sont détaillés.

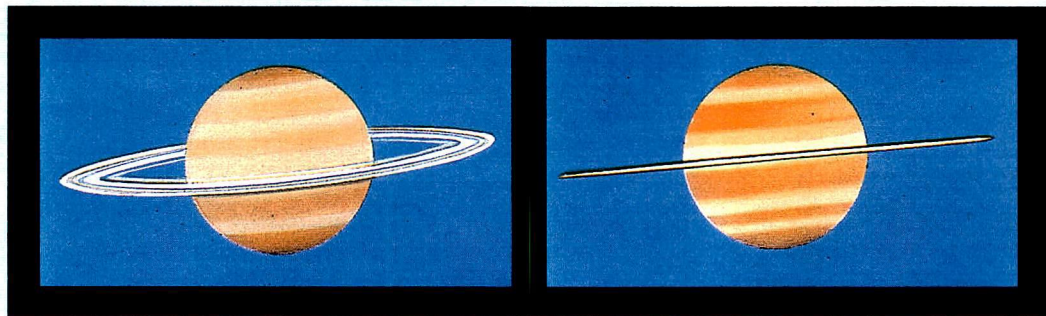
Les symboles utilisés pour les décrire sont identiques à ceux utilisés pour Jupiter. Un chiffre romain indique le numéro du satellite selon l'ordre : Mimas, Encelade, Thétys, Dioné, Rhéa, Titan, Hypérion.

Beaucoup plus rares sont les phénomènes mutuels des satellites de Saturne. Il s'agit d'éclipse ou d'occultation d'un satellite par un autre. Dans le premier cas, le satellite disparaît dans le cône d'ombre d'un autre satellite ; dans le second cas, il est masqué par un autre satellite ! Là aussi, les éphémérides du Bureau des longitudes détaillent clairement tous ces phénomènes mutuels, qui ne seront observables qu'à partir du mois d'avril. Alors, bonnes observations !

### De janvier à mai

Saturne vu à quatre mois d'intervalle : les anneaux, lorsqu'ils se présentent par la tranche, ne sont pratiquement plus visibles.

**LE MOIS PROCHAIN :**  
Les nouvelles lunettes





## Grossissement

**L**e débutant s'imagine souvent que le grossissement est l'élément le plus caractéristique de la puissance d'un instrument. En fait, il n'en est rien. Pour le comprendre, il suffit de réaliser que grossir équivaut à se rapprocher de l'objet. Prenons le cas d'une paire de jumelles qui grossit 10 fois. Si nous observons un oiseau qui se trouve à 80 m avec ces jumelles, cela revient à nous trouver dix fois plus près sans jumelles. Autrement dit, dans cet exemple, nous avons la même vision qu'à l'œil nu à 8 m.

En astronomie, c'est exactement la même chose. Si nous regardons la Lune avec une lunette équipée d'un grossissement de 100 fois, la Lune étant à une distance moyenne de 384 500 km, nous en avons une vision qu'aurait un astronaute dans sa cabine spatiale à 3 845 km. Tout change, la Lune remplit le hublot ! Nous ne la voyons plus en entier et tous les détails des cratères, des montagnes, des vallées sont visibles !

Lorsque nous passons à Jupiter, dans les mêmes conditions de grossissement, l'effet est le même mais moins important. La planète étant à environ 770 millions de kilomètres, en être cent fois plus près, soit à 7,7 millions de kilomètres, change l'aspect. Nous distinguons le disque planétaire et quelques détails. Cependant, l'image reste petite. Si, maintenant, nous observons une nébuleuse située à 30 000 années-lumière, soit 30 000 fois 10 000 milliards de kilomètres, en être cent fois plus près n'aura guère d'importance ! C'est pour cela que le grossissement est utile pour tout ce qui concerne l'observation planétaire, Soleil, Lune, planètes,

mais de peu d'importance pour le ciel profond, nébuleuses, amas, galaxies.

Le calcul du grossissement est simple. Il s'obtient en divisant la distance focale de l'instrument par celle de l'oculaire utilisé. La première est indiquée dans la notice de l'appareil, la seconde est gravée sur l'oculaire. Par exemple, un oculaire de 20 mm de focale donnera sur un télescope de 900 mm un grossissement de

$900/20 = 45$  fois. Il y a une limite, car n'importe quel grossissement ne peut être utilisé. Le grossissement maximal est fonction du diamètre de l'objectif ou du miroir de la lunette ou du télescope. Il est égal à 2,5 fois ce diamètre exprimé en mm. Ainsi, le grossissement maximal d'une lunette de 60 mm est de 150 fois, celui d'un télescope de 115 est de 287 fois. Rien ne permet d'aller au-delà ou, plus exactement, avec un grossissement supérieur une seule certitude : l'image sera floue, sombre et inexploitable !

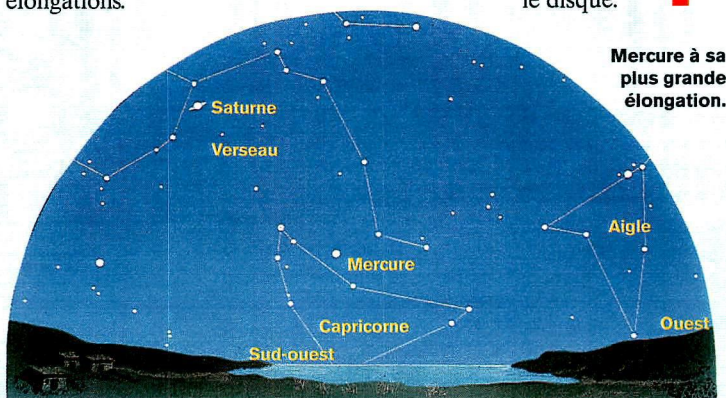
## LE RENDEZ-VOUS DES DÉBUTANTS

### Mercure

**M**ercure est une planète difficile à observer. En effet, elle gravite à proximité du Soleil, à une cinquantaine de millions de kilomètres, et, vue de la Terre, qui s'en trouve trois fois plus loin, la planète ne s'écarte pas beaucoup du Soleil. Conséquence : Mercure n'est visible que le soir dans le crépuscule, après le coucher du Soleil, ou le matin dans l'aurore, tout juste avant son lever. Pour repérer la planète, il faut profiter des instants où elle se trouve le plus possible écartée de l'astre central. Sans cela, la lueur solaire empêche son observation. Ces instants privilégiés sont appelés *élongations*.

L'élongation correspond à une visibilité du soir, l'élongation ouest à celle du matin. En janvier, l'élongation est aura lieu le 19. Mercure sera alors visible pendant une heure trois quarts après le coucher du Soleil. Pour la repérer plus facilement, il faudra utiliser une paire de jumelles et s'aider du dessin ci-dessous.

En 1995, les autres élongations se produiront le 1<sup>er</sup> mars (O), le 12 mai (E), le 29 juin (O), le 9 septembre (E) et le 20 octobre (O). L'observation de Mercure avec un instrument permet de noter les phases de la planète et leur évolution mais aucun détail n'est visible sur le disque. ■



Mercure à sa plus grande élongation.



# Le mat de Legal

Ceux qui ont vu le (très mauvais) film *la Partie d'échecs* ont pu admirer comment le jeune Max, pour sa première partie d'échecs (!), administrait en quelques coups le mat à son nouveau protecteur. En fait, il reproduisait là une très célèbre partie disputée en 1750 entre Kermur de Legal, alors champion du Café de la Régence, et le Comte de Saint-Brie. On utilise souvent cette partie miniature pour illustrer l'avantage de l'avance de développement. Et aujourd'hui encore, de manière étonnante, il n'est pas rare de voir apparaître le thème de cette combinaison entre force joueurs. En voici un exemple.



H. Westerinen-V. Meskanen  
Finlande 1994

- |              |           |
|--------------|-----------|
| 1. e4        | e5        |
| 2. f4 (a)    | exf4      |
| 3. ♖f3       | d6        |
| 4. ♙c4       | h6 (b)    |
| 5. h4        | ♗f6       |
| 6. ♖c3       | ♙g4       |
| 7. d4        | ♗h5 (c)   |
| 8. ♖e5!! (d) | dx e5 (e) |
| 9. ♗xg4      | ♗f6       |
| 10. ♗f5      | ♖c6 (f)   |
| 11. dx e5    | ♗d4       |
| 12. ♗xf4     | ♗xc2+     |
| 13. ♖e2      | ♗d4 (g)   |
| 14. ♙b5+     | ♖6 (h)    |
| 15. ♙d1      | ♗c5 (i)   |
| 16. exf6     | cx b5     |
| 17. ♗d5      | ♙d6       |
| 18. fxg7     | ♙g8       |
| 19. ♗f6+     | ♖e7       |
| 20. ♙xd6     | ♗xd6      |
| 21. ♗d5+     | ♖d7 (j)   |
| 22. ♗xf7+    | ♖c6       |
| 23. ♙f4      | ♗d7       |
| 24. ♗f6+     |           |

Les Noirs abandonnent (k).

Le programme Chess Genius, vainqueur de Kasparov (voir *Science & Vie* n° 926, p. 92), est en vente à Variantes, 29 rue Saint-André-des-Arts, 75006 Paris.

- a) Le violent Gambit du Roi, qui ne manque pas de donner des parties très animées. Au prix (généralement temporaire) d'un pion, les Blancs obtiennent une vive initiative.
- b) Les Noirs menacent 5. ... g5, conservant leur pion de plus. Mais ils n'ont toujours pas développé la moindre pièce.
- c) Non ! Jouer deux fois la même pièce (et qui plus est un Cavalier qui va s'exiler à la bande) dans le début alors que l'on souffre déjà d'un retard de développement représente une grave atteinte aux principes fondamentaux. Il fallait rendre le pion et continuer le développement par 7. ... ♙e7.
- d) Facile à imaginer lorsque l'on connaît le mat de Legal.
- e) Et pourquoi pas 8. ... ♙xd1 ?? Nous vous laissons trouver la solution à l'exercice ci-dessous. Ici, la sanction serait la même.
- f) Après 10. ... exd4 11. ♗d5, la domination blanche était totale.
- g) Evidemment, le Cavalier f6 ne peut fuir à cause de 14. ♗xf7 mat et d'autre part, si 13. ... ♗xa1 14. exf6 ♗xf6 15. ♗d5! ♗xf4 16. ♙xf4, les Noirs se retrouvent face aux

- deux menaces 17. ♙xa1 et 17. ♗xc7+.
- h) Le seul coup. Les Noirs perdent tout de suite après 14. ... ♖e7 15. exf6+ ou 14. ... ♖d8 15. ♙d1.
- i) Les Noirs ont maintenu l'équilibre matériel et ce sont même eux qui menacent de gagner une Tour (en a1). Mais leur Roi est trop exposé et ils sont déjà irrémédiable-

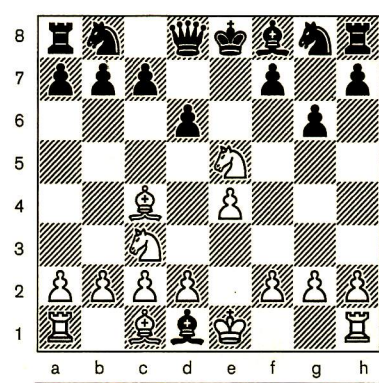
## La solution du n° 927

1. ♗xe6+ fxe6 (ou 1. ... ♙e7 2. ♗xe7 mat) 2. ♙g6 mat. Canal-Amateur (Budapest 1934).
- ment perdus.
- j) 21. ... ♖e6?? 22. ♗f5 mat.
- k) Ils sont mat après 24. ... ♖c5 25. ♗c3.

## A vous de jouer !

Voici la fameuse partie Legal - Saint-Brie :

1. e4 e5 2. ♙c4 d6 3. ♗f3 ♙g4 4. ♗c3 g6? 5. ♗xe5!! ♙xd1 ?? Ici, les Noirs auraient dû prendre le Cavalier par 5. ... dx e5 et après 6. ♗xg4, tenter de résister avec un pion de moins. Car à présent (dans la position du diagramme), les Blancs jouent et font mat en deux coups.



La solution... dans le prochain numéro !



## Bonne année 1995 !

Le début de cette nouvelle année ne pouvait manquer de nous inviter à vous proposer quelques variations sur son millésime. Jouons donc avec 1995.

### Lointaine décimale

Commençons, non par 1995, mais par son inverse. Si l'on divise 1 par 1995, on obtient, sur n'importe quelle calculatrice, 0,0005012.

Avec une machine un peu plus précise, on découvrira les décimales suivantes : 0,0005012531328. Mais ici, il va s'agir d'aller beaucoup plus loin ! Saurez-vous trouver la 1 995<sup>e</sup> décimale de 1/1 995 ?

### D'une grille...

Non, il ne s'agit pas d'un carré magique. Ici, il vous faudra inscrire un chiffre dans chaque


ne des cases de manière que la somme des trois nombres horizontaux et celle des trois nombres verticaux (lus de haut en bas) soient toutes deux égales à 1 995.

Les neuf chiffres de la grille doivent tous être différents et aucun nombre ne doit commencer par 0.

### ... à l'autre

Attention, lisez attentivement l'énoncé suivant, car il ressemble au précédent...

Il vous faudra cette fois inscrire un chiffre dans chacune des cases de manière que la somme totale des trois nombres horizontaux et des trois nombres verticaux soit égale à 1 995.

Les neuf chiffres de la grille doivent tous être différents et aucun nombre ne doit commencer par 0.

### Le problème de l'oiselier

Un oiselier possède 24 oiseaux qu'il répartit le premier jour en quatre volières conte-



nant respectivement 1, 9, 9 et 5 oiseaux.

Chaque matin, à compter du deuxième jour, il remplit une volière libre en prenant un oiseau dans chacune des volières occupées.

Si chaque jour une nouvelle volière est occupée, il arrive que, parfois, une volière (occupée la veille par un seul oiseau) devienne libre.

Le 1 995<sup>e</sup> jour, quel sera le nombre de volières occupées et la répartition des oiseaux dans ces volières ? On suppose avec optimisme qu'aucun oiseau ne va mourir au cours de ces quelque cinq ans et demi mais, hélas, qu'ils ne vont pas se reproduire.

**Les solutions...  
dans le prochain numéro !**

## Les solutions du n° 927

Récréations, nous l'avions dit : les trois petits problèmes étaient vraiment très faciles...

### Anticryptarithme

C	I	N	Q		
+	C	I	N	Q	
+	V	I	N	G	T
<hr/>					
T	R	E	N	T	E

### Ensemble logique ?

Oui, si l'on veut. Les mots de la suite étaient tous des anagrammes d'un nombre écrit en lettres, dans l'ordre croissant :

TROIS, QUATRE, SEPT, ..., TREIZE, TRENTE.

Seul ONZE (zone) pouvait prendre sa place dans la liste.

### Enigme

Cette petite amusette était basée sur l'homonymie du nombre neuf (9) et de l'adjectif neuf (opposé à ancien) ainsi que celle des verbes suivre et être à la première personne du présent de l'indicatif : je suis.

1 ... je suis (du verbe suivre)

toujours neuf (9), donc je suis (verbe être) 10.

2. Je suis DIX. Ôtez-moi la tête et je deviens IX, celui que je suis à Rome (en chiffres romains, neuf s'écrit IX et DIX suit neuf).

Qui suis-je ? Deux solutions, puisque le nombre trouvé est dix mais qu'il suit neuf.



## Ecologie ou environnement ?

*"En cette fin de siècle", écrit mélancoliquement M. M.O., de La Tremblade, "l'écologie, science étudiant les interactions entre êtres vivants et milieux, met en évidence le déséquilibre et l'appauvrissement des milieux.*

*Elle constate que l'écosystème planétaire est perturbé par les activités et la surpopulation de l'humanité, et dénonce les dangers gravissimes qui en résultent. Hélas, elle est peu à peu récupérée pour devenir défense de l'environnement des riches, et aboutit, j'exagère à peine, à la défense des géraniums urbains.*

*"Je constate avec tristesse*

*que Science & Vie tend à suivre le mouvement, assimilant allègrement écologie et environnement."*

Nous confessons ne pas saisir la teneur du reproche. L'environnement est constitué d'écosystèmes et son étude est bien l'écologie, discipline de la biologie comme elle le fut dès sa naissance. L'étude de l'environnement pourrait être considérée comme plus vaste que l'écologie au sens strict, puisqu'elle prend en plus en considération un certain nombre de facteurs qui n'intéressaient pas essentiellement l'écologie, comme le bruit ou l'information.

Il est certain que l'ensemble des écosystèmes terrestres est menacé par un nombre de nuisances ; nous les avons dénoncées avec persévérance autant que vigueur, de la surpêche aux risques découlant des champs électromagnétiques engendrés par les lignes à haute tension. Nous ne voyons aucunement que nous nous soyons consacrés à la défense des géraniums urbains ou autres. Enfin, il est inexact de dire que l'écologie ou la science de l'environnement soient au seul service des pays riches ; bien au contraire, les programmes d'aide internationaux tendent à faire prendre conscience aux pays pauvres que certaines pratiques telles que les brûlis entraînent la désertification.

Guère enclin à l'indulgence à notre égard, ce lecteur poursuit : *"Démographie : la fin des mythes", titre accrocheur d'un article lénifiant. Tout va pour le mieux dans le meilleur des mondes : on a de quoi nourrir quelques milliards d'hommes en plus. Pourquoi*

*tant de famines ? Ecrire que "en 35 ans, chaque Terrien, en moyenne, a gagné 400 calories" est carrément ignoble."*

Notre article exposait le point de vue des démographes : les risques de surpopulation tels qu'ils étaient présentés il y a vingt ans ne sont plus les mêmes. Des pays tels que la Chine ont considérablement réduit leurs taux de naissances, ce à quoi on ne s'attendait pas ; en revanche, dans les pays riches, le renouvellement des populations est moins assuré et parfois, franchement compromis. Par ailleurs, un argument fort des années soixante-dix, celui selon lequel la surpopulation entraînait la paupérisation s'est trouvé infirmé par les faits. Nous avons exposé l'évolution des connaissances. Nous n'avons ni l'intention d'être lénifiants, ni celle d'être provocants.

## Lecteurs, vous rêvez

M. Emmanuel Rozenblatt, dont nous avons présenté le livre *Contre la réalité, Légitimité de la fuite vers un monde intérieur*, nous prie de bien vouloir publier la mise au point suivante : *"A propos de l'efficacité scientifique, vous rappelez que "la variole a été éradiquée." Mais le livre que vous critiquez vous demandait simplement sur quoi asséoir la véracité de pareille affirmation, sachant que, a priori, vous êtes peut-être en train de rêver, d'imaginer archives et témoignages. Pour contrer cette hypothèse, vos convictions n'ont pas valeur*

## Qu'est-ce qu'un électron ?



*"J'aimerais savoir ce que voient réellement les scientifiques quand ils voient ce qu'ils appellent un électron, un proton, un neutron, des quarks, des photons", demande M. F.B., de Tain-L'Hermitage. "J'aimerais savoir ce qu'ils captent précisément, si ce sont des ondes, de quelle nature elles sont. J'aimerais savoir par quel moyen ils distinguent une charge négative d'une charge positive..."*

Tout dépend de l'instrument utilisé, compteur à bulles, résonateur, anneau de collision, tube cathodique... Il est bien évident que personne n'a jamais "vu" un électron. On relève son passage, dans des conditions données, à des phénomènes électromagnétiques enregistrés par des instruments tels que ceux qui sont décrits ci-dessus. Le signe de la charge peut être défini par sa déviation dans un champ électromagnétique. Une onde électromagnétique est la propagation d'un champ électromagnétique variable dans le vide ou dans un milieu matériel, le champ en question étant composé d'un champ électrique et d'un champ magnétique. Pour approfondir le sujet nous conseillerons à ce lecteur les différents ouvrages consacrés à la physique de la collection "Que sais-je ?" et le *Dictionnaire de physique* de Mathieu, Kastler et Fleury (Masson et Eyrolles).



démonstrative, et les arguments neurophysiologiques ou statistiques sont récusables. En dernier ressort, il apparaît que la crédibilité scientifique se fonde, non sur une rigueur logique, mais sur des intuitions d'ordre pratique ou éthique. Et au passage, le principe psychiatrique explose : au sein d'un rêve, vous n'auriez raison qu'en étant schizophrène et paranoïaque (renier le jugement unanime de réalité, et vous baser sur une vision totalement égocentrique), or rien n'est à même de vous prouver que vous ne rêvez pas en ce moment... Certes, ces pensées sont dangereuses, déstabilisantes. Mais il semble injuste qu'elles soient traitées de banales et d'irréfléchies.»

Nos informations sont cela, des informations, et non des convictions. Mais il nous semble que ce n'est pas pour nous que les hypothèses de ce lecteur sont dangereuses...

## On recherche photo d'Empédocle

«Il y a malgré tout des journalistes et des publications dignes d'estime», écrit Auto-  
noe, Comité français de sau-



## Homéopathie globale

«Sachant que l'on estime le volume des océans à 1 milliard de  $\text{km}^3$ , quelle quantité de sel de cuisine faudrait-il pour que l'ensemble de ces océans soit salé à la dose homéopathique de CH 12, soit  $10^{24}$  ?», demande M. F.L., de Sainte-Marie-sur-Mer.

1 milliard de  $\text{km}^3 = 10^{24} \text{ cm}^3$ , justement. Et la dilution CH 12 est encore  $10^{24}$ . Donc, il faut 1  $\text{cm}^3$ .

vegarde intellectuelle, 116, quai Louis-Blériot (adresse par ailleurs fort bien fréquentée, croyons-nous savoir), dans une lettre non signée. «Votre revue nous semble faire partie de celles-là, sous réserve de vérifications ultérieures. La vérification (quand elle est à notre portée) de tout ce qui est information ou enseignement est pour notre association un objectif primordial. Que pensez-vous de l'habitude de publier, dans les dictionnaires, ouvrages d'histoire ou de science, les portraits de personnages illustres, ayant existé ou non,

comme s'ils étaient produits par un Photomaton ? Quelle crédibilité accorder au «portrait idéal» d'Empédocle, reproduit à la p. 13 de votre numéro d'août 1994 ?»

Aucune : les documents du service d'anthropométrie de la préfecture de police d'Agri-  
gente (où est né le célèbre philosophe) ne sont pas disponibles au public. Il s'agit là d'un portrait-robot.

## Une bactérie qui contrarie certains

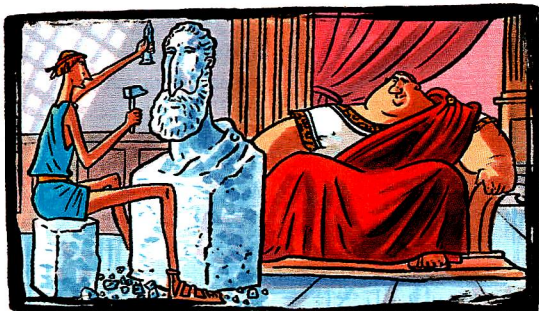
M. G.B., de Pringy a peu apprécié «du point de vue scientifique» notre article d'octobre : «Le miracle du sang sur le pain est microbien». «Je vous envoie un article sur le même sujet publié par la revue italienne Famiglia Christiana», dit-il.

L'article, hélas, n'est pas sur le même sujet : il n'évoque même pas les travaux auxquels nous faisons référence. Les phénomènes chromatiques déclenchés par *Serratia marcescens* sur les composés de l'amidon (glucose) sont d'ailleurs connus depuis avant l'ère chrétienne et se produisent dans des circonstances qui n'ont rien de religieux, comme nous l'avons rapporté. Le chimiste américain W.C. Frazier signale les colorations rouges qu'elle provoque, de même d'ailleurs que *Brevibacterium erythrogenes*. Les spécialistes de l'alimentation les connaissent de longue date.

## Le «Chunnel» et la tectonique des plaques

«Nos ingénieurs ont conçu et réalisé un tunnel sous la Manche. Mais il y a cette fameuse tectonique des plaques, qui fait que nos deux pays se séparent. Comment nos valeureux bâtisseurs ont-ils fait pour que leur œuvre suive ce mouvement sans se fendre ?»

La Manche, pas plus que le Royaume-Uni et la France, ne se trouve sur une zone de fracture. Il faudrait plusieurs pages et pas mal de schémas pour exposer l'état des connaissances sur la géomorphologie de la Manche, mais enfin, on peut en déduire grossièrement ceci : le Royaume-Uni ne s'écarte pas de nous à proprement parler ; il reste des grands mouvements du passé une tendance, avortée, de la Manche occiden-





le à s'ouvrir et une tendance très discrète de la Manche orientale à se resserrer. Le mouvement est négligeable et se mesurerait en millimètres par siècle. Comme tous les réalisateurs de grands travaux, ponts, barrages, etc., les ingénieurs du tunnel ont tenu compte des contractions et dilatations inhérentes au béton, notamment sous l'effet de la température, et les marges assurées devraient bien permettre au tunnel de durer plusieurs siècles sans grande inquiétude, sauf accident imprévisible, comme la chute d'un astéroïde.

### Le "syndrome de la classe économique"

«A la suite d'un voyage Hong Kong-Paris de nuit», écrit M. S.J., de Maurecourt, «il m'est arrivé à ma descente d'avion un petit accident de santé que je voudrais prendre pour exemple afin de solliciter votre avis sur la question. Cet accident s'est traduit par une douleur au mollet droit, qui s'est révélé être une phlébite non extensive de la jambe droite et qui est depuis traitée par des anticoagulants. Mais est-ce un accident par disposition naturelle, ou bien

par suite des conditions du voyage ? Le problème, en effet, est connu des phlébologues, qui l'appellent le "syndrome de la classe économique". De plus, un collègue de travail m'a fait part d'une étude américaine sur l'accroissement des problèmes de santé, très souvent de nature vasculaire, à la suite des vols prolongés. Cette étude mettait en cause l'air respiré dans la cabine, appauvri du fait de la pression artificielle. Qu'en pensez-vous ?»

La problème est, en effet, connu des phlébologues, il a fait l'objet de nombreuses communications médicales et il est, effectivement, connu aussi sous le nom de "syndrome de la classe économique". Ces spécialistes préviennent que les vols à risques pour les personnes présentant une fragilité vasculaire sont surtout ceux qui vont d'un pays tropical vers un pays froid, comme c'est d'ailleurs le cas de celui dont parle notre lecteur.

La cause en est indéniablement une fragilité vasculaire, mais on n'a pas assez dit que les conditions auxquelles les passagers sont astreints, faute de se payer une classe affaires ou une première classe, en sont également responsables. L'impossibilité pour une personne de taille



### Et Dubout ?

M. P.C., de Roanne, nous adresse une lettre que nous aurons l'impertinence de juger savoureuse, à propos de l'égalité entre les sexes :

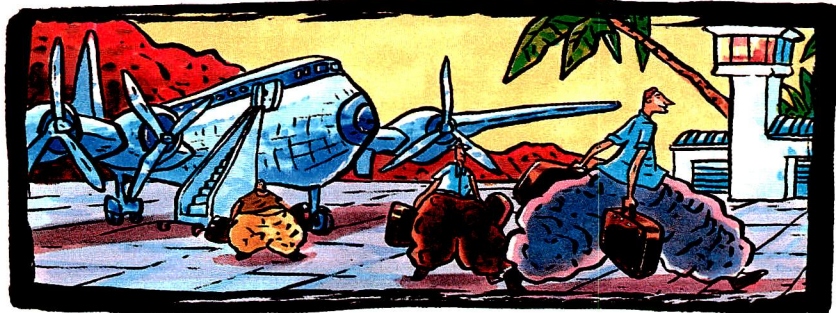
«Il ne peut y avoir qu'inégalité, car l'égalité n'existe déjà pas entre deux hommes, ni entre deux femmes, évidence qui semble négligée. Entre les deux sexes, on remarque surtout de grandes différences ; quelques exemples : l'homme "prend des kilos" au-dessus de la ceinture, la femme, en dessous ; dans la majorité des cas, l'homme est plus faible psychologiquement, mais plus fort physiquement ; la femme est plus apte à infliger une punition, l'homme est plus disposé à la violence physique...»

Ce n'était pas l'avis du célèbre dessinateur humoristique Dubout. Cela étant, les considérations sur l'égalité des sexes portent sur des moyennes dans des domaines spécifiques telles que la résistance aux maladies, la longévité et les capacités intellectuelles.

moyenne ou légèrement supérieure d'étendre les jambes fait qu'on garde celles-ci pliées pendant de longues heures ; cela favorise une stase veineuse dommageable pour la santé. La solution serait d'espacer les sièges, mais elle ne fait guère l'affaire

des transporteurs, comme on s'en doute.

La question de l'air est différente de ce que dit notre lecteur. Aux temps "héroïques" de l'aviation commerciale, c'est-à-dire jusqu'à la fin des années soixante-dix, l'air des cabines était constamment renouvelé ; cela coûtait de l'énergie, donc de l'argent, et certaines compagnies estimaient à quelque 300 000 F par an et par avion les économies qu'on peut réaliser en ne renouvelant l'air que tous les quarts d'heure. On peut faire même mieux et interdire à tous les passagers de fumer : cela permet de faire encore plus d'économies. D'où l'ad-





mirable sollicitude avec laquelle certains transporteurs se sont empressés d'interdire à leurs passagers de fumer dans n'importe quelle section (alors que les méfaits du tabac, d'ailleurs considérablement moindres pour les voisins dans une cabine où l'air est convenablement pulsé, sont connus depuis plus de vingt ans).

## Comment se vident les baignoires à Sidney ?

« Vous avez certainement entendu dire qu'une baignoire ou un lavabo se vide en tournant dans un sens dans l'hémisphère boréal et dans l'autre sens dans l'hémisphère austral. M'étant rendu à La Réunion cet été, j'ai relevé que l'eau s'écoule sans tourner ni dans un sens, ni dans l'autre. Il arrive parfois que l'eau d'une baignoire se vide en tournoyant, mais ce n'est pas systématique, et j'ai l'impression que la forme du récipient et/ou l'agitation résiduelle du liquide peuvent influencer le résultat dans un sens ou dans l'autre. »

Exact !

## Le couteau et la Lune

Mlle M.V., de Blanquefort, demande : « Est-il vrai que le rayon de Lune aiguise la lame d'un couteau ? Et comment ? »

Non. Et le Soleil ne l'émousse pas non plus.

## Responsabilité morale et neurologie

A propos de notre article sur la découverte d'un centre moral dans le cerveau ("L'étrange affaire de Phineas P. Gage", *Science & Vie* n° 923, p. 74), M. S.D., de Mérignac, s'inquiète : « On entrevoit sans peine les conséquences morales, sociales et politiques – comment rendre la justice dans ces conditions, puisque disparaissent les notions de libre arbitre et la responsabilité ? – d'une telle découverte. »

Et plus loin : « L'hypothèse selon laquelle le comportement social serait un état cérébral provient d'une simple concomitance. En effet, dans l'affaire Phineas P. Gage il y a, d'une part, l'accident du contremaître, et d'autre part, le changement de personnalité. » Ce lecteur suppose donc qu'il aurait pu y avoir des facteurs autres que l'accident qui auraient entraîné le changement de personnalité en question, par exemple des

« fréquentations ».

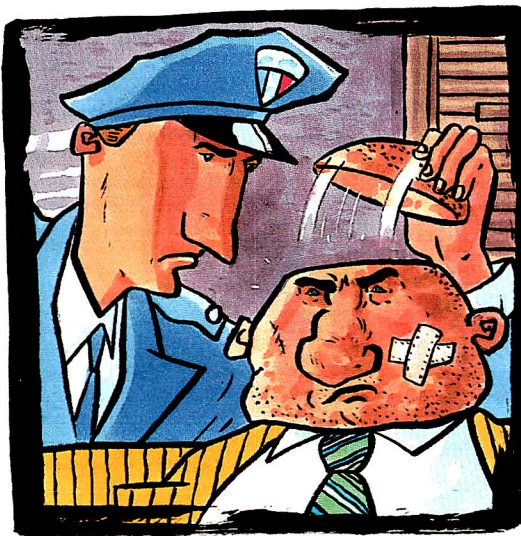
Le droit pénal de la plupart des pays contemporains prévoit une atténuation de la responsabilité dans des cas tels que la folie ; l'introduction de la notion d'altération d'un centre cérébral donné ne contrevient donc nullement aux bases du droit, ni aux principes de libre arbitre et de responsabilité. Les hypothèses avancées par notre correspondant sont évidemment plausibles, mais elles ne sont fondées sur aucun fait présent dans le dossier de Phineas P. Gage. Etant donné qu'on admet sans peine l'existence de centres cérébraux sans connotation morale, comme celui du langage, on ne voit guère de raison pour laquelle un centre du comportement social, c'est-à-dire d'une certaine inhibition des pulsions, contreviendrait à la réalité neurologique. On admet bien qu'un certain langage ordurier puisse être le symptôme de l'affection connue sous le nom de maladie de Gilles de La Tourette, et l'on connaissait de longue

date les modifications de comportement social entraînées par certaines lobotomies. L'affaire Phineas P. Gage semble donc renforcer l'hypothèse de centres du comportement et non les compromettre.

La découverte d'un centre moral nous paraît présenter, au contraire, un grand intérêt en psychologie : elle permettrait d'adapter le comportement de la société à la pathologie d'un criminel donné. A supposer qu'on découvre un jour une molécule qui compense les carences causées par l'altération du centre moral, on aurait quand même fait un progrès.

## Etrange reproduction à l'eau

M. D.H., de Mâcon, nous a adressé une photo, hélas, non reproduisible ici, qui illustre un phénomène amusant : on y voit, en effet, une affiche collée sur un côté d'une vitre et fidèlement reproduite, mais de manière singulière, dans la vapeur d'eau condensée sur l'autre côté ; les caractères, qui étaient noirs sur le document, sont devenus brillants, comme s'ils avaient été imprimés avec de l'eau, de même que le reste des contours sombres. Le phénomène s'explique de la manière suivante : les motifs de l'affiche ont absorbé les rayons solaires, proportionnellement à leur contenu en pigments noirs. L'affiche a ensuite réfléchi la chaleur emmagasinée, qui a condensé la buée, reproduisant ainsi les motifs. ■



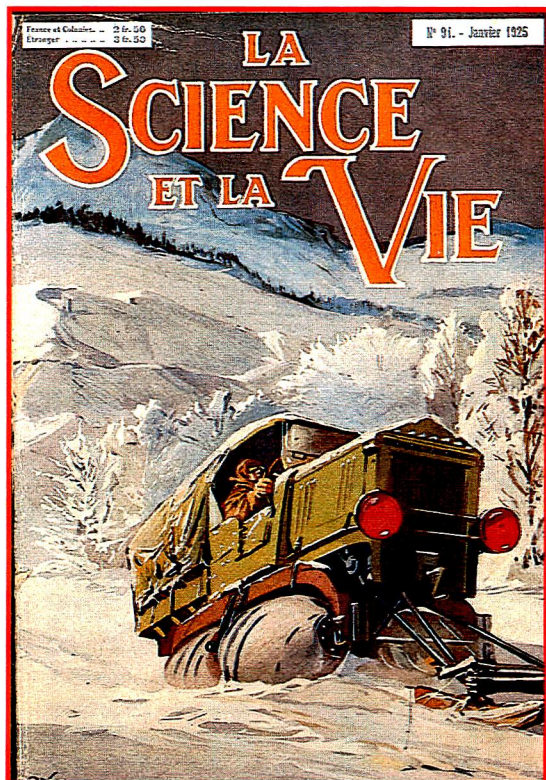
Dessins D. Cordonnier





## Les vautours et le vol plané

« Il est remarquable que le vol en cercles et en spirales favorise le planement. Or, le vautour illustre parfaitement la théorie du vol plané. Mais dans une zone calme, il lui faut battre des ailes ; sans propulseur ou sans battements d'ailes, tout planeur est voué à la chute. »



## Janvier 1925

« Grâce à ses quatre tambours, en forme d'œufs, en contact permanent sur une large surface avec la neige dure ou la glace – entraînés par un moteur Liberty de 50 chevaux –, et aux patins de direction fixés à l'avant, ce véhicule connaît un réel succès en Amérique du Nord. »



## Le ressemelage devient facile

« Pour remédier aux difficultés du ressemelage à domicile, un inventeur français a conçu une forme, maintenue sur la cuisse par l'intermédiaire d'une corde attachée au talon ; les coups sur la forme sont amortis par une rondelle de caoutchouc et par la surface qu'occupe le cuissard sur la jambe. »



## La boîte qui se transforme

« Cette boîte qui pèse un kilogramme est en réalité un pliant très solide et très stable supportant aisément 100 kilogrammes. Outre sa commodité, elle s'ouvre et se ferme sans difficulté. »

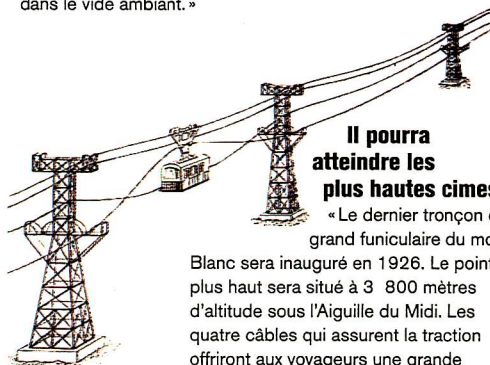
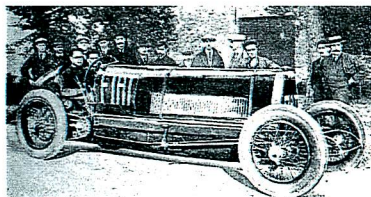


## Pour l'hygiène de la bouche

« Pour préserver les dents, il est nécessaire de les brosser quotidiennement. Protéger la brosse des souillures permet de limiter encore plus les attaques microbiennes. C'est ce que propose un de nos compatriotes avec ce porte brosse qui isole les poils sous un capuchon de verre. »

## Plus vite, toujours plus vite !

« L'homme, depuis l'invention de la roue, a révolutionné les modes de locomotion. La vitesse va en augmentant jusqu'à atteindre près de 235 km/h, pour cette Fiat, par exemple. Il sera sans doute bientôt possible de sortir de l'atmosphère pour s'élancer dans le vide ambiant. »



## Il pourra atteindre les plus hautes cimes

« Le dernier tronçon du grand funiculaire du mont Blanc sera inauguré en 1926. Le point le plus haut sera situé à 3 800 mètres d'altitude sous l'Aiguille du Midi. Les quatre câbles qui assurent la traction offriront aux voyageurs une grande sécurité. »



# LES CAHIERS DE SCIENCE & VIE

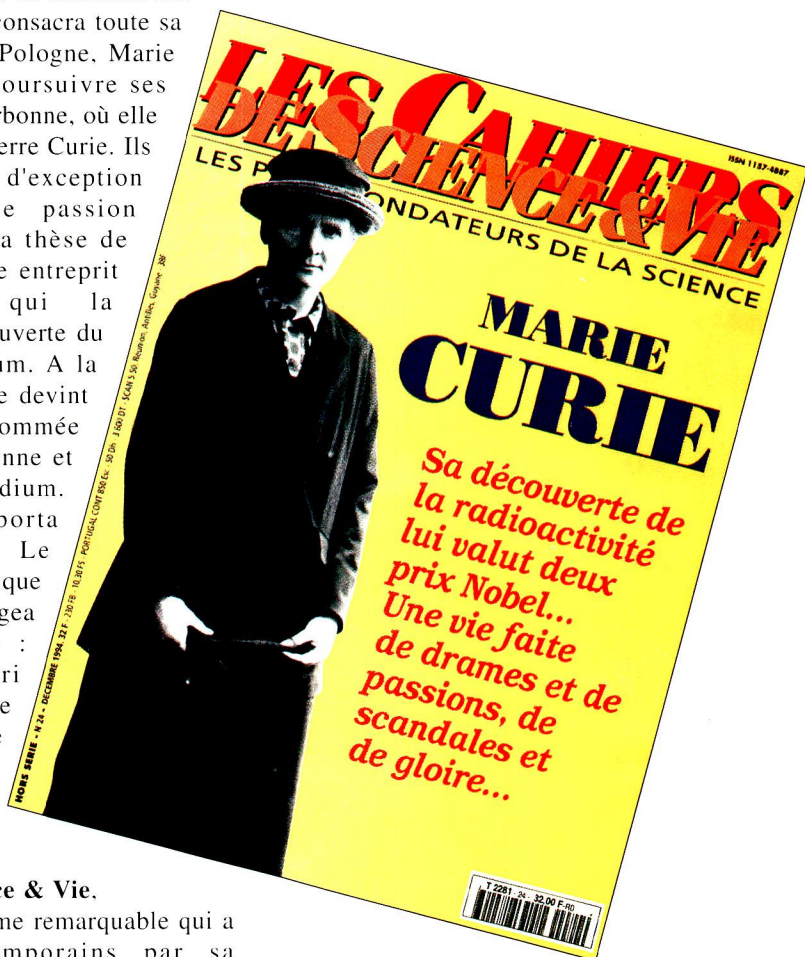
## Marie Curie

### Une grande dame de la physique

**L**e nom de Marie Curie est indissociable de la radioactivité à laquelle elle consacra toute sa vie. Née en 1867 en Pologne, Marie Sklodowska partit poursuivre ses études à Paris, à la Sorbonne, où elle rencontra et épousa Pierre Curie. Ils formèrent un couple d'exception unis par la même passion scientifique. Pour sa thèse de doctorat, Marie Curie entreprit des recherches qui la conduisirent à la découverte du polonium et du radium. A la mort de son mari, elle devint la première femme nommée professeur à la Sorbonne et créa L'institut du Radium. La science lui rapporta deux Prix Nobel. Le premier, celui de physique en 1903, elle le partagea avec deux hommes : Pierre Curie et Henri Becquerel. Mais le second, celui de chimie en 1911, lui revint entièrement.

**Découvrez dans le prochain numéro des Cahiers de Science & Vie.**

le destin de cette femme remarquable qui a marqué ses contemporains par sa personnalité et a bouleversé les concepts de la physique par ses découvertes.



**EN VENTE PARTOUT**

**DES HISTOIRES RICHES EN DÉCOUVERTES**

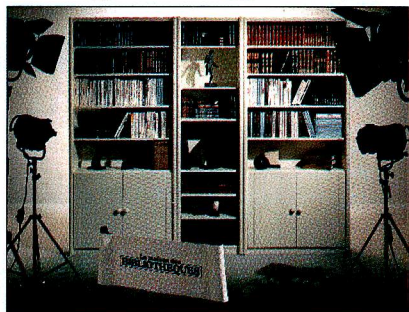
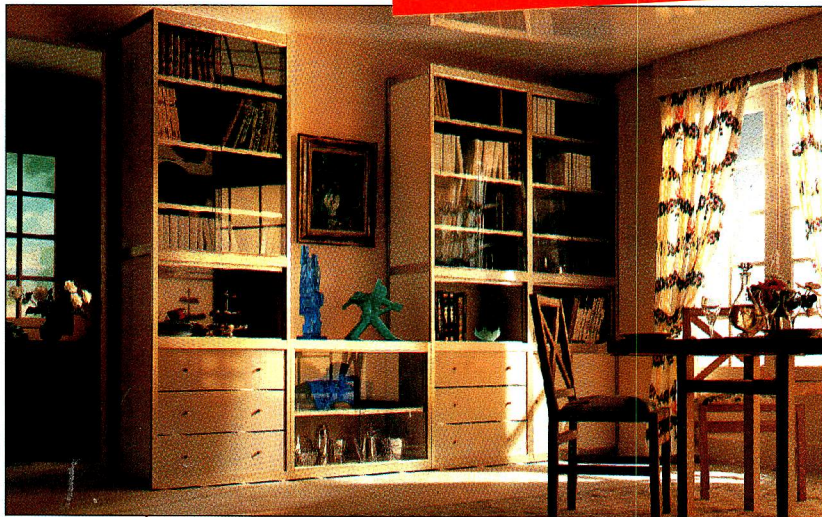


**VISITEZ NOS  
MAGASINS**

VOIR LISTE AU BAS DE CETTE PAGE

# La maison des BIBLIOTHEQUES

Vous offre ses **2 nouveaux** catalogues gratuits



**700 MODELES DE BIBLIOTHEQUES, VITRINES, BUREAUX...**

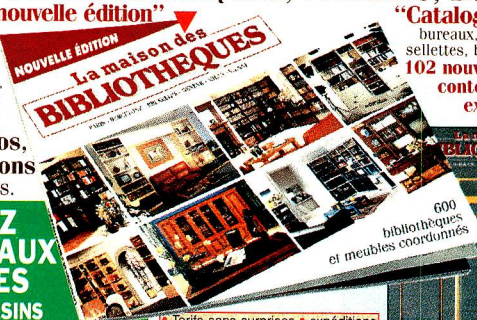
**Catalogue général "nouvelle édition"**

98 pages en couleurs,  
600 modèles de bibliothèques  
et meubles coordonnés  
20 lignes et styles, 85 versions,  
teintes et essences de bois...  
+ de nombreux accessoires...

**Plus de 800 photos,  
schémas, illustrations**  
tarifs complets joints.

**DEMANDEZ  
CES 2 NOUVEAUX  
CATALOGUES**

**DANS NOS MAGASINS  
OU AVEC LE BON CI-DESSOUS ...  
ILS SONT GRATUITS !**



**"Catalogue vitrines"**  
bureaux, tables basses,  
sellettes, bouts de canapés  
**102 nouveaux modèles  
contemporains  
exclusifs**

Tarifs sans surprises • expéditions  
franço, service après vente pour  
toute la France • reprise en cas de  
non-conformité  
cartes acceptées, facilités de paiement,  
crédits personnalisés...



**Juxtaposables  
et  
superposables**  
à partir de meubles  
individuels,  
vous pouvez  
constituer  
de grands  
ensembles.

ou agrandir votre bibliothèque  
au fur et à mesure de vos besoins par simples  
juxtaposition et superposition, sans aucune fixation.

**COUPON A RETOURNER A**

**LA MAISON DES BIBLIOTHEQUES 75680 PARIS CEDEX 14**

Veuillez m'envoyer gratuitement et sans aucun engagement,  
votre catalogue général et votre nouveau "catalogue vitrines",  
contenant tous les détails (hauteurs, largeurs, profondeurs,  
matériaux, teintes, connotations) sur tous vos modèles avec  
les tarifs complets.

SV55

Nom \_\_\_\_\_

Prénom \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

Ville \_\_\_\_\_

Code Postal \_\_\_\_\_ Tél. \_\_\_\_\_

Profession \_\_\_\_\_



**PAR  
TÉLÉPHONE**

**16 (1) 43 20 73 33**

RÉPONSEUR ENREGISTRÉ  
AUTOMATIQUE 24H/24.



**PAR MINITEL  
3615 LMDB**

(2,19¢ la minute)

**PROJETS D'IMPLANTATIONS ET DEVIS GRATUITS, DANS TOUS NOS MAGASINS**

**A PARIS - 61, RUE FROIDEVAUX - 75014 PARIS. - Tél. 16 (1) 43.20.13.00.**

"En Montparnasse" - Métros : Gaîté - Montparnasse Bienvenue - Denfert-Rochereau - Edgar Quinet.

Autobus : 28-38-48-58-68-91-92-94-95-96 - RER : Denfert-Rochereau - SNCF : Gare Montparnasse.

Magasin ouvert le **lundi de 14h à 19h30** et du **mardi au samedi inclus de 10h00 à 19h30**.

**RÉGION PARISIENNE :** • **ARPAJON** 91290, "Ambiances Plus" 13, Route Nationale 20. Tél. (1) 64.90.05.47 • **ENGHIEN-LES-BAINS** 95880, "Scènes d'Intérieur", 10, rue de la Libération. Tél. (1) 39.64.45.71 • **MELUN** 77000, 6, quai Hippolyte Rossignol. Tél. (1) 64.37.02.52 • **VERSAILLES** 78000, 64-70, rue des Chantiers. Tél. (1) 39.53.66.09 **PROVINCE :** • **ANGERS** 49000, "Espace Samo", 87, av. du Gal. Patton. Tél. 41.48.44.99 • **AVIGNON** CEDEX 84145 - "Hemes", Route de Marseille, Zone C<sup>ste</sup> "la Cristole". Tél. 90.87.72.48 • **BESANCON** 25000, 38, rue d'Arènes. Tél. 81.82.82.40 • **BORDEAUX** 33000, 10, rue Bouffard. Tél. 56.44.39.42 • **BREST** 29200, 23, rue de la 2<sup>e</sup> D.B. Tél. 98.80.67.03 • **BRIVE** 19100, "Ambiances", 30, rue Louis-Latrade. Tél. 55.74.07.32 • **CLERMONT-FERRAND** 63000, 22, rue Georges-Clemenceau. Tél. 73.93.97.06 • **DIJON** 21000, 100, rue Monge. Tél. 80.45.02.45 • **GRENOBLE** 38000, 59, rue Saint-Laurent. Tél. 76.42.55.75 • **LE HAVRE** "Résidence Anaise", 16, rue Georges Braque. Tél. 35.43.67.60 • **LILLE** 59800, 88, rue Esquermoise. Tél. 20.55.69.39 • **LIMOGES** 87000, 57, rue Jules-Noriat. Tél. 55.79.15.42 • **LYON** 69001, 9, rue de la République. (métro Hôtel-de-Ville/Louis Pradel). Tél. 78.28.38.51 • **MARSEILLE** 13006, 109, rue Paradis. (métro Estrangin) Tél. 91.37.60.54 • **MONTPELLIER** 34000, 8, rue Sérane. (près gare) Tél. 67.58.19.32 • **NANCY** 54000, 8, rue Saint-Michel. (face St-Epvre) Tél. 83.32.84.84 • **NANTES** 44000, 2 bis, rue du Château. Tél. 40.47.74.38 • **NICE** 06000, 2, rue Offenbach. Tél. 93.88.84.55 • **ORLÈANS** 45000, "Décor & Lumière", 37, rue de la République. Tél. 38.53.53.84 • **PAU** 64320 IDRON, Route de Tarbes. RN 117. Tél. 59.84.54.36 • **PERPIGNAN** 66000, 17, cours Lazare-Escarguel. Tél. 68.35.61.54 • **POITIERS** 86000, 42, rue du Moulin-à-Vent. Tél. 49.41.68.46 • **QUIMPER** 29000, "Idées Maison", 17, av. de la Libération. Tél. 98.90.63.33 • **RENNES** 35000, 59, bd de la Tour d'Auvergne. Tél. 99.30.56.07 • **ROUEN** 76000, 43, rue des Charrettes. Tél. 35.71.96.22 • **STRASBOURG** 67000, 11, rue des Bouchers. Tél. 88.36.73.78 • **TOULON** 83000, 61, cours Lafayette. Tél. 94.93.55.98 • **TOULOUSE** 31000, 1, rue des Trois Renards. (près place St-Sernin). Tél. 61.22.92.40 • **TOURS** 37000, 5, rue Henri Barbusse. (près des Halles). Tél. 47.38.63.66.

Magasins ouverts du mardi au samedi inclus.