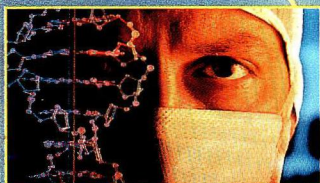
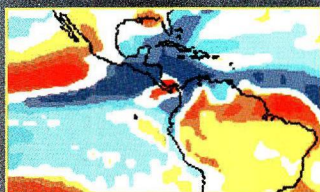


SCIENCE & VIE

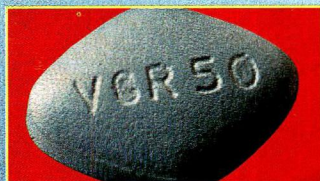
MENSUEL - N° 969 - JUIN 1998

**JUSTICE**

Les failles des tests ADN

**MÉTÉO**

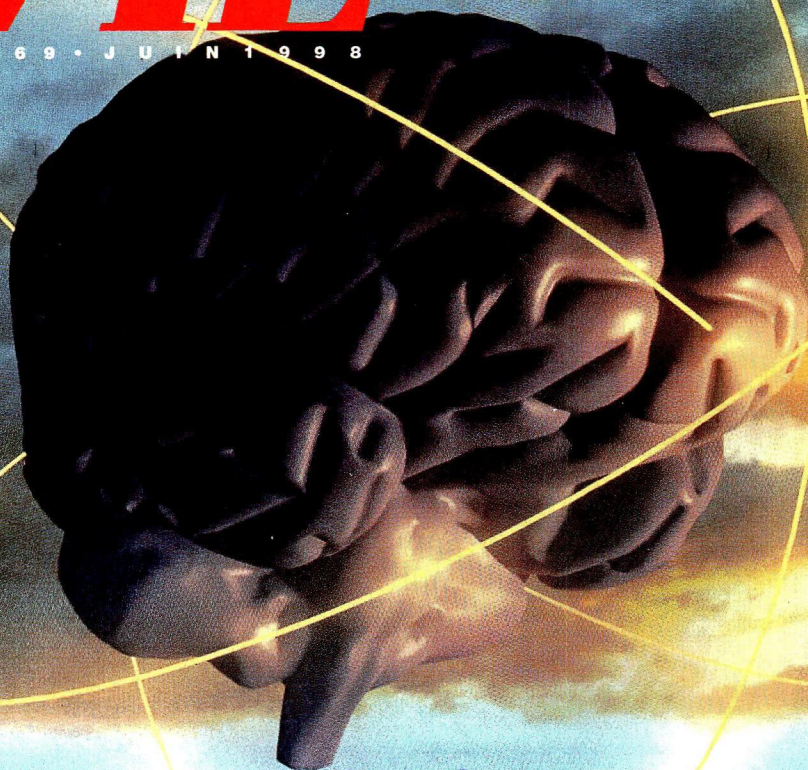
Les prévisions à long terme enfin possibles

**SEXOLOGIE**

Que vaut la pilule contre l'impuissance ?

EXCLUSIF

Les secrets du Centre technique national du football

**DE LA MATIÈRE À L'ESPRIT**

Comment le cerveau crée la pensée

T 2578 - 969 - 23,00 F





INSTINCT

BRUT

FABERGÉ
PARIS



Aujourd'hui, le débat est plus politique que scientifique. Ici, le vice-président américain Al Gore à la conférence de Kyoto, en décembre dernier.

amework Convention on
sion, Conference of the

UNFCCC - COP 3



o, 1...ber 1997

京都

T. ORBAN/SYGMA

Effet de serre : pollution ou intox ?

Une pétition circule aux Etats-Unis : 17 000 diplômés en sciences y affirment qu'« il n'existe aucune preuve scientifique convaincante que les rejets humains de gaz à effet de serre

causent un réchauffement catastrophique. Au contraire, l'augmentation du CO₂ a de nombreux effets bénéfiques sur l'environnement végétal et animal ».

A l'initiative d'un ancien président de l'Académie des sciences et du président d'un institut de recherche de l'Oregon, cette pétition « demande au gouvernement des Etats-Unis de rejeter l'accord sur le réchauffement global signé à Kyoto en décembre dernier ».

Reflète-t-elle une controverse scientifique ? Les plupart des spécialistes du climat y voient surtout de la « désinformation » et relativisent son succès : la pétition a été largement diffusée, et les 17 000 signataires – sur 10 millions d'Américains titulaires d'un diplôme scientifique – n'ont pas de compétence particulière sur le sujet.

En réalité, depuis quelques années, le consensus sur l'effet de serre s'est plutôt renforcé : l'augmentation atmosphérique du gaz carbonique est un fait mesuré, dont presque tous les spécialistes attendent un profond changement climatique. Quant à son ampleur, au moment, au lieu et à la manière dont il se manifestera, les modèles divergent, et l'incer-

titude domine. C'est sur ces doutes, et sur la réelle complexité des phénomènes climatiques, que se fondent les « sceptiques » pour nier la gravité, voire la réalité du problème.

La majorité des climatologues répliquent que, malgré leurs indéniables défauts, les modèles ont beaucoup progressé et que tous, sans exception, prévoient un important changement du climat. Que ces prévisions soient entachées d'incertitudes ne signifie pas qu'il soit sans danger de modifier la composition chimique de l'atmosphère et ne doit pas servir d'excuse à l'inaction.

La virulence des débats s'explique en fait par l'ampleur des enjeux économiques : 90 % de l'énergie mondiale est d'origine fossile et dégage du CO₂. Les lobbies pétroliers et charbonniers combattent énergiquement toute mesure de limitation. Même si les auteurs de la pétition affirment ne bénéficier d'aucun subside de leur part, le *New York Times* vient de révéler un « plan secret » d'industriels pour recruter des scientifiques et retourner l'opinion américaine en leur faveur.

Après Kyoto, tous les Etats du monde doivent se retrouver en novembre prochain à Buenos Aires pour fixer enfin des limites légales aux émissions de gaz à effet de serre. Mais, on le voit, certains fourbissent déjà leurs armes.

S & V

SCIENCE & VIE

Le plaisir de savoir

n° 969 • juin 1998

1, rue du Colonel-Pierre-Avia
75503 Paris Cedex 15

Tél. : 01 46 48 48 48

Fax : 01 46 48 48 67

E. Mail : svmens @ excelsior. fr

Recevez Science & Vie chez vous.

Vos bulletins d'abonnement se trouvent pp. 135 et 148.

Encart SFR broché entre les pages 84 et 85.

Diffusion France métropolitaine avec abonnés.

Vous pouvez aussi vous abonner par minitel, en tapant 3615 ABON,
et sur notre site Internet. Organigramme p. 7.

Couverture : R. Lowery/STOCK MARKET

En fenêtres : STOCK MARKET; DR; SIPA PRESS.

Forum 6

ACTUALITÉ

- ▶ RECHERCHE 12
- ▶ ENVIRONNEMENT 28
- ▶ TECHNOLOGIE 36
- ▶ MÉDECINE 44
- ▶ FOCUS 48

**Terrorisme biologique :
fantasme ou réalité?**

ASTRONOMIE

A la poursuite
des nouvelles planètes 54

MÉTÉOROLOGIE

Quel temps fera-t-il...
dans six mois? 60

SCIENCE & VIE/CNRS

Enquête sur le stress 66

CAHIER PHOTOS

Les œuvres d'art
de la science 68

SEXOLOGIE

Une pilule en béton 74

ENQUÊTE

Les tests ADN
sont-ils fiables? 76

EN COUVERTURE



COMMENT LE CERVEAU CRÉE LA PENSÉE 86

SPORT

Les jeunes filles en fleur
du tennis. 94

ARCHÉOLOGIE

Les momies vivantes
d'Aïn Labakha 98

HISTOIRES

PLONGÉE

130 ans sous les mers 106

▶ RÉTRO 115
Il y a 30 ans

DOSSIER

COUPE DU MONDE : LE FOOT ET LA SCIENCE 117



■ Le football assisté
par ordinateur 118

■ Comment se fabrique
un champion 123

■ Ah, le fameux "mental"! 127

AUTOMOBILE

Le moteur "zéro pollution" 130

ASTRONAUTIQUE

Une école privée
pour les pilotes d'essais 136

High-tech 138

CD-Rom 146

Livres 150

Astronomie ... 156

Internet 158

SCIENCE
& VIE
SÉLECTION

FUTURS

Les robots footballeurs
à l'assaut de la planète. 160

▶ C'EST DÉJÀ DEMAIN! 166



■ POLLUTION

Invention française, le moteur de ce taxi ne dégage aucun gaz.

Il a déjà séduit les Mexicains. **p. 130**



■ TERRORISME

Bacilles, virus : une arme terrible aux mains des terroristes. Les autorités redoutent des attentats pendant la Coupe du monde de football.

p. 48

■ PLANÈTES

Il existe des planètes en dehors du système solaire.

Mais comment les voir?

La quête se poursuit à travers le monde... **p. 54**

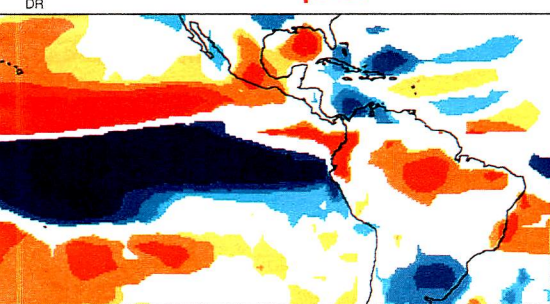


■ MOMIES

Découverte : 500 momies parfaitement conservées, retrouvées dans l'oasis de Kharga, en Egypte... **p. 98**

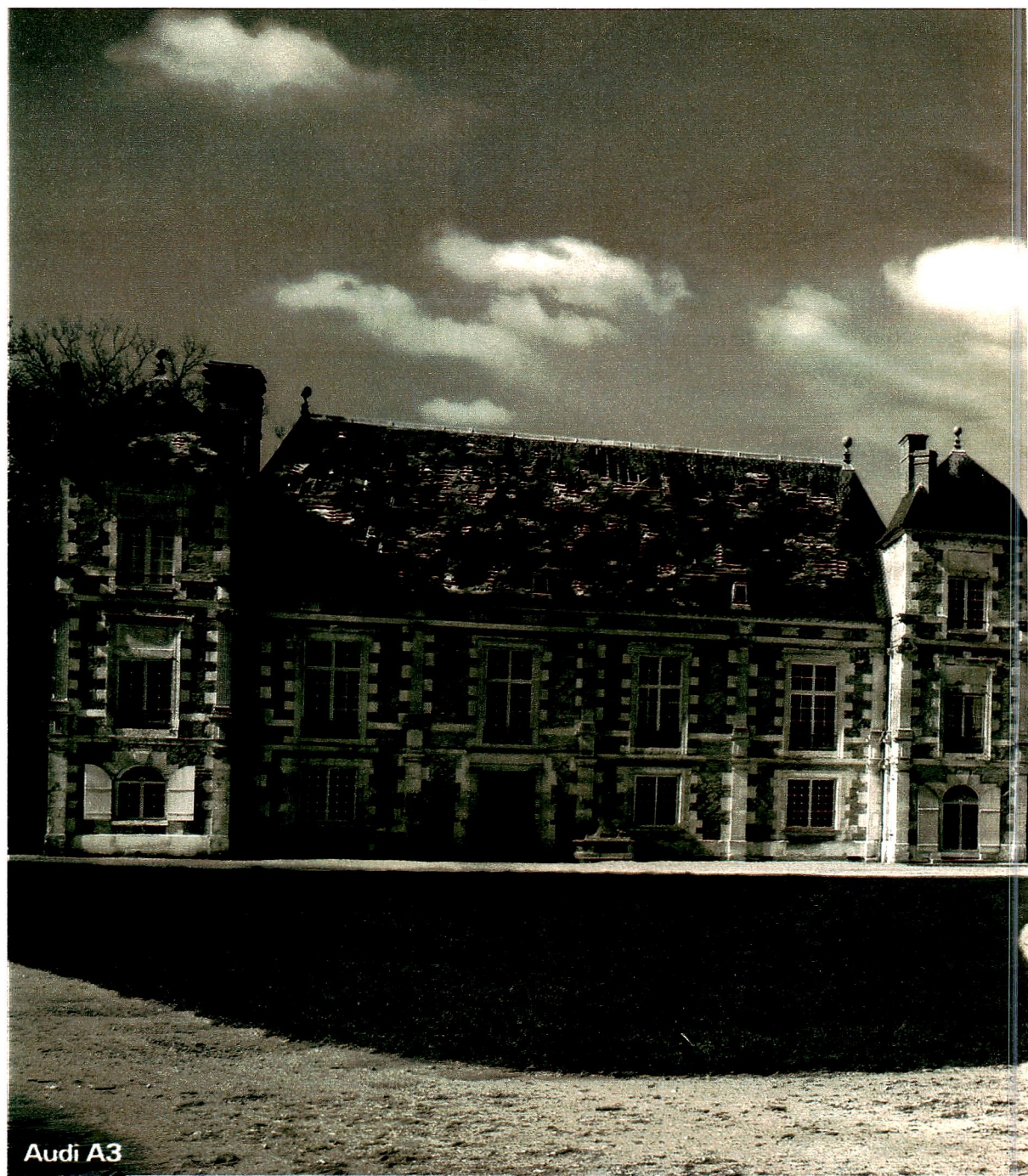
■ MÉTÉO

Impossibles les prévisions météo à long terme? De nouveaux modèles vont bientôt les rendre fiables. **p. 60**



CONTREPOINT/
SYGMA

Entre s'enrhumer dans un pied-a-terre dont la rénovation s'avère dispendieuse et le plaisir immédiat d'une Audi A3 Ambition, électronique, de ce châssis surbaissé et de ces jantes alliage 5 branches. Une allure certes sportive, mais aussi un raffinement



Audi A3

La toiture

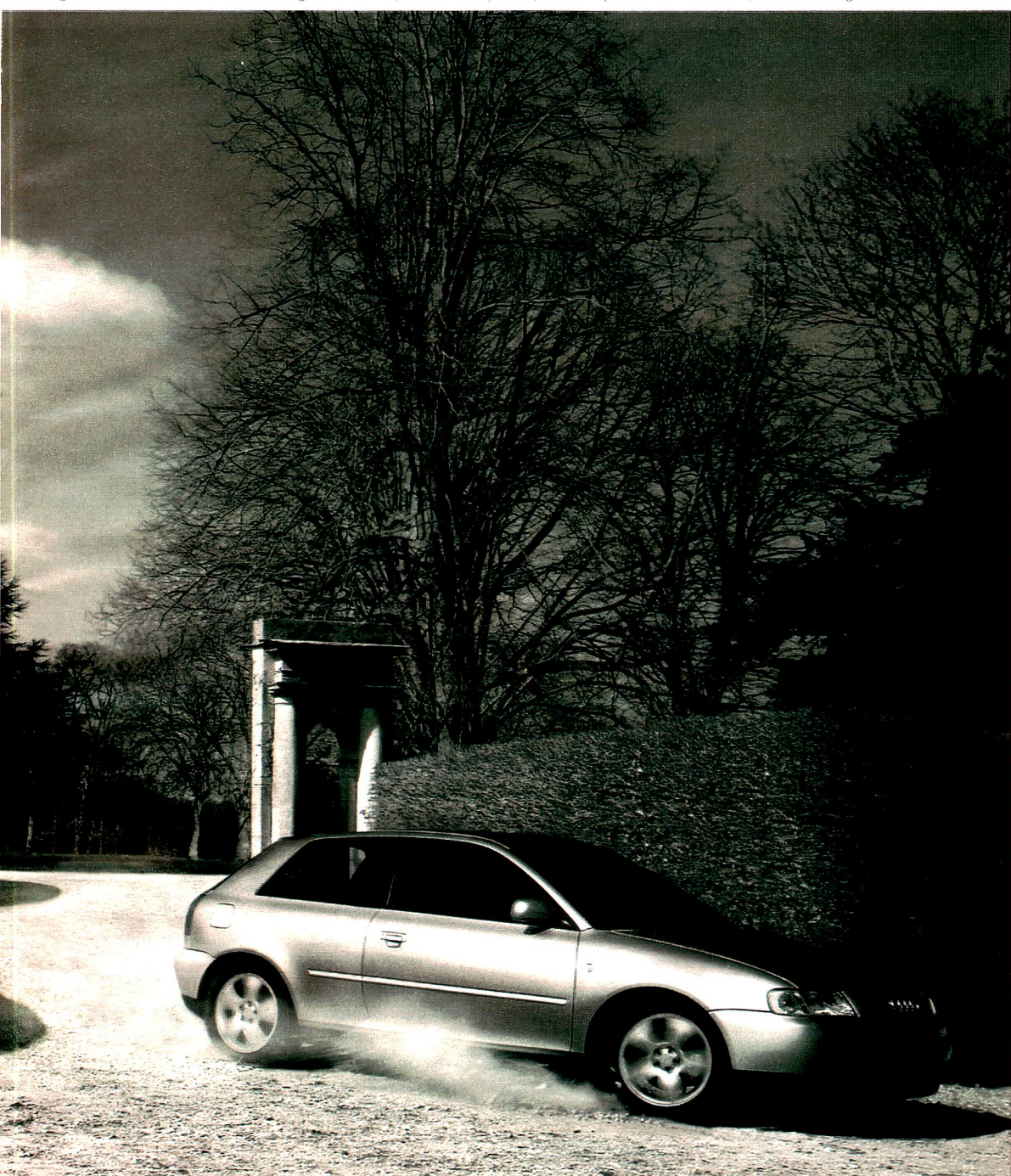
Audi
recommande



36-15 Audi
0-100" à sec
1,20" à minute

<http://www.audi-france.com>

ous avez tranché. Vous avez préféré entre autres le luxe plus intime de ces sièges sport en cuir, de cette climatisation
ont l'agrément confirme votre exigence. "L'hymne à la joie" jaillit déjà de votre radio, avec changeur CD (de série).

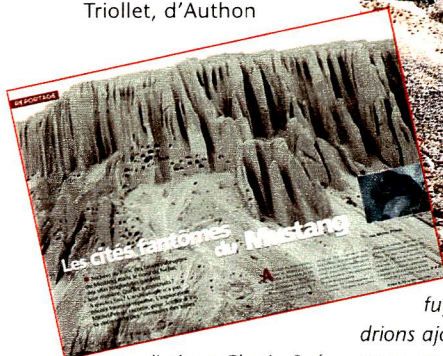


attendra

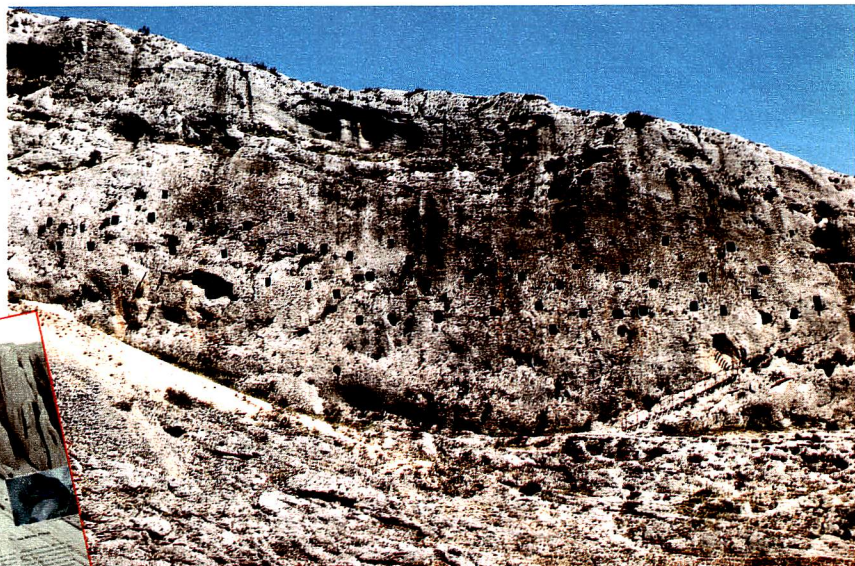


Du Népal à l'Espagne

■ « L'article sur les cités fantômes du Mustang [Science & Vie n° 966, p. 104] nous a passionnés, écrivent MM. Jérôme et Laurent Triollet, d'Authon



(Loir-et-Cher). Spécialisés dans l'exploration et l'étude des "souterrains re-



fuges", nous voudrions ajouter quelques remarques. [...] De tels sites dont l'entrée s'ouvre au milieu d'une falaise – on les

appelle des "cluzeaux" – existent en France, dans le Périgord, avec une différence de taille : ils ne comportent en général qu'une ou deux

cavités isolées. En revanche, un site exceptionnel, dans la région de Valence, en Espagne, ressemble beaucoup aux ensembles du Mustang. C'est un réseau impressionnant (photo ci-dessus) d'une cinquantaine de fenêtrés qui s'ouvrent dans une large falaise, juste derrière un village. A chaque fenêtré, des anneaux forés dans la roche permettaient de fixer une échelle de corde. Chaque ouverture correspond à une salle et, au cœur de la falaise, les salles communiquent entre elles par des goullets étroits, verticaux ou horizontaux. [...] Dans la roche, rainures pour fixer des portes de bois, silos à grain ou niches témoignent de l'occupation humaine. [...] La datation de ces cavités uniques en Europe demeure problématique. »

Ces cluzeaux communaux servant de refuges présentent en effet le même mystère que les sites troglodytes du Mustang, mystère renforcé au Népal par l'absence de tout village proche.

Le thon version française

■ « Fidèle lecteur de votre revue, je vous félicite de votre percée en Espagne et en Italie, écrit M. Michel Brun, d'Asunción (Paraguay). Mais [j'aurais préféré] que cela se fit sans diluer notre bon français dans l'océan ibérique. Vous désignez par listaos les thons les plus pêchés dans le Pacifique. Ce n'est pas du français mais de l'ibère. Il y a un nom bien de chez nous pour désigner cet animal, c'est la bonite (Katsuwonus pelamis), qui, comme le thon et le maquereau, fait partie de la famille des scombridés. La photo qui illustre votre article est bien celle d'un thon. Il s'agit en l'espèce d'un albacore (Thunnus alba-

cares), que les Anglais appellent yellowfin, tandis que ce qu'ils appellent albacore n'est autre que notre bon vieux thon blanc

au thon par le Journal officiel (français), comme par les chercheurs de l'ORSTOM (institut français), qui nomment ainsi la bonite à ventre rayé Euthynnus ou Katsuwonus pelamis, skipjack pour les Britanniques.

Le J. O. réserve l'appellation de bonite au seul genre *Sarda*, à ne pas confondre avec *Sardina*, celui de la sardine. On peut allonger la liste : patudo (*T. obesus*) se dit bigeye en anglais, et le thon rouge (*T. thynnus*) devient bluefin dans cette langue. Rappelons que, grâce à l'ADN, il est désormais possible de reconnaître l'espèce commercialisée, même en conserve [voir Science & Vie n° 965, p. 19].

ou germon (*T. Germon* ou *alalunga*). Comme vous le constatez, c'est en fait très simple. »

Ibère mais français... Listaos est légalement assimilé



ZOOLOGIE

LES THONS CHANGENT...

« Les trois ou quatre ans moyens, le réservoir d'eaux du Pacifique ouest se déplace vers le continent américain, à l'est. Ce phénomène climatique, qui entraîne une série de calamités – sécheresses, inondations... –, est connu sous le nom d'El Niño. Analysant les statistiques de pêche, les chercheurs de l'ORSTOM (Institut français de recherche pour le développement) ont montré que l'espèce de thon qui vit dans ces eaux se va-et-vient de l'eau chaude, vers le nord, et vice versa.

de certains micro-organismes dont ils se nourrissent. Comme El Niño est détectable plusieurs mois à l'avance, on devrait prévoir les migrations des thons, pour mieux gérer leur pêche et l'exploitation des ressources océaniques. H. G.

La migration de certaines espèces de thons accompagne les mouvements d'El Niño.



Les dangers de l'hôpital

■ « Dans un but pédagogique, l'hôpital de Poitiers ouvre les salles d'opérations à des classes, écrit Mme Chantal Ciupa, de Poitiers (Vienne). A la lueur de votre article sur les maladies nosocomiales [Science & Vie n° 965, p. 90], j'ai-

merais savoir ce qu'en pensent les hygiénistes. [...] Mon frère a subi de multiples opérations pour se débarrasser d'une infection à staphylocoques dorés acquise à l'hôpital. Je ne tolérerais pas que pour des raisons d'expériences pédagogiques

qui les mettent en valeur, des instituteurs fassent prendre un risque à un autre enfant. [...] »

L'association Vivre à l'hôpital a en effet organisé des visites, une après-midi par semaine, au cours du mois de janvier, dans les services ORL et neurologie. Mais c'était dans le contex-

te de l'opération "Pièces jaunes soleil", au cours de laquelle on propose aux enfants de remplir des tirelires en carton pour les hôpitaux. A priori, ces visites en nombre limité ont lieu dans des salles septiques et non au bloc opératoire en milieu aseptique.

Internet sur le secteur

■ « C'est avec intérêt que j'ai découvert le projet d'utilisation des réseaux de distribution d'électricité pour la connexion des ordinateurs au réseau Internet, via les fibres optiques servant à la télémaintenance du réseau, écrit M. Denis Braquehais, de Sancerre (Cher). Selon votre article, les courants haute fréquence ne peuvent traverser les bobinages des compteurs ou des transformateurs. Dès lors, comment ce système peut-il s'adapter au réseau français, où la fibre optique ne relie que les postes dits sources, convertissant par exemple le courant à 90 000 volts en courant à 20 000 volts ? [...] »

Effectivement, de nombreux petits transformateurs dépourvus de toute liaison par fibre optique parsèment le territoire (en France et ailleurs), pour aboutir à la tension du réseau domestique. La solution technique prévue consiste à équiper ces transformateurs d'une "passerelle électronique" comparable à celle qu'on place sur les compteurs électriques pour permettre au signal haute fréquence de les traverser. Le 25 mars dernier, à Londres, Nortel Telecom et United Utilities PLC ont d'ailleurs annoncé la création de Norweb DPL, société chargée de développer à l'échelle mondiale les solutions de transmission de données sur les lignes électriques. ■



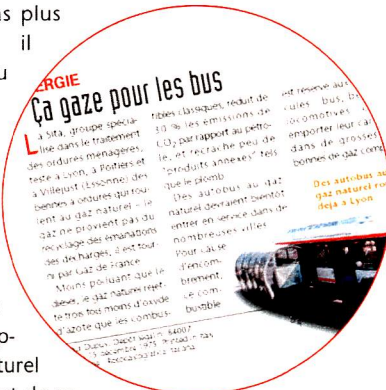
De l'eau dans le gaz

■ « Vous citez la ville de Lyon pour ses bennes à ordures et ses bus fonctionnant au gaz naturel [Science & Vie n° 966, p. 168]. Or, la Société lyonnaise de transports en commun (SLTC) abandonne cette énergie, nous fait remarquer M. Alexis Henry, de Voiron (Isère). Le nouveau carburant alternatif choisi est un mélange de diesel et d'eau, qui ne nécessite pas de modification du matériel, améliore le rendement du moteur et diminue les émissions polluantes. »

Comme à Chambéry, six bus roulent désormais à Lyon à l'aquazole, mélan-

ge expérimental développé par Elf qui est fait de 84 % de gazole, 13 % d'eau et 3 % d'additifs. Ce carburant est moins polluant, mais pas plus performant; il abaisse au contraire la puissance du moteur de 8 % et augmente la consommation d'environ 10 %. Son avantage par rapport au gaz naturel de ville (GNV) est de ne pas nécessiter d'installation spécifique. L'investissement dans une station de compression eût été d'autant moins rentable qu'on ne sait pas à quelles

taxes le GNV sera soumis. De plus, handicap important à Lyon, il est interdit de rouler au GNV sous les tunnels.



L'unique bus qui marche (toujours) au GNV ne fera donc pas d'émules à Lyon, bien qu'il soit silencieux et de conduite souple.



Royal Gold
rend le monde
tellement beau,
qu'une fois
qu'on l'a essayé,
on ne peut plus
s'en passer.

OFFRE D'ESSAI : UN FILM ACHETÉ, UN FILM OFFERT.*

Royal Gold a été élu meilleur film négatif couleur
97/98** pour sa finesse de grain inégalée et sa capacité



exceptionnelle à capter la lumière. Essayez-le et
vous ne voudrez plus voir le monde autrement.

Kodak Select
SERIES

LA NOUVELLE GAMME DE FILMS KODAK
POUR CEUX QUI NE FONT PAS DES PHOTOS MAIS DE LA PHOTO.



*Pour recevoir gratuitement un film Royal Gold 200 24 poses, achetez un film Royal Gold, découpez le code-barres se trouvant au dos de la boîte de ce film, entourez le montant correspondant au prix du film sur le ticket de caisse, notez sur papier libre vos nom, prénom et adresse et envoyez le tout à «Kodak 1 film acheté 1 film offert/ SFDD - Cedex 3253 - 99523 PARIS CONCOURS». Vous recevrez votre film dans un délai de 4 semaines. Offre valable jusqu'au 31/08/98 et limitée aux 7 000 premières demandes et à une seule demande par foyer (même nom, même adresse). **Par les associations de presse spécialisée EISA et TIPA.



*Prix de la BMW 318i. Modèle présenté : BMW 328i, 246 000 F hors options, GPS, sièges sport, cuir et boîte automatique. Prix maximum conseillés au 24/04/98. AM98, 3615 BMW (1,29 F/mn).

Plus d'espace intérieur pour les épaules et les jambes. C'est dans le détail que l'on juge le confort d'une vraie voiture. Espace passager sensiblement accru, nouvelle ergonomie du tableau de bord, haute qualité de finition des matériaux. Rien n'est laissé au hasard en matière de confort dans la nouvelle BMW Série 3. Fina partenaire de BMW. A partir de 159 500 F*.



+ 2,5 cm pour les épaules,
+ 3 cm pour les jambes. Le confort
tient à peu de choses.

Nouvelle BMW Série 3.

Depuis quand n'avez-vous pas conduit une vraie voiture ?



par Isabelle Bourdial

OGM : l'avis des citoyens

**Une conférence publique
de consensus sur l'usage des organismes
génétiquement modifiés aura lieu
ce mois-ci. Une première en France...**

L'utilisation des organismes génétiquement modifiés (OGM) en agriculture et en alimentation sera l'objet du débat public qui se tiendra à l'Assemblée nationale les 20 et

21 juin prochain. Cette conférence doit apaiser le climat d'hostilité engendré par le feu vert donné en novembre dernier à la mise en culture du maïs transgénique.

ENTREPRISE ET DOCTORAT

● **72,1 % des équipes de recherche fondamentale accueillant de jeunes docteurs scientifiques sont en relation avec des entreprises, contre 94,7 % pour la recherche appliquée (source : Institut de recherche sur l'économie de l'éducation).**

En 1997, la Commission du génie biomoléculaire (CGB) a examiné 132 dossiers de plantes transgéniques, dont 10 % sont des demandes de mise sur le marché (les autres concernent la recherche). Monsanto, Rhône-Poulenc Agro, Pioneer, Agrevo, Limagrain, Novartis, Advanta ont des maïs, du colza, des betteraves, etc. dotés de transgènes impliqués dans la résistance aux insectes, aux virus, aux her-

bicides "totaux" – l'enjeu pour la betterave est de réduire au tiers le coût du désherbage.

Après eux, se profilent les légumes à maturation retardée ou enrichis en β -carotène, la pomme de terre moins gourmande en huile de friture, le colza ou le soja dont l'huile a un meilleur profil en acides gras...

La sécurité offerte par ces nouveaux aliments se mesure par l'"équivalence en substance" : sont considérés comme différents, donc comme potentiellement dangereux, les aliments qui contiennent des protéines nouvelles. Celles-ci peuvent venir de l'expression du gène transféré

ou d'une modification du métabolisme de la plante, de l'herbicide ou du pathogène qu'elle tolère (donc accumule)...

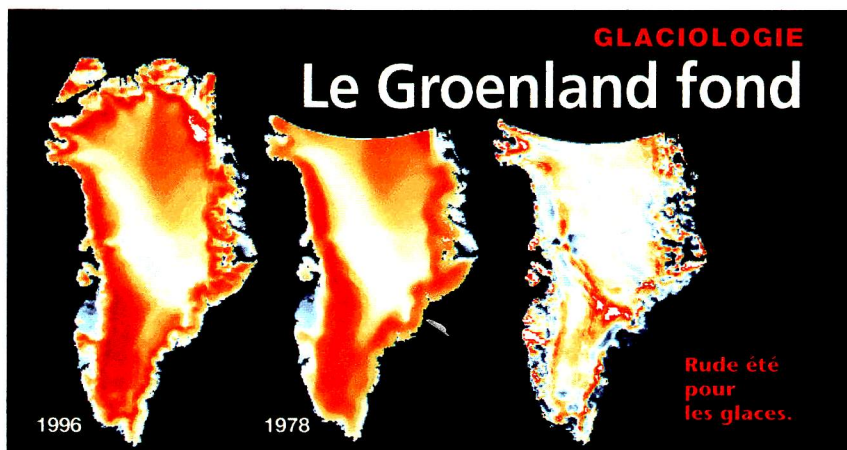
D'où la difficulté de détecter et d'étiqueter les produits qui ne comprennent ni traces d'ADN ni traces de protéines, comme l'huile.

Les risques de "flux de gènes" interspécifique dans l'environnement dépendent des rapports de cousinage entre la plante cultivée et les plantes environnantes. Nul pour le maïs (plante tropicale), le risque est faible pour le colza. Quant à la betterave, il est amoindri par le fait qu'on récolte la racine la première année, quand la plante n'a pas encore fleuri.

Chez les producteurs, la Confédération paysanne et la Coordination rurale sont contre, la FNSEA est pour, et la filière maïs fait du lobbying à travers un nouvel organisme, Maïs-Avenir. Les industriels et les distributeurs attendent peut-être, justement, la conférence... Quinze citoyens recrutés par l'IFOP et "initiés" par une courte formation poseront en public leurs questions aux experts et émettront un avis.

Les politiques n'ont pas attendu cet exercice - organisé par l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques - pour subventionner les recherches publiques ou privées, telles que le programme Bioavenir, géré par Rhône-Poulenc de 1990 à 1996. Et, pendant la conférence, les labos des semenciers restent actifs...

M.-L. M. et K. M.



En analysant des images prises par satellite en septembre 1978 (au centre) et en septembre 1996 (à gauche), Mark Dinkwater, chercheur à la NASA, est parvenu à la conclusion que le Groenland fond.

La photo de droite a été obtenue par "soustraction" des deux autres images. Le rouge et le blanc représentent les régions où la couverture neigeuse a fondu. Même les points les plus hauts du

Groenland, aux neiges éternelles, se sont vus affectés par la fonte estivale. Principale cause de cette évolution : la température dans cette région a augmenté de 1 °C depuis 1979. Ch. C.

NEUROPHYSIOLOGIE

LA MÉMOIRE DU CORPS

■ Pour effectuer un trajet connu, le cerveau fait appel à des repères visuels mémorisés (arrêt de bus, boutique...). Mais Alain Berthoz et son équipe, du laboratoire de physiologie du CNRS, pensent que la mémoire spatiale n'est pas uniquement fondée sur des repères fixes. Elle se base aussi sur les

Afin de mesurer ses capacités de mémorisation des trajets, le sujet doit refaire, à l'aide d'une manette, les mouvements que la machine lui a fait subir auparavant.

mouvements de notre corps impliqués par les changements de direction. Les chercheurs ont exploré les zones cérébrales en activité chez des personnes simulant mentalement un trajet réel. Résultat : Le système vestibulaire (dans l'oreille interne), qui intervient dans l'équilibre, fournit les informations liées aux mouvements corporels. L'hippocampe (dans le lobe temporal) est impliqué dans la mémorisation de la position du corps associée à des repères visuels. Enfin, l'insula (entre les cortex temporal et pariétal) intervient dans la mémoire des changements d'orientation du corps. La durée de cette "marche mentale" correspond à celle qui a été pratiquée sur le terrain : les sujets n'ont donc pas besoin de repères visuels pour se représenter la longueur du parcours. D. de M.

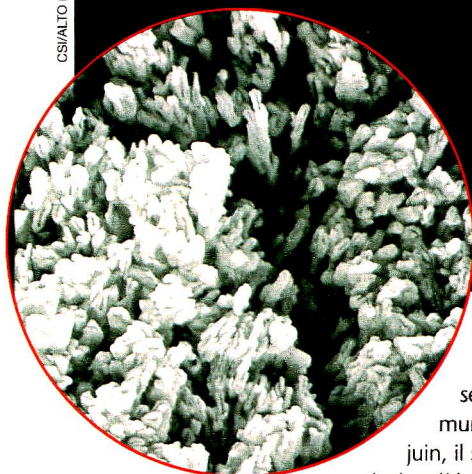
C. DELHAYE/CNRS



EXPOSITION

Les rendez-vous de la Cité

CSI/ALTO MEDIA



Cette descente au cœur d'une dent sera un véritable voyage dans l'infiniment petit.

seaux de communication : le 6 juin, il sera question de la télévision numérique ; le 12 juin, un intervenant de la Fédération des sourds de France s'exprimera sur les jeunes

sourds et le multimédia.

● Retrouvez tous les mois dans cette rubrique l'actualité de l'exposition "Nouvel image, nouveaux réseaux. Passeport pour le Cybermonde", réalisée avec le soutien de Science & Vie.

L'INDE AVANT LA CHINE

● D'après les Nations unies, l'Inde sera dans quelques décennies le pays le plus peuplé du monde. Elle comptera 1,5 milliard d'habitants en 2050 (aujourd'hui, la population indienne est estimée à 976 millions d'habitants, tandis que les Chinois sont 1,25 milliard). La croissance démographique a culminé dans le sous-continent dans les années 70 (+ 2 % par an), car la mortalité a diminué plus vite que la natalité. Depuis les années 60, le taux de fécondité est passé de 6 à 3,4 enfants par femme, mais il existe de grands contrastes entre les Etats de la république indienne, en raison des disparités socio-économiques. H. G.

L'exposition que la Cité des sciences et de l'industrie consacre aux nouvelles technologies de l'information n'invite pas seulement les visiteurs à naviguer sur Internet ou à découvrir les réseaux connectés à haut débit. Elle leur propose aussi un voyage dans l'infiniment petit.

Chacun des onze courts métrages de la série "Relief" de l'invisible, coproduite par la Cité, les entraîne au plus profond de la matière. On plonge ainsi dans la céramique d'une bougie de moteur ou dans la tige en aluminium d'une selle de vélo, jusqu'à en côtoyer les atomes...

L'exposition, qui s'achèvera à la fin de l'année, comprend également des rencontres-débats traitant des enjeux et des implications des nouveaux ré-

SCIENCES DE LA TERRE

LE RAZ-DE-MARÉE DES ASTÉROÏDES

■ Washington isolée sur une île et Norfolk engloutie sous les flots : voilà à quoi ressemblerait la côte est des Etats-Unis au lendemain de la chute d'un astéroïde au milieu de l'Atlantique. C'est le résultat d'une simulation par ordinateur, effectuée au laboratoire national de Los Alamos (Nouveau-Mexique). Selon les calculs, un bloc de pierre de 5 km de diamètre provoquerait un raz de marée qui noierait la Virginie et le Maryland jusqu'à la chaîne des Appalaches,

sans épargner les côtes françaises et portugaises. Pas de panique : ce genre d'événement n'arrive statistiquement que tous les dix millions d'années. Toutefois, de plus petits astéroïdes heurtent la Terre au rythme d'un tous les 5 000 ans, en moyenne. Et une "petite pierre" de 400 m de diamètre engendrerait tout de même une vague de 90 m : trois fois plus haute que le plus grand tsunami de ce siècle, provoqué par un tremblement de terre au Chili en 1960. V. G.



Du 2 avril au 30 juin 98
Avec le CD-ROM et le poster HP
"Coupe du Monde", profitez d'une
promotion HP complètement foot !



Avec ce CD-ROM réalisé par HP, vous pourrez :

- créer des banderoles et des drapeaux,
- découvrir des photos et images de joueurs,
- transférer sur vos tee-shirts les photos de vos joueurs préférés, vérifier vos connaissances sur la Coupe du Monde grâce à un questionnaire amusant,
- utiliser les économiseurs d'écrans HP Coupe du Monde, participer au jeu "sélectionnez l'équipe idéale" pour gagner des scanners et des tee-shirts HP.

* CD-Rom HP Coupe du Monde.

www.france.hp.com

4 offres à la hauteur de l'événement



Le CD-Rom HP "Coupe du Monde"
offert pour l'achat d'une imprimante
HP DeskJet 720C ou HP DeskJet 690C+



Le CD-Rom HP "Coupe du Monde"
offert pour l'achat de supports HP pour
transfert sur tissu ou papier banderole HP
pour HP DeskJet 690C+

Le poster HP "Coupe du Monde"
offert pour l'achat de 50 feuilles de papier
blanc brillant HP.



Le CD-Rom HP "Coupe du Monde"
proposé** pour l'achat d'une cartouche
N&B ou couleur pour HP DeskJet séries
500, 600 et 800.

** 20 Frs TTC supplémentaires (prix conseillé).

PORTRAIT

Un chercheur hors du commun

A 28 ans, Eric Le Flochmoen témoigne d'un parcours universitaire peu ordinaire : handicapé moteur à la suite d'une asphyxie cérébrale à la naissance (une partie de ces cellules motrices a été détruite), il vient d'obtenir son doctorat en astronomie.

Accueilli par l'équipe de planétologie de l'observatoire de Bordeaux, il a soutenu, en novembre dernier, une thèse sur la composition photochimique de la haute atmosphère de Jupiter. A partir des données obtenues par les sondes *Voyager* et *Galileo*, en 1979 et 1995, Eric Le Flochmoen a effectué une série de calculs informatiques (l'ergonomie

du clavier de son ordinateur a été adaptée pour compenser son handicap) afin de développer un modèle des processus physiques et chimiques qui se produisent entre - 60 km (pour une planète gazeu-

se, on estime qu'au-dessous de 1 bar de pression, les altitudes sont négatives) et 650 km d'altitude de la planète géante. Un contrat à durée déterminée lui permet d'affiner son modèle informatique.

Ses difficultés d'élocution, d'équilibre et de coordination motrice ne l'ont pas empêché - seul candidat handicapé - de présenter sa candidature au CNRS et au CNAP (Conseil national des astronomes et physiciens) pour devenir chercheur. Il n'existe pas d'établissement réellement approprié à ses déficiences physiques. Mais, selon le jeune docteur, « les structures sont facilement adaptables à condition de le vouloir ». D. de M.



J.-M. DITHURDE/REVUE ACQUIS SCIENCE

Eric Le Flochmoen, un énergique docteur en astronomie à la recherche d'un labo.

RADIODATATION DE HAUTE PRÉCISION

● La méthode de datation au carbone 14 a gagné en précision et en fiabilité, grâce aux accélérateurs de particules et aux spectromètres de masse. C'est ce qui ressort du 3^e Congrès international sur le carbone 14 et l'archéologie.

BIONIQUE

Un papillon sur le robot

La symbiose entre la biologie et l'électronique, connue sous le terme de bionique, est en marche : des chercheurs des universités de Tokyo et de Tsukuba ont greffé sur des robots des antennes de bombyx (un papillon). Comme les insectes, les automates peuvent ainsi détecter la présence dans l'air des phéromones.

En effet, les antennes sont des capteurs biologiques ultra-sensibles : il suffit qu'un très faible nombre de molécules entrent en contact avec l'antenne pour qu'un influx nerveux se déclenche, ce qui informe l'insecte de la proximité d'un partenaire sexuel, d'une proie, d'un danger, etc.

Les nouveaux capteurs "bio-électroniques" japonais pourraient servir à détecter une infime quantité d'éléments toxiques dans l'environnement. R. I.

DES NOUVELLES DU RÉSEAU

● Il y aurait 113 millions d'internautes dans le monde, révèle NUA, un site spécialisé dans les enquêtes sur Internet. Avec 1,3 million d'abonnés, la France arrive loin derrière le Royaume-Uni (6 millions) et l'Allemagne (5,8 millions).

Adelscott,
TOUT COMMENCE PAR
LA QUÊTE DU VERRE...



ADELSCOTT, the different beer.

L'abus d'alcool est dangereux pour la santé - À consommer avec modération

ASTRONOMIE

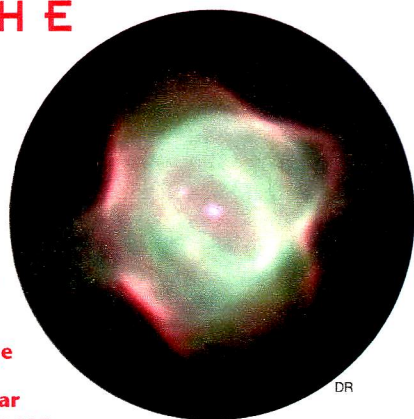
Naissance d'une nébuleuse planétaire

Les étoiles naines, telles que le Soleil, achèvent leur vie en expulsant lentement une grande partie de leur enveloppe gazeuse, ce qui donne naissance à des nébuleuses planétaires. Distante de 18 000 années-lumière et d'une taille équivalente à cent trente fois le diamètre du système solaire, He3-1357,

également nommée "Stingray", est la plus jeune nébuleuse jamais observée, puisqu'elle n'existe que depuis quelques décennies.

Le télescope spatial *Hubble* a permis aux astronomes d'étudier en détail les mécanismes qui ont conduit à sa formation. En particulier, ils ont détecté une secon-

Observée par Hubble, la nébuleuse Stingray s'est révélée être un nuage de gaz, tourmenté par l'existence en son centre d'un système stellaire double.



de étoile, située à 0,4 seconde d'arc de l'étoile centrale.

La présence de cet astre

confirme les modèles développés depuis des années, qui tentaient d'expliquer pourquoi de nombreuses nébuleuses de ce type ont des formes tourmentées. Ce sont les effets gravitationnels de l'étoile compagnon qui seraient responsables de la déformation des anneaux de gaz de la nébuleuse. Ph. H.

NEUROPSYCHOLOGIE

Le parcours de la peur

Une guêpe s'approche, on a un mouvement de recul. Cette brève expérience émotionnelle a provoqué une activité cérébrale, dont l'amygdale (située au plus profond du lobe temporal) semble être la structure pivot.

Des chercheurs américains ont récemment publié (*Brain Briefings*, mars 1998) l'activité cérébrale de personnes en train de regarder des visages effrayants : juste après la vision du stimulus ①, la ré-

gion sensorielle du thalamus (centre des émotions) est activée ②. Puis, étape clef, une partie de l'information est transmise à l'amygdale ③, qui se tient prête à répondre au danger, tandis que le signal poursuit sa route vers l'aire corticale ④.

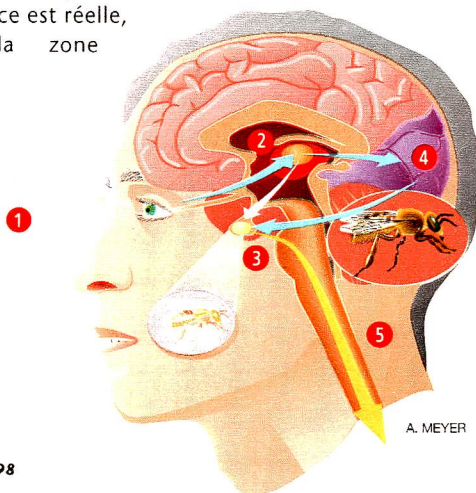
Cette dernière communique à l'amygdale un compte rendu plus détaillé du danger. Si les informations confirment que la menace est réelle, la zone

amygdalienne sonne le tocsin en augmentant la pression sanguine et cardiaque, et en contractant les muscles ⑤.

En revanche, si l'information précise qu'il n'y a pas de danger, le parcours se termine. La guêpe s'éloigne : le message transmis par l'amygdale est rassurant, et arrête le sentiment de peur. D. de M.



Attention, danger ! Un processus en cinq étapes permet au cerveau d'évaluer le risque encouru.



A. MEYER

LE CINÉMA PAR SATELLITE

● **Le projet Cyber Cinéma, qui consiste à diffuser les films par satellite vers les salles de projection, vient d'être lancé par la Commission européenne. Confié à une filiale d'Aérospatiale - Aérospatiale Multicom Satellite Network -, le programme, s'il aboutissait, révolutionnerait le secteur européen de la distribution des films : ceux-ci seraient simultanément envoyés vers de nombreux pays de la Communauté, en diverses versions linguistiques et avec des images à haute résolution numérique. L'interactivité pourrait aussi faire son entrée dans les salles obscures.** R. I.

VOLVO



**"LES FEMMES, LES ENFANTS, LES HOMMES,
LE CHIEN ET LES VALISES D'ABORD."**

VOLVO V40 OCEANIS 129 900 F*. Pour vos longs voyages, vous pourriez aussi emporter dans vos bagages tous les équipements de la gamme Océanis : la climatisation, le volant en cuir, un ordinateur de bord (sur les Volvo S70 et V70), des barres de toit (sur les Volvo V40 et V70), et des jantes alliage. A cela s'ajoutent en série tous les équipements de sécurité chers à Volvo : ABS, Airbag Volvo frontaux et latéraux. Avec tous ces équipements Océanis que le réseau Volvo vous offre jusqu'au 15 juin, vous économiserez de 15 100 F à 28 650 F^(*) par rapport au prix des modèles de base. Il ne nous reste plus qu'à vous souhaiter bonne route et bonnes vacances.

(*) Volvo V40 1.6 L Océanis AM'98, tarif au 1/03/98, prix public conseillé ; incluant l'offre promotionnelle, valable pour toutes commandes passées du 01/05/98 au 15/06/98 chez les concessionnaires participants, dans la limite des disponibilités. Modèle présenté Volvo V40 2.0 L Océanis avec option peinture métal : 152 750 F, tarif public conseillé du 01/05 au 15/06/98. (1) pour la Volvo S40 (hors T4) et (2) pour la Volvo V70 sur le prix des versions de base avec les équipements "Océanis" vendus séparément. Séries spéciales réalisées en partenariat avec la Société Beneteau. Detail de l'offre : chez votre concessionnaire.

BENETEAU



JUSQU'AU 15 JUIN, EQUIPEMENTS OCEANIS OFFERTS PAR LE RESEAU VOLVO.

PRIMATOLOGIE

Les capucins penchent à droite

L'apparition de la bipédie et l'utilisation fréquente d'outils de plus en plus élaborés seraient responsables chez les hommes du déséquilibre entre le nombre des droitiers (environ 90 % de la population) et celui des gauchers.

C'est l'hypothèse de trois biologistes du laboratoire d'éthologie comparée de Poolesville



Le comportement du capucin devrait nous aider à comprendre pourquoi, chez les humains, il y a plus de droitiers.

J. C. MUNOZBIOS

(Etats-Unis), qui ont étudié le comportement de seize singes capucins.

Campé sur ses quatre membres, le capucin (*Ce-*

bus apella) est parfaitement ambidextre. Il se gratte aussi bien de la patte gauche que de la droite. Mais, pour toi-

letter ses compagnons, il se redresse et se sert alors préférentiellement de l'une ou l'autre de ses mains.

De plus, dans leur quête de nourriture, les capucins manient un outil, bâton ou pierre. Et, dans cette tâche, ils préfèrent nettement user de la main droite. G. M.

ALIMENTATION

SUS AUX SALMONELLES

■ La Food and Drug

Administration américaine vient d'homologuer un mélange de vingt-neuf souches bactériennes, Preempt, concocté par le ministère de la Recherche du Texas et la société Bioscience (Illinois). Cette mixture, qu'on pulvérise sur des poussins, est une "flore de barrière" : en colonisant l'intestin, elle fait barrage aux bactéries pathogènes telles que *Salmonella enteritidis*. En Europe du Nord,

des produits équivalents sont commercialisés. En France, ils ne sont pas homologués, faute d'une définition suffisante de la composition du mélange. L'arme n'est pas absolue : au premier traitement antibiotique, au premier stress, la flore de barrière est déséquilibrée. C'est pourquoi, aux Etats-Unis, on persiste à privilégier la décontamination des carcasses à l'abattoir, par des produits chimiques ou par irradiation. En France, au contraire, c'est dès l'amont qu'on surveille la contamination, chez les reproducteurs qui fournissent les poules pondeuses ou les poulets de chair. Mais, des deux côtés de l'Atlantique, c'est à la cuisine qu'on fera la meilleure prévention : se laver les mains et cuire les aliments. M.-L. M.

Une poule contaminée par les salmonelles risque, une fois sur cent, de pondre un œuf infecté (ici l'intestin d'un poussin de 1 jour contaminé par la bactérie).



CHEVA/PLOUFFRAGAN

LES CYCLONES ACCÉLÈRENT

● Les météorologistes américains ont calculé qu'avec le réchauffement global de la planète une élévation de température de 2,2 °C à la surface de la Terre ferait croître la vitesse des vents des cyclones de 5 à 12 %, c'est-à-dire de 10 à 20 km/h. Cette accélération entraînerait deux fois plus de dégâts.



ECONOMISEZ DE 10 À 57 %⁽¹⁾ SUR VOS APPELS AVEC LE 7 DE CEGETEL.



TÉLÉPHONEZ MOINS CHER

- De 10 à 57 % d'économies sur vos appels⁽¹⁾ en France Métropolitaine (hors département).
- De 10 à 39 % d'économies sur vos appels internationaux et vers les Départements d'Outre-Mer.
- De 5 à 15% de réduction avec la remise supplémentaire du "7"⁽²⁾, en fonction de votre volume de communications⁽³⁾.
- 10 F seulement d'abonnement par mois.

SANS RIEN CHANGER CHEZ VOUS

- Vous ne changez rien à votre téléphone, ni à votre numéro.
- Vous gardez les services que vous utilisez habituellement.
- La possibilité de regrouper jusqu'à 4 lignes.
- Vous composez simplement le 7 à la place du premier 0 pour passer vos appels.
- Vous bénéficiez de nombreux services gratuits : une facture détaillée, un Service Clients 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7, des cadeaux qui récompensent votre fidélité.

En cumulant les réductions sur vos appels et la remise supplémentaire du "7", vous réalisez de 10 à 64 % d'économies sur vos communications⁽¹⁾.

**OFFRE DE LANCEMENT
4 MOIS
D'ABONNEMENT
GRATUITS**

Pour en savoir plus ou pour souscrire, appelez vite le :

APPEL GRATUIT
N°Vert 0 800 777 777

Précisez votre code : P423.



Offre réservée aux particuliers non abonnés, valable jusqu'au 30/06/1998 soumise à conditions non cumulables avec d'autres offres promotionnelles. Vous ne composez pas le 7 pour les numéros spéciaux. (1) Appels en dehors de votre département, hors tarification locale, zones de proximité, les départements 75 + 92 + 93 + 94 sont considérés comme un seul département, de même pour la Corse (2A+2B). (2) Pour un minimum de facturation, hors abonnement, de 150 F. Remise limitée à 785 F par bimestre. Montants des réductions calculés, hors crédit temps et options tarifaires payantes, d'après tarifs pratiqués au 30/04/98 par des opérateurs globaux en France, hors tarifs particuliers et à l'exception des appels vers les États-Unis et le Canada à certaines heures. Mise en service selon zones d'ouvertures à compter de février 1998.

GÉOLOGIE

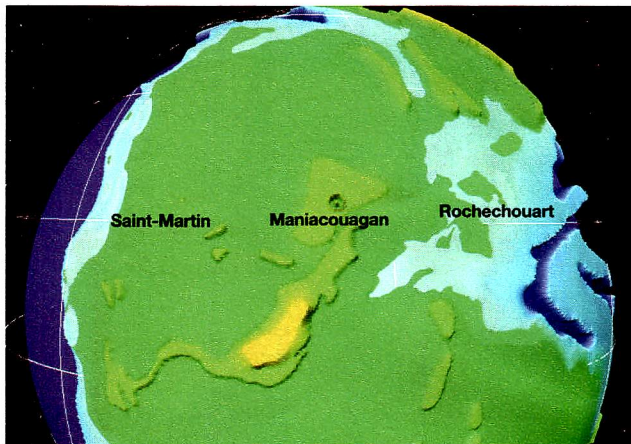
Cratères en pointillé

Il y a 214 millions d'années, un astéroïde a vraisemblablement pénétré dans l'atmosphère terrestre et s'est désagrégé, mitraillant la surface de la planète pendant plusieurs heures. Des géologues américains ont émis cette hypothèse (*Nature*, 12 mars 1998) en étudiant cinq cratères, tous datés de la fin du trias. Placés sur une carte représentant les plaques tectoniques dans la conformation de l'épo-

que, les trois principaux cratères, aujourd'hui situés à Rochechouart (France), Maniacougan et Saint-Martin (Canada) se trouvent alignés.

Cette disposition linéaire s'explique si l'on suppose que les débris de l'astéroïde ont été pris dans une orbite terrestre

avant la collision. Deux cratères mineurs localisés à proximité pourraient provenir d'une lune du "bolide spatial".



Ces trois cratères alignés au Canada et en France témoignent de l'impact d'un astéroïde sur la Terre.

Depuis l'observation en direct de la chute des fragments de la comète Shoemaker-Levy sur Jupiter en 1994, les géologues espéraient retrouver la trace sur la Terre de collisions en chaîne du même type. Mais les spécialistes de la datation ne sont encore qu'à moitié convaincus par cet alignement de trois cratères dont l'âge est connu... à 10 millions d'années près.

L'hypothèse de la collision multiple expliquerait en tout cas la disparition massive de plantes et de tétrapodes qui s'est produite à la même époque.

A. L. D.

ASTRONOMIE

MARS : FIN D'UN RÊVE

■ Le "visage de Mars", photographié le 25 juillet 1976 par la sonde *Viking 1* dans la région de Cydonia, n'est pas le vestige d'une ancienne et puissante civilisation martienne de bâtisseurs. Cela, les astronomes le savaient... Mais le mythe avait survécu.

Le 3 avril dernier, la sonde *Mars Global Surveyor*, au cours de son 220^e passage au ras de la planète Mars,

a pris un cliché de la fameuse formation géologique. Grâce à un éclairage du Soleil différent et à une résolution spatiale bien meilleure que celle de *Viking* (4,2 m par pixel, au lieu de 400 m), cette nouvelle image montre sans ambiguïté que la "tête humaine regardant

les étoiles" n'est rien d'autre qu'une colline modelée par l'érosion. Ce relief ne ressemble en rien à un visage, encore moins à une "tête de sphinx" gardant de gigantesques pyramides situées non loin de là. Ces "monuments" sont, eux aussi, des montagnes sculptées par la nature.

Ph. H.



Photos prises par Viking 1...

Le "visage de Mars" vu par *Viking 1* n'est qu'une colline, comme le montre *Mars Global Surveyor*.

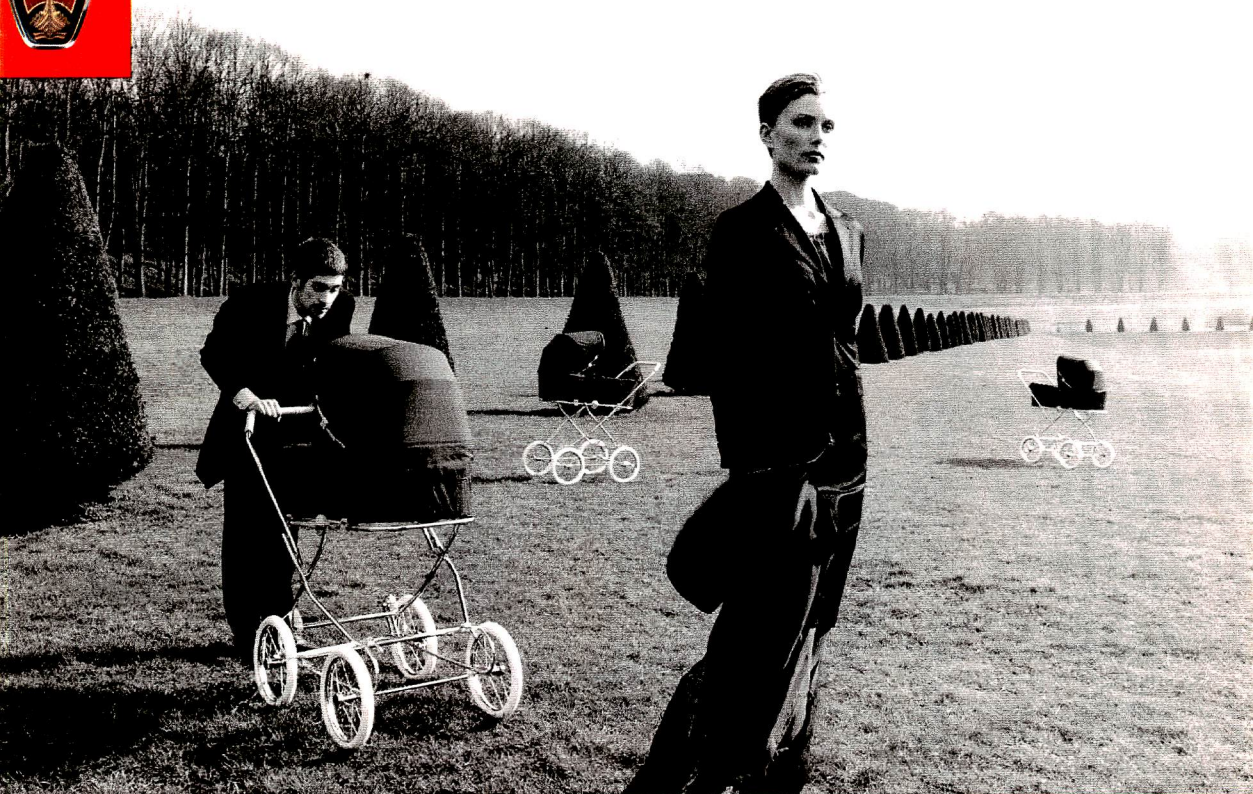


... et par Mars Global Surveyor.

LE ROYAUME DU BHOUTAN

● Jusqu'au

11 octobre, le centre culturel de l'abbaye de Daoulas (Finistère) présente l'exposition "Entre Inde et Tibet, le royaume du Bhoutan", consacrée au seul royaume himalayen de religion bouddhique encore indépendant.



L'Héritage, autant s'y mettre dès le plus jeune âge.

SERIE HERITAGE Coussin gonflable conducteur et passager, ABS, Air conditionné, Assise des sièges en cuir, Jantes alliage, Alarme antivol, Condamnation centralisée des portes et du coffre, Lève-vitres électriques, Autoradio lecteur CD RDS 4x35 W Sony, Ronce de noyer. Voilà qui plaira à vos héritiers comme à leur maman.

ROVER 400



Rover. Une voiture peut se conduire autrement.

POUR CONNAITRE VOTRE CONCESSIONNAIRE, MINITEL 3615 ROVER (1,29 F LA MINUTE).



ALIMENTATION

Gastronomie darwinienne

Les plats épicés font transpirer et rafraîchissent... Mais les scientifiques de l'université Cornell, à Ithaca (Etat de New York), ajoutent que le goût pour les épices s'est développé proportionnellement au bénéfice qu'en tirent les utilisateurs pour leur santé.

La cuisine aux épices antibactériennes aurait favorisé la survie de ses adeptes et de leurs descendants dans les pays chauds, où les aliments sont facilement altérés par les microbes. Exemple de co-évolution, la diversification de cette médication naturelle a forgé les

récepteurs correspondants dans le palais et, réciproquement, l'excitation de ces récepteurs a

développé un goût salvateur pour l'espèce.

Pour étayer cette thèse, Paul Sherman et Jennifer Billing ont compilé 4 578 recettes de plats traditionnels épicés venant de trente-six pays où le climat, la variété des épices et leurs vertus antibactériennes ont été comparés.

Les conservateurs les plus efficaces sont l'ail, l'oignon, le piment de la Jamaïque et l'origan. Puis viennent le thym, la cannelle, l'estragon et le cumin, chacun éliminant 80 % des bactéries. Un classement à ne pas prendre au pied de la lettre, puisque les épices associées – curry indien, poudre du Chili, etc. – agissent en synergie.

M.-L. M.



P. WEBSTER/
FOTOGRAM-
STONE

Les mélanges d'épices, comme le curry indien, sont encore meilleurs pour la santé, car ils agissent en synergie.

ASTRONOMIE

Planètes en lumière

Le 14^e festival d'astronomie de Haute-Maurienne-Vanoise aura pour thème "les nouveaux systèmes solaires". Du 15 au 21 août prochain, dans le cadre privilégié de la vallée de la Haute-Maurienne, les plus grands spécialistes de l'astronomie feront partager leur passion du ciel aux plus jeunes comme aux plus expérimentés.

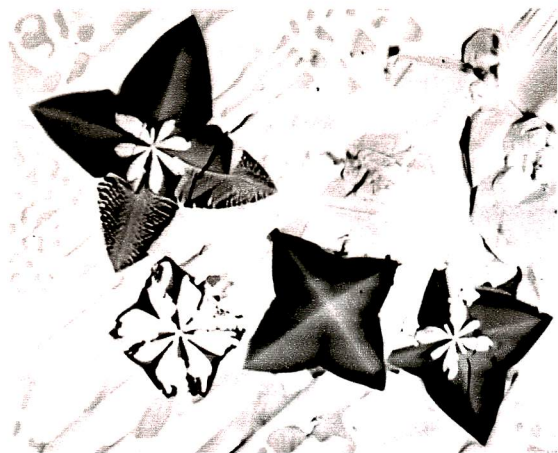
Au programme, des ateliers pratiques, des cours d'observation, des exposés d'astrophysique et des conférences grand public. Sans oublier les soirées d'observation au sommet du col de l'Iseran (2 732 m).

Une attention toute particulière sera accordée aux astronomes en herbe : des ateliers d'initiation seront proposés aux "juniors" (10-12 ans) et aux "ados" (13-16 ans). J.-F. R.

• Renseignements : tél. 04 79 05 91 57, fax 04 79 05 80 96.

FINE FLEUR DE LA CRISTALLOGRAPHIE

● Ces cristaux d'oxydes et de carbures de niobium ont "éclos" sur un alliage de cérium. Cette photo a valu un prix au laboratoire de métallographie du CEA-Pierrelatte, qui travaille sur les métaux liquides. H. G.



CEA

● Ont collaboré à cette rubrique :
Christelle Célerié,
Valérie Greffoz,
Hélène Guillemot,
Philippe Henarejos,
Roman Ikonicoff,
Anne Le Duigou,
Géraldine Magnan,
Delphine de Maignas,
Kelly Martial,
Marie-Laure Moinet,
Jean-François Robredo

Savez-vous qu'il existe
une entreprise
qui embauche
tous les jours dans
tous les métiers ?

Vous avez
un CAP,
un BEP,
un BAC Pro,
un BTS, un
DUT ou un
autre diplôme ?
Alors faites valoir
votre métier
ou votre savoir-
faire... Nous avons
des milliers
d'emplois à vous
proposer dans tous
les secteurs d'activité.
Consultez notre
sélection d'offres
sur Minitel
ou sur Internet.
Rendez-vous dans
l'agence Adecco la plus
proche de chez vous :
nous vous y attendons.
Bienvenue
chez Adecco.

3614 Adecco

(0,37 F la minute)

ou sur Internet :
www.adecco.fr



Adecco,
un nouveau monde
pour l'emploi.



Adecco



Comme tous nos mobiles, nos conseillers
offrent une excellente réception.

Dans les Agences France Télécom, avant d'acheter



380 129 866 RCS Paris, S.A., capital de 25 000 000 000 F

un mobile vous pouvez en parler.



France Telecom

ACTUALITÉ ENVIRONNEMENT

par Didier Dubrana



EDWARDS/BIOS

Coupez la forêt et il pleuvra !

Les coupes dans la forêt tropicale ne diminueraient pas la pluviométrie de la région !

Une étude britannique semble prouver que les pâturages sont plus arrosés que la forêt.

La déforestation est l'un des chevaux de bataille des écologistes. Ils accusent ainsi les éleveurs de bétail d'Amérique centrale de transformer la forêt tropicale en pâturages, ce qui y diminuerait la pluviosité.

Or, une étude menée au Costa Rica par l'International Institute for Environment and Development (IIED), un institut britannique de recherche environnementale, en collabo-

ration avec des chercheurs costaricains, vient de mettre fin à cette idée reçue. Elle montre que certaines zones de pâturage reçoivent plus de pluie que la forêt.

« Nous pensions que la déforestation réduisait les chutes de pluie – donc l'approvisionnement en eau du barrage hydroélectrique du lac Arenal », explique Joshua Bishop, de l'IIED. Quatre années de

recherches ont abouti à une conclusion totalement différente : depuis le début de la déforestation, le débit des rivières a fortement augmenté, ce qui a permis une plus grande production d'électricité.

L'élevage se fait sur de petites parcelles disséminées dans la forêt. Les mesures de pluviométrie ont révélé qu'elles reçoivent 25 % d'eau de plus que la forêt tropicale : 3 759 mm

Élevage de bovins dans une zone déforestée.

au lieu de 2 986 mm.

De plus, si la forêt favorise la condensation, elle retient presque toute l'eau pour son propre usage : la forêt tropicale est extrêmement humide, mais l'eau ne s'en écoule pas. Et il faut des terrains ouverts, les pâturages, pour que l'eau puisse s'écouler et parvenir aux rivières.

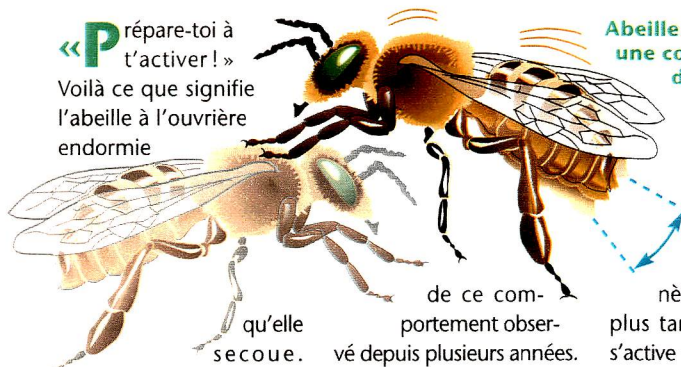
Autre avantage de cette alternance de pâturages et d'arbres : l'érosion y est plus faible que sur les terrains découverts. L'IIED conseille donc au gouvernement du Costa Rica de favoriser cette forme d'élevage dispersé, plutôt que d'octroyer des primes pour la reboisement ! On attend impatiemment la réponse des écologistes... C. V.

APICULTURE

Les abeilles se secouent

«**P**répare-toi à t'activer!»

Voilà ce que signifie l'abeille à l'ouvrière endormie



Abeille réveillant une congénère par des vibrations.

cette abeille fait vibrer son propre corps à une fréquence de 16 hertz pour réveiller sa congénère. Trente minutes plus tard, cette dernière s'active vivement.

L'abeille qui a émis le "signal de secousse" entreprend alors sa "danse frétilante", par laquelle elle explique précisément aux ouvrières tirées du sommeil où elles doivent aller travailler.

G. M.

de ce comportement observé depuis plusieurs années.

Quand, après une période de disette, une abeille matinale trouve une source de nourriture, elle gagne la ruche, où elle empoigne, l'une après l'autre, les ouvrières assoupies. Pendant une ou deux secondes,

qu'elle se secoue.

Thomas Seeley et ses collaborateurs, de l'université Cornell, à Ithaca (Etat de New York), viennent de comprendre la signification

D. GALLAND

LE SANDWICH VAUT DE L'EAU

● **LINA'S**, chaîne de restauration rapide de qualité, et la Croix-Rouge française organisent le 5 juin, à 19 h 30, aux abords de la Rivière enchantée du Jardin d'acclimatation, à Paris, un grand pique-nique placé sous le signe de "l'eau, source de vie sur la Terre". L'ensemble des fonds récoltés seront versés à la Croix-Rouge pour l'achat de pompes à eau. D'autre part, depuis le 1^{er} mars, pour chaque "sandwich sélection" acheté dans ses restaurants, LINA'S reverse 5 F à l'association Eau sur la planète, au profit de la Croix-Rouge.

MÉTÉOROLOGIE

Les sorciers au secours de la forêt

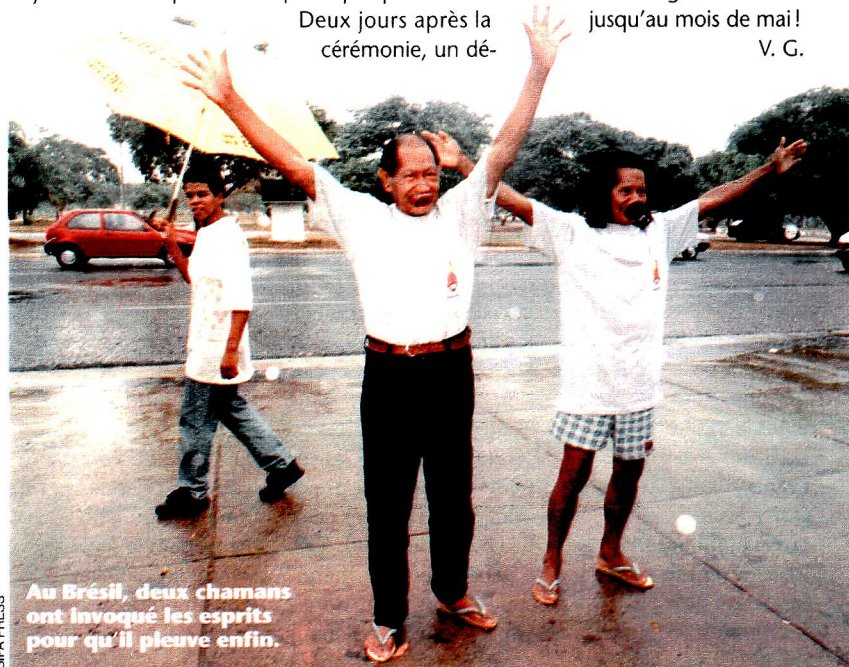
En avril dernier, le feu ravageait la forêt de l'Etat de Roraima, dans le Nord du Brésil, depuis déjà trois mois quand le

gouvernement, en désespoir de cause, a demandé à deux chamans d'« implorer les bons esprits » pour qu'il pleuve enfin.

Deux jours après la cérémonie, un dé-

lugue s'est abattu sur la région. Les météorologistes n'en sont toujours pas revenus : ils avaient exclu la moindre goutte d'eau jusqu'au mois de mai!

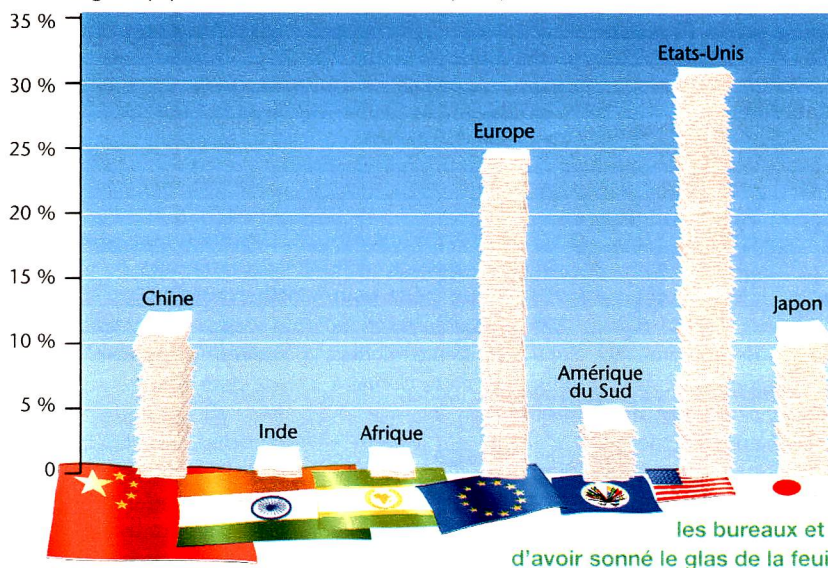
V. G.



Au Brésil, deux chamans ont invoqué les esprits pour qu'il pleuve enfin.

SIPA PRESS

Pourcentage du papier consommé dans le monde (1995)



D. GALLAND/SOURCE : FAO

LES AMÉRICAINS MANGEURS DE PAPIER

● Un Américain consomme en moyenne 341 kg de papier par an, tandis qu'un Allemand en utilise 200 kg, un Brésilien, 35 kg, et un Indien, moins de 4 kg. L'Amérique du Nord, l'Europe et le Japon écoulent les deux tiers de la production de papier, alors qu'ils n'abritent que 16 % de la population mondiale. L'arrivée de l'informatique dans les bureaux et dans les foyers est loin d'avoir sonné le glas de la feuille blanche... V. G.

SHOW DE CHIENS

● Du 5 au 7 juin, l'hippodrome de Longchamp, à Paris, accueille pour la dixième année consécutive



le championnat de France des chiens de race, dont c'est la 120^e édition. La première, en 1883, rassemblait 850 chiens. Cette année, cette manifestation de renommée internationale réunira 6 500 chiens de 230 races.

BOTANIQUE

Des arbres en spirale

Les fibres du bois de nombreux conifères croissent en spirale. Dans l'hémisphère nord, le tronc tourne dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, dans l'hémisphère sud, c'est le contraire.

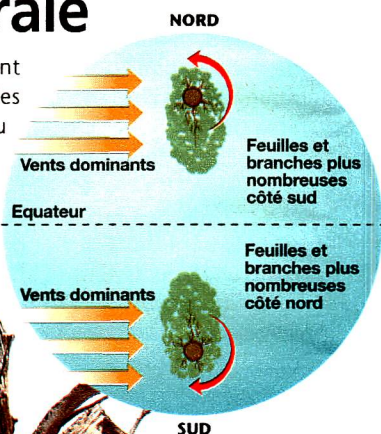
Pour comprendre ce phénomène, Sondre Skatter et Bohumil Kucera, de l'institut de la recherche norvégien, ont examiné les branches et les aiguilles de *Pinus radiata*, qui pousse dans l'hémisphère nord, et celles de *Agathis palmerstonii*, un conifère de l'hémisphère sud. Conclusion, celles-ci sont plus abondantes du côté du soleil : au sud pour les conifères de l'hémisphère nord, au nord pour ceux de l'hémisphère sud.

Dans les deux hémisphères, les vents dominants soufflent de l'ouest. Ainsi, dans l'hémisphère

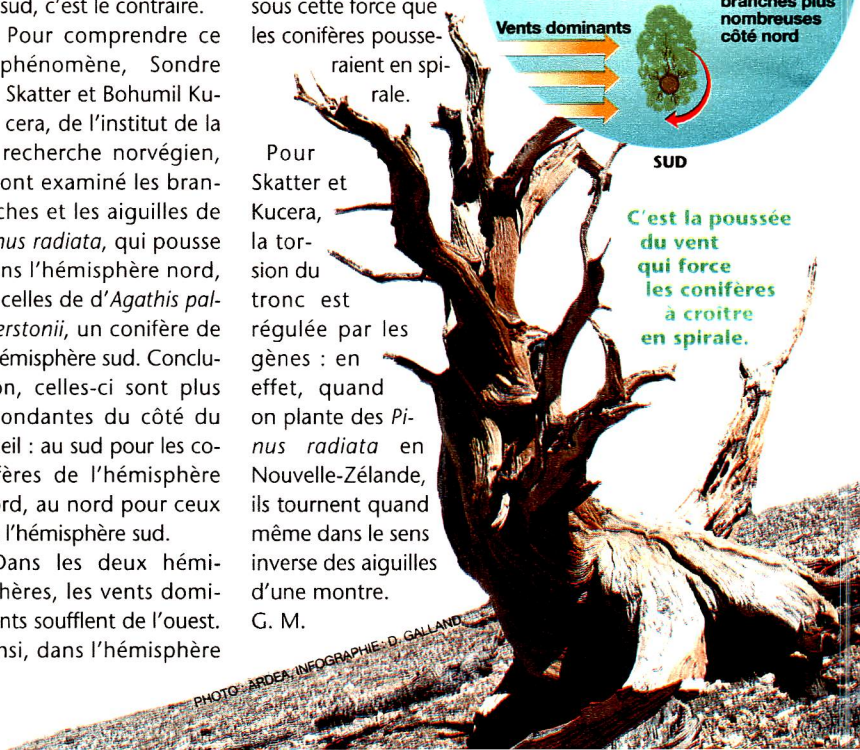
nord, ces vents pèsent principalement sur les branches exposées au sud, et le tronc subit une torsion vers la gauche. C'est donc pour ne pas se briser sous cette force que les conifères pousseraient en spirale.

Pour Skatter et Kucera, la torsion du tronc est régulée par les gènes : en effet, quand on plante des *Pinus radiata* en Nouvelle-Zélande, ils tournent quand même dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.

G. M.



C'est la poussée du vent qui force les conifères à croître en spirale.



Nouvelle Civic Aero deck. C'est tout vous [tout à fait vous].



La nouvelle Civic Aero deck vous ressemble. Comme vous, elle aime le confort : toit ouvrant électrique, vitres et rétroviseurs extérieurs électriques, fermeture centralisée à commande à distance, direction à assistance variable, système audio stéréo RDS à façade détachable. Comme vous, elle aime l'élégance : fluidité des lignes, soin apporté à chaque détail. Comme vous, elle a le tempérament sportif : suspensions à double triangulation, moteur VTEC. Comme vous, elle aime la sécurité : ABS et double coussin gonflable de sécurité en série. Décidément, la nouvelle Civic Aero deck, c'est tout vous !

Votre concessionnaire Honda sur 3615 Honda (2,23"/mm).

109 800 F

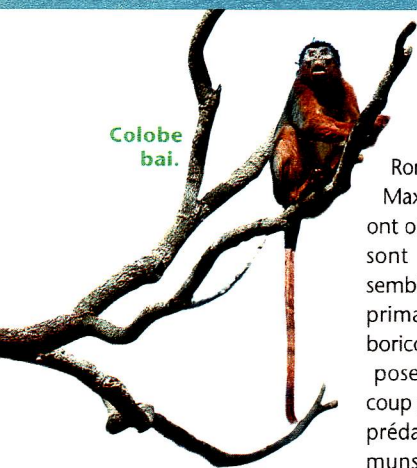
Price TTC (includes 1 year option) de la Caisse Auto d'été : \$1 135 au
0274-4242 - 401 86. Machine présentée Caisse Auto d'été : 1 135 TTC
1 135 TTC (1 an option) de la Caisse Auto d'été : 1 135 TTC

CIVIC Aero deck



L'innovation au service de l'homme.

HONDA



Colobe bai.

PRIMATOLOGIE Union de singes

Redouan Bshary et Ronald Noé, de l'institut Max-Planck (Allemagne), ont observé que, lorsqu'ils sont ensemble, ces primates arboricoles s'exposent beaucoup plus à leurs prédateurs communs – aigles, léopards, chimpanzés et humains.

Sous le regard protecteur des cercopithèques Diane, qui sonnent l'alarme au moindre risque, les colobes n'hésitent pas à gagner le sol pour se nourrir de termites. Et les cercopithèques profi-

tent de la présence des colobes, qui engagent parfois le combat avec les aigles.

G. M.

DENIS HUOTBIOS



Cercopithèque Diane.

Certaines espèces de petits singes se protègent mutuellement des prédateurs. Ainsi font le cercopithèque Diane et le colobe bai, qui se partagent les hauteurs de la canopée (sommet de la forêt tropicale) dans le parc national Taï, en Côte-d'Ivoire.

SEITRE/BIOS

BIOTECHNOLOGIES

Des pleurotes dans le marc

Le marc de raisin qui sort des distilleries est généralement épandu dans les champs, où il dégage une odeur nauséabonde. Des chercheurs de l'INRA veulent offrir une carrière plus prometteuse à ces restes de pulpe,

de pépins, de peaux et de rafles : ils pourraient servir de support à la culture de champignons.

Premières candidates, les pleurotes semblent adorer le marc. La plupart des micro-organismes y ont été détruits lors du

chauffage à 80 °C. Reste la matière organique (cellulose, lignite) dont les champignons ont besoin ; 150 kg de champignons pour 1 t de marc, les pleurotes italiennes et espagnoles qui envahissent nos marchés n'ont qu'à bien se tenir ! V. G.



F. MOLETTA/INRA

PLANTES EN DANGER

● Selon l'Union internationale pour la conservation de la nature et des ressources naturelles (IUCN), une plante sur dix est menacée d'extinction. C'est la conclusion du premier recensement mondial de la flore, mené pendant vingt ans par seize organisations internationales. La "liste rouge des plantes menacées", rendue publique en avril à Washington, répertorie 33 798 espèces végétales (plantes à fleurs, conifères et fougères), soit 12,5 % des espèces connues. En France, 4,2 % des 4 630 plantes recensées sont en danger. En fait, 91 % des espèces de la liste rouge sont endémiques, c'est-à-dire qu'on les trouve dans une seule région du monde. Ch. C.

Simple



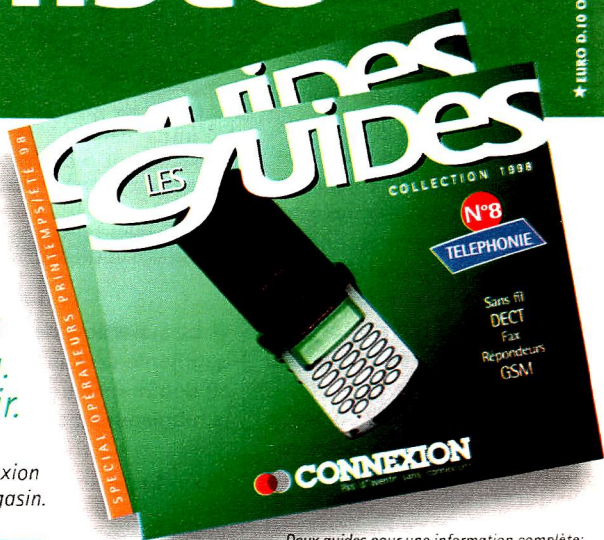
jamais simpliste

NOUVEAUX GUIDES TÉLÉPHONIE

*Aujourd'hui sur le marché,
il existe 998 solutions
pour garder le contact mais
917 ne sont pas au niveau.
Il en reste 81 pour mieux choisir.*

Comme tous les guides Connexion
les nouveaux guides téléphonie sont gratuits. Demandez les en magasin.

PRIX APPEL LOCAL
N° Azur 0 801 30 30 30



Deux guides pour une information complète:
un pour tout savoir sur les matériels,
l'autre pour tout connaître des opérateurs.



CONNEXION

Pas d'avenir sans connexions



Les cicatrices de ce cachalot sont un élément de séduction.

ZOOLOGIE

Glorieuses balafres

Les mâles de certaines espèces de cétacés odontocètes (pourvus de dents et non de fanons) arborent fièrement leurs balafres. Selon Colin

MacLeod, de l'université de Glasgow (Ecosse), chez le narval, le cachalot ou le dauphin de Risso, les cicatrices sont un indicateur de la "qualité" des mâles.

Pour séduire une femelle, ceux-ci se provoquent dans de violents duels où ils se servent de leur dentition. Car, depuis que ces espèces ne se nourrissent plus que de tendres mollusques, leurs dents ont évolué pour devenir de redoutables armes. Les blessures sont profondes. Les cicatrices montrent donc que celui qui les arbore est capable de se battre et surtout de survivre.

Paradoxalement, les cicatrices des vieux séducteurs participent au maintien de la paix : les mâles inexpérimentés, ou trop faibles, ne se frottent pas aux balafrés. G. M.

LES POULES AIMENT LA TÉLÉ

● La télévision et les images vidéo rendent les poules élevées en batterie moins anxieuses et moins agressives, elles ne se mutilent plus, affirme Bryan Jones, de l'institut Roslin, en Ecosse. Sur un téléviseur placé à l'extérieur des cages, des images de nourriture ou d'oiseaux défilent pendant dix minutes tous les jours. Dès que la télé s'allume, les poules se dirigent vers l'écran et "contemplant" sans relâche les images. « Nous n'avons pas encore mesuré les conséquences sur la production d'œufs, mais, si les poules sont moins anxieuses, celle-ci devrait augmenter », conclut Bryan Jones. Ch. C.

TOURISME

Hautes lumières de Vanoise



Les sujets de photo (ici, une chenille) ne manquent pas pour les amateurs de nature.

Pour les amateurs de nature et de photographie, le parc national de la Vanoise organise, les 21 et 22 juillet, des randonnées encadrées par des gardes moniteurs du parc et des photographes professionnels. Les clichés seront exposés dans le parc sur une structure en bois de 200 m de longueur.

Tél. : 04 79 62 30 54.
<http://www.vanoise.com>

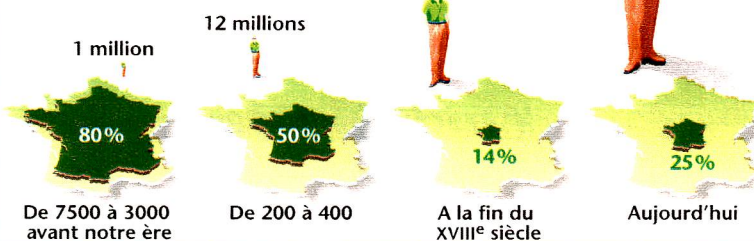
● Ont collaboré à cette rubrique :
Christelle Célarié,
Valérie Greffoz,
Géraldine Magnan,
Cyrille Vanlerberghe.

REBOISEMENT

LA FORÊT S'AGRANDIT

■ La superficie de la forêt française augmente depuis la fin du XVIII^e siècle...
au détriment de sa diversité :
le reboisement se fait en résineux.

58 millions
d'habitants



SALOMON X-Mountain Adventure

Ça paraît impossible à faire... et c'est pour ça que vous allez le faire !



The European Nature Race®



Les 21, 22 et 23 août 1998,
étape française finale européenne.

Jump

6 étapes en Europe		Partenaire Officiel	Liberté action sports
8, 9, 10 mai en Espagne 5, 6, 7 juin en Ecosse 19, 20, 21 juin en Suède/Royaume-Uni 7, 8, 9 juillet en Autriche/Allemagne 21, 22, 23 août en France		RAID GAULOISES	35 heures non-stop par équipe de 3 plus un joker. De la course d'orientation, du canoë, de la descente en rappel, du VTT... Et des inscriptions au Raid Gauloises à gagner pour les meilleurs Salomon X Mountain Adventure : ça paraît impossible à faire... et c'est pour ça que vous allez le faire !
Renseignements sur le SALOMON X MOUNTAIN ADVENTURE sur internet : www.salomonnsports.fr , 3615 Outdoor (2,23 F la minute) ou Saga d'Adventures 01 41 08 14 63			



SALOMON

par Germain Chambost



L'œil qui écrit

Grâce au système informatique Deltavision, les tétraplégiques peuvent se servir de leurs yeux pour écrire ou pour feuilleter un livre.

L'association Delta 7, dont le but est d'aider les grands handicapés, innove dans le numéro du premier trimestre 1998 de son bulletin, *les Nouvelles de Delta 7*. Certains des articles n'ont pas été écrits classiquement, sur un ordinateur, une machine à écri-

re, ou à l'aide d'un stylo. Ils ont été rédigés par de grands handicapés avec leurs yeux...

Deltavision est un système informatique qui permet à un handicapé privé de l'usage de ses membres supérieurs de communiquer : du regard, il sélectionne sur l'écran les fonc-

tions dont il a besoin. Des messages sonores le guident jusqu'à ce que la caméra associée au système repère son œil. Il fixe alors cinq points lumineux sur le tableau de désignation qui s'inscrit sur l'écran, afin que le système calibre

son œil et s'y adapte. Les multiples applications de Deltavision s'affichent alors automatiquement.

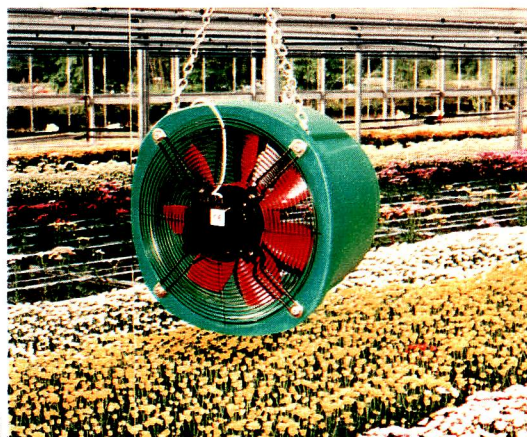
Le handicapé fixe la première lettre de chaque application, et celle-ci apparaît. Sans contact avec la machine, il peut ainsi lire des livres, dont les pages se tournent à sa demande, participer à des forums en recevant les interventions des participants sous forme picturale, répondre de la même manière, se brancher sur Internet, écouter de la musique, etc.

Avantage sur d'autres systèmes : il suffit que l'utilisateur fixe une seule lettre du regard pour que la machine réagisse. Chaque opération prend moins d'une seconde. Pour rédiger un texte, le handicapé peut donc écrire soixante caractères à la minute. Quatre centres Deltavision sont implantés en France, à Marne-la-Vallée (en Ile-de-France), au Mans, à Nantes et près de Bordeaux. La version multimédia de cette machine est en cours d'expérimentation depuis janvier dernier.

DR

Deltavision vise à améliorer l'autonomie des grands handicapés tels que les tétraplégiques, notamment les jeunes victimes d'accidents de la circulation ou de maladies invalidantes apparues dans leur prime enfance. Le système devrait pouvoir être installé à domicile.

D.R.



ELEVAGE

Insectes dans le vent

Le ventilateur de la firme britannique Thermal Engineering System chasse souffle au loin les insectes qui pullulent dans les laiteries, les salles de traite des vaches, les étables, les poulaillers, les entrepôts de pommes de terre, les serres horticoles...

Le souffle du rotor prend la forme d'un cône qui va en s'évasant, et des mou-

vements d'air tourbillonnants se produisent autour du jet principal, ce qui active la circulation sur toute sa portée. D'après le constructeur, la consommation du ventilateur est faible : 400 watts. Baptisé Agricultural Jetfan, il peut être installé sur le sol, suspendu à un mur ou au plafond. Assez compact (58 cm x 58 cm x 46 cm), il ne pèse que 15 kg.

Un ventilateur pour chasser les insectes.

SCOOTER SOUS-MARIN

● L'exploration sous-marine à faible profondeur est désormais presque à la portée de tous. Implantée en Martinique, la société Fotomak commercialise une sorte de scooter, le Bob, doté d'une bouteille d'air comprimé placée à l'avant. Celle-ci débite l'air dans une bulle d'observation en plastique transparent qui coiffe le conducteur. L'autonomie est de cinquante minutes.



D.R.

INFORMATIQUE

L'ordinateur du XXI^e siècle

NEC va développer un ordinateur mille fois plus rapide que le plus rapide des super-ordina-

teurs actuels, qui devrait être disponible vers 2002. Cet "ultra-ordinateur", comme l'ont baptisé les responsables du groupe japonais, pourra effectuer 32 000 milliards d'opérations à la seconde. Il sera doté d'une mémoire de 4 000 milliards d'octets et se composera de milliers d'unités centrales fonctionnant en parallèle.

L'ultra-ordinateur répond à une commande de l'agence japonaise de la science et de la technologie, dans le cadre d'un programme de recherche sur les conséquences du réchauffement de l'atmosphère et sur les moyens de prévenir les catastrophes naturelles.

EQUIPEMENT AUTO

TAPIS-VENTOUSE

■ Développé par la firme britannique Anglia Industrial Movements, le Non-Slip Dash Mat est un tapis adhésif qui empêche les objets de glisser et de tomber. On peut par exemple le placer sur le tableau de bord d'une voiture et y poser un téléphone cellulaire, des clefs, de la monnaie, des lunettes... Fabriqué en matière synthétique à

base de trente produits chimiques, non toxique, antireflet, il conserve ses caractéristiques entre - 20 °C et + 65 °C. Proposé en bandes de 1,95 m x 2,20 m, il se découpe avec des ciseaux.

Autres utilisations possibles : la navigation de plaisance, ou l'industrie, pour maintenir des outils dans un environnement soumis à des vibrations.

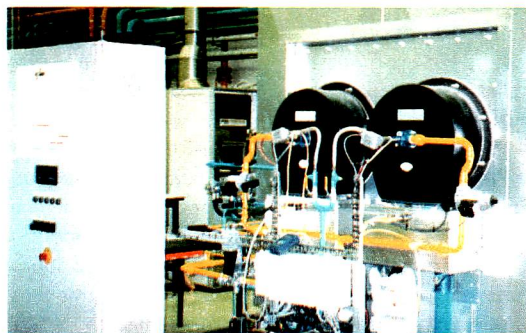


D.R.

POUBELLES ANTI-TERRORISTES

● La société française Denizet commercialise des corbeilles à détritus capables de résister à la détonation d'un engin explosif. Baptisées Paraboum, elles sont constituées d'une enveloppe multicouche très résistante. Le souffle de l'explosion est canalisé vers le haut, ce qui met les passants à l'abri des blessures et des brûlures. Denizet se dit capable de blinder les corbeilles existantes.

La société propose aussi des couvercles à croisillons, qui empêchent l'introduction d'objets de grande taille, donc plus dangereux. Une arme de dissuasion contre les terroristes qui déposent leurs engins meurtriers dans les poubelles publiques.



Une chaudière qui économise 60 % de combustible.

CONSOMMATION

Verre antialcoolique



Il existe plusieurs verres prédosés pour les hommes et les femmes.

La société FUTURATION a mis au point un "verre doseur" adapté à plusieurs catégories de boisson alcoolisée (bière,

vin, champagne et apéritif). Un graphique gravé sur la paroi illustre des statistiques du ministère de la Santé. Pour connaître le

taux d'alcoolémie qui correspond à un volume de boisson alcoolique, on doit prendre en compte plusieurs paramètres : le sexe, le poids du buveur, le degré d'alcool de la boisson. Grâce à ce procédé, chaque verre est prédosé à 0,15 g/l d'alcoolémie.

Le graphique relie une échelle horizontale de poids à une échelle verticale de degré d'alcool. Il suffit de remplir le verre jusqu'au croisement des deux échelles. Le procédé vient d'obtenir la médaille d'argent au Salon international des inventions de Genève. H. L.

COMBUSTION

Chaudières moins polluantes

L'entreprise britannique Stordy Combustion Engineering affirme avoir mis au point des brûleurs pour fours et chaudières qui émettent 70 % d'oxydes d'azote de moins que les brûleurs traditionnels. Ils permettraient également d'économiser jusqu'à 60 % de combustible,

tout en fournissant une puissance calorifique équivalente à celle des équipements actuels.

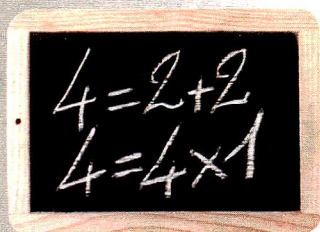
Baptisée NOx-Bêta, la gamme de ces brûleurs comprend des équipements dont la puissance s'échelonne de 200 kW à 600 MW. La société britannique se montre discrète sur ses techniques. Il semble que, pour l'un des types de four, elle chauffe l'air préalablement à son mélange avec le carburant. Et que, pour l'autre type, elle procède à un mélange air-carburant avant l'injection dans le four. Dans les deux cas, on récupère une grande partie de la chaleur des gaz de combustion, généralement perdue.

L'aspirateur autonome d'Electrolux.



ASPIRATEUR MAINS LIBRES

● La société Electrolux a conçu un aspirateur ménager autonome, en forme de disque, qu'il est inutile de guider à la main. Un petit radar de navigation détecte les obstacles.



De ces 2 vérités MATHÉMATIQUES, ? laquelle est la plus vraie ?

Logiquement, ces deux propositions se valent. Mais en matière de tenue de route, Audi a démontré que la seconde est la plus pertinente. Et de loin.

Prenez un virage abordé trop vite par rapport à son rayon et à l'adhérence de la chaussée. Les lois de la physique étant malheureusement ce qu'elles sont, un dérapage s'amorce, compliqué d'un écart par rapport à la trajectoire initiale. Si la transmission de la voiture s'effectue sur un seul essieu, le phénomène prend alors de l'ampleur plus tôt qu'avec une transmission intégrale, autant du fait de la force centrifuge, que du fait de la

Fig.1 Sur-virage / Sous-virage.



force motrice appliquée aux roues. C'est pourquoi, dans de telles circonstances, la trajectoire d'une voiture à motricité avant (traction) tend à s'élargir : c'est le sous-virage. A l'inverse, une voiture à roues arrières motrices (propulsion) tend à accentuer l'effet du braquage : elle sur-vire. Si le conducteur est pris au dépourvu, le tête-à-queue n'est pas loin.

Traction ou propulsion ?

On a longtemps glosé sur les mérites et les inconvénients respectifs de ces deux modes de transmission. Jusqu'à ce qu'Audi mette tout le monde d'accord en lançant en 1980 la transmission permanente sur les quatre roues. Grâce au montage d'un différentiel inter-

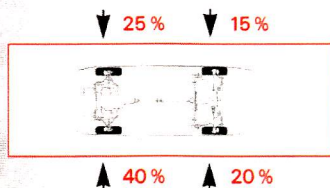
ponts, le système quattro répartit alors de manière égale le couple du moteur entre les deux essieux. Il améliore ainsi la motricité et stabilise le comportement de la voiture en cas de brusque changement des conditions d'adhérence et assure un meilleur guidage latéral en courbe.

Ainsi équipés, les coupés Audi quattro révolutionneront

les rallyes au début des années 80. La division par moitié du couple entre les roues avant et arrière prouva son efficacité par ses succès sportifs, qui contraignirent toutes les marques rivales à se conformer à cette technologie.

Mais ces brillantes victoires constituèrent seulement la première étape d'un processus qui mènera le système quattro au bout de sa logique : fournir à chacune des quatre roues le couple qui correspond exactement à son potentiel d'adhérence. Ni plus, ni moins.

Fig.2 Répartition du couple

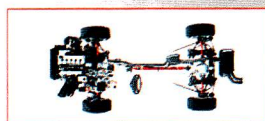


Un pas important vers cet idéal fut franchi en 1986 avec le montage d'un différentiel inter-ponts perfectionné, capable de faire varier la répartition du couple entre 25 et 75% selon les besoins, et non plus seulement par moitié. Enfin, le fonctionnement de ce dispositif purement

mécanique sera affiné et complété grâce aux récents progrès de l'électronique embarquée, qui ont permis de lui-adjointre un ensemble de contrôles très sophistiqué, géré par un puissant calculateur.

Analysant en permanence plus de soixante paramètres, il intervient sur le freinage, le différentiel (EDS) et l'accélérateur dès qu'il détecte une perte d'adhérence sur l'une des roues, maîtrisant ainsi le comportement de la voiture, dans le sens transversal comme le fait l'ABS - dont les Audi équipées du système quattro sont bien évidemment dotées - mais aussi dans le sens longitudinal.

Fig.3 Moteur longitudinal en porte-à-faux avant.



Au volant, si chevronné et vigilant soit-on, il est parfois impossible de prévoir la flaque d'eau ou la plaque de verglas embusquée dans un virage, le camion-benne trop chargé qui répand une trainée de sable derrière lui, le sanglier qui traverse sans s'assurer que la voie est libre ou la fausse manœuvre du conducteur de la voiture qui vous précède.

La vie étant faite de hasards, le quattro est donc là pour vous permettre d'en maîtriser certains, en vous offrant plus de sécurité pour vous mais aussi pour les autres. Car votre Audi est pensée pour des choses auxquelles vous n'aviez jamais pensé.



Votre Audi est pensée pour des choses auxquelles vous n'aviez jamais pensé.

POLICE

La banque des portraits-robots

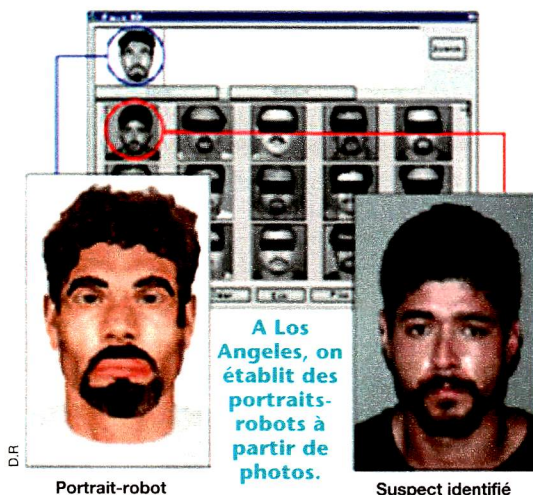
Etabli d'après les souvenirs de la victime ou ceux des témoins, le portrait-robot d'un suspect est quelquefois imprécis. Et le dessin effectué par un dessinateur professionnel peut même accentuer ces imprécisions.

En revanche, le recours à une banque de données photographiques répertoriant les caractéristiques des visages humains donne de bien meilleurs résultats, si l'on en juge par les essais comparatifs de la police de Los Angeles.

Le policier sélectionne des fragments de photographie qui concordent avec les indications four-

nies par le témoin. Puis il collationne les détails pour obtenir de l'ordinateur un tracé du visage, grâce au

logiciel de la société ImageWare Software. L'opération ne prend que quelques dizaines de minutes.



Portrait-robot

Suspect identifié

THERMOMÉCANIQUE

3200 °C
en vingt secondes !

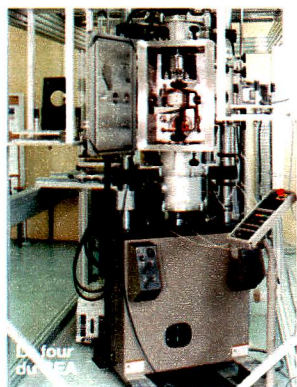
Un laboratoire de la Direction des applications militaires du Commissariat à l'énergie atomique, situé au Ripault (Indre-et-Loire), a mis au point un four qui permet d'atteindre 3200 °C en vingt secondes.

Un tel four est particulièrement utile pour tester, par exemple, les composites carbone-carbone qui servent à fabriquer les pointes ou les revêtements des corps de rentrée dans l'atmosphère des missiles ou des engins spatiaux.

Certes, les fours classiques permettent d'obtenir des températures de cet ordre, mais en plusieurs dizaines de minutes, alors que l'échauffement d'un corps de rentrée est infiniment plus rapide. Or, les propriétés mécaniques des matériaux à base de carbone sont altérées par les températures élevées. D'autant que, si la surface du revêtement est portée à

plusieurs milliers de degrés, la température décroît très vite dans l'épaisseur du matériau, ce qui provoque des tensions et des contraintes.

Le four du CEA pourrait trouver des applications dans d'autres domaines que l'espace ou l'armement. Les freins au carbone des voitures de Formule 1, des avions, ou bientôt des trains, sont eux aussi soumis à des contraintes thermomécaniques importantes, quoique inférieures à celles des engins spatiaux.



CEA

L'ORDINATEUR
OBÉIT
AU DOIGT

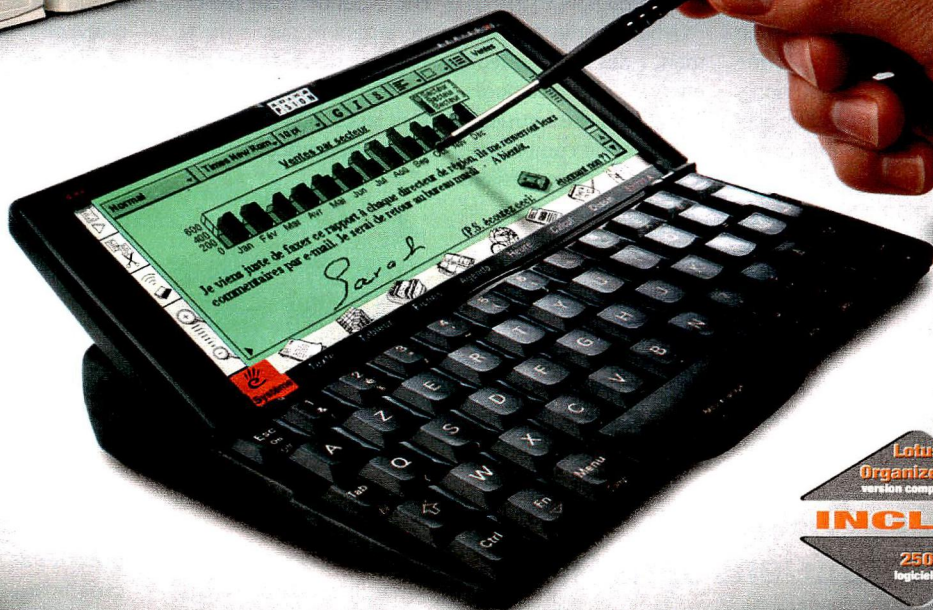
● Plus besoin de mot de passe pour brancher son ordinateur : il suffit de poser le doigt sur l'écran ou sur le clavier pour être reconnu par la machine et autorisé à s'en servir. Mis au point par la société américaine Who?Vision (Irvine, Californie), TactileSense System fonctionne à l'aide d'un film électro-optique de la taille d'un timbre-poste. Le film capte les petits champs électriques du doigt, ce qui permet d'établir une image des empreintes digitales de très haute résolution, sans que taches, graisse, etc., perturbent la lecture. L'image est alors comparée à celles des utilisateurs autorisés, qui se trouvent dans la banque de données du système de sécurité de l'ordinateur.

Sur le clavier de l'ordinateur, un procédé électro-optique reconnaît l'empreinte de l'utilisateur autorisé.



D.R.

Pourquoi Psion est-il leader des ordinateurs de poche ?



Mettez le dans votre poche... Et vous comprendrez.

www.pSION-fr.com

Avec un Psion Series 5, vous pouvez à tout moment gérer vos contacts, saisir vos textes, envoyer des fax, consulter votre messagerie, enregistrer des messages vocaux et l'utiliser pour mille autres tâches. Grâce au design unique de son clavier breveté, vous pouvez travailler comme si vous étiez sur un clavier d'ordinateur de bureau. Avec une facilité et une rapidité de saisie incomparables.

Le Series 5 est livré avec les familles d'applications Office, Connectivity et

Organiser. Et avec Lotus

Organizer pour PC inclus*, c'est une offre à saisir rapidement.

A partir de 4 990 F.

PSION OFFICE™

Une gamme de logiciels bureautiques, compatibles Windows®, comprenant un traitement de texte puissant et complet (fourni avec vérificateur d'orthographe), un tableur sophistiqué, un logiciel de dessin et un logiciel de présentation (optionnel), tous totalement compatibles avec leurs équivalents de bureau de chez Microsoft, Lotus et Corel.



PSION CONNECTIVITY™

Reliez le Psion Series 5 à votre PC et vous pouvez facilement échanger des fichiers avec la quasi-totalité des principales applications Windows. Pointez votre Series 5 vers une imprimante infrarouge et vous imprimez directement vos documents. Connectez un modem, et vous pouvez faxer, utiliser votre messagerie électronique et surfer sur Internet.

PSION ORGANISER™

Gérez vos rendez-vous et vos fichiers avec le meilleur gestionnaire d'emploi du temps jamais conçu. Visualisez votre planning quotidien, hebdomadaire ou même annuel. Stockez facilement des milliers de noms, d'adresses et de numéros de téléphone. Et synchronisez toutes ces informations avec votre agenda de bureau, dans la plus grande simplicité.



Documentation gratuite au 01 53 41 12 36

POINTS DE VENTE : AUCHAN-MANICOUH - BOULANGER, BOUTIQUES AÉROPORTS DE PARIS, ENTREPÔL, FRUG, GALERIES LAFAYETTE PARIS, HYPERMARCHÉ INMAC, J.M. BRUNEAU LA SARTRE, METRO, OFFICE DÉPÔT, SURCOUF CERTAINS MAGASINS BHV - LES CENTRES AEROSPACE PSION

* Pour voir l'offre complète aller sur www.pSION-fr.com

* Pour l'achat de tous les logiciels aller sur www.pSION-fr.com

PSION

SERIES 5

AVEC VOUS. PARTOUT.

AUTOMOBILE

Airbags "intelligents"

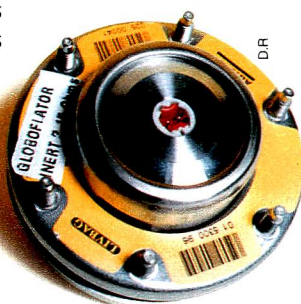
Le gonflage des airbags s'effectue grâce à un petit générateur de gaz qui fournit la pression nécessaire. La combustion d'un propergol dans une chambre de combustion y est déclenchée par un allumeur, qu'active la décélération brutale due au choc.

Les propergols sont des carburants solides employés dans les fusées et les missiles. C'est ce qui explique l'implication de la Société nationale des poudres et explosifs dans la société Livbag, joint-venture entre la SNPE et

Autoliv (Suède), qui fabrique en France des générateurs de gaz pour airbags.

Livbag étudie actuellement des générateurs encore plus élaborés. Constitués de plusieurs chambres de combustion, ils fourniront des pressions de gaz mieux dosées, les allumeurs étant pilotés par des signaux électroniques. Le gonflage ne sera plus standard, comme aujourd'hui, mais s'adaptera à la stature et au poids du pilote ou

du passager, à sa position au moment de l'impact, ainsi qu'à l'intensité du choc. Ces données seront déterminées par la position du siège et par un peson. Si certains sièges sont inoccupés, les airbags ne seront pas activés.



Générateur de gaz.

INFORMATIQUE

Techniciens sans fil

Fin, dans les ateliers de montage, les liaisons par fil entre le calculateur central et les terminaux portables des techniciens... Des entreprises américaines du secteur aérospatial commencent à utiliser des transmissions sans fil similaires à celles des téléphones cellulaires. Surtout pour les techniciens du contrôle de qualité de la production, qui recourent fréquemment aux banques de données du calculateur central de la société.

Avantages du sans-fil : une mise en place facilitée et une grande souplesse d'emploi. Le coût est équivalent à celui d'un système classique, qui nécessite d'importantes mesures de protection du câblage de liaison, pour parer aux accidents qui surviennent

dans les chaînes de montage (chutes d'objets, engins qui se déplacent dans la zone, etc.). Les fréquences sont bien entendu choisies

de manière qu'elles soient insensibles aux perturbations électromagnétiques des appareils en fabrication – avions, satellites, sous-ensembles ou équipements divers.

CHARPENTES EN PLASTIQUE

● De vieux combinés de téléphone ou des berlingots de lait reconvertis en chevrons, panneaux et solives : tel est la prouesse accomplie par des chercheurs du CSIRO, l'organisme officiel de recherche australien.

Le matériau est deux fois plus résistant et trois fois plus rigide que les polymères à partir desquels il est fabriqué. De plus, à la différence du bois, il n'absorbe pas l'eau, donc ne pourrit pas, et ne présente pratiquement aucun des défauts qui sont les points faibles des charpentes en bois.

MOBILIER

FAUTEUILS GONFLABLES

■ La société suédoise Ikéa commercialise des meubles en plastique gonflables à l'aide d'un sèche-cheveux. Dégonflés, ils sont peu encombrants : on peut les ranger dans un tiroir.

Façonnés d'une seule pièce en polyoléfine, canapés, fauteuils et repose-pieds ne risquent pas de fuir et conservent leur forme durant des mois, voire des années..



Canapé gonflé au sèche-cheveux.

TÉLÉCONFÉRENCES

Qui parle?

Quand plusieurs personnes participent à une téléconférence, comment identifier immédiatement celui qui parle? Des chercheurs des laboratoires japonais Fujitsu affirment y être parvenus. Leur système fait appel à trois micro-phones et à deux caméras vidéo, placés au-dessus de l'écran du système de téléconférence et associés à un ordinateur qui traite les signaux.

Le ordinateur repère l'orateur de la même manière qu'on situe l'épicentre d'un séisme en analysant les ondes sou-

La précision du repérage atteint 75 %.

terraines. Ici, c'est le niveau des ondes sonores qui est analysé. Et, pour déterminer d'où le son est parti, on mesure le temps qui s'écoule entre son émission et sa réception.

Le ordinateur a aussi en

mémoire diverses formes de visages, afin de faciliter le repérage de l'orateur. Les caméras zooment alors sur lui, et le système atténue les bruits et les autres voix qui pourraient brouiller ses paroles. Dans

ces conditions, une téléconférence gagne en efficacité : selon les chercheurs, la précision du repérage atteint 75 %. Elle diminue lorsque le contraste entre la couleur ambiante (mur de la salle, par exemple) et la couleur de la peau du locuteur n'est pas assez prononcé, sauf si celui-ci est placé en face des caméras.

● A collaboré à cette rubrique :
Hélène Levezielle.



Font Vital : toute la science au profit de votre remise en forme

Stressé, fatigué ou manquant de punch, vous souhaitez retrouver vitalité et enthousiasme ?

Bien plus qu'une simple remise en forme, Font Vital vous propose des formules de séjours uniques aux effets aussi durables que bénéfiques. Plus dynamique, plus positif et mieux dans votre peau : l'effet Font Vital est le fruit d'une démarche de scientifiques de haut niveau.

Bien dans votre tête, bien dans votre corps

Parce que corps et esprit sont indissociables, Font Vital alterne sports, loisirs et jeux en assurant un suivi scientifique. Médecins, kiné, professeur d'activités physiques et sportives, diététicien et psychologue vous font progresser chaque jour de façon optimale.

Des stages personnalisés ouverts à tous

En 3, 7 ou 14 jours, les stages Font Vital sont personnalisés selon vos aptitudes physiques.



A Font Romeu, capitale de la forme olympique

Cette station offre un micro climat unique au monde. Font Vital vous en fait profiter, mettant ainsi tous les atouts de votre côté.

FONT VITAL

Demandez notre brochure gratuite :
37, bd Nungesser et Coli - 66000 Perpignan
Tél : 04 68 68 51 52

ACTUALITÉ MÉDECINE

par Philippe Chambon

On a appris à des cellules
immunitaires
dendritiques à lutter
contre le cancer.

Dr ENGLEMAN

Cancer : les armes de l'autodéfense

Les tentatives d'immunothérapie contre le cancer n'ont pas donné grand-chose. L'espoir renaît, grâce à deux expérimentations récentes, l'une suisse, l'autre américaine.

Les résultats de deux nouvelles tentatives de vaccination thérapeutique contre le cancer viennent d'être publiés par la revue britannique *Nature Medicine*. Ces deux essais visent à dresser certains lymphocytes du système immunitaire contre les cellules cancéreuses.

La première expérience,

menée par Frank Nestlé, à Zurich (Suisse), consiste à cultiver des cellules immunitaires dites dendritiques avec des fragments de cellules tumorales du patient. Cette opération force les cellules dendritiques à exhiber les antigènes tumoraux à leur surface. Elles sont alors injectées dans

un ganglion lymphatique, où elles informent les lymphocytes de la nature des cellules cancéreuses qu'elles doivent combattre. Cinq des seize patients ainsi "vaccinés" ont vu leur tumeur régresser. Chez deux d'entre eux, la régression a été totale pendant au moins un an.

Pour provoquer la réaction immunitaire, la seconde expérience, conduite par Steven Rosenberg, à Bethesda (Etats-Unis), transforme des antigènes de la tumeur du patient pour les rendre plus facilement identifiables par ses lymphocytes. Ils sont ensuite injectés avec de l'interleukine 2, substance clef de la défense de l'organisme. 42 % des patients ainsi traités ont connu une amélioration.

Ces cocktails pourront-ils devenir des traitements efficaces ? Il est trop tôt pour le dire, mais ils ouvrent des perspectives nouvelles, que de nombreux chercheurs ne manqueront pas d'explorer.

PHARMACOLOGIE

La douleur court-circuitée

Des chercheurs japonais viennent de découvrir une molécule pleine de promesses pour la lutte contre la douleur.

La nocistatine, une petite protéine qui se trouve à l'état naturel dans le système nerveux, empêche la transmission des sensations désagréables au cerveau. Elle pourrait remplacer avantageusement d'autres médicaments, comme la morphine, car elle n'induirait ni dépendance ni accoutumance.

Les effets de la nocistatine n'ont encore été testés que sur la souris. On saura bientôt si elle agit aussi chez l'homme. O.B.

AMBULANCE DE BROUSSE

● Simple, efficace, économique, cette "mobylette-ambulance" est destinée à la brousse du Burkina. C'est Velay-Burkina, une organisation non gouvernementale de Haute-Loire, qui a conçu ce véhicule parfaitement adapté aux besoins locaux.



Ambulance sur mesure pour le Burkina.

TROISIÈME ÂGE

Rester chez soi

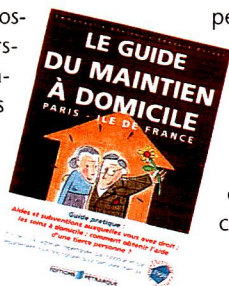
Les personnes âgées préfèrent rester chez elles le plus tard possible, même lorsqu'elles sont malades et qu'elles ont perdu leur autonomie.

Comment trouver une

aide à domicile ? Quelles sont les subventions qui permettent d'y accéder ?

Quels sont les organismes et les associations qui se consacrent au main-

tien à domicile ? Les réponses se trouvent dans le *Guide du maintien à domicile* que viennent de publier les éditions Pétrarque. Il est encore malheureusement limité à l'Ile-de-France.



INSTRUMENTATION

Le stéthoscope intelligent

Le stéthoscope n'avait pratiquement pas évolué depuis son invention en 1862. Un médecin, Gaëtan Terrasse, et un ingénieur, Jean-Louis Burdeau, ont donc décidé de le faire entrer dans l'ère de l'élec-

trique et du numérique.

Leur Dolphine Clinique marche à piles. Il offre la possibilité d'écouter séparément o u

simultanément les poumons et le cœur. Il peut également amplifier les signaux et éliminer les bruits des autres organes.

Une version numérique, actuellement à l'étude, sera reliée à un ordinateur qui enregistrera et analysera les données recueillies par l'appareil.

Ce stéthoscope électronique permet d'isoler le signal cardiaque.



L'INFARCTUS DE LA DÉPRESSION

● La tension artérielle, le cholestérol, l'excès de poids, le diabète et, bien sûr, le tabac sont les causes les plus fréquentes de l'infarctus. Cependant, depuis quelques années, de nombreux travaux ont mis en évidence le rôle de la dépression nerveuse dans cette affection. L'équipe de Robert Carney, de l'université Washington, à Saint Louis (Etats-Unis), a trouvé l'explication. La dépression nerveuse perturbe la chimie du cerveau et provoque la sécrétion de certains neurotransmetteurs qui accélèrent le rythme cardiaque. P. R.



UNE NOUVELLE ARME CONTRE LE PALUDISME

● Pour lutter contre la résistance croissante aux traitements classiques de *Plasmodium falciparum*, le parasite responsable du paludisme, des chimistes chinois avaient isolé une nouvelle molécule, l'artémisine (issue de l'artémise). Malheureusement, cette substance est difficile à produire et vite dégradée par l'organisme. Des chercheurs de l'université Johns Hopkins, à Baltimore (Maryland), affirment être parvenus à synthétiser une molécule du même type, possédant les mêmes effets, mais deux fois plus facile à fabriquer. Les premiers tests de toxicité seraient satisfaisants.

DIAGNOSTIC

Pourquoi on est mauvais élève

Afin de diagnostiquer précisément l'origine des troubles d'apprentissage à l'école, une équipe de l'INSERM, dirigée par Claude Chevrier-Muller, a mis au point un questionnaire destiné aux médecins. "Pédiatrie-scolarité" permet de

déterminer rapidement si les difficultés scolaires sont d'ordre médical (déficits sensoriels, bégaiement, dyslexie, mutisme), environnemental (sévices, faible niveau

socio-économique et culturel) ou si elles relèvent d'une étiologie mixte.

Grâce à ce diagnostic, l'enfant peut être rapidement orienté vers un établissement adéquat. P. R.

IMMUNOLOGIE

Sida : doper l'immunité

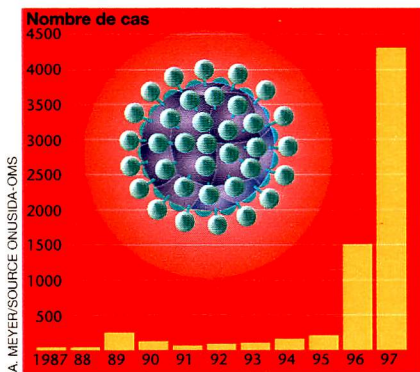
● Ont collaboré à cette rubrique : Olivier Blond, Pierre Rossion.

Les trithérapies contre le virus du sida ont remporté quelques beaux succès : réduction importante de la charge virale, remontée des lymphocytes CD4. Malheureusement, le virus parvient encore à leur échapper. Il est impératif

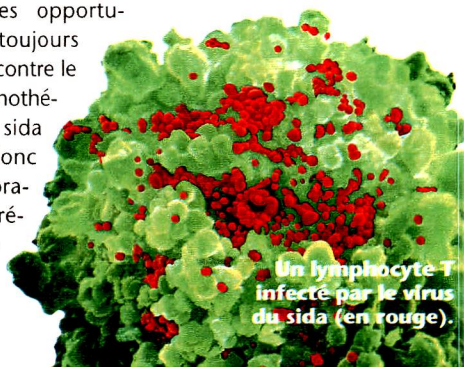
de concevoir des antirétroviraux encore plus puissants ; mais il faut aussi se pencher sur l'aspect proprement immunitaire.

Quand le traitement antiviral est efficace, le taux de CD4 remonte, mais ces lymphocytes, actifs contre les germes responsables des maladies opportunistes, sont toujours impuissants contre le VIH. L'immunothérapie du sida s'oriente donc vers l'amélioration de la réponse immunitaire.

Plusieurs essais, notamment en France, associent l'interleukine, substance clef de l'immunité, aux trithérapies. Il ne s'agit que de tests préliminaires, mais ils entretiennent l'espoir d'une reconstitution des défenses de l'organisme contre le virus.



Le sida fait des ravages en Russie depuis 1996. Ci-contre, l'évolution du nombre de cas diagnostiqués chaque année.



Un lymphocyte T infecté par le virus du sida (en rouge).



SI LES SYMPTÔMES PERSISTENT, RESSORTEZ VOTRE MOTO

Assurance moto+voiture : -25%

Un motard en voiture, c'est par définition un motard qui a laissé sa moto au garage, et vice et versa. Il n'est pas normal de lui faire payer l'assurance de ses deux véhicules au prix fort. Ainsi, si vous êtes l'unique conducteur d'une moto et d'une voiture, nous vous proposons le contrat Solo qui vous offre 25% de réduction sur vos cotisations. Ou bien, si vous êtes 2 conducteurs pour 3 véhicules (dont au moins une moto) le contrat Duo : - 20% sur vos cotisations.

Téléphone 04 67 04 72 04 - Minitel 36 15 AMDM - Internet <http://www.amdm.fr>



Pour les motards,
la commission Stop-Voil
teste chaque année les U
et chaînes antivol
et recommande
les plus performants

**LA MAÎTRISE
CONDUIT AU PLAISIR**



TERRORISME

■ Comme pour tout rassemblement de foule médiatisé, les autorités françaises redoutent des attentats pendant la Coupe du monde de football. Particulièrement ceux que pourraient perpétrer des terroristes munis d'armes biologiques. Pratiquement indétectables, ces redoutables bacilles et virus déclencheraient le chaos.

PAR PIERRE ROSSION

Concert de rock, rencontre sportive, défilé populaire : toute manifestation qui réunit une foule dense constitue une cible de choix pour les terroristes. D'où les craintes des autorités françaises à la veille de la Coupe du monde de football, qui va attirer des millions de spectateurs, du 10 juin au 12 juillet.

Outre le terrorisme classique à l'explosif, trois types d'attentat sont susceptibles d'être perpétrés : « Il s'agit des terrorismes d'origines

nucéaire, chimique et biologique », explique Claude Waechtel. Chargé de mission au secrétariat général de la Défense nationale, il reconnaît que l'arme biologique est la bête noire des services de sécurité.

Lors de la conférence internationale sur les maladies émergentes, qui s'est tenue en mars dernier à Atlanta (Géorgie, Etats-Unis), le Dr David Henderson, spécialiste du "bioterrorisme" à l'école de santé publique de l'université

Johns Hopkins (Baltimore, Etats-Unis), n'a pas caché que les armes biologiques représentent une menace plus inquiétante que les autres formes de terrorisme, car leur faible coût les rend plus accessibles. Selon Claude Chastel, professeur de virologie à la faculté de médecine de Brest et expert en matière de guerre biologique, « les pays susceptibles d'utiliser des armes de cette sorte sont l'Iran, l'Irak, la Libye et le Kurdistan ».

BIOLOGIQUE

Fantasma ou réalité?



tan. La Russie ne s'impliquerait pas directement dans les attentats, mais pourrait fournir des armes biologiques aux pays qui lui en feraient la demande – à l'Irak, notamment. » A cette liste déjà longue il faudrait ajouter des organisations terroristes telles que les GIA (groupes islamiques armés) ■ ■ ■

Le Mondial en alerte

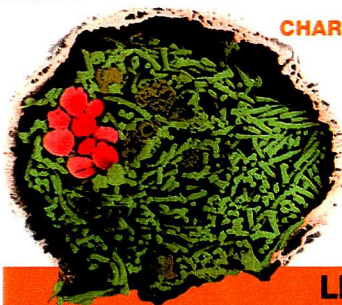
Le match d'ouverture de la Coupe du monde, devant 80000 spectateurs au coude à coude. Une cible potentielle pour un terroriste...

■ ■ ■ et des sectes dites "à dominante apocalyptique".

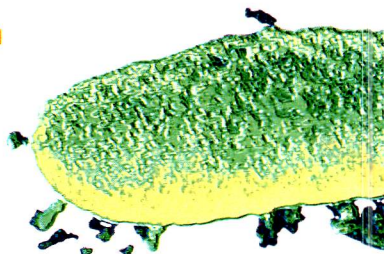
Des menaces précises sont déjà parvenues aux services du Premier ministre britannique, Tony Blair. Rendues publiques en mars dernier, des informations communiquées par un transfuge irakien révélaient que le bacille du charbon aurait été introduit clandestinement dans des marchandises détaxées. L'état d'alerte fut aussitôt déclaré dans tous les ports britanniques.

D'autres craintes se fondent sur le peu de moyens dont on dispose pour détecter ces armes. Il est quasiment impossible d'introduire une bombe classique ou nucléaire ou encore une bonbonne chargée de gaz toxiques dans un lieu public placé sous surveillance. Ces engins seraient vite découverts par les services de sécurité ou repérés par les portiques de détection magnétique. En revanche, à moins de procéder à une fouille intégrale, on ne voit pas comment on pourrait déceler une ampoule contenant des bacilles ou des virus mortels, dissimulée dans un stylo, le revers d'un pantalon ou le talon d'une chaussure.

La seule parade contre l'arme biologique est d'anticiper en détectant tout mouvement terroriste. En France, plusieurs services s'y emploient : la Direction générale de la sécurité extérieure (DGSE), la Direction de la surveillance du territoire (DST), les Renseignements généraux (RG), les compagnies républicaines de sécurité (CRS), l'armée, la gendarmerie et la police.



CHARBON



A. B. DOWSETT/SPL COSMOS

LES ARMES POTENTIELLES

Maladie	Agent	Mode d'introduction	Contamination	Vaccin
CHARBON	Bacille	Voie respiratoire	Par l'haleine et les postillons	Oui (efficacité douteuse)
PESTE	Bacille	Voie respiratoire	Par l'haleine et les postillons	Non
VARIOLE	Virus	Par les muqueuses respiratoires, oculaires, cutanées	Par contact	Oui (mais stocks épuisés)

Les endroits qui se prêtent le mieux au bioterrorisme sont les milieux clos. « Un déséquilibré kamikaze atteint de peste pulmonaire ou, plus banalement, un passager qui rapporte la maladie d'un foyer endémique peuvent contaminer tous les passagers d'un avion. Ces derniers infecteront à leur tour les usagers de l'autobus, du métro et du train », explique le Pr Henri Mollaret, chef du service de la peste à l'Institut Pasteur, à Paris.

Mais les milieux ouverts, comme

les pelouses des concerts de rock, ou semi-ouverts, comme les stades, constituent aussi, du fait de la densité de la foule, des milieux propices à la diffusion d'agents pathogènes.

Le bacille de la peste (*Yersinia pestis*), le bacille du charbon (*Bacillus anthracis*) et le virus de la variole (virus du groupe Pox) figurent au premier rang des armes biologiques potentielles. Ces agents pathogènes sont très dangereux : quelques dizaines de grammes suffisent à contaminer des milliers de personnes. De

Scénario catastrophe

Une foule inhale à son insu le virus de la variole. Cinq jours plus tard, les individus deviennent contagieux. Au bout de sept jours, les boutons caractéristiques de la maladie apparaissent. A J+8, on prend enfin conscience de l'attentat. A J+9, il est rendu public. A partir de J+10, les malades sont systématiquement isolés.

Les hôpitaux sont vite débordés.



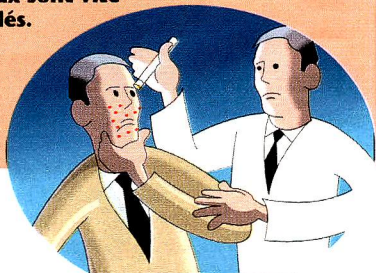
Temps 0

Contamination pendant un concert



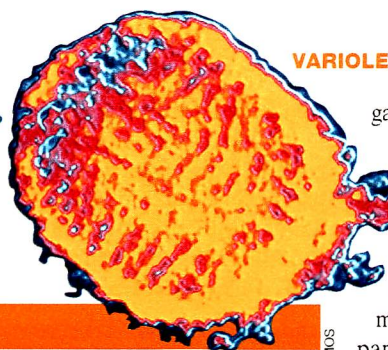
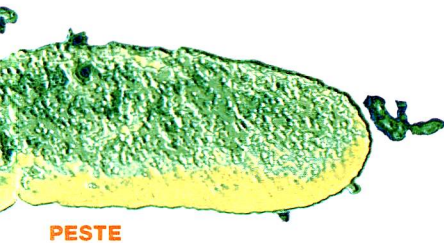
+ 5 jours

Propagation de l'épidémie



+ 7 jours

Premiers cas déclarés



VARIOLE

ganisation mondiale de la santé. le 8 mai 1980, seuls le Center for Disease Control [centre de contrôle des maladies] d'Atlanta et un laboratoire russe de Novossibirsk (Sibérie) qui dépend de l'Académie des sciences sont habilités par l'OMS à en posséder, dans le but de poursuivre des recherches médicales. Les autres laboratoires sont censés avoir détruit leurs stocks. Il est cependant fort probable que de nombreux pays, notamment l'Irak, ont conservé des souches du virus de la variole», reconnaît le Pr Claude Chastel.

DES BIOTERRORISTES

Population	Traitement	Incubation	Conséquences
Non vaccinée	Antibiotiques	de 3 h à 3 jours	Pneumonie atypique mortelle sans traitement rapide
Non vaccinée	Antibiotiques, sulfamides	de 2 à 3 h	Pneumonie mortelle sans traitement rapide
Non vaccinée depuis 1980	Pas de traitement	de 7 à 17 jours	60 % de morts par hémorragie interne. Cécité et cicatrices indélébiles chez les survivants

PHOTOS A. PASIERKA/SPL COSMOS

plus, on peut se les procurer sans trop de difficultés. Le bacille du charbon existe à l'état naturel dans la terre, en particulier dans les sols du pourtour de la Méditerranée. Et les laboratoires du monde entier le stockent dans leurs réfrigérateurs.

Selon les déclarations d'un ex-colonel du KGB, rapportées par le *New York Times* en février dernier, la Russie détiendrait plusieurs milliers de litres de solution de spores de *Bacillus anthracis*. La commission de désarmement de l'Organisation des nations unies a établi que l'Irak en posséderait également en grande quantité. Pour l'obtenir, il lui a suffi de le réclamer sous couvert de recherches médicales. Les souches lui ont été fournies par les Américains, il y a une quinzaine

d'années, quand les relations entre les deux pays étaient au beau fixe.

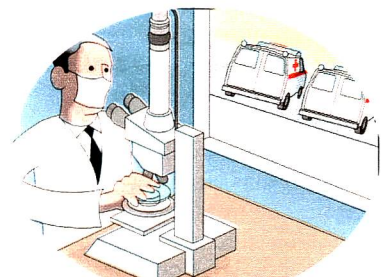
Si la France a également remis le dangereux bacille aux autorités irakiennes, elle est toutefois hors de cause. «Ces souches étaient atténuées, car elles étaient destinées à la vaccination du bétail», précise le Dr Michèle Mock, chef de l'unité Toxines et pathogénie bactérienne à l'Institut Pasteur.

Le bacille de la peste se trouve aussi dans de nombreux laboratoires médicaux. En effet, la maladie sévit toujours à l'état endémique dans des pays tels que l'Inde et Madagascar.

Quant au virus de la variole, il est, en théorie, plus difficile à obtenir. «Depuis la déclaration officielle de l'éradication de la maladie par l'Or-

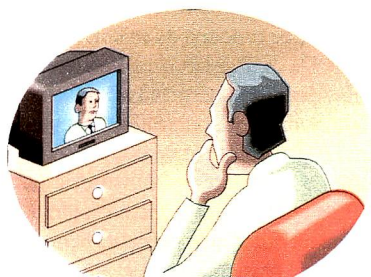
Autre raison de redouter un attentat biologique : l'efficacité des agents pathogènes serait décuplée par l'absence totale de résistance du système immunitaire des personnes contaminées. Et pour cause : le vaccin de la peste n'existe pas, celui de la variole n'est plus disponible. «L'éradication de la maladie a entraîné l'arrêt progressif des vaccinations dans le monde et, corrélativement, la disparition progressive de l'immunité des populations vis-à-vis du virus», signale le Pr Chastel. Quant au charbon, si l'on dispose pour le bétail d'un vaccin mis au point par l'Institut Pasteur à partir d'une souche atténuée, il n'existe pour l'homme qu'un vaccin américain, dont on ne connaît pas vraiment le degré d'efficacité.

Des traitements existent bien ■ ■ ■



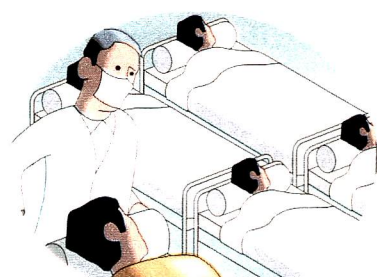
+ 8 jours

Prise de conscience de l'attentat



+ 9 jours

Déclenchement du plan Piratox et annonce par les médias



+ 10 jours

Isolément des malades

■ ■ ■ contre le charbon et la peste, mais ils doivent être administrés rapidement, faute de quoi ces maladies évoluent vers une pneumonie mortelle. En revanche, il n'y a aucun médicament contre la variole.

Enfin, les spécialistes sont conscients de la facilité avec laquelle on peut fabriquer ces armes biologiques. On obtient de grandes quantités de bacille du charbon en le cultivant dans un bouillon d'extraits de viande, tout comme le bacille de la peste. Le virus de la variole doit être cultivé soit sur des embryons de poulet, soit sur des cultures cellulaires d'oiseaux ou de singes, pour être à même de se multiplier fortement. On centrifuge ensuite les cultures, afin d'obtenir des virus sous forme concentrée.

Nous avons volontairement simplifié ces descriptions pour des raisons évidentes de sécurité. Néanmoins, les informations sont accessibles dans la littérature scientifique, et les manipulations proprement dites sont faciles à effectuer dans un laboratoire avec un minimum d'équipement.

La fabrication de l'arme proprement dite ne pose pas davantage de problèmes. On place les spores du charbon, le bacille de la peste ou le virus de la variole dans des ampoules, puis on les lyophilise. On peut ensuite lancer les trois agents pathogènes dans une foule sous forme d'aérosol.

Les premiers symptômes apparaissent au bout de deux à trois heures pour la peste, de trois heures à trois jours pour le charbon, et de sept à dix-sept jours pour la variole. Entre la contamination de la foule et la prise de conscience de l'attentat, les personnes infectées auraient largement le temps de transmettre la maladie à leur entourage. Et, par manque de médicaments, de lits et

d'équipes sanitaires, le plan Piratox (équivalent pour les attentats biologiques du plan Orsec) serait incapable d'enrayer l'épidémie. C'est d'ailleurs à cette conclusion que sont parvenus des experts américains d'agences gouvernementales,



Haute sécurité

Les terribles virus des fièvres hémorragiques ne figurent pas dans l'arsenal des bioterroristes. Seuls des laboratoires de très haute sécurité (ici, à Atlanta, aux Etats-Unis) sont à même de les manipuler.

après avoir envisagé, en mars dernier, le scénario d'une attaque terroriste au moyen du virus de la variole, dans le Sud des Etats-Unis, le long de la frontière mexicaine.

UNE ARME À DOUBLE TRANCHANT

Deux facteurs pourraient cependant dissuader les bioterroristes de passer à l'acte. Le premier réside dans le côté peu spectaculaire d'un attentat à l'arme biologique. « Un acte de ce type n'a de raison d'être que si la mort est vue en direct », estime Jean-Fred Crouzillard, attaché à la cellule communication du cabinet de la défense et de la sécurité civile, au ministère de l'Intérieur. « Les effets d'une arme biologique seraient différés de plusieurs heures, voire de plusieurs jours. »

Second facteur : l'arme biologique est à double tranchant. Elle

tue aussi bien l'agresseur que la victime. Mais des scientifiques russes semblent en mesure de contourner cet écueil. La revue de vaccinologie *Vaccine*, imprimée en Grande-Bretagne, a relaté l'an dernier des résultats pour le moins alarmants.

Une équipe de chercheurs, dirigée par le Pr A. Pomérantsev (institut d'Obolensk, région de Moscou) est parvenue à introduire, dans un bacille du charbon, deux gènes qui gouvernent la synthèse d'enzymes impliquées dans l'hémolyse, c'est-à-dire dans la destruction des globules rouges. Ces deux gènes ont été également placés dans une souche non virulente, employée comme vaccin. Bien que les Russes affirment poursuivre ces recherches dans un but médical, il ne faut pas écarter l'hypothèse de la création délibérée d'une nouvelle arme biologique... Quel autre intérêt pourrait pousser des biologistes à mettre au point un super-vaccin contre

une super-bactérie préalablement conçue par leurs soins ?

Autre bizarrerie : le laboratoire de Novossibirsk qui détient le virus de la variole procède actuellement au déchiffrement du génome de ce virus à des fins prétendument médicales. Là encore, on peut se demander si ces travaux n'ont pas pour finalité la mise au point d'une nouvelle arme et d'un vaccin protecteur.

Dans le futur, des Etats ou des organisations pourraient exploiter d'autres agents pathogènes encore plus redoutables, capables de décimer des populations entières, tels que les virus des fièvres hémorragiques Ebola et Marburg. Cependant, leur manipulation exige des laboratoires de très haute sécurité, comme seuls en possèdent les Etats-Unis, la Russie, la Grande-Bretagne et la France. Les terroristes n'en sont heureusement pas là... ■

Aujourd'hui chez Carrefour

VTT ADULTE TOUT SUSPENDU
X-TREM 950 S

3590^F

200^F/mois avec la carte **PASS***



TOPbike



● 24 vitesses ● Cadre Y en aluminium 2 tailles : 18" ou 20"

● Potence AHEAD SET allégée ● Boîtier de pédalier étanche ● Poids 14,75 kg ● Garantie 2 ans et cadre 5 ans



*Avec la carte Pass. Exemple : pour un achat de 3590 F - 15 mensualités de 250 F - 1 dernière de 228,07 F. Coût total du crédit (hors assurance facultative) : 3978,07 F. TEG : 1,24%/mois soit 14,88%/an. Abonnement annuel : 35 F en paiement comptant immédiat et 65 F en paiement comantant différé (sous réserve d'acceptation du dossier par S2P). Rendez-vous à l'Espace Services Financiers de votre magasin.

Avec Carrefour
je positive!



A partir du 04/06/98
2760 pièces dans 113 magasins.

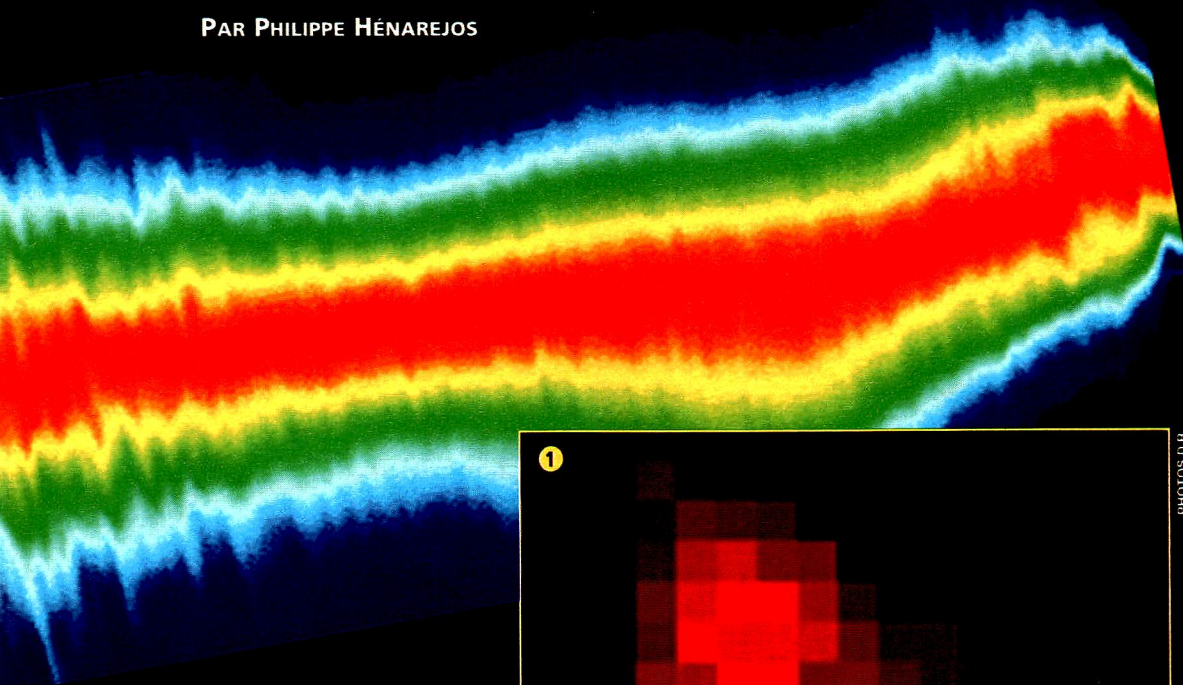
Adresses, plan d'accès et services des magasins,
tapez 3615 Carrefour (1,29 F la minute).

SAUF : 69 VILLEURBANNE - 71 CHALON-SUR-SAONE NORD - 77 CHAMPS-SUR-MARNE - 98 MONACO

A la poursuite des

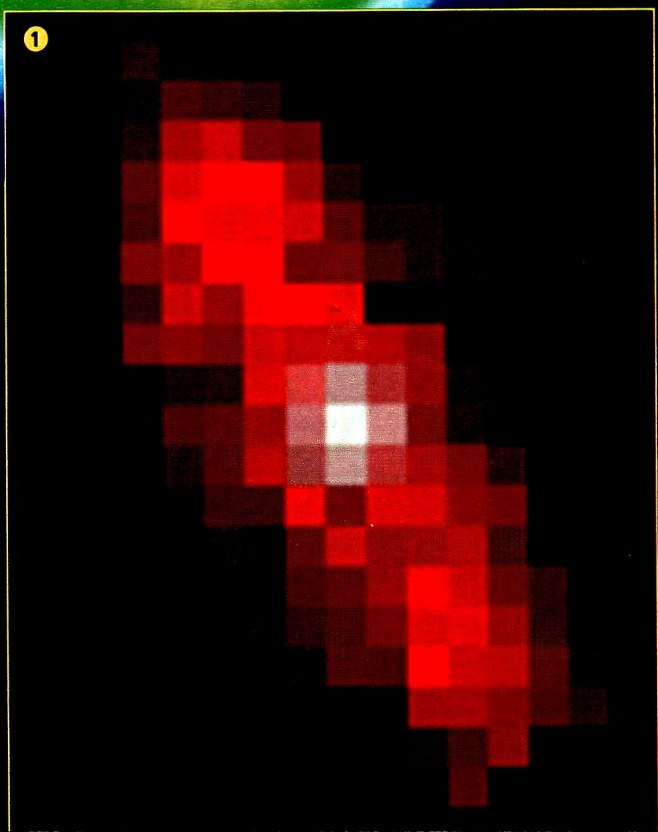
■ Plus personne n'en doute : il existe des planètes en dehors du système solaire. Il s'agit maintenant de les voir. De nombreuses équipes poursuivent cette difficile quête à travers le monde, de nouvelles techniques sont élaborées... La première vraie photo est attendue pour 2020.

PAR PHILIPPE HÉNAREJOS



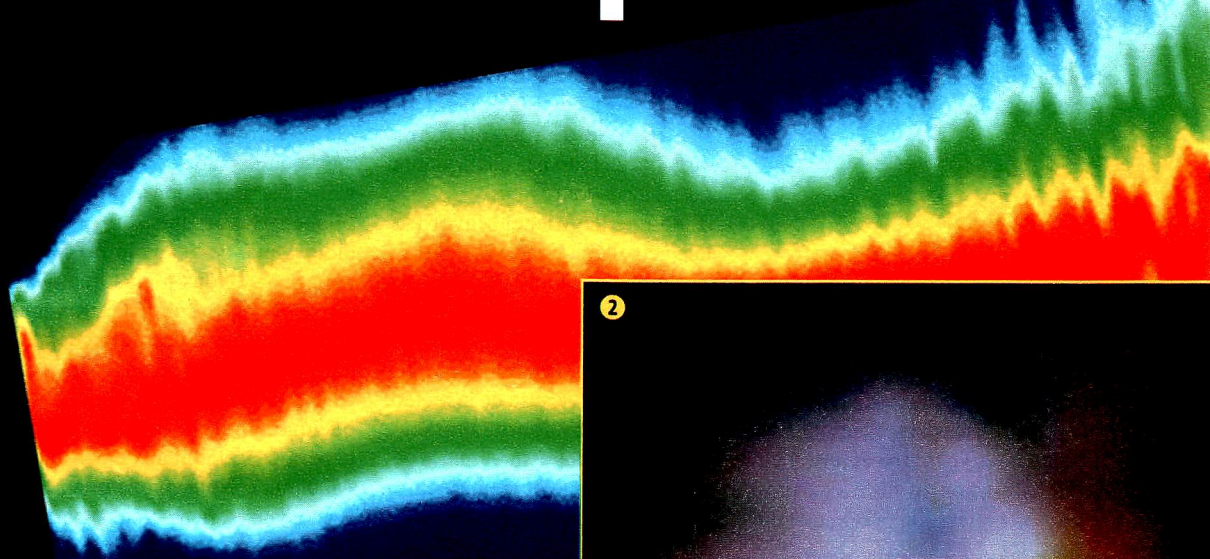
Elles ne sont qu'une poignée. Elles ne ressemblent pas à la Terre. Elles ne sont pas encore visibles. Mais elles existent. Les astronomes en ont acquis la certitude. Plus rien ne remettra en question l'existence des dix planètes extrasolaires géantes découvertes en orbite autour d'étoiles proches. Avec ces nouveaux mondes, c'est l'Univers entier qui change de visage.

Tout au long du XX^e siècle, les scientifiques se sont demandé si le système solaire est unique ou pas. Le fait que des planètes se



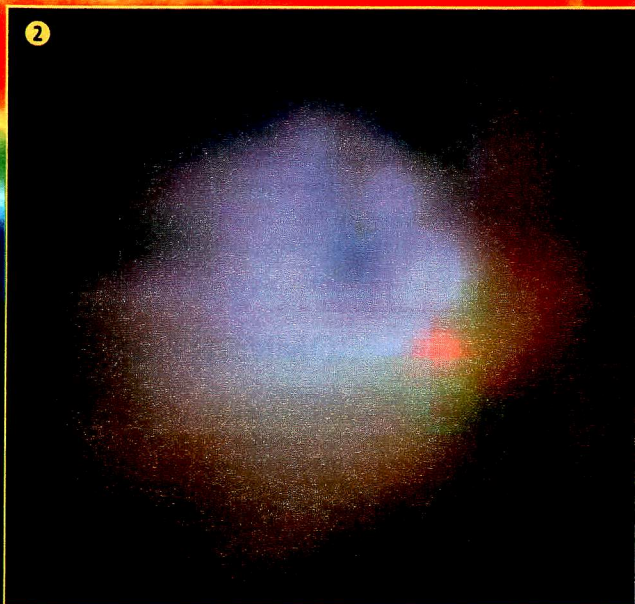
PHOTOS DR

nouvelles planètes



Mondes en formation

Parallèlement à la détection de nouvelles planètes, les astronomes continuent de découvrir des systèmes planétaires en formation. Le premier repéré (dans les années 80), le disque de poussières de *β* Pictoris (grande photo), n'est plus unique. Les étoiles *HL Tauri* ①, connue depuis quelques mois, et *HR 4796* ②, photographiée par le télescope Keck 2, sont entourées de disques similaires.



forment et gravitent autour d'une étoile est-il un phénomène rarissime ou très répandu? L'intuition indiquait que, parmi les centaines de millions d'étoiles de la Voie lactée, une multitude d'autres systèmes planétaires avaient probablement vu le jour. *A contrario*, le système solaire était peut-être un "accident" exceptionnel. Et la vie sur la Terre, le fruit d'un concours de circonstances unique dans l'Univers.

En 1995, la découverte par les Suisses Michel Mayor et Didier Queloz d'une planète de la taille de Jupiter en orbite autour de l'étoile 51 Pegasi, distante de seu-

lement 50 années-lumière, a déclenché l'une des plus grandes révolutions de l'astronomie (voir *Science & Vie* n° 940, p. 38). Au début du XVII^e siècle, les théories de Copernic et les observations de Galilée avaient révélé le vrai visage du système solaire. La Terre cessait d'occuper le centre de l'Univers. Aujourd'hui, elle perd son caractère unique. Dans les mois qui ont suivi la découverte de Mayor et Queloz, d'autres équipes travaillant sur des programmes similaires ont publié leurs travaux. Et, à ce jour, dix planètes ont déjà été détectées.

Depuis près d'un an, l'absence

de nouvelle annonce de découverte pourrait laisser croire que cette recherche marque le pas et que les planètes extrasolaires ne sont pas si nombreuses qu'on l'imaginait. Il n'en est rien. La plupart des planètes dévoilées suivent des orbites de courte période, qui sont les plus faciles à détecter et les plus vite confirmées. Mais une quantité de mesures suggère l'existence de nombreuses autres planètes autour d'autres étoiles. Le "stock" d'objets "candidats" est même si encourageant qu'on développe déjà de nouvelles techniques pour tenter de "voir" ces mondes ■ ■ ■

■ ■ ■ lointains. On élabore avec le plus grand sérieux des projets destinés à mettre en évidence les sœurs jumelles de la Terre et à rechercher des traces de vie à leur surface.

Pour l'instant, en raison de la technique employée, on ne dispose d'aucune photographie des nou-

Déjà une trentaine de "candidates" sérieuses

velles planètes. Les astronomes étudient le spectre engendré par la lumière des étoiles observées. Si une planète massive tourne autour d'un astre, l'attraction qu'elle exerce provoque une altération périodique du

mouvement oscillatoire de l'étoile (ou "vitesse radiale") par rapport à la Terre. Invisibles sur les clichés, ces variations sont cependant parfaitement signalées par de légers décalages des raies spectrales. C'est ainsi qu'a été mise en évidence la planète de 51 Pegasi. Et, en dépit de sa période de révolution très courte (4,229 jours), la confirmation a nécessité de longs mois.

L'équipe de Michel Mayor travaille actuellement à vérifier l'existence d'une trentaine de nouvelles planètes potentielles. « Cela prend du temps, dit Michel Mayor. Car nous les observons par intermittence, notamment à cause de la météo, qui n'est pas toujours favorable. Nous devons nous assurer que la période, l'amplitude et la phase de la variation ne changent pas. Pour "vé-

rifier" 51 Pegasi, nous avons accumulé quatre mois d'observations répartis sur un an. »

DE BEAUX INDICES

Pour effectuer ce travail de fond, dont les premiers résultats définitifs seront connus dans quelques mois, l'observatoire de Haute-Provence met son télescope de 1,93 m de diamètre à la disposition de l'équipe de Michel Mayor une semaine par mois. Déjà, de beaux indices sont apparus : « Nous avons quelques pistes sérieuses, confie l'astronome suisse. Autour d'une étoile de magnitude 7, il nous semble avoir décelé une planète d'une masse de quelques fois celle de Jupiter, dont la période s'établit aux environs de 1500 jours. Nous avons une autre "candidate" sérieuse dont la période

COMMENT SE SONT-ELLES FORMÉES ?

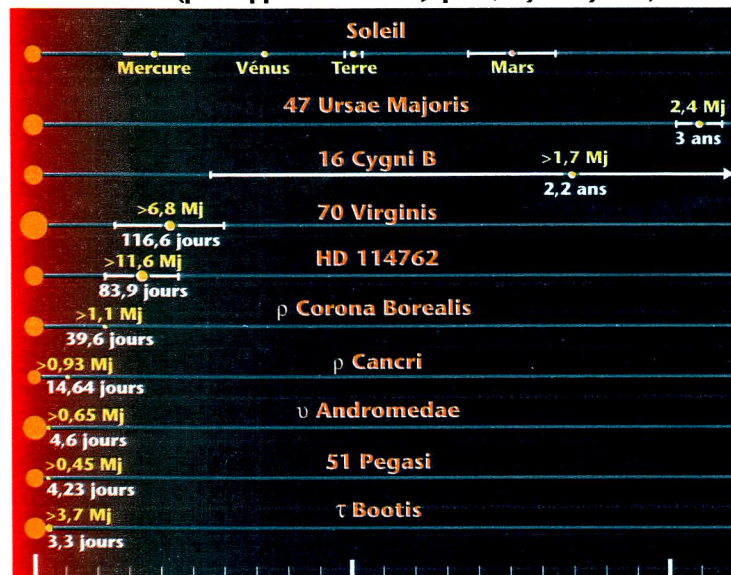
■ Huit des dix premières planètes extrasolaires accomplissent leur orbite en quelques jours seulement. 51 Pegasi et τ Bootis ne se trouvent qu'à 0,05 et 0,0462 unité astronomique (UA) de leur astre. Mais aucun modèle ne permet de dire comment une planète gazeuse peut se former si près d'une étoile : « Elle a besoin de capturer beaucoup de gaz », explique Tristan Guillot, de l'observatoire de la Côte d'Azur. « Or, dans le proche voisinage d'une étoile, le gaz éventuellement disponible est attiré par l'étoile elle-même, ce qui rend difficile la formation d'une planète gazeuse. »

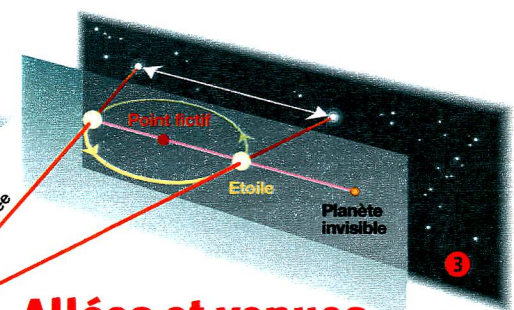
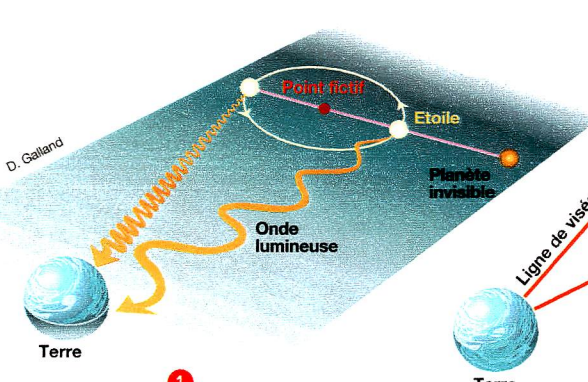
Les astronomes supposent donc que ces géantes se sont constituées, comme Jupiter et Saturne, assez loin de l'étoile et qu'un mécanisme les a conduites à se rapprocher progressivement. « Il semble, poursuit Tristan Guillot, que les planètes aient tendance à interagir avec les disques d'accrétion dans lesquels elles se forment. Ce phénomène de résonance les fait lentement chuter vers l'étoile centrale. »

En théorie, rien ne devrait arrêter cette chute. Mais le contraire s'est visiblement produit pour la planète de 51 Pegasi. « Parmi les hypothèses envisagées, lorsque la planète se rapproche trop, l'étoile lui arrache une grande partie de son atmosphère. Cela se traduit par une importante perte de masse de la planète, qui, de ce fait, est repoussée un peu plus loin, à une distance compatible avec celles qu'on a observées pour les planètes déjà découvertes. »

Accessoirement, cela pose tout de même un autre problème : pourquoi ce scénario ne s'est-il pas déroulé dans le système solaire ? Peut-être le disque d'accrétion initial autour du Soleil n'était-il pas assez dense pour faire chuter les planètes gazeuses en deçà de l'orbite de Mercure. Par ailleurs, si Jupiter avait migré ainsi, Mercure, Vénus, la Terre et Mars auraient vraisemblablement été balayées.

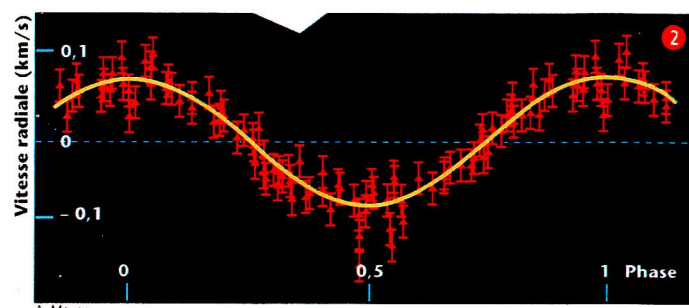
Ce tableau compare les distances (en UA) qui séparent les planètes de leur étoile respective, leurs périodes de révolution (en blanc) et leurs masses (par rapport à celle de Jupiter, M_J - en jaune).





Allées et venues

On peut détecter une planète extrasolaire grâce au mouvement périodique qu'elle induit chez l'étoile autour de laquelle elle gravite. L'étoile tourne donc autour d'un point fictif ①. Selon qu'elle s'approche ou qu'elle s'éloigne de la Terre dans ce déplacement, la longueur d'onde de son spectre lumineux varie, ce qui permet de déceler ses "allées et venues" sur l'axe de visée. On obtient ainsi une courbe des variations de vitesse (ici, celle de 51 Pegasi ②). Bientôt, l'interférométrie ③ permettra de visualiser ce mouvement périodique et de mesurer précisément les variations de la position de l'étoile autour de son point fictif.



A. Meyer

est de 12 jours, et une troisième, d'une période de 3,8 jours.»

Il faudra encore quelques mois, ou quelques années, pour affirmer à coup sûr que les variations observées trahissent la présence de planètes. Mais la technique est fiable. Ainsi, les variations importantes de vitesse radiale de l'étoile HD 175225 ont conduit à la découverte, grâce au télescope CFH d'Hawaii, d'une naine rouge en orbite autour de cette étoile. Les succès de l'équipe de Michel Mayor sont déjà tels qu'elle va disposer dès le mois de juin d'un nouveau télescope de 1,2 m de diamètre à La Silla, au Chili, afin d'entreprendre les mêmes recherches dans le ciel austral, inaccessible à partir de l'Europe.

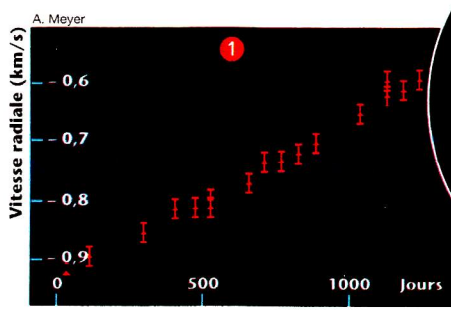
Pourtant, détecter les variations périodiques de vitesse radiale d'une étoile permet seulement de découvrir des planètes relativement massives. Le mouvement d'une étoile peut être mesuré à 12 m/s près. Or, une planète comme la Terre (la plus massive des planètes telluriques) n'engendre qu'une variation périodique de 8 cm/s dans le mouvement du Soleil. Etant donné que certains phénomènes dynamiques qui se

produisent à la surface des étoiles créent des perturbations de l'ordre de 1 à 2 m/s, même en augmentant la sensibilité des instruments, les planètes de type terrestre resteront éternellement masquées.

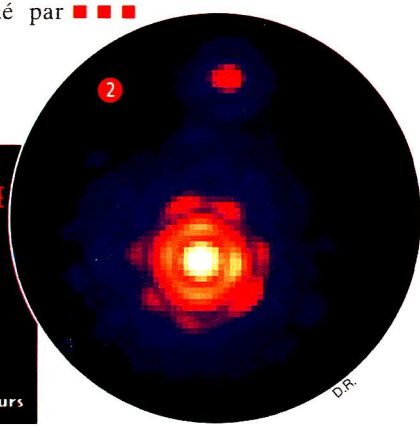
Mais, loin de renoncer, les astronomes espèrent obtenir les premières images de planètes gazeuses d'ici à cinq ans, et de planètes terrestres, dans dix ans. Moins d'un siècle après la première photographie de Pluton, la plus éloignée des planètes du système solaire, la lumière des nouveaux globes situés à

des dizaines d'années-lumière viendra se fixer sur les détecteurs des télescopes les plus modernes.

Pour réaliser ce rêve, deux techniques sont en lice : l'optique adaptative et l'interférométrie infrarouge. La première est déjà mise en œuvre avec succès sur des télescopes de 3 à 4 m de diamètre. Elle consiste à gommer le brouillage des images provo-



A. Meyer



La naine rouge démasquée

Les variations de vitesse de l'étoile HD 175225 ①, détectées par le Suisse Michel Mayor, laissaient supposer qu'un corps massif tournait autour d'elle. Une observation faite en mai 1997 au CFHT dans le proche infrarouge, avec l'optique adaptative PUEO, a permis de démasquer cette masse invisible : c'est une naine rouge (②, en haut).

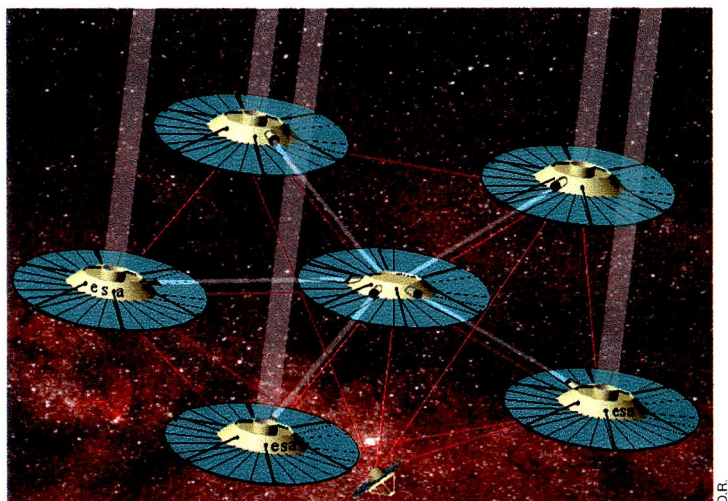
- ■ ■ les turbulences de l'atmosphère terrestre, grâce à un système informatique et mécanique. Dans la longueur d'onde du visible, le télescope CFH (Canada-France-Hawaii) de 3,6 m, à Hawaii, doté

Y a-t-il de la vie sur ces objets extrasolaires ?

d'une optique adaptative, obtient une résolution spatiale de 0,09 seconde d'arc. Cela signifie qu'il peut distinguer une pièce de 10 centimes à 20 km, ou une planète tournant à 15 unités astronomiques (UA) (1) d'une étoile distante de 50 années-lumière.

C'est plus qu'il n'en faut pour distinguer des planètes dont l'orbite équivaut à celle d'Uranus ou de Neptune. En revanche, cette résolution est largement insuffisante dans le cas de 51 Pegasi, beaucoup plus proche de sa planète. « Les techniques d'optique adaptative règlent en partie le problème de la résolution spatiale ; reste celui du contraste », explique Jean-Luc Beuzit, astronome au télescope CFH. « En effet, la différence de luminosité entre une étoile et une planète est si grande qu'il est impossible de détecter la planète, noyée dans l'éclat de l'étoile. »

(1) 1 UA = 150 millions de kilomètres.



Darwin dans l'espace

Le projet d'interféromètre spatial Darwin, constitué de télescopes volant en formation, a pour but de repérer des planètes telluriques autour d'étoiles proches et d'en obtenir les premières images.

Les meilleurs résultats s'obtiennent dans le proche infrarouge, où la résolution est du même ordre, mais où le contraste de luminosité est moins important. Malgré tout, à 2 micromètres de longueur d'onde, 51 Pegasi brille encore 17 magnitudes plus fort que sa planète, ce qui signifie qu'elle est 100 millions de fois plus brillante ! Mais l'éclat de l'étoile peut être masqué artificiellement par diverses techniques de coronagraphie, ce qui entretient tout de même l'espoir... « Actuellement, nous pouvons espérer détecter des planètes ayant quarante fois la masse de Jupiter »,

conclut Jean-Luc Beuzit.

Dès 1999, le Keck, le télescope américain de 10 m de diamètre installé à Hawaii, aura lui aussi son optique adaptative. En l'an 2000, l'un des télescopes du VLT européen (*very large telescope*, très grand télescope) de 8,2 m le rejoindra, ainsi que quelques autres "cyclopes" de plus de 8 m (voir *Science & Vie* n° 968, p. 70). Cette génération d'instruments aura une capacité de résolution deux fois et demie meilleure et permettra peut-être de visualiser des petits points : les nouvelles planètes joviennes.

LES PROMESSES DE L'INFRAROUGE

En ce qui concerne la possibilité de photographier des planètes telluriques, les avis restent partagés. Les plus grandes promesses viennent sans conteste de l'interférométrie utilisée dans le domaine de l'infrarouge. En combinant les images fournies par plusieurs télescopes, séparés de quelques centaines de mètres, les astronomes obtiennent la même résolution qu'un miroir d'un diamètre égal à

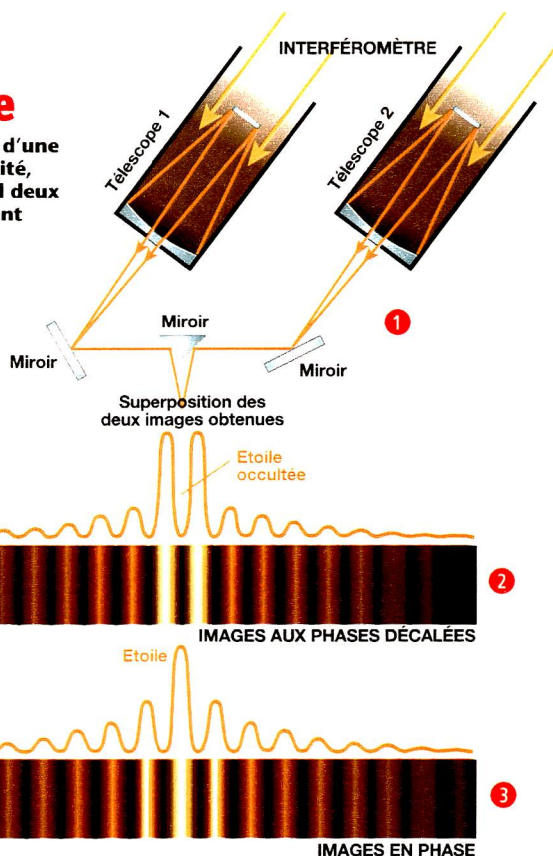
LA FIN D'UNE CONTROVERSE

■ Au cours de l'été 1997, l'astronome canadien David Gray avait remis en cause l'existence de la planète de 51 Pegasi. Selon lui, les variations de vitesse radiale observées sur le spectre de l'étoile étaient peut-être dues à des pulsations de l'atmosphère de l'étoile, et non à un déplacement provoqué par un corps massif satellisé autour d'elle.

Cependant, il ne parvenait pas à expliquer comment un tel phénomène aurait pu se produire sans s'accompagner de variations de luminosité de l'étoile. De plus, on n'a jamais rien observé de comparable sur le Soleil, astre en tous points semblable à 51 Pegasi. De nouvelles mesures effectuées par plusieurs équipes d'astronomes ont tranché la question : il y a bien une planète autour de 51 Pegasi. David Gray lui-même, n'ayant pas observé les effets attendus, susceptibles de prouver son hypothèse, a fait amende honorable et reconnu l'existence de la planète au début de l'année.

Quand l'étoile perd la vedette

L'interférométrie permet de gommer artificiellement l'éclat d'une étoile : ainsi, les planètes qui pourraient se trouver à proximité, noyées dans son éclat, deviennent visibles. On prend d'abord deux images de l'étoile à l'aide de deux télescopes ① en en décalant légèrement les phases, puis on superpose ces images. On obtient l'occultation de l'étoile ②, contrairement à ce qui se produit si l'on ne décale pas les phases ③. La simulation ci-dessous montre ce que l'on verrait en observant le système solaire avec ce procédé, à une distance de 32,6 années-lumière : Vénus, la Terre et Mars sont nettement visibles (taches blanches), tandis que le Soleil est masqué.



la distance séparant ces télescopes.

Aujourd'hui, seuls quelques systèmes de ce type fonctionnent dans le monde, à un stade expérimental. En janvier 2001, au sommet du Cerro Paranal (Chili), le VLTI (I pour interférométrie), constitué de quatre télescopes de 8,2 m de diamètre et de trois télescopes de 1,8 m de diamètre, aura une base de 130 m offrant une résolution de 0,6 millième de seconde d'arc dans le visible.

Mais le contraste entre les étoiles observées et leurs planètes soulèvera encore des difficultés. Ainsi, la luminosité de la Terre est égale à 10^{-10} fois celle du Soleil. « Grâce au VLTI, en observant à 2 micromètres dans le proche infrarouge, nous obtiendrons un petit gain sur ce plan », explique Christian Perrier, du laboratoire d'astrophysique de Grenoble. « Et, à condition d'avoir au moins trois télescopes en service sur l'interféromètre, nous pourrions re-

constituer dès 2003 les images de planètes gazeuses. »

De même, on pourra observer la perturbation du mouvement de l'étoile induite par la planète, jusqu'ici détectée uniquement par les variations de vitesse radiale. Vers 2008, ce sera le tour des planètes telluriques de se trahir ainsi. Couplées aux mesures de vitesse radiale, ces données offriront aux astronomes la description exacte (avec une marge d'erreur de 2 %) des systèmes planétaires découverts. Tous les paramètres des orbites seront connus, de même que les masses précises des planètes.

LES SPECTRES DES PLANÈTES

Au-delà, vers 2020, un interféromètre de cinq télescopes de 1 m, sur une base de 50 à 500 m, sera peut-être déployé dans l'espace. S'il est financé par l'Agence spatiale européenne (ESA), ce projet européen baptisé Darwin aura pour objectif

de prendre les premières véritables images des planètes telluriques. Observant dans l'infrarouge entre 10 et 20 micromètres, domaine où la différence de luminosité entre étoiles et planètes est la plus réduite, il permettra d'obtenir des spectres de ces planètes.

Alors pourra vraiment commencer la recherche de la vie dans ces mondes d'outre-espace. Qu'on découvre la raie spectrale de l'ozone en provenance de l'une de ces planètes, et l'on sera en présence de l'une des signatures les plus sûres de la vie. Cela signifierait qu'une atmosphère respirable – fabriquée par l'apparition des premières formes de vie –, identique à celle de la Terre, enveloppe la planète...

Le rêve brisé de Percival Lowell, qui, au début du siècle, croyait avoir découvert une civilisation sur Mars, renaîtra peut-être alors... Des dizaines d'années-lumière plus loin, mais sur des bases plus solides. ■

Quel temps fe

■ On croyait impossibles les prévisions météo à long terme – aujourd'hui on prédit le temps à cinq jours à peine. Pourtant, de nouveaux modèles et la meilleure connaissance de l'influence des océans sur le climat rendront bientôt fiables des prévisions saisonnières.

PAR HÉLÈNE GUILLEMOT

«**E**voici nos prévisions météo pour cet été. En juillet, les précipitations devraient être plus abondantes que de coutume dans l'est du pays, et les températures inférieures aux normales saisonnières, sauf sur les bords de la Méditerranée. En août, en revanche, peu de pluie et un temps particulièrement chaud sur toute la France. Quant au mois de septembre... » Ne bouleversez pas vos projets de vacances ! Ce bulletin météorologique d'été est plus sérieux qu'il n'y paraît. Il est issu d'un modèle de prévisions saisonnières élaboré par l'Organisation internationale soutenu par dix-huit pays européens, dont la France.

Le phénomène le plus remarquable de prévision météorologique à moyen terme (CEPMMT) est le Reading, en Grande-Bretagne (1).

(1) Organisation internationale soutenue par dix-huit pays européens, dont la France.

Ses prévisions à trois ou même six mois sont maintenant presque opérationnelles, et la revue *Nature* a récemment publié, pour la première fois, ses cartes, qui donnent la pluviosité et la température à l'échelle mondiale plusieurs mois à l'avance !

Pourtant, on nous avait bien mis en garde contre les prévisions météo à long terme. Le temps qu'il fera est, par nature, imprévisible, nous avait-on expliqué. C'est la faute au fameux "effet papillon" : le battement d'ailes d'un papillon à Pékin peut déclencher une tornade à New York.

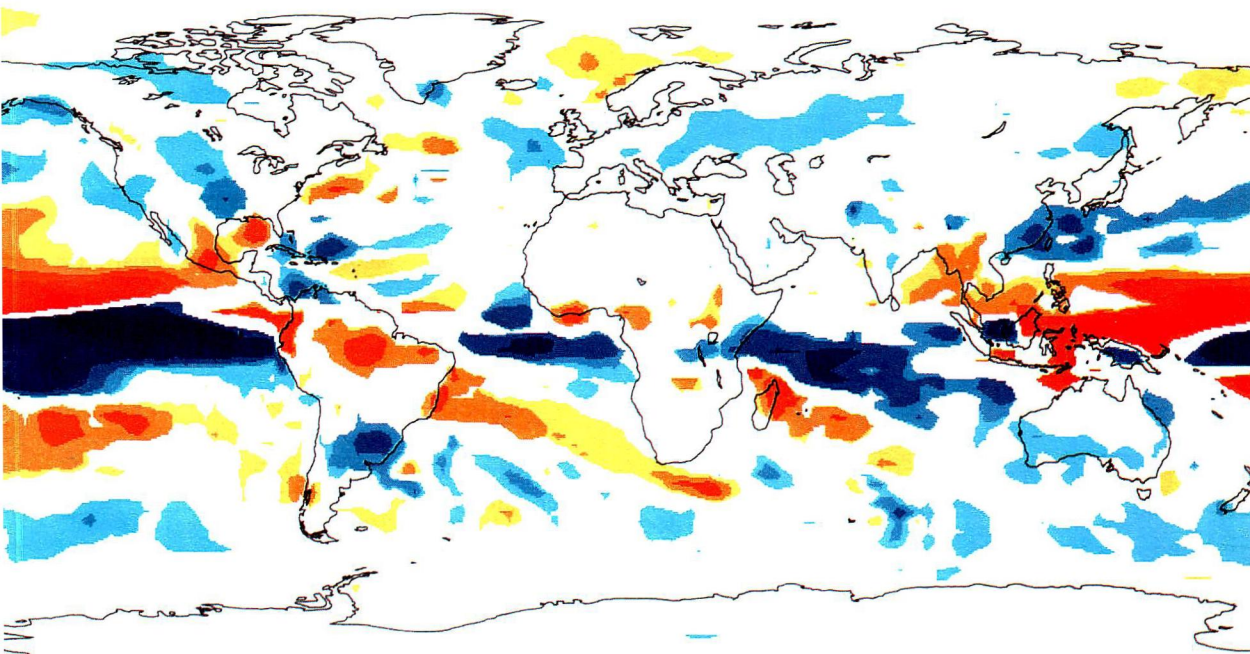
En fait, le temps est déterminé par des lois physiques précises, et les prévisions à long terme sont possibles. Le problème est de les rendre opérationnelles. C'est ce que l'Organisation internationale soutenu par dix-huit pays européens, dont la France, a tenté de faire.

n'est qu'apparente. Car le temps (qu'il fait) n'est en réalité pas si chaotique. La preuve, nous pouvons prévoir qu'il fera plus chaud à Paris en juillet qu'en janvier ! Mais les prévisions du CEPMMT vont plus loin que ces simples évidences statistiques : elles annoncent les anomalies – ou plutôt les probabilités d'anomalies par rapport aux normales saisonnières. Ces prévisions au long cours sont rendues pos- ■ ■ ■

La première carte de prévisions saisonnières

La première carte de prévisions saisonnières a été publiée en décembre 1997, pour les moyennes de pluviosité de mars, avril et mai 1998. Les déficits de précipitations sont en rouge, les excédents en vert. Les effets d'El Niño sont très visibles dans les déficits. Les prévisions pour les années suivantes, encore expérimentales, ne sont pas disponibles...

ra-t-il... dans six mois?



■ ■ ■ sibles par la prise en compte d'un facteur jusqu'à présent ignoré : les océans. Plus exactement la température de surface des océans, qui exerce une influence déterminante sur le climat à moyen terme.

Encore récemment, les prévisions météorologiques se fondaient sur

Pas plus d'une heure et demie entre la réception des données et la prévision

des calculs concernant la seule atmosphère. Le temps qu'il fait dépend en effet de l'humidité, de la pression et de la vitesse de déplacement des masses d'air – ainsi que du rayonnement solaire. Les masses d'air se déplacent pour transporter

la chaleur du Soleil de l'équateur vers les pôles, et sont soumises aux effets de la rotation terrestre. Les phénomènes atmosphériques qui en découlent (alizés et anticyclones tropicaux, moussons, etc.) ont d'abord été expliqués qualitativement. Ce n'est qu'en 1950 qu'est née la météorologie moderne – en même temps que l'ordinateur.

Désormais, les phénomènes atmosphériques sont décrits quantitativement, en appliquant directement à l'atmosphère les lois de la physique, qui sont, *in fine*, responsables du climat : c'est ce qu'on appelle un "modèle météorologique". Comme l'ordinateur ne peut pas calculer l'évolution du temps en tous les points de l'atmosphère, on découpe celle-ci en "boîtes". Horizontalement, la surface de la Terre est assimilée à un quadrillage dont chaque "maille" mesure, en général, de 100 à 200 km de côté, et verticalement l'atmosphère est divisée en plusieurs couches (trente-et-un pour le

modèle du CEPMMT). Au centre de chacune des millions de boîtes ainsi constituées sont définies les pa-

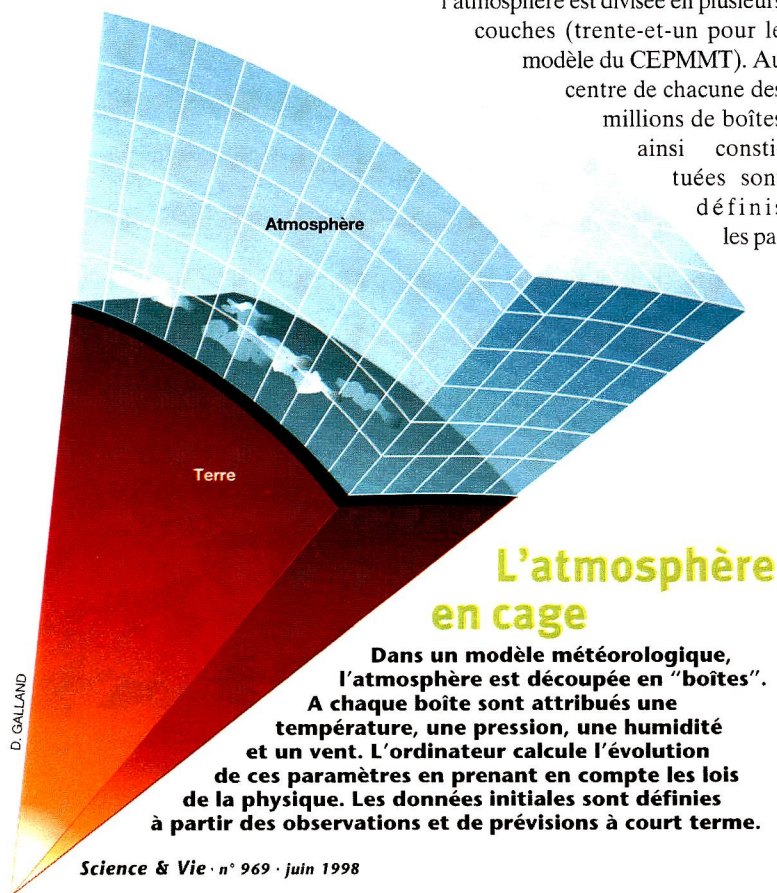
ramètres qui caractérisent l'atmosphère à l'intérieur de toute la boîte – température, pression, humidité et vent. Puis on applique à ces paramètres les équations qui décrivent les mouvements de l'atmosphère (conservation de la masse, de l'énergie, loi des gaz parfaits, etc.).

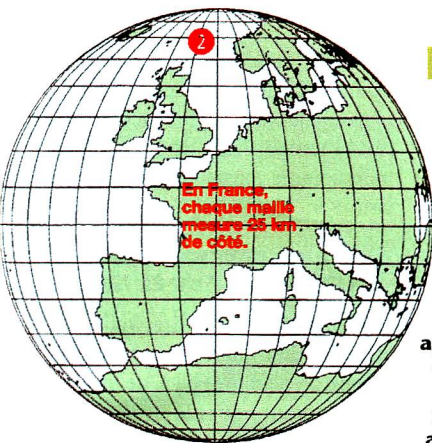
Les modèles météorologiques modernes incorporent aussi les lois qui régissent les variations du rayonnement solaire et thermique, la formation des pluies et de la neige... D'autres facteurs extérieurs qui interagissent avec l'atmosphère, tels que la végétation, les glaces, les océans, sont également modélisés, mais de façon moins rigoureuse – sans tenir compte de leur évolution dans le temps. Sauf, précisément, dans les modèles qui couplent l'atmosphère avec l'océan, et autorisent des prévisions à plus long terme... Mais, avant d'en parler, voyons comment fonctionnent les modèles opérationnels, ceux qui nous donnent notre météo quotidienne.

12000 STATIONS MÉTÉO, PLUS DE 700 BALLONS

La prévision numérique comprend plusieurs étapes : l'observation de l'atmosphère à un instant donné, l'incorporation (ou assimilation) de ces mesures dans le modèle, le calcul par ordinateur des états successifs de l'atmosphère en partant de cet état initial, enfin la prévision proprement dite (effectuée par des prévisionnistes à partir des résultats de nombreux modèles).

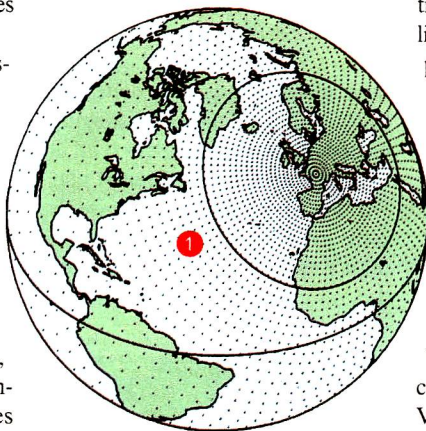
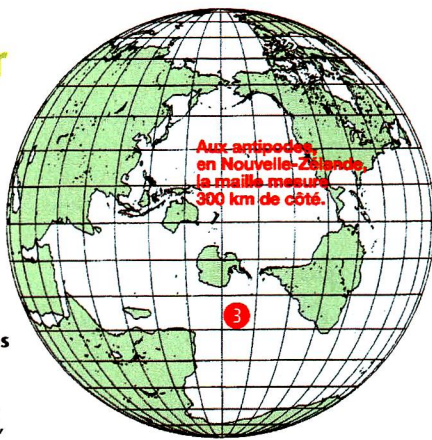
Plusieurs fois par jour, dans le monde entier, quelque 12000 stations météorologiques de surface mesurent les caractéristiques du temps, plus de 700 ballons sont lancés simultanément et sondent l'atmosphère. Sur les océans du globe, des centaines de bouées fixes ou dérivantes et 7500 navires transportant des appareils, effectuent des mesures à heure fixe. Toutes ces données sont codées et transmises automatiquement au réseau mondial





La Terre vue par Arpège

Plus la grille est fine, plus le modèle est réaliste et les prévisions fiables... mais plus le calcul est long. C'est pourquoi Météo-France utilise un modèle baptisé Arpège à mailles variables ①. Tout se passe comme si on appliquait des mailles régulières sur une Terre déformée, où la France occupe une place démesurée ② par rapport aux antipodes ③. Ce "chauvinisme" topologique permet de meilleures prévisions dans notre pays.



mensions inférieures à sa maille.

Comment, alors, tenir compte des nuages, des reliefs, des couverts végétaux de plus petite taille, qui ont une influence parfois essentielle sur le temps qu'il fait ? En pratique, on estime leur effet moyen à l'échelle de la maille, et on le traduit par des paramètres ajustables empiriquement. Par exemple, un seul paramètre par boîte représentera la couverture nuageuse dans toute la boîte.

Il n'empêche qu'un modèle dont la maille horizontale mesure 200 km ignore complètement le sillon rhodanien et la plaine d'Alsace, et ne reproduira jamais le mistral ou la tramontane, ce qui est fort ennuyeux pour la météorologie hexagonale. Mais comment diminuer la taille des mailles sur la France et ses environs sans accroître le nombre total de

mailles (donc le temps de calcul) et sans juxtaposer deux maillages distincts, ce qui pose des problèmes aux limites ? Le modèle Arpège, adopté par Météo-France en 1991, résout la difficulté en choisissant des mailles "élastiques", de tailles variables, plus petites en France et plus larges aux antipodes, mais sans discontinuité (voir schémas ci-contre).

Et, depuis avril dernier, Météo-France s'est doté d'un nouvel ordinateur japonais, le Fujitsu VPP-700-E. Avec ses vingt-six processeurs travaillant en parallèle, le VPP-700-E, quand il atteindra sa pleine puissance (à l'été 1999), sera vingt fois plus performant que son prédécesseur, le Cray C-98 : il effectuera 150 milliards d'opérations par seconde ! Cet exploit permettra d'augmenter le nombre de prévisions par jour et de réduire la taille de toutes les mailles, qui passera de 25 à 14 km pour la France et de 300 à 250 km pour les antipodes.

Grâce à ces progrès, les prévisions à cinq jours seront dans quelques années aussi fiables que celles d'aujourd'hui à trois jours. Et, depuis peu, Météo-France est capable de fournir des prévisions à sept jours, assorties d'un indice de confiance !

Pourtant, cette course aura une fin, inévitablement. Car l'atmosphère est un fluide turbulent, chaotique. Il connaît des perturbations à toutes les échelles, de la molécule aux milliers de kilomètres, et un mouve-

de télécommunication météo, pour être ingérées par les ordinateurs. S'y ajoutent les informations transmises par les satellites.

Vient ensuite la phase dite d'"assimilation". A elles seules, ces observations ne suffisent pas à fournir un état initial de l'atmosphère - c'est-à-dire à "remplir" les millions de boîtes du modèle : elles sont trop peu nombreuses, trop lacunaires, trop mal réparties (les océans, les déserts et certaines régions sont très peu couverts). En fait, l'état initial de l'atmosphère est donné par des prévisions réalisées quelques heures auparavant, corrigées par les données d'observation. Partant de là, le modèle simule l'évolution de l'atmosphère, à raison de milliards d'opérations par seconde.

Le temps est compté : dans un service météo, il ne doit pas s'écouler plus d'une heure et demie entre la réception des données et la prévision ! Ce délai impose que les mailles ne soient pas trop petites, car diminuer la taille de la maille par deux revient à multiplier le temps de calcul par seize. Pourtant, la résolution d'un modèle (la finesse de son maillage) est un facteur déterminant pour la qualité des prévisions. De même qu'un filet à grosses mailles laisse passer les petits poissons, un modèle trop grossier ne peut décrire l'atmosphère qu'imparfaitement : il est incapable de saisir les phénomènes climatiques de di-

ment minuscule peut se propager sur de grandes distances. L'atmosphère, disent les physiciens, est régie par des équations "non linéaires" : de petites causes peuvent entraîner de grands effets. C'est le

Des prévisions plus climatiques que météorologiques

fameux effet papillon déjà cité, mis en évidence par le météorologiste américain Edward Lorenz au début des années 60 : deux états très voisins peuvent évoluer dans des directions très différentes. Donc plus on s'éloigne du moment de la prévision, plus les erreurs grandissent. Les calculs montrent qu'au bout de deux à trois semaines l'atmosphère a presque "oublié" son état initial. C'est la limite théorique indépassable de toute prédiction détermi-

niste... Mais cela n'interdit pas d'autres types de prévisions.

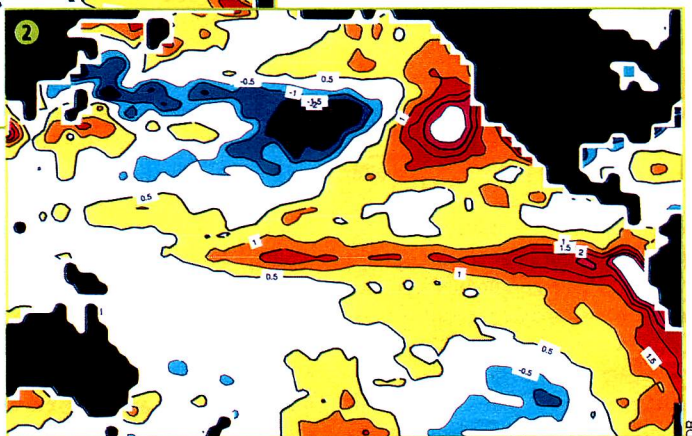
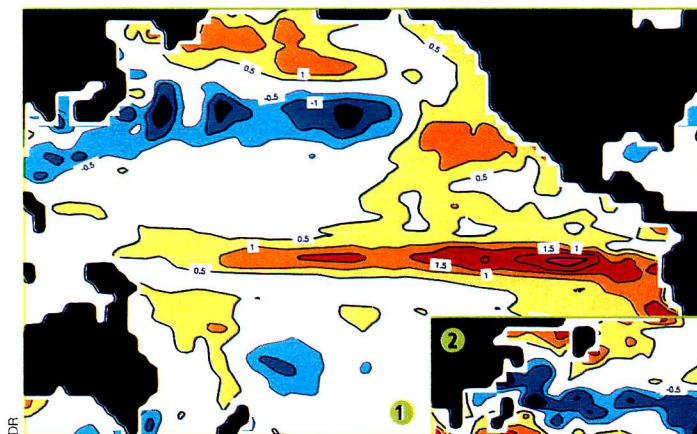
L'atmosphère, seule, serait tout à fait chaotique. Mais l'atmosphère n'est pas seule ! Elle subit des influences, des "forçages" extérieurs, à commencer par le "forçage astronomique" (position de la Terre sur son orbite, inclinaison de son axe), qui est responsable du rythme des saisons. L'atmosphère interagit aussi avec d'autres milieux : le sol, la végétation, la glace et surtout les océans. Tous ces milieux connaissent des variations lentes. Ainsi, l'air circule beaucoup plus vite que les courants marins ; pour employer le jargon scientifique, les "constantes de temps" de l'atmosphère sont bien plus courtes que celles de l'océan (il faut d'ailleurs distinguer entre l'océan profond, très lent, et l'océan superficiel, qui réagit plus vite aux changements). A cause de cette diversité des échelles de temps, il est très difficile de tenir compte de l'influence des océans dans les

modèles météorologiques. C'est pourquoi, jusqu'à récemment, on n'en tenait pas compte : on considérait la température de surface des mers comme constante dans les prévisions météorologiques.

L'AIDE PRÉCIEUSE DES RECHERCHES SUR EL NIÑO

Mais si, au contraire, on tient compte des changements océaniques, on peut tirer parti de leur relative lenteur pour allonger la portée des prévisions. C'est l'un des grands intérêts des nouveaux modèles couplés, plus réalistes que les modèles atmosphériques puisqu'ils font évoluer en même temps l'atmosphère et les océans. Car les eaux de surface, en se réchauffant ou en se refroidissant, modifient durablement les échanges de chaleur entre l'air et les mers, et exercent une influence à long terme sur la circulation atmosphérique. Cette lente "contrainte" de l'océan sur l'atmosphère confère à celle-ci un certain degré de prévisibilité. Mais il s'agira alors de prévisions probabilistes, et non plus déterministes : l'atmosphère reste chaotique, mais autour d'un état moyen qui peut évoluer de façon relativement prévisible.

Dans leur récent article de *Nature*, les chercheurs du CEPMMT proposent une analogie éclairante. Un modèle atmosphérique simple, écrit-



Un modèle à l'épreuve du réel

Les prévisions saisonnières du CEPMMT semblent plutôt exactes, si l'on compare, pour mai 1997, la carte donnant la prévision des anomalies de température sur le Pacifique ① (carte établie cinq mois plus tôt) et celle réalisée à partir des températures mesurées ②. (L'anomalie désigne l'écart à la moyenne climatique.)



Été pourri, comme prévu...

Le Centre européen de Reading avait prévu, pour l'année dernière, un été anormalement pluvieux en Europe. Effectivement, la Grande-Bretagne, l'Allemagne occidentale et la Pologne ont subi des pluies diluviennes cet été-là...

marins. Ces recherches ont aidé à mieux comprendre El Niño, mais aussi, plus généralement, l'impact des températures de surface océaniques sur l'atmosphère et le climat.

Simultanément, le CEPMMT a développé son modèle couplé océan-atmosphère, qui pour la première fois prend globalement en compte les interactions de l'atmosphère et de l'océan. A l'aide de ce modèle, le centre météorologique européen s'est lancé, au début des années 90, dans la prévision saisonnière, qu'il mène en vraie grandeur depuis l'automne 1996 (même s'il s'agit encore de recherches non opérationnelles). C'est ainsi que le CEPMMT avait prévu le démarrage, en mai 1997, d'un El Niño particulièrement fort, ainsi que ses conséquences, comme la sécheresse en Indonésie. D'autres prévisions se sont révélées exactes, comme l'été humide de 1997 en Europe.

LES ESPOIRS DU PROJET MERCATOR

Les succès des prévisions saisonnières sont prometteurs, mais il reste des points faibles. L'état initial des océans, auquel ces prévisions sont très sensibles, est encore mal mesuré et mal pris en compte dans les modèles couplés. Plusieurs équipes de météorologistes et d'océanographes, réunis dans le cadre du projet Mercator, se consacrent à préciser ces états initiaux océaniques. A la clef, de meilleures prévisions à long terme. Dans cinq ou dix ans, qui sait, nous choisirons peut-être nos lieux de villégiature en fonction de la météo saisonnière. ■

vent-ils, est comme un dé non pipé : quand on le jette, le résultat du lancer est régi par le hasard. Mais, si l'on prend un dé pipé par un poids supplémentaire, les statistiques changent de façon prévisible – bien que chaque lancer reste imprévisible. Les variations de la température de surface de la mer jouent le rôle du poids supplémentaire qui pipe le dé.

Les prévisions saisonnières ressemblent donc plus à des prévisions climatiques qu'à des prévisions météorologiques. Elles ne sont jamais précises, datées ; elles fournissent seulement une tendance moyenne sur des intervalles de temps assez longs. C'est pourquoi il faut effectuer un grand nombre de simulations à plusieurs mois (par exemple en partant de jours initiaux distincts), pour extraire de toutes ces prévisions (forcément fausses) des tendances statistiquement significatives, présentées dans les cartes du CEPMMT sous la forme d'"anomalies de température" ou

d'"anomalies de pluviosité" (voir p. 61 et ci-contre).

Les progrès accomplis depuis dix ans dans le domaine des prévisions saisonnières sont grandement redevables aux recherches sur le phénomène climatique El Niño (voir *Science & Vie* n° 962, p. 88). Cette perturbation de très grande ampleur, qui revient tous les cinq à dix ans et se manifeste par un large réchauffement des eaux de surface du Pacifique oriental et par une inversion de courants océaniques, entraîne toutes sortes d'anomalies et de catastrophes climatiques qui affectent une grande partie de la planète. Dans le cadre du programme international TOGA (Tropical Ocean Global Atmosphere), mis en place pour étudier ce phénomène, soixante-dix bouées fixes ont été installées dans l'océan Pacifique à la fin des années 80, et on a lancé plusieurs satellites océanographiques capables de mesurer la hauteur des vagues, ce qui a permis d'analyser les courants

EXCLUSIF

Avec **Science & Vie** et le **CNRS** Participez à une enquête sur le stress

PAR DJAMEL BENTALEB

■ Les contrariétés influent
sur la santé. Votre attitude face à ces
tensions quotidiennes intéresse la science.

Par contrariétés, on entend les événements ou tracas, petits ou grands, auxquels chacun de nous est confronté dans sa vie de tous les jours, et qui nous stressent, nous irritent ou nous tourmentent. En association avec *Science & Vie*, le Laboratoire de psychologie environnementale/CNRS lance une enquête auprès des lecteurs pour connaître aujourd'hui la nature de ces contrariétés.

Gabriel Moser, directeur du Laboratoire de psychologie environnementale, a autorisé cette consultation dont Anne Badoux, chercheur au CNRS, assurera le suivi. Elle nous présente ici les buts de cette enquête.

« La littérature médicale fait mention depuis fort longtemps de la relation entre le stress et la maladie. Toutefois, ce n'est que dernièrement que des chercheurs ont attiré l'attention sur l'effet de certains facteurs de stress sur le système immunitaire. Ceci par l'intermédiaire de mécanismes hormonaux, humoraux, neuronaux, cellulaires et génétiques. Depuis, l'intérêt pour les relations psychosoma s'est réveillé et donne lieu à

de nombreuses publications, particulièrement aux Etats-Unis.

Afin de comprendre l'importance d'événements stressants sur la survenue d'une maladie, deux grands axes de recherche se sont développés. L'un, en laboratoire, expérimente sur les animaux des techniques cherchant à repérer les effets du bruit ou des chocs électriques. L'autre, plus clinique, a pour objet d'observer l'homme dans son environnement, en évaluant l'impact des événements de la vie.

Dans les premiers travaux sur l'homme, on s'est contenté de dresser des listes de grands événements stressants en leur attribuant un poids objectif. C'est ainsi que la mort d'un conjoint vaut 100 unités, un déménagement, 12 unités, etc. Bien qu'ayant permis de mettre en évidence une corrélation entre stress et maladie, cette méthode s'avéra décevante. Prenons l'exemple du divorce : lui accorder un poids objectif ne peut être acceptable. Il est clair que pour telle personne le divorce sera source de responsabilité accrue, de problèmes financiers voire sociaux qui se traduiront par un stress intense. Pour

telle autre personne, ce même événement se traduira par un apaisement émotionnel. Il paraît évident qu'un même événement n'a pas forcément les mêmes conséquences.

C'est pourquoi l'équipe du Pr Lazarus (université de psychologie de Berkeley, Etats-Unis) appréhende les stress sous forme d'une échelle des contrariétés au quotidien, ou stress mineurs (*hassles* en anglais). Cette échelle, traduite et adaptée en 1985, a permis d'étudier, en France, l'impact de ces contrariétés quotidiennes sur la santé physique et mentale. Elle a aussi aidé un échantillon de Français à évaluer leurs stress les plus perturbants. »

Cette première enquête, déjà suivie par Anne Badoux, fut riche d'enseignement et il nous paraît important de connaître, aujourd'hui, l'évolution de ces stress. C'est pourquoi nous vous serions reconnaissants de participer à cette recherche en répondant à ce questionnaire.

**Vous serez informé
des résultats et des analyses
de cette enquête
dans un prochain numéro
de *Science & Vie*.**

Enquête Science & Vie - CNRS

1. Egarer ou perdre des objets	0	1	2	3
2. Ennuis avec les voisins	0	1	2	3
3. Obligations sociales	0	1	2	3
4. Problèmes de santé d'un membre de votre famille	0	1	2	3
5. Problèmes d'argent.	0	1	2	3
6. Responsabilités pour quelqu'un qui ne vit pas avec vous ..	0	1	2	3
7. Trop fumer	0	1	2	3
8. Trop de responsabilités	0	1	2	3
9. Devoir s'occuper d'animaux	0	1	2	3
10. Planifier ou préparer les repas	0	1	2	3
11. Des problèmes avec les collègues	0	1	2	3
12. Entretien de la maison	0	1	2	3
13. Préoccupé par la sécurité de l'emploi	0	1	2	3
14. Ne pas aimer la routine journalière	0	1	2	3
15. Etre interrompu sans arrêt.	0	1	2	3
16. Gens qui arrivent à l'improviste.	0	1	2	3
17. Trop de temps libre	0	1	2	3
18. Devoir attendre (poste, magasins, etc.)	0	1	2	3
19. Préoccupé par des risques d'accident	0	1	2	3
20. Fautes d'étourderie dans le quotidien	0	1	2	3
21. Problèmes physiques mineurs	0	1	2	3
22. Tracassé par son apparence physique	0	1	2	3
23. Préoccupé par sa santé, en général	0	1	2	3
24. Avoir des parents ou des amis trop loin	0	1	2	3
25. Perdre son temps	0	1	2	3
26. S'occuper de la voiture	0	1	2	3
27. Remplir des formulaires, administratifs ou autres	0	1	2	3
28. Etre concerné par la détérioration de son environnement ..	0	1	2	3
29. Financement de l'éducation de ses enfants	0	1	2	3
30. Problèmes dans son travail liés au sexe	0	1	2	3
31. Etre exploité par les autres	0	1	2	3
32. Inflation	0	1	2	3
33. Manque de repos ou de sommeil	0	1	2	3
34. Problèmes à cause de parents âgés	0	1	2	3
35. Problèmes avec vos enfants.	0	1	2	3
36. Problèmes avec votre conjoint(e) ou avec votre ami(e) ...	0	1	2	3
37. Difficultés de vision ou d'audition	0	1	2	3
38. Débordé par les responsabilités familiales	0	1	2	3
39. Trop de choses à faire	0	1	2	3
40. Travail où l'on ne peut pas faire ses preuves	0	1	2	3
41. Ne pas se sentir à la hauteur d'un travail	0	1	2	3
42. Déception dans votre travail	0	1	2	3
43. Préoccupé par l'idée de changer de travail	0	1	2	3
44. Ennuis de lecture, d'écriture, de calcul	0	1	2	3
45. Avoir trop de réunions	0	1	2	3
46. Problèmes occasionnés par un divorce ou une séparation ..	0	1	2	3
47. Le temps, la météo	0	1	2	3
48. Manquer d'énergie	0	1	2	3
49. Tracasseries venant de son patron	0	1	2	3
50. Difficultés avec des amis	0	1	2	3
51. Pas assez de temps à donner à sa famille	0	1	2	3
52. Problèmes de transport et/ou de parking	0	1	2	3
53. Pas assez d'argent pour les loisirs ou les vacances	0	1	2	3
54. Avoir à faire les courses	0	1	2	3
55. Tenir les comptes du ménage (factures, impôts, etc.)	0	1	2	3
56. Pas assez de temps pour les loisirs ou les vacances	0	1	2	3
57. Affecté par l'information quotidienne	0	1	2	3
58. Affecté par le bruit	0	1	2	3
59. Préoccupé par la criminalité	0	1	2	3
60. Affecté par les problèmes de circulation automobile	0	1	2	3
61. Affecté par la pollution	0	1	2	3

Vous trouverez
ci-contre une liste
de situations
ou d'événements
qui, pour certaines
personnes,
sont perturbantes.
Encercliez "0"
si le fait ne s'est pas
produit ou s'il a été
sans importance
pour vous.
Encercliez le chiffre
"1", "2" ou "3" selon
l'importance
de la perturbation,
au cours de ce
dernier mois.

0. Pas d'impact ou pas produit

1. Peu perturbant

2. Assez perturbant

3. Très perturbant

Sexe ☐ M ☐ F

Age _____ ans

☐ Inactif

☐ Actif

Profession : _____

Taille de la commune :

☐ moins de 1000 habitants

☐ de 1000 à 10000

☐ de 10000 à 100000

☐ plus de 100000

Département _____

Avez-vous une
maladie chronique ?

☐ Oui

☐ Non

Si oui, laquelle ? _____

A découper
ou à photocopier,
et à envoyer à :

**Laboratoire
de psychologie
environnementale
28, rue Serpente
75270 Paris
Cedex 06**

Les œuvres d'art de la science

■ Le 8 avril dernier, Christie's mettait en vente, à Londres, un lot exceptionnel d'anciens objets scientifiques. Couvrant une période de quatre cents ans, de la Renaissance au début du xx^e siècle, ces pièces uniques racontent superbement l'aventure de la science.

PAR PHILIPPE HENAREJOS



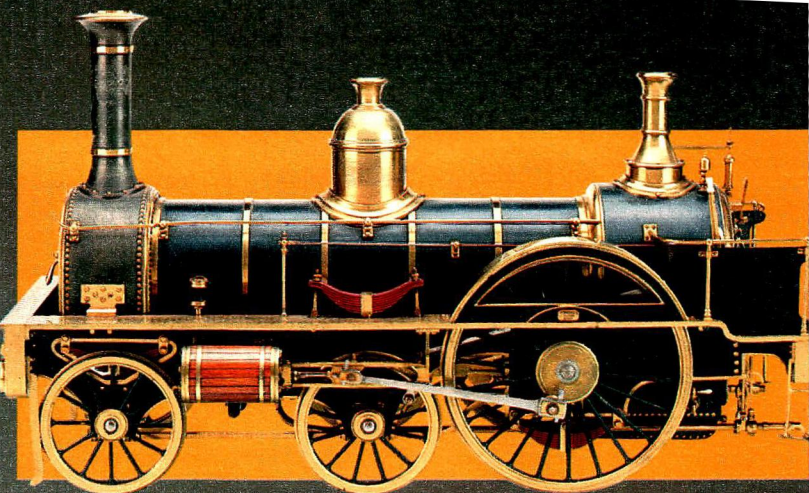
PHOTOS: © CHRISTIE'S

Le premier avion

Ce modèle réduit de 82 cm d'envergure est la réplique exacte du *Flyer I* des frères Wright, qui fut le premier aéroplane à s'élever dans les airs, le 17 décembre 1903, sur la colline de Kitty Hawk, en Caroline du Sud. Il a été construit en 1916 par James M. H. Jacobs, à partir d'éléments de l'épave de l'avion lui-même.

Locomotive à l'essai

Au milieu du XIX^e siècle, on testait les locomotives à l'échelle 1/12 avant de les fabriquer. Ce modèle de 60,4 cm de longueur est un prototype de 1864, construit pour la toute nouvelle North Western Railway, à Londres.

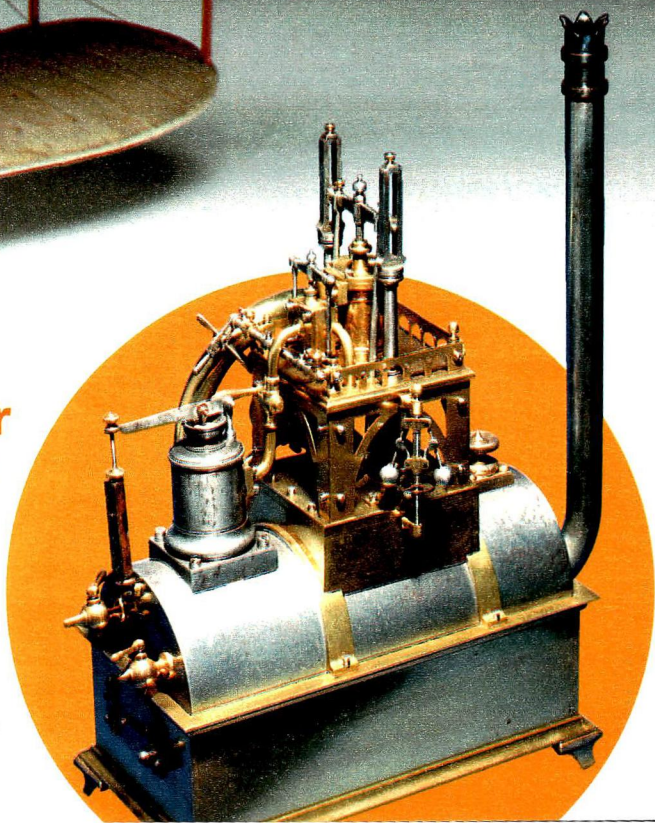


La course à la VITESSE



La vapeur en démonstration

Datée du milieu du XIX^e siècle, cette machine à vapeur de 31 cm x 25 cm est probablement un modèle qui servait aux vendeurs dans leurs démarches et leurs démonstrations auprès des clients. Malgré ses dimensions, ce moteur en métal n'est pas une maquette : il fonctionne bel et bien.



PHOTOS : © CHRISTIE'S



L'ancêtre du planétarium

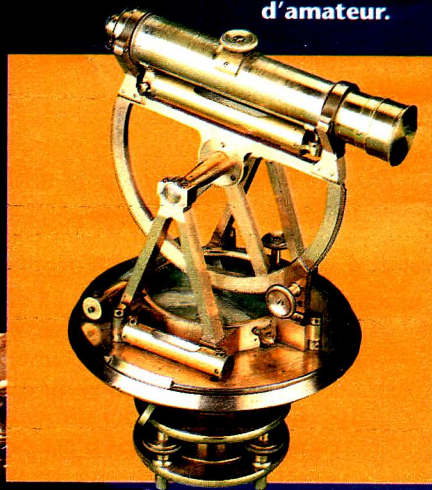
Cette sphère armillaire, fabriquée à Milan en 1677 par Antonio Costa, traduit la fascination qu'exerçaient alors dans la haute société les mouvements de la Terre et des étoiles. Véritable ancêtre du planétarium moderne, ce chef-d'œuvre de l'artisanat peut tracer fidèlement l'aspect du ciel d'un point de vue géocentrique, tel que l'avait imaginé Ptolémée.

Le microscope du Dauphin ?

En 1668, les microscopes font leur apparition. Celui-ci a été façonné à Paris par Mesnard, qui travaillait aussi pour le mathématicien et astronome néerlandais Christiaan Huygens. Il était probablement destiné au fils aîné du roi de France, comme le suggèrent les trois dauphins qui lui servent de support.

Les mesures de la Terre

Le constructeur de ce théodolite est le mécanicien britannique Jesse Ramsden, qui, au XVIII^e siècle, inventa cet instrument afin d'établir des règles géodésiques. Il a également mis au point des oculaires encore en usage aujourd'hui sur les télescopes d'amateur.



Des MICROBES aux ETOILES



Ce télescope a deux siècles

Ce télescope de 115 mm d'ouverture de la fin du XVIII^e siècle est l'équivalent des instruments couramment utilisés aujourd'hui par les astronomes amateurs. La mise au point se faisait en déplaçant le miroir primaire, une pièce à l'aluminure (couche d'aluminium déposée sur le verre), relativement bien conservée, de 1,6 cm d'épaisseur. Le réflecteur est soutenu par une monture équatoriale et équipé d'un chercheur réticulé.

L'HEURE avant les montres

La hauteur des astres

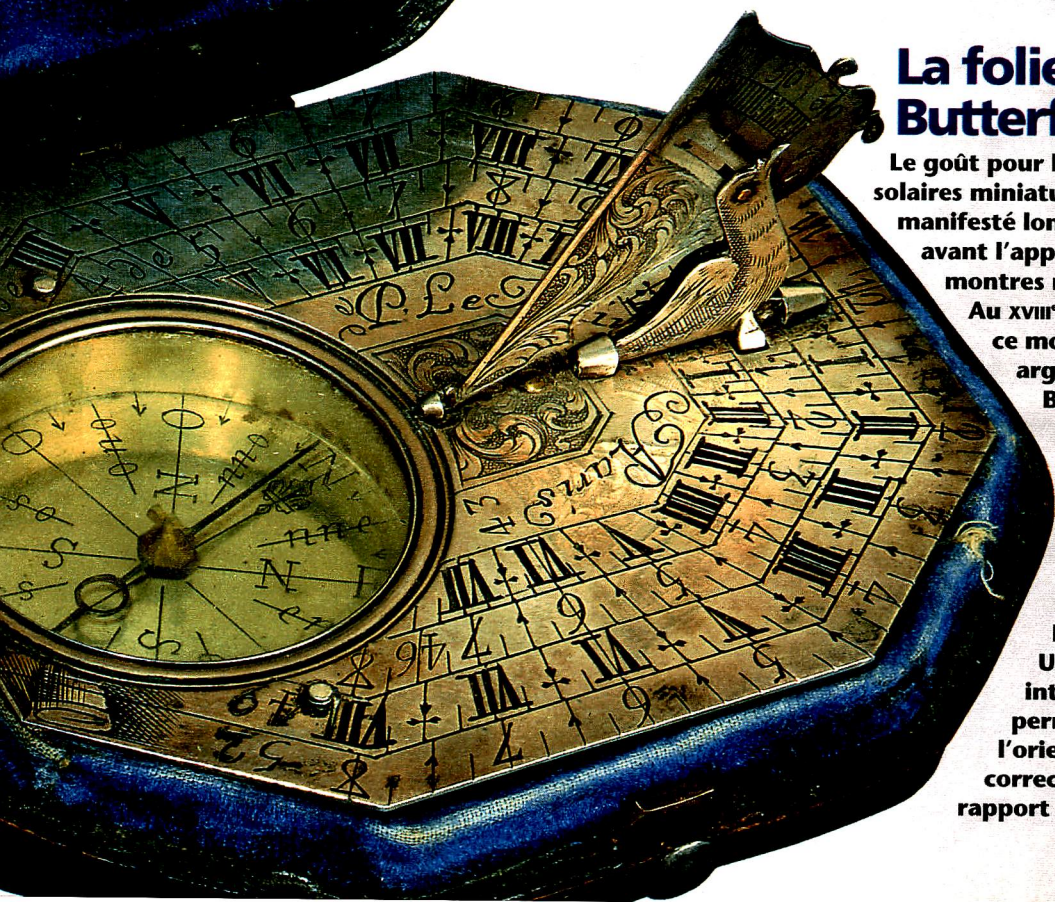
Au ^{xvi} siècle, les mouvements des planètes sur la voûte céleste étaient représentés grâce à des astrolabes. Ces instruments permettaient de déterminer la hauteur des astres au-dessus de l'horizon. Peu d'entre eux ont survécu, car leurs fonds étaient en papier. Celui-ci, qui date de 1578, est français. Il est signé Philippus Danfrie.



La folie Butterfly

Le goût pour les cadrans solaires miniaturisés s'est manifesté longtemps avant l'apparition des montres mécaniques.

Au ^{xviii} siècle, ce modèle en argent, dit Butterfly, était l'un des plus réputés. Il a été fabriqué à Paris par Pierre Le Maire. Une boussole intégrée permettait de l'orienter correctement par rapport au nord.



L'Europe à l'heure

Ce très rare instrument pragoïs du xvi^e siècle est une montre. Par une simple visée du Soleil, il permet de connaître l'heure quels que soient le lieu et la saison, entre 5° et 66,5° de latitude nord. Les réglages pour plusieurs grandes villes européennes y sont préétablis.



Le soleil dans la poche

Au début du xviii^e siècle, il était très élégant de donner l'heure à l'aide d'un cadran solaire de poche.

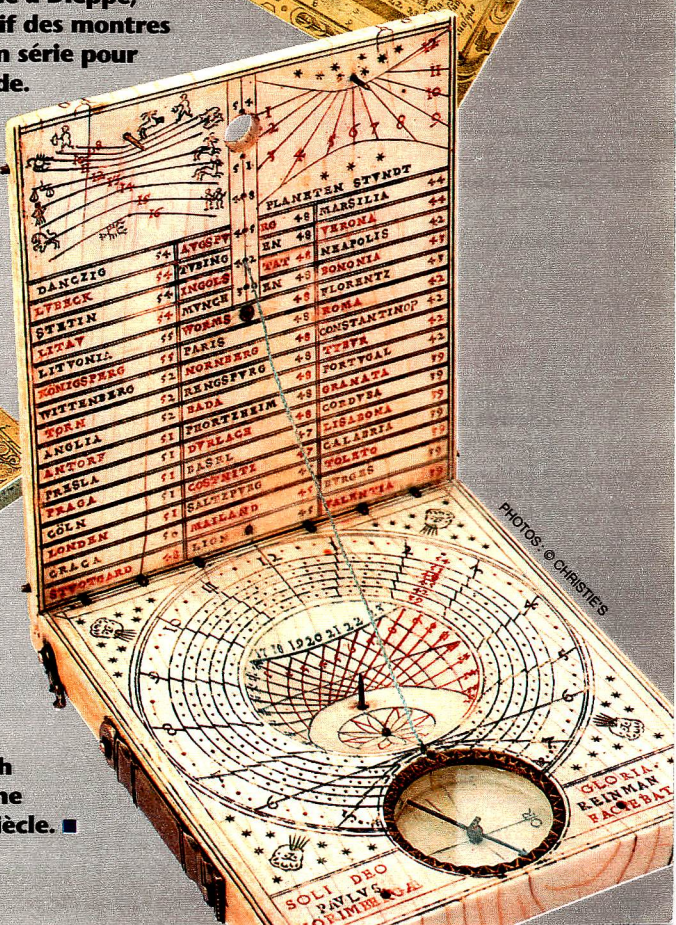
Ce modèle en ivoire fabriqué à Dieppe, en 1607, est représentatif des montres de l'époque, produites en série pour satisfaire la demande.

Il indiquait la latitude des principales villes d'Europe.



Le cadran de l'honnête homme

Cet objet, façonné à Munich en 1545 par Ulrich Schniep, est un cadran solaire portable. Un signe extérieur de richesse et de modernité au xvi^e siècle. ■



PHOTOS: © CHRISTIES

Une pilule en béton



■ Les marchands de bonheur américains ont encore frappé. Cette fois, c'est une pilule contre l'impuissance qu'ils proposent. Et ça se vend comme des petits pains !

PAR PHILIPPE CHAMBON

Depuis la conquête de l'Ouest, les Américains sont les meilleurs clients des marchands de potions miracles. A l'époque, celle des westerns, les bonimenteurs vendaient leurs élixirs de jouvence de ville en ville. Aujourd'hui, ils font de la pub à la télé, c'est beaucoup plus efficace.

Après le Prozac, antidépresseur aux effets pervers, puis le Redux, coupe-faim qui attaque le cœur, leur dernière trouvaille s'attaque à l'un des symptômes les plus sensibles de cette société tourneboulée par le féminisme et les lois sur le harcèlement sexuel : l'impuissance masculine.

Baptisée Viagra, subtile contraction de "vigor" et de "Niagara" (!), la molécule de l'érection triomphante fait donc un malheur outre-Atlantique : plus de dix mille prescriptions par jour. Mieux que le Prozac aux plus sombres moments de la crise économique. Mais il est vrai qu'on touche ici au mythe de l'éternelle jeunesse, car, on le sait, l'activité sexuelle, ça conserve (voir *Science & Vie* n° 967, p. 74).

La découverte du Viagra est déjà légendaire. Son principe actif, le sildénafil, a d'abord été testé dans l'espoir d'accroître le flux sanguin dans le muscle cardiaque. Les résul-

tats furent décevants, mais, au cours des essais, des patients atteints d'angine de poitrine éprouvèrent une nette amélioration de leurs performances sexuelles. Au point qu'ils refusaient de rendre aux médecins les pilules qui restaient en leur possession à la fin du test...

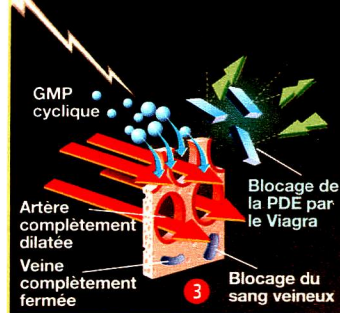
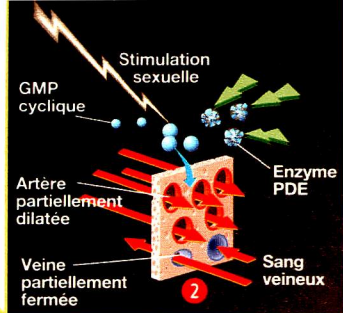
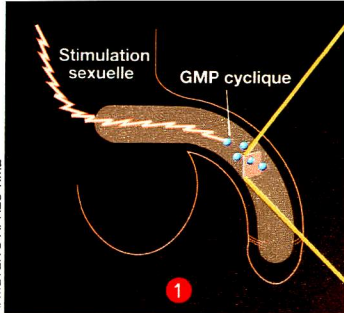
Les chercheurs du laboratoire Pfizer qui dirigeaient l'expérimentation comprirent qu'ils avaient mis la main sur la pilule de la virilité, la molécule magique qui allait rendre à la gent masculine amoindrie son pouvoir perdu, lui redonner confiance, restaurer sa silhouette conquérante. De quoi empocher une montagne de dollars. De fait, l'action Pfizer a grimpé de 60 % depuis le début de l'année, et les ventes ne cessent de croître.

Le mode d'action du sildénafil ? Bloquer une enzyme normalement responsable de la fin de l'érection après l'éjaculation, la phosphodiestérase (PDE). Quand l'homme éprouve un désir sexuel, son système nerveux émet des si-

Triomphal !

L'érection est parfois un processus laborieux, comme le fut celle de l'obélisque de Louxor, place de la Concorde, à Paris, le 25 octobre 1836. Les Parisiens lui avaient fait un triomphe. Les Français réserveront-ils le même accueil à la pilule contre l'impuissance ?





Viagra : la montée en puissance

L'excitation sexuelle libère dans le pénis une substance, le GMP cyclique ①, qui dilate les artères. Cette dilatation comprime les

veines. Leur diamètre se réduit, le sang est retenu : l'érection commence ②. A la fin de l'érection, une enzyme, la PDE,

dégrade le GMP cyclique. C'est un manque de cette substance qui provoque l'impuissance. Viagra bloque l'enzyme

qui la dégrade ③, ce qui prolonge son effet et maintient l'érection tant que s'exerce la stimulation sexuelle.

gnaux qui déclenchent la production de GMP (guanosine monophosphate) cyclique, une substance énergétique qui dilate les artères du pénis. Le sang s'engouffre dans l'organe érectile, qui gonfle et se raidit. Cette dilatation artérielle comprime les veines, le sang est pris au piège. L'érection se maintient tant que le désir soutient le processus – jusqu'à l'orgasme.

C'est alors qu'intervient la PDE. Elle détruit le GMP cyclique, ce qui ramène les artères et les veines à leur diamètre normal. Le sang circule donc sans entrave, et la turgescence du pénis disparaît. Malheureusement, chez certains hommes, faute d'une quantité suffisante de GMP cyclique, les artères ne se dilatent pas assez pour empêcher le reflux sanguin. L'érection est donc imparfaite, le désir reste insouvi et souvent perturbé par la répétition de

l'échec. En bloquant l'action de la PDE, le sildénafil protège le GMP cyclique, ce qui permet une plus large dilatation artérielle, donc une érection suffisante pour assurer un rapport sexuel complet.

BIENTÔT COMMERCIALISÉ EN FRANCE ?

A la différence des traitements chimiques classiques de l'impuissance, qui provoquent une érection indépendante du désir, ce qui ne va pas sans poser de problèmes, le Viagra ne fait que renforcer un processus naturel. Il ne suscite pas d'érection sans stimulation érotique. Autre avantage : c'est un traitement oral, plus discret que les mini-suppositoires à insérer dans l'urètre, moins contraignant que les injections à la base de la verge.

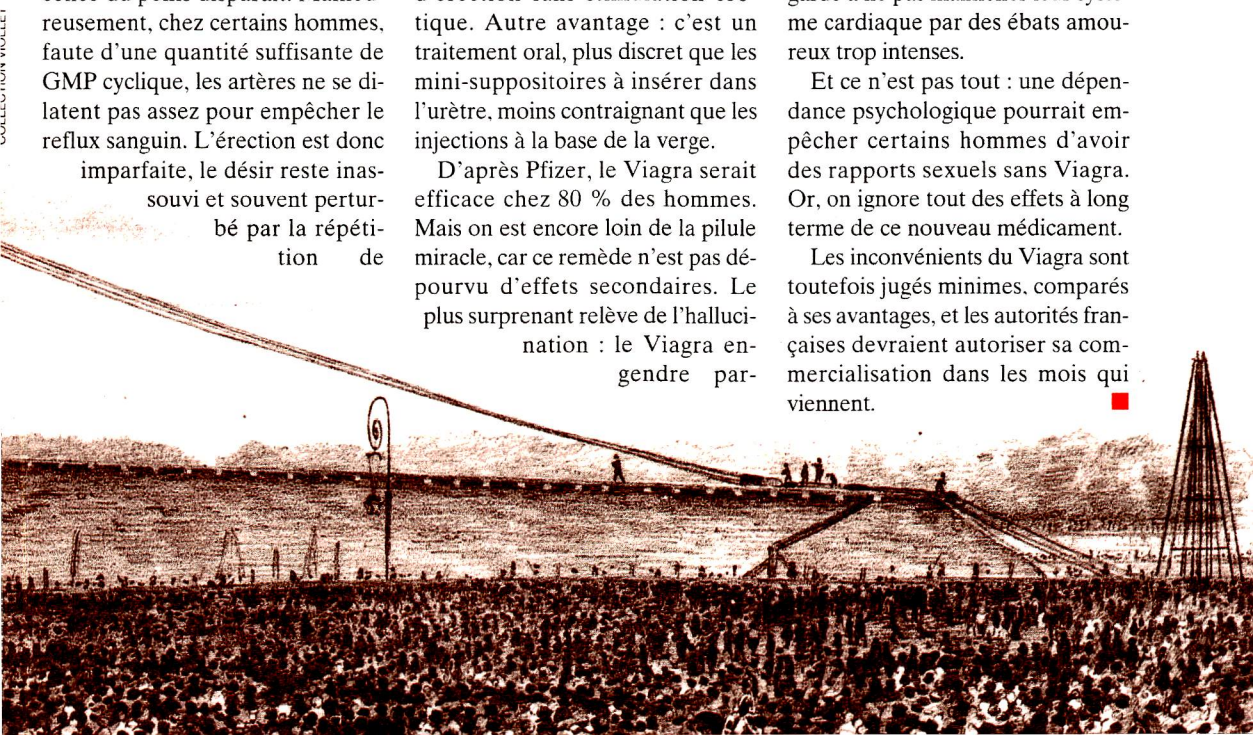
D'après Pfizer, le Viagra serait efficace chez 80 % des hommes. Mais on est encore loin de la pilule miracle, car ce remède n'est pas dépourvu d'effets secondaires. Le plus surprenant relève de l'hallucination : le Viagra engendre par-

fois la vision d'un halo bleu ou vert, parce qu'il agit sur des cellules de la rétine qui utilisent aussi le GMP cyclique et la PDE.

Encore plus gênant : les maux de tête qui affectent un utilisateur sur dix. Jusque-là, rien de grave. Cependant, le fabricant signale des risques de priapisme – ce qui dépasse l'effet désiré ! Sans compter que le priapisme peut déboucher sur... l'impuissance. Les personnes qui suivent un traitement contre l'hypertension peuvent aussi être victimes d'évanouissements. Les patients coronariens doivent prendre garde à ne pas malmenier leur système cardiaque par des ébats amoureux trop intenses.

Et ce n'est pas tout : une dépendance psychologique pourrait empêcher certains hommes d'avoir des rapports sexuels sans Viagra. Or, on ignore tout des effets à long terme de ce nouveau médicament.

Les inconvénients du Viagra sont toutefois jugés minimes, comparés à ses avantages, et les autorités françaises devraient autoriser sa commercialisation dans les mois qui viennent.





ENQUÊTE

Les tests ADN sont-ils FIABLES?

■ Un cheveu, une goutte de sang ou de sperme suffit à identifier un criminel par son empreinte génétique. Ce considérable progrès dans les moyens d'investigation policière et judiciaire est-il cependant absolument fiable? Certains scientifiques dénoncent les risques d'erreur des méthodes employées. Et leurs dangers.

PAR GÉRALDINE MAGNAN



Novembre 1986. Les Britanniques apprennent que les viols et les assassinats de deux jeunes filles, perpétrés à trois ans d'intervalle dans un petit village proche de Leicester, sont imputables à un seul homme. La preuve : il a laissé son empreinte génétique. Médusée, la justice britannique libère celui qui s'accusait des meurtres : ses caractéristiques génétiques ne correspondent pas à celles des échantillons prélevés sur les lieux des crimes.

Deux ans plus tard, c'est aux Etats-Unis, dans une cour de justice de Floride, que la "preuve" génétique fait son entrée. Quant aux assises françaises, elles lui ouvriront leurs portes en 1991. Depuis, les procès qui mettent en jeu ce nouveau type de pièce à conviction se multiplient.

En France, la recherche d'empreintes génétiques est encadrée par la loi de bioéthique du 29 juillet 1994, qui limite ces analyses au «cadre de mesure d'enquête ou d'instruction diligentée lors d'une procédure judiciaire ou à des fins médicales». Dans ce contexte, les onze laboratoires habilités ont traité en 1997 près de six cents affaires civiles et presque trois mille affaires pénales.

La plus extraordinaire est celle du meurtre de la jeune Anglaise Caroline Dickinson, à Pleine-Fougères (Ille-et-Vilaine), où des centaines d'hommes ont dû établir leur innocence en crachant dans un tube. Cette expertise de

■ ■ ■ masse préfigure-t-elle l'utilisation d'une base de données généralisée? «D'ici à trente ans, tout le monde sera fiché dès la naissance», estime Philippe de Mazancourt, du laboratoire de biologie moléculaire de l'hôpital Raymond-Poincaré, à Garches (Hauts-de-Seine).

En Grande-Bretagne, le fichier national comprend les empreintes génétiques de tous les suspects, alors qu'aux Etats-Unis seuls les criminels sont fichés. Selon Patrick Davost, magistrat au tribunal de grande instance de Bordeaux, «la recherche sur des fichiers informatisés d'empreintes génétiques aux Etats-Unis et au Royaume-Uni ne donne que peu de résultats pour les homicides, les viols et les agressions sexuelles».

«D'ici à trente ans, tout le monde sera fiché dès la naissance»

Pourtant, en France, l'Assemblée nationale vient d'adopter un texte visant à créer un fichier national qui centralisera «les traces génétiques, ainsi que les empreintes génétiques» des auteurs de crimes et délits sexuels. Le dispositif devrait être opérationnel à l'automne.

Déjà, Axel Kahn, membre du comité national d'éthique, met en garde contre l'usage détourné d'un tel fichier. «Il ne faudrait pas s'en servir pour des affaires civiles, c'est-à-dire pour des enquêtes de filiation.» Hormis cette réserve, le généticien n'est «pas opposé à la création d'un fichier, dans la mesure où l'on ne conserve que les profils génétiques, les "codes barres"».

Mais qu'advient-il dans le cas d'une révision de procès? Si,

plusieurs années après, la défense demande une contre-expertise? Ou encore, comme c'est arrivé aux Etats-Unis, si la technique évolue et qu'il faut refaire tout le fichier? Bien qu'on n'en soit pas encore là, l'utilisation de l'ADN semble être déjà la panacée dans les affaires judiciaires.

Nous laissons nos empreintes génétiques un peu partout. Les biologistes les trouveront dans les cellules de notre muqueuse buccale, mélangées à de la salive et abandonnées sur le bord d'un verre, sur

Affaires de spécialistes

En France, onze laboratoires habilités se partagent le marché des empreintes génétiques : les cinq laboratoires de la police scientifique (en rouge), quatre laboratoires hospitalo-universitaires (en vert) et deux laboratoires privés (en bleu). En 1997, on a fait appel à leurs services dans le cadre de 3371 affaires : 2776 pénales et 595 civiles (enquêtes de filiation).

RENNES
20 affaires
civiles

NANTES
630 affaires
pénales,
70 affaires
civiles

PARIS
374 affaires
pénales
291 affaires
civiles,
9 affaires
pénales

LILLE
450 affaires
pénales

STRASBOURG
300 affaires
pénales,
50 affaires
civiles

LYON
74 affaires
civiles
197 affaires
pénales

BORDEAUX
416 affaires
pénales,
90 affaires
civiles

TOULOUSE
160 affaires
pénales

MARSEILLE
239 affaires
pénales

une brosse à dents, sur un mégot, ou encore dans un cheveu pris dans les mailles d'un bonnet, dans les cellules épithéliales perdues avec de la sueur à l'intérieur d'un gant... On trouverait même nos empreintes génétiques dans les quelques cellules invisibles coincées entre les courbes de graisse qui dessinent nos empreintes digitales!

Aussi une tache de sang ou de sperme suffit-elle à identifier un criminel. C'est d'ailleurs cette signature qui a permis à la police judiciaire de confondre Guy Georges, le présumé "tueur en série de l'Est parisien", arrêté le 26 mars dernier. Les enquêteurs de



la brigade criminelle ont dû retrouver dans les dossiers les empreintes génétiques d'agresseurs sexuels déjà condamnés, puis les comparer systématiquement à celles relevées sur les lieux des crimes.

«Tâche titanesque, qui aurait été largement simplifiée par un fichier national», clament en chœur magistrats et policiers. Mais, à l'heure où la France s'apprête à constituer un tel fichier, ne faut-il pas s'interroger sur la fiabilité de ces nouvelles méthodes d'identification? Car certains scientifiques semblent douter...

PATRIMOINE COMMUN, INDIVIDUS UNIQUES

Si quelques cellules suffisent à nous identifier, c'est parce qu'elles abritent toutes (à l'exception des globules rouges) de l'ADN. Trois lettres célèbres, qui désignent la molécule d'acide désoxyribonucléique, longue de 1.80 m et constituée de trois milliards de "briques" – les nucléotides. Il en existe quatre : la thymidine (T), qui s'apparie avec l'adénosine (A), et la guanosine (G), qui s'apparie avec la cytosine (C). Enfoui dans le noyau des cellules, l'ADN constitue le patrimoine génétique de tout individu. Il contient une série de gènes – le code nécessaire à l'élaboration de chaque constituant cellulaire.

Tout être humain est unique, mais chacun possède une tête, des yeux, un tronc, des bras, des jambes... Aussi la grande majorité des gènes est-elle par-

tagée par tous les hommes. Mais, entre ces gènes, on trouve des enchaînements de nucléotides silencieux, de l'ADN "non codant". Comme ces régions ne servent à rien (du moins, à rien de connu aujourd'hui), elles varient bien plus que les gènes au cours des générations. Elles diffèrent donc selon les individus. Voilà la clef de l'identification génétique. Mais comment les policiers obtiennent-ils ces confondantes empreintes?

Première étape : le prélèvement. Muni de gants, de scalpels et autres petits matériels, le "technicien de la scène du crime" récupère toute trace biologique : du sang, un cheveu, des rognures d'ongles... Pour une seule affaire, l'opération peut conduire à mettre sous scellés des centaines d'échantillons.

Ces pièces à conviction vont livrer leur secret dans un laboratoire

d'analyse. Pour faire parler ces minuscules indices, les scientifiques commencent par extraire l'ADN des cellules. Souvent, il y en a trop peu. Voilà pourquoi la technique privilégiée est celle de l'amplification génique, ou PCR (*polymerase chain reaction*). C'est une technique ultra-puissante. Elle recopie un seul fragment d'ADN en plusieurs millions d'exemplaires (voir le dessin p. 79). Grâce à elle, on peut analyser l'ADN du bulbe d'un seul cheveu ou d'une tache de sang de 1 mm². En outre, la PCR présente l'avantage d'être extrêmement rapide : de douze à vingt-quatre heures, à peine le temps d'une garde à vue si l'on a appréhendé un suspect...

Mais c'est justement dans la puissance de cette technique que réside le premier danger. Si un cheveu du policier s'est mêlé à l'échantillon prélevé, si le laborantin a éternué ■ ■ ■



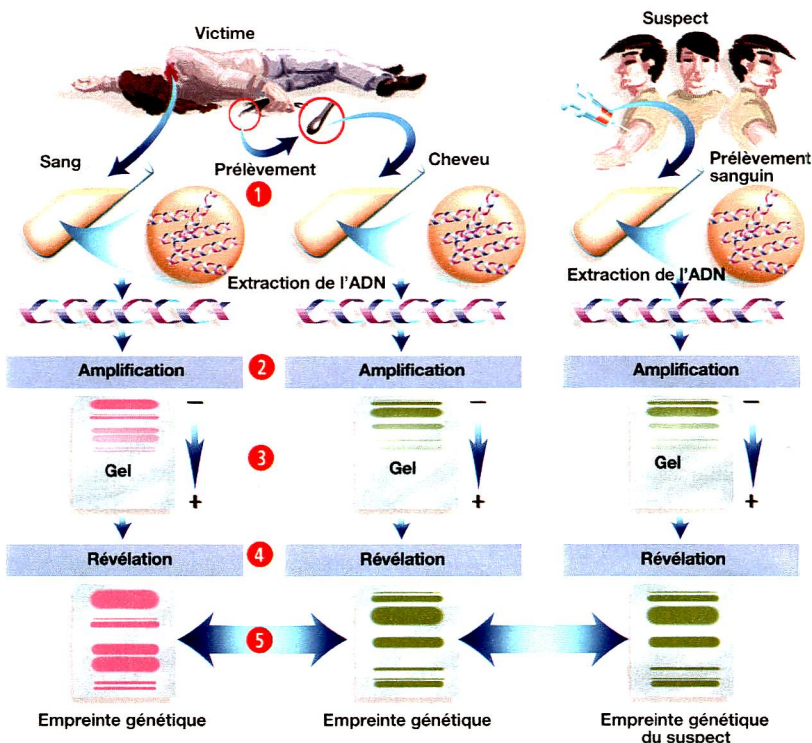
M. VARD/EXPLORER

Pièces à conviction

Pour pouvoir "prendre" les empreintes génétiques, le "technicien de la scène du crime" commence par collecter soigneusement des échantillons biologiques (cheveu, sang, sueur, sperme, salive...) à proximité de la victime. C'est une étape extrêmement importante. Car, si le policier contamine l'échantillon prélevé avec ses propres cellules, les résultats de l'analyse génétique seront faussés.

Confrontation

On prélève des échantillons biologiques (sang, cheveux) sur le lieu du crime ❶. Ils subissent le même traitement que le prélèvement sanguin du suspect : on en extrait l'ADN nucléaire qu'on "amplifie" (voir ci-contre le détail de cette technique) pour pouvoir l'étudier ❷. Le tube à essais contient alors plusieurs fragments d'ADN de tailles différentes. On les dépose sur un gel traversé par un courant électrique ❸. Les fragments, chargés négativement, sont attirés par le pôle positif, à l'autre extrémité du gel. Les plus courts étant les plus rapides, ils se placent par ordre de taille. Après avoir révélé le gel ❹, on compare ❺ les séries de bandes obtenues – les empreintes génétiques. Les cheveux trouvés dans la main de la victime sont bien ceux du suspect, mais pas la tache de sang.



■ ■ ■ pendant la manipulation, les résultats de l'analyse seront sérieusement faussés. Pour prévenir ce type de contamination, le département biologie du laboratoire de police scientifique de Paris a récemment déménagé. Ses locaux ne satisfaisaient pas aux critères exigés. Car toutes les étapes de la recherche des empreintes génétiques doivent s'effectuer dans des endroits distincts. Cependant, on n'est jamais à l'abri

Le "coupable idéal" était passé aux aveux. Le test l'innocente

d'une contamination. Certains directeurs de laboratoire en sont bien conscients : ils se sont dotés des empreintes génétiques de tous les manipulateurs, afin de les comparer systématiquement aux résultats douteux. Mais, semble-t-il, ce n'est pas une pratique généralisée...

Pour s'entourer d'un maximum de sécurité, deux tubes à essais subissent le même traitement que ceux qui contiennent l'échantillon. Le tube "blanc" est vide. Si, à la fin de l'analyse, on y détecte de l'ADN, c'est qu'il a été contaminé dans le laboratoire. Le second tube contient de l'ADN connu. Si l'empreinte génétique obtenue à partir de ce tube ne correspond pas à celle qu'on attendait, cela signifie que la PCR a aussi amplifié de l'ADN contaminant.

Pour puissante qu'elle soit, la PCR ne peut recopier la totalité du patrimoine génétique. Elle permet seulement d'amplifier de très courtes séquences. Paradoxalement, il faut donc connaître ce qu'on cherche pour le trouver. Dans la chasse aux empreintes génétiques, les scientifiques étudient généralement les microsatellites, tous situés dans la région non codante de l'ADN. Chaque microsatellite est la répétition d'une unité de base : une minuscule séquence de deux à six nucléotides

(ACG, par exemple), que tous les êtres humains possèdent.

On repère cette séquence grâce à un "marqueur", succession de nucléotides complémentaire de l'unité de base du microsatellite (TGC, dans notre exemple). Fixé au début du microsatellite, le marqueur fait office d'amorce. Il permet à une enzyme, la polymérase, de se fixer à son tour au brin d'ADN qu'elle va copier. La polymérase accroche des nucléotides libres – eux aussi présents dans le tube à essais – dans l'ordre dicté par ce brin d'ADN. Deux amorces encadrent la région à amplifier. À l'issue de la PCR, le tube contient des millions de petits fragments : les microsatellites que le scientifique a choisi de multiplier.

Mais, puisque nous sommes tous dotés de ces régions particulières, comment permettent-elles de distinguer l'innocent du criminel ? Le secret de l'identification par l'empreinte génétique réside dans la taille des microsatellites. Si, pour un microsatellite précis, nous avons tous la même unité de base, le

■ ■ ■ teur du crime, et non à un simple passant. Une enquête bien menée le dira peut-être. Quant à la science, elle cherche seulement à montrer que l'échantillon provient du suspect. Mais le nombre de microsatellites observés est-il assez grand?

Selon William Shields, de l'uni-

versité de New York, les scientifiques américains ne se servent généralement que de trois marqueurs. Quant à Marie-Hélène Cherpin, directrice du laboratoire de police scientifique de Paris, elle dispose de quatorze marqueurs. « Dans un premier temps, il faut être rapide : on utilise donc six marqueurs. Si le profil génétique du suspect s'accorde à celui de l'échan-

tion, le juge d'instruction peut décider du maintien en garde à vue, qui nous laisse le temps d'étudier d'autres microsatellites. »
A ce jour, dans le laboratoire parisien, cette recherche ultérieure n'a jamais innocenté un suspect. En revanche, le cas s'est produit dans l'un des quatre autres laboratoires de la police française. Preuve que les six premiers marqueurs ne permettent pas toujours l'identification. Pourtant, l'immense fichier mis en place au Royaume-Uni depuis 1995 contient des empreintes génétiques construites sur la foi de six marqueurs seulement...

Pour donner du poids à leur conclusion, les scientifiques l'associent à une probabilité... qui ne mesure ni l'erreur ni la culpabilité. Ce chiffre, souvent ridiculement faible, traduit la probabilité que l'échantillon examiné provienne d'une autre personne. Bref, c'est la probabilité de trouver au hasard quelqu'un qui présente les mêmes caractéristiques génétiques que le sus-

pect pour les marqueurs étudiés.

Pour la calculer, les scientifiques cumulent les fréquences d'apparition dans la population générale de chaque marqueur observé. Ils parviennent ainsi à des probabilités d'un sur plusieurs millions, voire plusieurs milliards. Mais comment connaît-on la fréquence d'apparition d'un marqueur précis? « Grâce aux bases de données édifiées à partir des études de population », répondent les experts en science médico-légale.

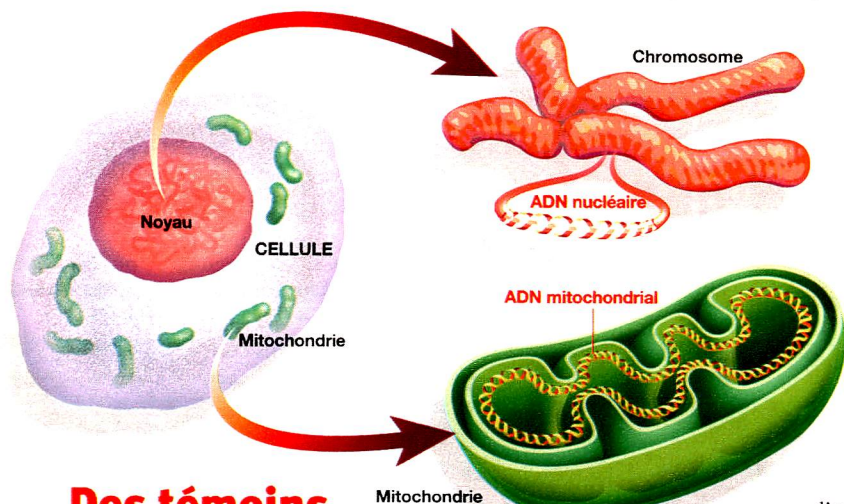
RÉFÉRENCES DOUTEUSES

Ces bases de données sont-elles vraiment représentatives de la population? En Grande-Bretagne, l'échantillon qui sert à calculer les fréquences ne compte que deux cents personnes. « C'est largement insuffisant, objecte André Langane, généticien au musée de l'Homme, à Paris. En travaillant avec un tel échantillon sur des régions génétiques très variables, on peut trouver presque autant de séquences que d'individus. » Impossible, donc, de calculer des probabilités ni, surtout, de les extrapoler au reste de la population.

Et tout se complique quand on songe au groupe d'origine du suspect. Car la fréquence d'apparition d'une séquence génétique varie selon les groupes. Imaginons que le suspect vienne d'une région isolée, où le profil génétique de la population présente certaines particularités. Les experts comparent son empreinte à celles d'une base de données de référence, où ce type génétique est peu (et bien souvent pas du tout) représenté. Conclusion : la probabilité de rencontrer le profil génétique du suspect chez quelqu'un d'autre est quasiment nulle. L'échantillon prélevé sur le lieu du crime lui appar-

La petite amie de l'homme soupçonné avait inversé les tubes !

S. DESSERT



Des témoins dans chaque cellule

Toutes les cellules (à l'exception des globules rouges) possèdent un noyau qui contient de l'ADN, utilisé pour la recherche d'empreinte. On peut également se servir de l'ADN présent dans les mitochondries (organites qui produisent l'énergie dont la cellule a besoin). L'ADN mitochondrial est plus résistant que l'ADN nucléaire. Mais son usage en matière de justice est plus délicat.

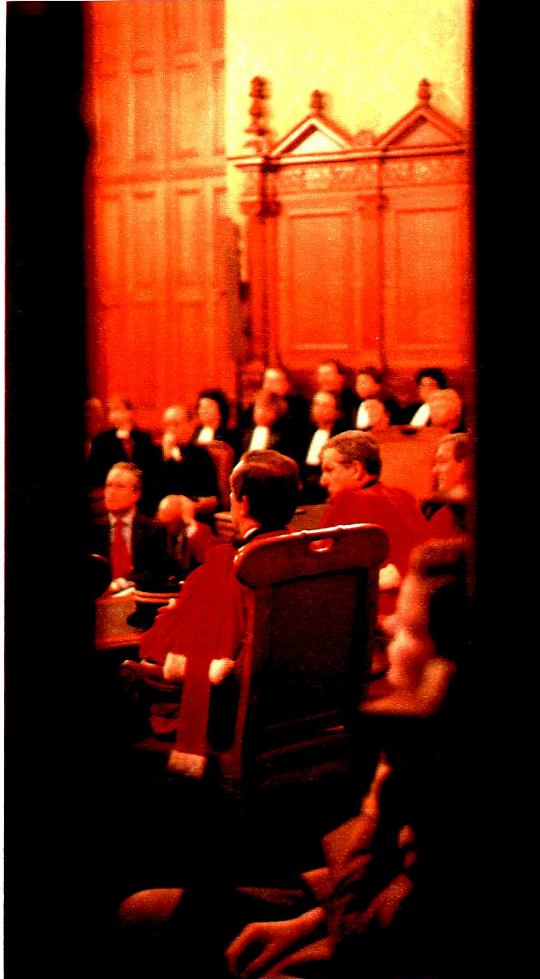
tient : il est coupable.

En revanche, si l'on avait pris pour référence la population de sa région d'origine, la probabilité aurait été métamorphosée. Les jurés douteraient alors fortement de la culpabilité du suspect. Malgré cela, Dominique Rigal, du centre de transfusion sanguine de Lyon, avoue comparer les suspects de sa région avec une base de données contenant des "Caucasiens" américains et britanniques...

D'après Philippe de Mazancourt, on contournerait cet écueil en observant plusieurs marqueurs. « L'imprécision sur un marqueur donné est ainsi "noyée". On estime par exemple la probabilité à 1 sur 10 milliards, alors qu'elle est en réalité de 1 sur 9 milliards. Ce qui ne change rien. »

Pourtant, en étudiant certaines populations isolées du Royaume-Uni, l'équipe de Richard Nichols, du Queen Mary College de l'université de Londres, a obtenu de grandes différences selon qu'elle comparait un individu à son groupe d'origine ou à l'échantillon de référence. Le chercheur a poussé les autorités britanniques à rectifier le tir en imposant un coefficient de correction dans le calcul des probabilités.

Richard Nichols, souvent cité à la barre comme expert, pense cependant qu'il faut rester prudent quand on manipule de tels chiffres. Car la probabilité calculée est purement théorique. Elle ne tient pas compte des erreurs humaines. « Aux Etats-Unis, on estime qu'un tube sur mille est mal étiqueté.



D. GUY/EDITING

La "preuve" scientifique

Au tribunal, les jurés ne mettent jamais en doute la "preuve" génétique apportée par l'expert. Paradoxalement, la justice semble accorder plus de poids à l'empreinte génétique que la science...

Sans parler des fautes délibérées. Par exemple, lors d'une recherche en paternité, le résultat d'un test génétique était formel : l'homme soupçonné n'était pas le père. Sur l'insistance de la mère, on a refait le test plusieurs fois, sans que le résultat s'en trouve modifié. Finalement, un autre laboratoire s'est chargé de l'affaire et a montré que l'homme était bien le père. En fait, sa petite amie travaillait dans le premier laboratoire et avait interverti les tubes ! »

Autre sujet de controverse, la manière dont le résultat statistique est présenté à l'audience : elle influence considérablement les jurés. Jona-

than Kœhler, professeur de psychologie à l'université de Chicago, a mené une expérience sur 249 personnes divisées en deux groupes. Les résultats sont stupéfiants. On a annoncé aux personnes du premier groupe qu'il y avait 99,9 % de chances pour que l'échantillon prélevé sur le lieu du crime appartienne au suspect : les trois quarts d'entre elles l'ont déclaré coupable. En revanche, celles du second groupe ont entendu le résultat exprimé en fréquence (c'est-à-dire : une chance sur mille que l'échantillon n'appartienne pas au suspect) et non en pourcentage : plus de la moitié d'entre elles ont acquitté l'accusé.

Quelle place les tribunaux accordent-ils donc à la "preuve" scientifique ? « Pris isolément, le profil génétique n'a aucune signification, dit Marie-Hélène Cherpin. Il faut bien d'autres éléments pour juger quel-

qu'un. » Pourtant, on entend un autre son de cloche du côté de la justice. L'empreinte génétique « constitue un atout précieux, rigoureux et infaillible, le numéro un incontesté dans la hiérarchie de la preuve, loin devant l'aveu ou le témoignage », déclare Jean-Pierre Bandiera, magistrat au tribunal de grande instance de Nîmes (1). Ainsi, aux yeux du tribunal, la preuve génétique a une "aura d'infaillibilité". Même si c'est l'unique élément à charge contre l'accusé, elle peut suffire à le condamner.

En dépit de leur incapacité à éva- ■ ■ ■

(1) Dans les *Empreintes génétiques en pratique judiciaire*, IHESI/la Documentation française, avril 1998.

L'empreinte du père

La moitié du patrimoine génétique d'un enfant lui vient de son père, et l'autre moitié, de sa mère.

L'empreinte génétique de l'enfant est donc constituée de bandes que l'on retrouve sur les empreintes de ses parents. Dans une recherche de paternité, c'est ainsi que l'on distingue le père biologique d'un autre homme.

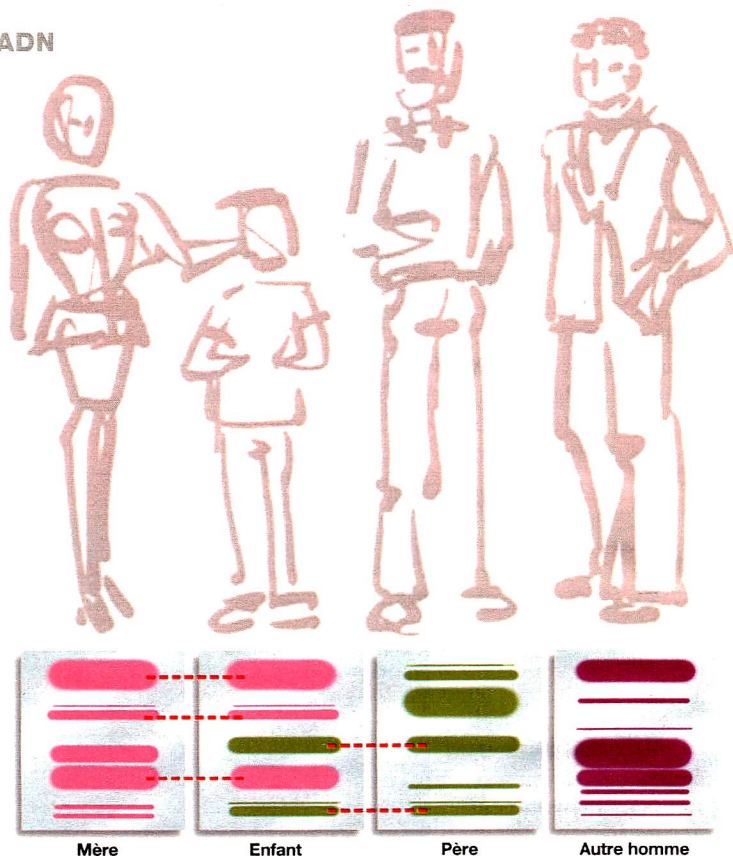
■ ■ ■ Luer cet élément, les magistrats poussent les scientifiques à leur fournir coûte que coûte un résultat. C'est ainsi qu'un nouveau type d'empreinte génétique, l'analyse de l'ADN mitochondrial, commence à envahir les tribunaux. Avec sept cents affaires traitées en 1997, dont presque un quart ont mis en jeu l'ADN mitochondrial, c'est le laboratoire de génétique moléculaire de Nantes qui détient la palme.

Pourtant, les scientifiques sont réservés sur l'emploi de ces méthodes. « On ne peut pas envoyer quelqu'un en prison sur la foi de résultats dont on ne maîtrise pas bien

Dans l'affaire Yves Montand, les analyses risquent d'échouer

la signification », dit Marie-Hélène Cherpin, dont le laboratoire ne pratique pas encore ce genre d'analyse. Quant à William Shields, il conclut purement et simplement : « L'utilisation de l'ADN mitochondrial devrait être interdite dans les procès. »

SICHOW/SIPA



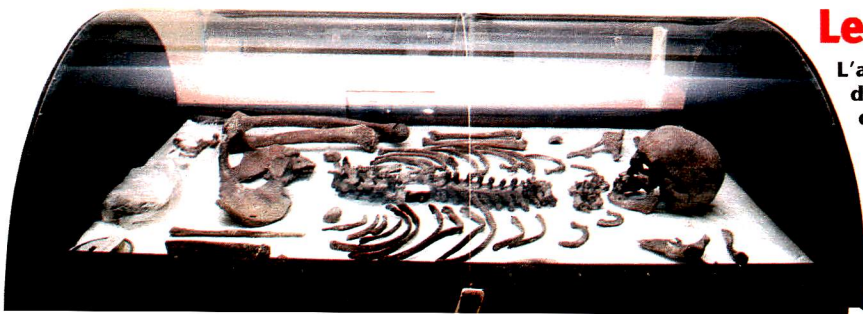
Les mitochondries sont les "centrales énergétiques" de la cellule. Elles possèdent leur propre ADN. Chaque cellule hébergeant plusieurs centaines de mitochondries, on y trouve autant de copies d'ADN mitochondrial. Quand les cellules sont trop dégradées ou quand l'échantillon ne contient pas d'ADN nucléaire (un cheveu sans bulbe, par exemple), il reste toujours l'ADN des mitochondries, qui est plus résistant.

Après l'extraction, les scientifiques amplifient une petite région de cet ADN, distincte selon les individus. Il ne reste plus qu'à la séquencer, c'est-à-dire à décrypter l'enchaînement des nucléotides.

Manipulation qui n'est pas sans risque d'erreur. En outre, les mitochondries ont la particularité d'être transmises uniquement par la mère. Les frères, les sœurs ou les cousins maternels possèdent donc le même ADN mitochondrial. Et voilà qu'on retombe sur un problème de probabilité. Car tout un groupe de gens, qui vivent souvent dans des localités voisines, partage la même séquence.

De plus, le taux de mutation de l'ADN mitochondrial serait beaucoup plus rapide qu'on ne le pensait jusqu'à présent. Ainsi, la séquence de l'ADN mitochondrial peut varier d'un frère à l'autre ou, chez une seule personne, d'un tissu à l'autre,

S. DESSERT



Le tsar retrouvé

L'analyse de l'ADN mitochondrial d'une série d'ossements découverts en Sibérie a permis de les identifier comme ceux de la dernière famille impériale russe, celle du tsar Nicolas II.

et même d'une cellule à l'autre : il suffit pour cela d'une seule mutation au cours du développement ou dans une mitochondrie de l'ovule maternel. Les scientifiques croyaient ce phénomène, appelé hétéroplasmie, fort rare. Aujourd'hui, ils estiment qu'on peut le rencontrer chez de 10 à 20 % de la population.

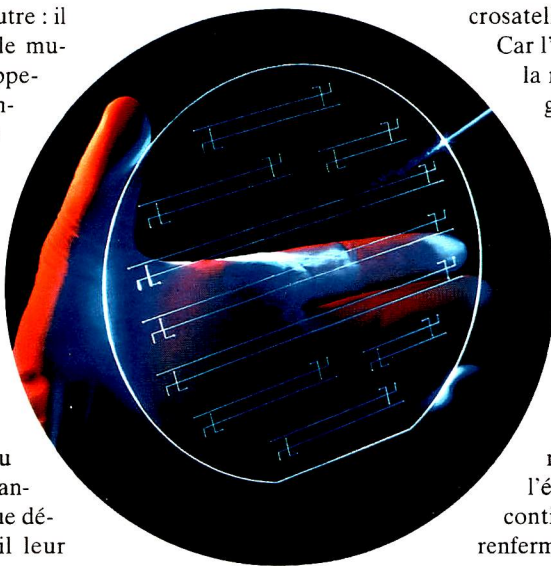
Dès lors, si les experts trouvent un nucléotide qui diffère entre l'empreinte génétique d'un cheveu sans bulbe et celle de l'échantillon sanguin du suspect, que décident-ils ? Aujourd'hui, il leur faut plus de deux différences pour conclure que l'échantillon prélevé sur le lieu du crime ne provient pas du suspect. Mais, il y a quelques mois, ce résultat les aurait conduits à un verdict contraire.

Malgré ce flou, le phénomène d'hétéroplasmie a déjà permis de résoudre une belle énigme. C'est grâce à lui que Thomas Parson, du laboratoire des forces armées de Rockville, aux Etats-Unis, a mis fin à la controverse à propos des ossements supposés de la dernière famille impériale russe, celle du tsar Nicolas II.

HÉRITAGE MATERNEL

En 1991, pour s'assurer de l'identité des corps exhumés d'une tombe sibérienne, on appelle la génétique à la rescousse. Les scientifiques comparent l'ADN mitochondrial du tsar présumé à celui de son lointain cousin maternel encore vivant, le prince Philip, duc d'Edimbourg. Résultat non concluant : on trouve deux types d'ADN mitochondrial chez le tsar, dont seulement l'un concorde avec celui du mari de la reine du Royaume-Uni.

Il faudra attendre l'exhumation de Georges Romanov, frère du dernier tsar, pour conclure. Car le grand-duc de Russie possède lui



De plus en plus vite

Des chercheurs américains viennent de développer une nouvelle méthode pour séparer les fragments d'ADN amplifiés. Elle permet d'obtenir une empreinte génétique beaucoup plus rapidement.

aussi les deux séquences d'ADN mitochondrial. Les généticiens en déduisent que les deux frères ont hérité de leur mère ces deux types d'ADN mitochondrial. Les ossements retrouvés étaient donc bien ceux de Nicolas II.

Ainsi, l'ADN mitochondrial, qui résiste au temps, sait faire parler les os anciens et peut retracer les liens de parenté. Mais, du fait de sa transmission matrilineaire, il ne permet pas d'identifier un père.

En ordonnant, cinq ans après sa mort, l'exhumation de la dépouille d'Yves Montand, la cour d'appel de Paris a pris le risque de ne retrouver que de l'ADN mitochondrial et de faire chou blanc. Pour déterminer si le chanteur est bien le père d'Aurore Drossart, il faut pouvoir comparer les empreintes génétiques obtenues à partir de l'étude des mi-

crosatellites de l'ADN nucléaire.

Car l'enfant reçoit de son père la moitié de son patrimoine génétique, et de sa mère, l'autre moitié. Son empreinte génétique affiche donc des bandes qu'on retrouve dans les empreintes de ses parents (voir le schéma page ci-contre).

Basées sur l'ADN non codant, les empreintes génétiques ne nous apprennent presque rien de la personne. Mais l'échantillon biologique, qui contient la totalité de l'ADN renferme tous les secrets. « Grâce aux progrès sur le génome, on pourra bientôt détecter une foule de choses qui n'appartiennent qu'à la personne. Il serait inadmissible de violer cette intimité biologique sans l'accord de l'individu », souligne Axel Kahn. Le généticien s'oppose à ce que l'on conserve dans le prochain fichier national les échantillons biologiques prélevés sur les condamnés. Mais, avançant des arguments d'ordre judiciaire (par exemple, l'éventualité qu'un procès soit révisé), certains plaident déjà pour l'édification de cette gigantesque "bibliothèque".

Pourtant, une collection généralisée d'ADN ouvre la porte à toutes les dérives. La plus probable, et la plus effrayante, viendra certainement du monde socio-économique. A cause d'un gène déficient, on paiera peut-être son assurance plus cher, ou l'on sera licencié par son employeur... L'Institut national de la recherche et de la sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles vient de créer un axe de recherche consacré à la "médecine prédictive appliquée à l'emploi". Quelques voix s'élèvent déjà pour dénoncer le "délit de sale gène" (2).

(2) Titre d'un article paru dans le mensuel *Santé et Travail*.

Comment pense-t-on ?

■ Des scientifiques tentent d'établir un lien entre l'activité cérébrale et l'activité mentale. Or, les avis divergent sur la définition même de la pensée. Est-ce donc une mission impossible que de chercher à en comprendre le fonctionnement ?

PAR DELPHINE DE MAIGNAS

Assis dans un hall de gare, vous observez les passants en attendant votre train. Plusieurs impressions s'imposent à votre esprit : celui-là est bien pressé, cet autre semble excité par le départ. Tout près de vous, un personnage vous intrigue. Quel métier peut-il exercer ? Vous imaginez même sa vie... Plus loin, les couleurs d'une affiche publicitaire vous rappellent celles de vos der-

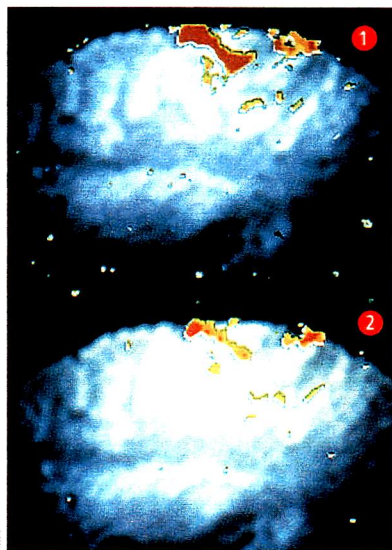
nières vacances. Quelques souvenirs vous reviennent en mémoire... Le temps passe vite. Mais le train arrive et met un terme à vos réflexions. Une fois installé dans le wagon, vous commencez à réfléchir à l'exposé que vous devez présenter plus tard dans la journée.

UNE ACTIVITÉ INCESSANTE

Qu'avez-vous donc fait pendant ces quelques minutes ? Vous avez "pensé". Cette fonction englobe diverses activités mentales : observer, juger et déduire des comportements, se poser une question, imaginer une réponse, se souvenir, mesurer le temps qui passe, choisir un siège ou réfléchir à un problème sont autant de manifestations de la pensée. Celle-ci révèle des émotions, des croyances, une culture,

une identité, un raisonnement... Elle s'accompagne surtout d'une faculté intuitive, inhérente à l'être humain : la conscience de soi, de ses propres réflexions, de ses actes, de ses désirs.

On effectue ainsi chaque jour des milliers d'opérations mentales, plus ou moins élaborées et dont on a plus ou moins conscience. Toutes les sciences et les philosophies tentent d'élucider le mystère de cette production massive et complexe. Les neurosciences suggèrent l'existence d'un lien entre la pensée et l'activité neuronale dans le cerveau. L'étude des lésions et les progrès de l'imagerie médicale ont permis, au cours des dernières années, de localiser certains centres cérébraux impliqués dans les processus mentaux. Grâce aux techniques d'introspec- ■ ■



Le geste et l'idée du geste...

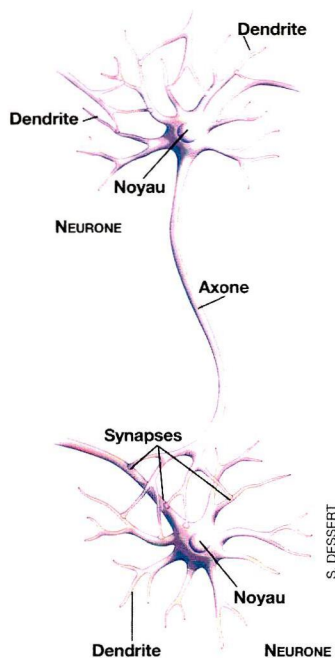
Ces deux images obtenues par IRM montrent que les mêmes régions du cerveau sont activées quand on bouge les doigts de la main ❶ et... quand on pense simplement à ce geste ❷ !



L'esprit et la matière

La pensée est-elle inscrite dans
la matière cérébrale?
C'est la question à laquelle tentent
de répondre les neurosciences.

Ci-dessous, *le Penseur*
d'Auguste Rodin (1889).



Vecteurs d'idées

Le neurone est l'unité de base du cerveau, qui en contient plus de cent milliards. Assemblées en un réseau complexe (photo), ces cellules assurent la transmission et le traitement de signaux électrochimiques. Selon sa nature (souvenir, calcul, rêverie...), la pensée fait appel aux neurones de diverses régions du cerveau.

cérébral s'active, qui met massivement en jeu les aires occipito-pariétales et frontales, et, plus modestement, un "centre du langage" situé dans le cortex temporal. En revanche, ce centre est stimulé de façon intensive par l'écoute de mots abstraits, qui demande un effort de compréhension.

De son côté, Michel Habib, neurologue au CHU de Marseille, a observé des victimes de dommages cérébraux : à la suite de la destruction d'une structure profonde, le "ganglion de la base" (voir le dessin page ci-contre), ces patients deviennent apathiques, privés de motivations et de désirs. Ils sont indifférents à tout, inactifs, comme perdus dans un vide mental. C'est comme si le fil de la pensée spontanée, qui, chez un sujet sain, se déroule continuellement, était rompu.

LÉSIONS FATALES

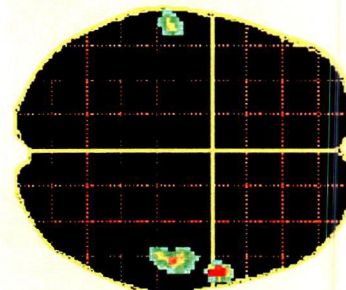
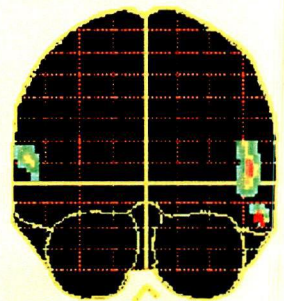
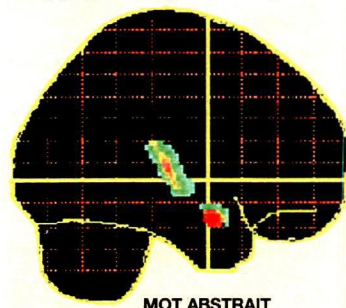
Autre lésion connue, celle d'une toute petite région du lobe temporal droit : elle se traduit par l'incapacité à reconnaître des visages familiers. Si c'est l'aire de Broca, située dans le lobe frontal gauche, qui est détruite, la victime peut perdre l'usage de la parole. Certaines régions cérébrales jouent un rôle primordial dans l'organisation, la fixation et la restitution des souvenirs. Les lésions de l'hippocampe entraînent ainsi de graves troubles de la mémoire.

Ces observations renseignent sur la région du cerveau impliquée dans un processus mental particulier. Cependant, il faut rester prudent dans la définition de la pensée, dès lors qu'on cherche à établir un lien avec

l'activité neuronale. En effet, selon la nature et l'objectif d'une "pensée" (perception, mouvement plus ou moins volontaire, calcul mental, mémorisation à court terme, lecture d'un document, émergence de souvenirs, rêverie...), des zones cérébrales différentes sont activées et s'associent à d'autres structures. Le cerveau est une machine complexe, un dédale de neurones assemblés en un réseau interminable, un fouillis de "minicâbles", de sous-ensembles et de structures plus étendues. Il fonctionne d'une manière globale,

L'hypothèse et

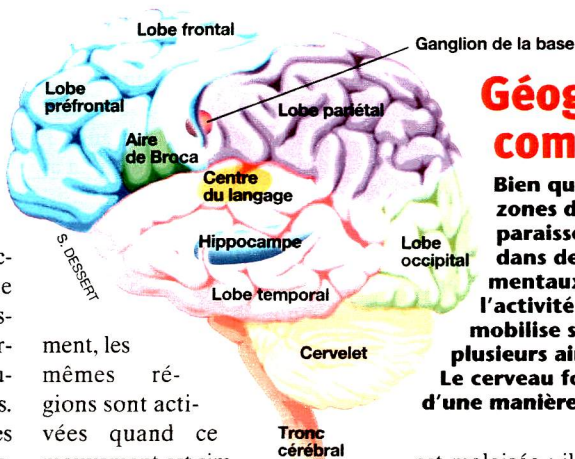
La tomographie par émission de positons (TEP) permet de constater que l'écoute d'un mot abstrait – "hypothèse", par exemple –



■ ■ ■ tion modernes, les scientifiques saisissent mieux comment le cerveau réagit lorsqu'on parle, écoute de la musique, calcule, mémorise, s'émue... Tout récemment, Bernard Mazoyer, professeur à l'université de Caen, a montré par une technique d'imagerie cérébrale (la tomographie par émission de positons, ou TEP) les zones corticales qui sont activées quand une personne entend un mot concret, comme "flamant rose", ou un mot abstrait, comme "hypothèse" (voir les images ci-contre). L'écoute de mots concrets provoque l'émergence d'images mentales : tout un réseau

en mettant en jeu des milliards de connexions entre plusieurs régions cérébrales.

S'il est difficile d'appréhender l'ensemble des processus mis en jeu, l'imagerie par résonance magnétique (IRM) fonctionnelle montre qu'une certaine "matérialité" de la pensée est inscrite dans le cerveau. L'IRM permet de suivre l'activité des neurones mis en action par un stimulus. Par exemple, de localiser les zones activées par l'exécution d'un geste. On s'est ainsi aperçu que, globale-



Géographie complexe

Bien que certaines zones du cerveau paraissent spécialisées dans des processus mentaux spécifiques, l'activité mentale mobilise simultanément plusieurs aires. Le cerveau fonctionne d'une manière globale.

ment, les mêmes régions sont activées quand ce mouvement est simplement imaginé (représentation mentale d'une activité motrice). Cependant, rien ne permet encore de déterminer selon quelles modalités se produit l'excitation ou l'inhibition des neurones dans la zone concernée.

Selon le neurobiologiste Jean-Pol Tassin, professeur au Collège de France et directeur de recherche à l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM), les pensées de l'observateur de la gare sont le fruit de deux traitements cérébraux différents.

Le premier relève de la réaction automatique et inconsciente, et correspond à l'activation de structures cérébrales profondes. Il s'agit d'un traitement "analogique". Le second traitement est une opération "cognitive", qui permet à l'observateur d'analyser des informations et qui conduit au jaillissement de la pensée consciente.

LE SQUELETTE DU PSYCHISME

Pour penser et évaluer ce qui nous entoure, il a fallu un jour apprendre à connaître et à reconnaître cet environnement. La perception d'un visage souriant suppose qu'on saisisse d'abord le concept de visage, qu'il soit lisse ou ridé, rond ou anguleux, placé dans l'ombre ou surmonté de cheveux teints en bleu. Il en va de même de l'expression de joie, qu'on déchiffre sans effort à condition de l'avoir déjà rencontrée.

Mais, pour le nourrisson, la tâche

est malaisée : il doit apprendre à identifier, à différencier et à nommer une foule de concepts. Au fur et à mesure que l'enfant appréhende la réalité, il emmagasine une considérable palette d'"images internes" du monde : visages, lieux, objets, odeurs et couleurs, sensations et perceptions... Il mémorise aussi un

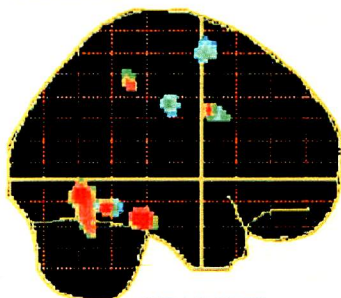
Quand le fil de l'activité mentale spontanée est rompu...

grand nombre de stratégies, élémentaires ou complexes, construites sous l'influence de son environnement : en apprenant à résoudre les problèmes d'ordre physique (pourquoi cette forme cubique n'entre-t-elle pas dans cette forme ronde?) et psychique (quel est le bon comportement pour obtenir quelque chose au plus vite?), il s'éveille à la conscience des objets, de soi et d'autrui. Il apprend aussi à raisonner.

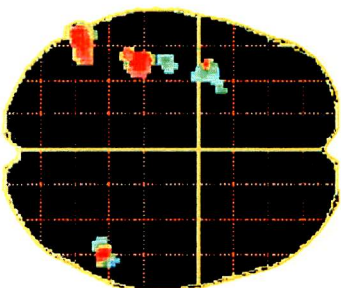
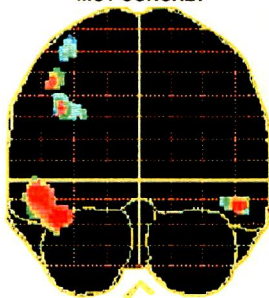
Chargées émotionnellement, ces images et ces stratégies sont progressivement stockées dans des "bassins" (ou "puits") qui constituent une sorte de squelette du psychisme. Ces bassins n'ont pas de localisation précise dans le cerveau. Ils résultent de plusieurs dispositions de neurones, qui s'assemblent en un réseau de plus en plus complexe à mesure que l'enfant grandit. Réac-

le flamant rose

n'active pas les mêmes aires corticales qu'un mot concret tel que "flamant rose". (En rouge, les zones les plus sollicitées.)



MOT CONCRET

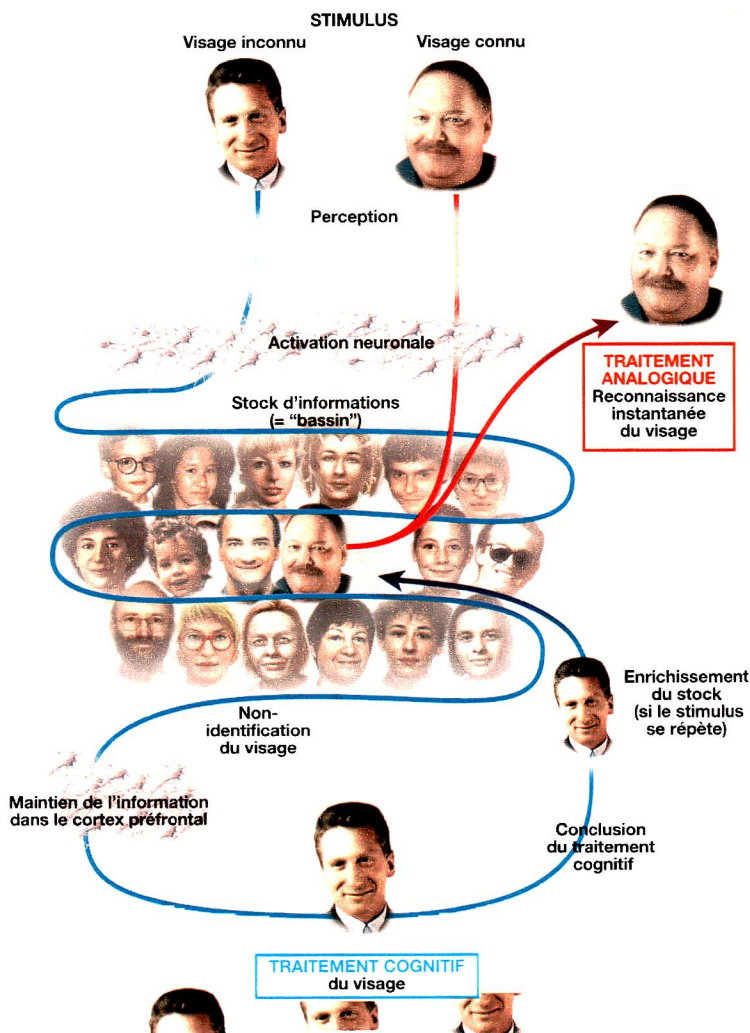


■ ■ ■ tualisés à chaque nouvelle expérience, ils forment le socle de la personnalité et président à la maturation d'un système de pensée.

C'est à ce niveau qu'intervient le traitement analogique (voir le dessin ci-dessous), qui entre en jeu chaque fois qu'il y a une cohérence entre ce qu'on observe et la repré-

sentation stockée dans un bassin. Par exemple, si l'on se trouve face à une situation qui ressemble beaucoup à un problème qu'on a résolu autrefois, on suivra quasiment le même chemin pour l'affronter : on a effectué un raisonnement par analogie.

Imaginons que notre observa-



teur de la gare fasse une erreur d'interprétation, en interpellant un inconnu qu'il prend pour l'un de ses amis. Cette confusion provient d'un traitement analogique trop rapide, qui n'a pas eu le temps nécessaire pour distinguer la figure qui a surgi sur le quai de celle qui est connue et stockée en mémoire.

Le voyageur a détecté une cohérence dans cette ressemblance, ce qui l'a induit en erreur. Inconsciemment, il a effectué un traitement de l'information rapide (de l'ordre de 100 à 300 millisecondes) et automatique, sans vraiment évaluer la situation. Croisé par un autre voyageur, le même personnage passera sans doute inaperçu, car il ne correspond pas aux caractéristiques saillantes stockées dans les bassins du premier.

Plus généralement, nous pouvons vivre les mêmes situations et y réagir différemment selon la composition de nos puits. En activant les bassins d'une manière quasi inconsciente, le travail analogique suscite le jaillissement de comportements et de pensées uniques – toutefois marqués par des stéréotypes sociocultu-

Connu ou inconnu ?

Un stimulus tel que la vue d'un visage connu est traité par le cerveau de façon automatique et instantanée, par comparaison avec les informations stockées dans un "bassin" (traitement analogique). Le stimulus que représente un visage inconnu, donc absent du "bassin", déclenche une activité mentale complexe, plus longue. Ce traitement cognitif de l'information aboutit à une évaluation consciente de la situation.

DESSIN S. DESSERT



SLIDE

Mauvais traitement

C'est un traitement analogique trop rapide de l'information qui conduit parfois à "reconnaître", l'espace d'un instant, le visage d'un inconnu dans la foule.

rels et des archétypes humains.

Néanmoins, on se rend bien compte que le système analogique ne suffit pas à éclairer toutes les dimensions de l'activité mentale, *a fortiori* les pensées plus élaborées et conscientes. Revenons à l'expérience de la confusion des visages : « Il lui ressemble, mais ce n'est pas celui que je connais. » C'est le travail cognitif (qui nécessite de quelques secondes à plusieurs minutes) qui permet finalement cette différenciation. L'observateur a constaté une incohérence entre l'image répertoriée dans un bassin et les caractéristiques du visage de l'inconnu. Il a enregistré l'information (le visage) pour la comparer à l'inventaire des figures connues. Il donne alors une réponse de nature cognitive-

ve adaptée à la situation. En comprenant enfin qu'il ne s'agit que d'une ressemblance, il corrige son erreur : « Je ne le connais pas. »

Ainsi, face à toutes sortes d'imprévus (plus ou moins compliqués et stressants), on formule des solutions plus ou moins performantes, comme devant un problème mathématique qu'on doit résoudre rapidement. Les processus cognitifs sont responsables des activités mentales conscientes ; ils permettent d'évaluer et de critiquer une situation, ce que n'autorise pas le traitement analogique. En fonction de la maturation de notre système de pensée et de la manière dont sont constitués nos bassins, nous inventons et testons des stratégies qui seront éprouvées face à la réalité. Surtout, nous donnons un sens au monde qui nous entoure, sans quoi nous serions submergés par l'incohérence des informations analogiques. A ce sujet, Jean-Pol Tassin avance l'idée que la psychose provient d'une défaillance du processus cognitif au profit de l'analogique, qui plonge le sujet dans la confusion.

Toutes ces opérations cognitives

se produisent grâce à l'activation de neurotransmetteurs (1) qui modifient les structures analogiques. Quels sont-ils et que permettent-ils ?

Soumis aux pressions permanentes du changement de notre environnement, nous formulons des

La psychose serait une défaillance des processus cognitifs

réponses adaptatives de nature physique (par exemple, la régulation de notre température interne). Nous relevons également des défis psychologiques et sociaux, ce qui engendre des stratégies et des comportements plus ou moins en adéquation avec la réalité.

Trois neurotransmetteurs, appelés "modulateurs", sont impliqués dans ces réactions adaptatives : en détectant et en modulant les stimuli, la noradrénaline, la sérotonine et la dopamine ont une fonction d'équilibrage. Situées dans le tronc cérébral du cerveau, elles activent de manière diffuse telle ou telle structure en fonction de la nature et de la complexité de l'événement.

LA CHIMIE DE LA CONSCIENCE

Prenons un exemple : tôt le matin, un coup de téléphone vous réveille. Une sonnerie, une deuxième, une troisième... Petit à petit, vous vous extirpez d'un profond sommeil. Vous comprenez enfin que ce bruit strident est bien réel et qu'il faut décrocher le combiné.

Quelle a été l'action des modulateurs ? La noradrénaline a permis d'éveiller l'attention et de tirer du brouillard le signal de la son-

(1) Substances qui assurent la transmission chimique des messages nerveux au niveau des synapses neuronales.

■ ■ ■ nerie. Or, le système nerveux a besoin de se protéger contre les agressions soudaines. sinon, il se laisserait submerger par la tension : c'est le rôle de la sérotoni-

Peut-on réduire les états mentaux à un mécanisme neuronal ?

ne, qui a minimisé l'alerte. Elle a permis au dormeur tiré du sommeil d'intégrer le bruit, de s'y habituer et de contrôler la situation. Quant à la dopamine, elle effectue un travail de synthèse en rassemblant les données de la noradrénaline et de la sérotonine. En fonction des états internes du sujet et des événements externes qui lui parviennent, elle donne le coup d'envoi pour déclencher un comportement.

APPRENTISSAGE PERMANENT

Les modulateurs interagissent constamment avec le milieu et s'adaptent à toutes sortes de réalités. Sans leur intervention (qui provoque le traitement cognitif), l'observateur de la gare n'aurait sans doute pas pu repérer les informations ni les évaluer.

L'action des modulateurs ne s'arrête pas là : à chaque nouvelle expérience, ils stimulent et modifient les bassins, en y stockant des informations multiples et variées. Si l'observateur pénètre dans la gare pour la première fois, tout lui sera inconnu. Mais, s'il s'y rend pour la cinquantième fois, il aura approivoisé cet univers, ses mille recoins, ses odeurs et ses vi-

sages. En évaluant progressivement le domaine, il s'est en quelque sorte fabriqué un "bassin" de la gare.

Ainsi, chaque individu construit sa pensée en fonction des bassins qu'il a constitués et du mode de traitement qu'il utilise. Sans cette rétroaction et ce va-et-vient permanent entre les deux traitements, le cerveau serait trop statique et ne susciterait pas le dynamisme et la malléabilité qui caractérisent les émergences de l'activité mentale.

Jean-Pol Tassin a étendu son modèle à la production des rêves. Pendant le sommeil profond, les modulateurs sont au repos, tandis

tomatiquement le traitement cognitif. Celui-ci permet de transformer en une "histoire" cohérente le contenu chaotique des bassins.

Ce sont ces mêmes modulateurs qui entrent en action lors du réveil brutal par un coup de téléphone. Trois sonneries semblent nécessaires pour que le dormeur en saisisse la réalité. Un instant, elles fusionnent même avec le rêve qu'il est en train de faire, s'intégrant instantanément dans le "scénario" du songe. Les modulateurs captent le bruit externe, ce qui déclenche un mécanisme cognitif, et, le temps que le dormeur reprenne conscience, les premières sonneries influencent le rêve en s'y insérant de manière cohérente.

La pensée serait-elle inscrite dans la matière cérébrale ? Face à la variabilité des comportements et à l'immense subjectivité qui gouverne les hommes, le philosophe Bernard Andrieu, chargé de cours à l'université Bordeaux II, se demande si l'on peut définir les états mentaux uniquement sous l'angle physiologique et les réduire à une somme neuronale. Les milliards de neurones qui constituent notre cerveau laissent certes supposer qu'il y a une nécessité cérébrale dans les mécanismes mentaux, mais il semble bien difficile de déterminer ce qui se cache derrière toute pensée : croyances, règles morales, imaginaire... Bernard Andrieu estime que le modèle de Jean-Pol Tassin met plutôt en lumière une pensée

fonctionnelle, qui, même si elle nous paraît dynamique, reste l'expression mécanique des traitements de l'information. Mais, au-delà du "mécanisme", le mystère de la pensée demeure... ■



La raison se construit

Pour penser et raisonner, il faut avoir au préalable assimilé et emmagasiné une foule d'images, de concepts, de stratégies... Une tâche phénoménale pour l'enfant, qui découvre le monde qui l'entoure.

que les bassins sont activés (particulièrement ceux alimentés au cours de la journée précédente). Ce qui façonne un songe, c'est l'activation soudaine des neurotransmetteurs, qui déclenchent au-

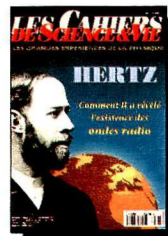
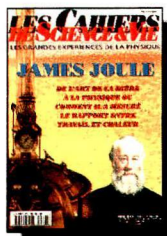
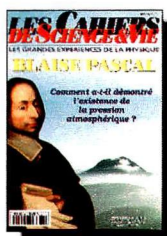
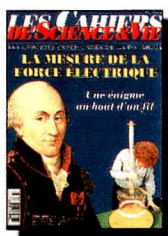
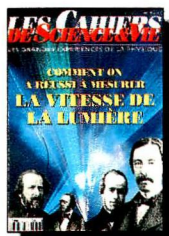
VU DISTRIBUTION

COLLECTIONNEZ LES TEMPS FORTS DE LA PHYSIQUE

COLLECTION

LES GRANDES EXPÉRIENCES DE LA PHYSIQUE

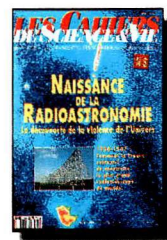
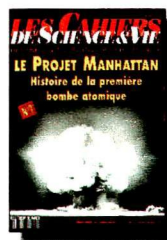
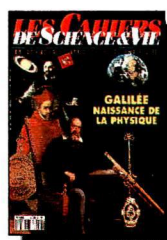
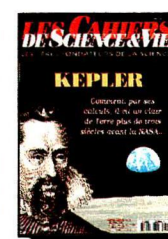
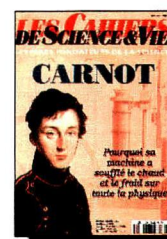
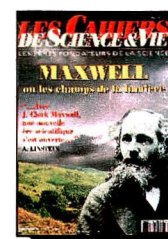
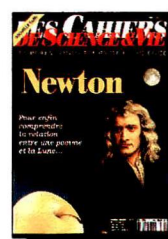
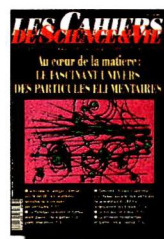
- n° 25
La mesure de la vitesse de la lumière : Fizeau et Foucault
- n° 26
La mesure de la force électrique : Coulomb
- n° 27
La mesure de la pression atmosphérique : Pascal
- n° 28
L'expérience sur la foudre : Franklin
- n° 29
L'équivalence chaleur/travail : Joule
- n° 30
La démonstration de l'existence des ondes radio : Hertz



COLLECTION

PHYSIQUE

- n° 2 - Galilée
- n° 7 - Le projet Manhattan
- n° 8 - La radio-astronomie
- n° 12 - La physique géante
- n° 13 - Newton
- n° 16 - Einstein
- n° 17 - Maxwell
- n° 20 - Carnot
- n° 21 - Képler



BON DE COMMANDE

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

☐ Je commande les numéros suivants des CAHIERS DE SCIENCE & VIE au prix unitaire de 32 francs*.

25	26	27	28	29	30
2	7	8	12	13	16
17	20	21			

☐ Je commande la collection LES GRANDES EXPÉRIENCES DE LA PHYSIQUE du n°25 au n°30 : 160 francs au lieu de 192 francs

☐ Je commande la collection PHYSIQUE 9 fascicules : 240 francs au lieu de 288 francs

☐ Je commande reliure(s) des CAHIERS DE SCIENCE & VIE au prix unitaire de 65 francs - étranger 75 francs

* Le montant de ma commande est de francs

Nom

Prénom

Adresse

Code postal Ville

En application de l'article L. 27 de la loi du 6/01/1978, les informations ci-dessus sont indisponibles au traitement de votre commande et sont exclusivement communiquées au destinataire du traitement. Elles peuvent donner lieu à l'exercice du droit d'accès et de rectification auprès d'Excelior. Vous pouvez vous opposer à ce que vos nom et adresse soient communiqués ultérieurement.

Offres valables jusqu'à fin 1998 et réservées à la France Métropolitaine
Etranger: nous consulter Tel (33 1) 46 48 47 18
[*] Prix de vente normal chez votre marchand de journaux

Les jeunes filles en fleur du tennis

■ Hingis, Williams, Kournikova : elles dominent le tennis féminin mondial, alors qu'elles n'ont même pas 18 ans. Pourquoi les filles sont-elles si précoces ? Sont-elles plus douées que les garçons ? Elles sont en tout cas différentes. Surtout au moment de la puberté...

PAR PHILIPPE CHAMBON

Comme le dit *l'Equipe*, ce sont les Spice Girls du tennis. Elles ont entre 16 ans et 17 ans et demi et dominent le tennis international. La Suisseuse Martina Hingis, brillante numéro un mondial, les sœurs Venus et Serena Williams, deux Noires américaines respectivement 10^e et 30^e, mais qui valent déjà beaucoup mieux, tout comme la belle Russe Anna Kournikova, numéro 16, et la benjamine, la Croate Mirjana Lucic, pour l'instant classée au 46^e rang : voici la nouvelle génération des *tenniswomen* de choc. Elles ne parviendront peut-être pas toutes en même temps au sommet de Roland-Garros, mais elles ont largement montré leurs formidables capacités à prendre la relève des anciennes.

Du côté des garçons, une nouvelle génération se profile aussi, mais moins nettement. Question de circonstances, certainement. Mais un phénomène semble constant : les

filles arrivent au top niveau trois ou quatre ans plus tôt que les garçons.

Depuis quelques années, les champions des deux sexes sont tous plus jeunes. A tel point que les fédérations limitent le nombre de tournois chez les benjamins afin d'éviter le surmenage. Mais, là aussi, la différence des sexes se fait sentir : les petites filles ont le droit de disputer douze tournois par an, au lieu de dix pour les garçons.

EN ATTENDANT UN CORPS D'ADULTE

Pourquoi cette différence de précocité ? Selon Françoise Dürr, ex-numéro 3 mondial et responsable du tennis féminin de haut niveau à la Fédération française, « la jeunesse de la nouvelle génération des

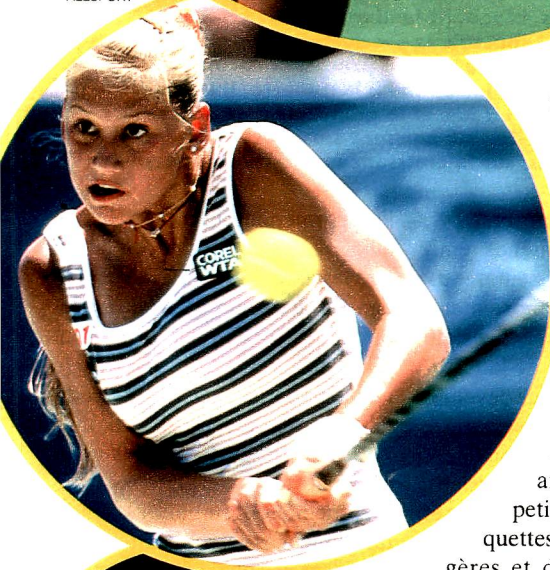


Les Spice Girls du tennis

Venus Williams, 17 ans et demi, et sa sœur Serena, 16 ans et demi, (à gauche), Martina Hingis, 17 ans et demi, Anna Kournikova, 16 ans et demi, et Mirjana Lucic, 16 ans (à droite). A peine sorties de la puberté, ces jeunes femmes sont déjà au sommet du tennis mondial.



PHOTOS
VANDYSTADT/
ALLSPORT



pionnes s'explique en partie par la difficulté moindre du "circuit" professionnel féminin : l'association des joueuses, la WTA, compte 1 000 classées, alors que son équivalent masculin, l'ATP, en compte plus de 1 500. Mais, de l'avis général, c'est surtout la puberté qui fait la différence. Chez les filles, elle s'accomplit de un à deux ans plus tôt que chez les garçons, et ne se déroule pas de la même façon.

UN PHÉNOMÈNE QUI DÉBUTE DÈS LA VIE FŒTALE

Cette période du développement, située entre 10 et 15 ans, est d'une rare complexité, surtout chez la femme. C'est la phase finale de la maturation sexuelle, qui commence dès les premiers mois de la vie fœtale et se termine par l'acquisition de la fonction de reproduction.

Maguelone Forest, directeur de recherche à l'INSERM, souligne que les derniers travaux sur la puberté empêchent de dire qu'elle se déclenche sous l'effet d'un facteur particulier. Pour les femmes, elle dépend intimement du développement des ovaires, qui se poursuit tout au long de l'enfance. Pendant cette période, ces derniers libèrent de faibles quantités d'œstrogènes qui inhibent l'activité de l'hypophyse. Située à la base du cerveau, cette glande est chargée de la sécrétion des hormones sexuelles : l'hormone folliculostimulante et l'hormone lutéinisante. Vers 10 ou 11 ans, la sensibilité du cerveau aux œstrogènes s'abaisse : l'hypophyse entre en activité, la puberté peut commencer.

Ce retardement de la puberté est caractéristique de l'espèce humaine. Chez les grands singes, l'enfance est bien plus courte (deux ou

tennis-women s'explique par le fait que l'entraînement spécialisé des enfants commence de plus en plus tôt et aussi parce que les filles parviennent à la maturité plus précocement que les garçons ».

Aujourd'hui, on met des "bébés" de 4 ans sur des courts de petite taille, munis de raquettes particulièrement légères et de balles molles. A 8 ans, ils ont déjà acquis l'essentiel de la technique, et les meilleurs d'entre eux doivent attendre d'avoir trouvé leur corps d'adulte pour affronter les grandes compétitions. Or, précisément l'acquisition de ce corps d'adulte n'a pas lieu au même âge chez les filles et chez les garçons.

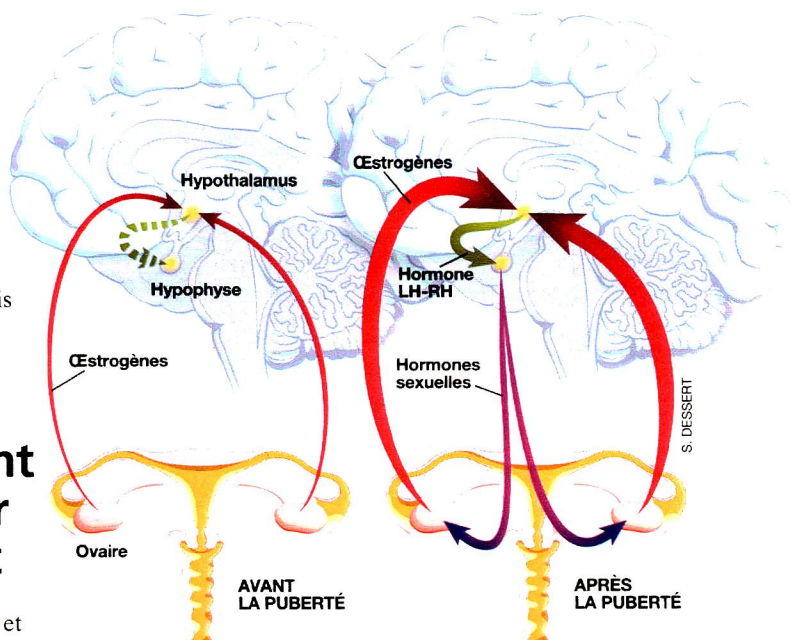
Certes, comme le précise Françoise Dürr, la précocité des cham-

■ ■ ■ trois ans). « Chez l'être humain, la prolongation de l'enfance repousse de plusieurs années le moment de la reproduction, ce qui offre un avantage majeur au développement du cerveau et de l'apprentissage », estime Boris

Les hormones masculines et féminines agissent différemment sur le comportement

Cyrułnik, spécialiste d'éthologie et d'anthropologie.

Les œstrogènes confèrent aux femmes un développement neuropsychologique plus rapide et différent de celui des hommes. Boris Cyrułnik cite à ce sujet les travaux de Jean-Didier Vincent, neurobiologiste au CNRS, qui parle de "sexualisation" du cerveau. Les filles sont en effet baignées par les mêmes hormones depuis les premiers stades de leur vie intra-utérine, contrairement aux garçons, dont l'embryon est d'abord féminin avant qu'il se différencie en inhibant l'expression des gènes fémi-



L'étrange inhibition de la puberté

Chez les filles, jusqu'à la puberté, les ovaires sécrètent une faible quantité d'œstrogènes qui, en parvenant au niveau de l'hypothalamus, bloquent la libération de LH-RH – une hormone qui contrôle la production d'hormones sexuelles par l'hypophyse. Par un processus encore mal connu, l'hypothalamus n'est plus inhibé à la puberté. Il inonde donc l'hypophyse de LH-RH, et la glande se met à sécréter des hormones sexuelles qui agissent sur le développement des organes sexuels, sur la croissance et sur le comportement.

nins de son chromosome X. D'autre part, les hormones féminines et masculines agissent très diversement sur le comportement. On le sait grâce aux sportives qui ont utilisé de la testostérone pour développer leur musculature. Elles s'en trouvaient plus agressives, voyaient le monde et leurs relations avec les autres de façon profondément modifiée. Il semblerait que les hormones femelles soient au contraire responsables de la plus grande stabilité du comportement féminin.

Les entraîneurs remarquent souvent que le caractère des filles et leur maturité d'esprit

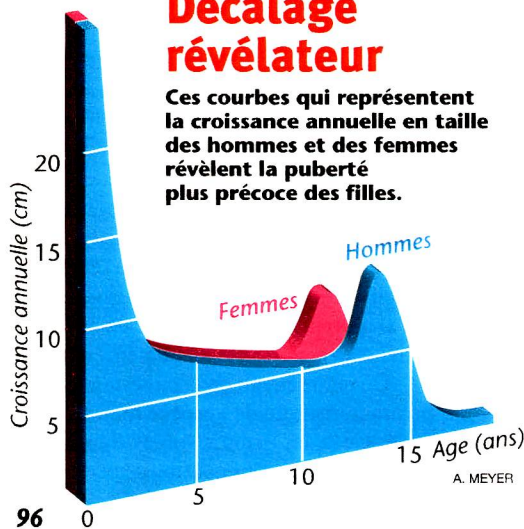
leur permettent d'accéder plus tôt aux grandes performances, tandis que les garçons ont une nette tendance à se disperser. Là encore, les hormones ont leur part de responsabilité. Ce sont elles qui façonnent, au moins partiellement, le cerveau. Quand les hormones sexuelles libérées à la puberté déferlent dans les veines, les filles sont parfois psychologiquement déstabilisées, tandis que les jeunes garçons entrent souvent dans une phase d'hyperactivité et éprouvent des difficultés de concentration peu compatibles avec les exigences de l'entraînement de haut niveau.

IMPOSSIBLE MIXITÉ

Le cerveau féminin est aussi plus équilibré. Il utilise mieux les potentialités conjuguées des deux hémisphères. Les fillettes ont ainsi un accès plus rapide au langage, ce qui

Décalage révélateur

Ces courbes qui représentent la croissance annuelle en taille des hommes et des femmes révèlent la puberté plus précoce des filles.



joue probablement un rôle dans leur plus grande maturité d'esprit. Cependant, elles sont moins douées que les garçons en matière de représentation dans l'espace et de précision des gestes de lancer. Si l'on ajoute à cela la différence de stature, on comprend qu'il n'y ait pas de compétition sportive possible entre les hommes et les femmes.

TERRIFIANTES PRATIQUES AU-DELÀ DU RIDEAU DE FER

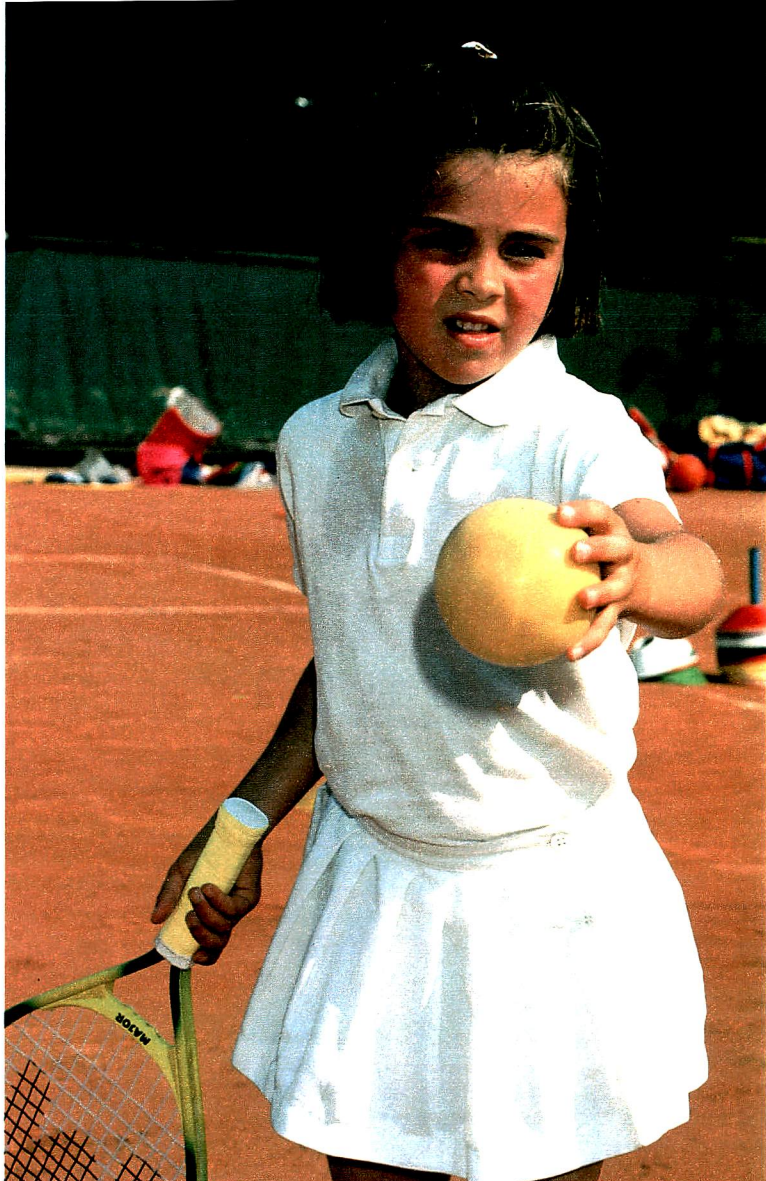
Pourquoi les filles atteignent-elles plus jeunes la taille adulte et l'âge de la reproduction ? La théorie de l'évolution ne fournit pas de réponse. Mais peut-être faut-il inverser la question et se demander si le retard de maturité des garçons ne leur donne pas aussi un avantage adaptatif. On pourrait, par exemple, avancer l'hypothèse qu'ils se trouvent ainsi en situation de fonder et de protéger une famille après avoir bénéficié d'un apprentissage plus long et plus varié. Le décalage de l'âge de la maturité serait ainsi maintenu. Mais ce n'est là que pure spéculation.

Si les femmes parviennent plus tôt à la maturité et font preuve d'une plus grande stabilité à long terme, elles connaissent des fluctuations hormonales qui rendent leurs performances plus irrégulières que celles des hommes. Ainsi, au moment de l'ovulation, les taux d'hormones féminines sont au plus haut, de même que pendant la grossesse. Ces hormones entraînent des modifications physiologiques, notamment une plus grande souplesse ligamentaire et une plus large capacité d'effort musculaire. Ces périodes sont évidem-

ment favorables aux performances sportives. Avant la chute du Rideau de fer, certains centres d'entraînement des pays de l'Europe de l'Est n'hésitaient d'ailleurs pas à provoquer des grossesses chez leurs sportives avant les grandes rencontres internationales. Une pratique qu'on espère révolue...

La précocité féminine a aussi son

revers : les femmes abandonnent souvent leur carrière sportive plus tôt que les hommes. Certes parce que les plus jeunes les dépassent, mais aussi parce que, cette carrière étant très dure, elles s'en fatiguent plus tôt. Vient également le désir d'être mère, qui s'accommode mal d'une vie d'entraînement intensif et de déplacements permanents. ■



F. SEGUIN/TEMPSPORT

Toujours plus jeunes

Raquette sous-dimensionnée en alliage léger, balles plus grosses et moins dures, terrain réduit, tous ces éléments permettent d'apprendre le tennis dès l'âge de 3 ou 4 ans. Les plus forts de ces "poussins" peuvent acquérir une bonne technique vers 8 ou 9 ans. Les petites filles étant généralement plus assidues et leur puberté se terminant plus tôt, elles prennent une nette avance sur les garçons.

Les momies vivantes d'Aïn Labakha



■ Cinq cents momies parfaitement conservées d'hommes, de femmes et d'enfants qui vivaient au début de notre ère, dans l'oasis de Kharga, en Egypte... Ces humbles paysans revivent avec autant d'éclat que les glorieux pharaons.

PAR CATHERINE CHAUVEAU
PHOTOS STEPHANE COMPOINT/SYGMA

Les ruines d'un fortin, les murs rongés de deux petits temples, les traces au sol de quelques maisons, c'est tout ce qui reste d'Aïn Labakha, petit village de l'Égypte romaine, dans l'oasis de Kharga, la plus vaste et la plus méridionale des oasis du désert occidental, à 200 km à l'ouest de Louksor et Karnak. Des vestiges semblables à tant d'autres si une découverte exceptionnelle ne les animait de visages, de corps et de petites histoires personnelles.

Car, dans la colline qui surplombe le village, le service égyptien des Antiquités a trouvé l'une de ses nécropoles : une cinquantaine de tombes, chambres funéraires sommairement creusées à flanc de falaise, où s'entassaient quelques cinq cents momies parfaitement conservées d'hommes,

de femmes et d'enfants qui vivaient entre le I^{er} et le III^e siècles de notre ère. L'Égypte a confié leur étude à une équipe française.

Là où tout n'est aujourd'hui qu'étendue vide et stérile, les paysans égyptiens cultivaient, depuis l'époque pharaonique, des céréales, des légumes, des palmiers dattiers, des grenadiers, des oliviers et surtout de la vigne, dont on tirait un vin réputé. À la période romaine on y construisit des forts pour contrer les ■ ■ ■

Jeune femme de 2 000 ans

Cette jeune et modeste villageoise égyptienne du début de notre ère a été momifiée selon la tradition de ses lointains ancêtres de l'époque pharaonique.







Les stigmates de la vie

Sur ces membres à peine altérés, empreintes digitales et même glandes sudoripares sont visibles, signe d'une momification de qualité.

■ ■ ■ attaques des nomades.

« Les premiers siècles de notre ère constituent une époque charnière, explique Françoise Dunand, professeur d'histoire des religions à l'université Strasbourg II. Depuis le milieu du premier millénaire avant notre ère, l'Égypte pharaonique s'est délitée. Le pays est sous domination romaine, après avoir été envahi par les Perses,

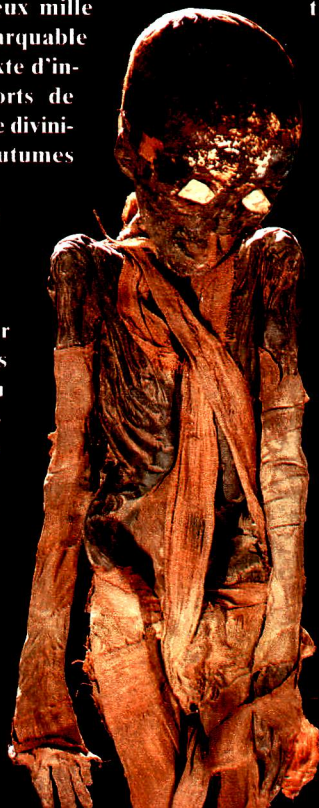
Chaque défunt est semblable à Osiris, dieu du royaume des morts

puis par les Grecs. La forte persistance des rites funéraires traditionnels, rattachés à des croyances et à des savoir-faire vieux de plus de deux mille ans est remarquable dans ce contexte d'incessants apports de populations, de divinités et de coutumes étrangères. »

Certes, de nouveaux usages sont apparus. Des feuilles d'or sont disposées sur le visage du mort pour parfaire sa préservation. L'or, matériau inaltérable par excellence, brillant comme le Soleil – si important dans la religion égypt-

tienne – est appelé "chair des dieux". Les masques et les sarcophages anthropomorphes sont souvent remplacés par des portraits peints sur bois ou sur toile et par des cartonnages, plaques légères fixées sur la dernière couche de bandelettes.

Bien que toutes les tombes d'Ain Labakha aient été pillées à diverses époques, certaines contiennent encore des cartonnages où le défunt est peint en costume d'Osiris, référence à la religion traditionnelle, qui rend chaque défunt semblable au dieu du royaume des morts. Quelques momies conservent un grain d'orge au coin des lèvres, autre rite osirien lié au renouveau de la végétation.



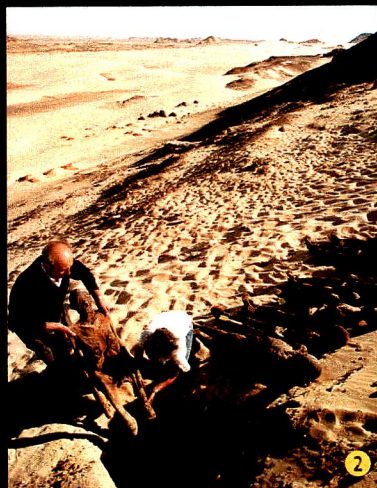
Les rites funéraires égyptiens sont en effet étroitement associés au destin de ce dieu, premier roi d'Égypte, tué et dépecé par son frère Seth, mais ramené à la vie par sa femme Isis, qui rassembla les parties de son corps. Ainsi, pour que le mort puisse accéder à sa seconde vie, il faut que les divers éléments qui constituent son être se réunissent de nouveau dans son enveloppe charnelle, élément le plus périssable, qu'il convient de préserver par la momification.

Ce puissant ancrage dans la religion traditionnelle se constate également dans la vie culturelle. Les deux temples d'Ain Labakha sont construits selon des schémas égyptiens. L'un est dédié à Ppyris, divinité tardive, figurée sous les traits d'un homme à tête de bélier, comme Amon. L'un d'eux



La "chair des dieux"

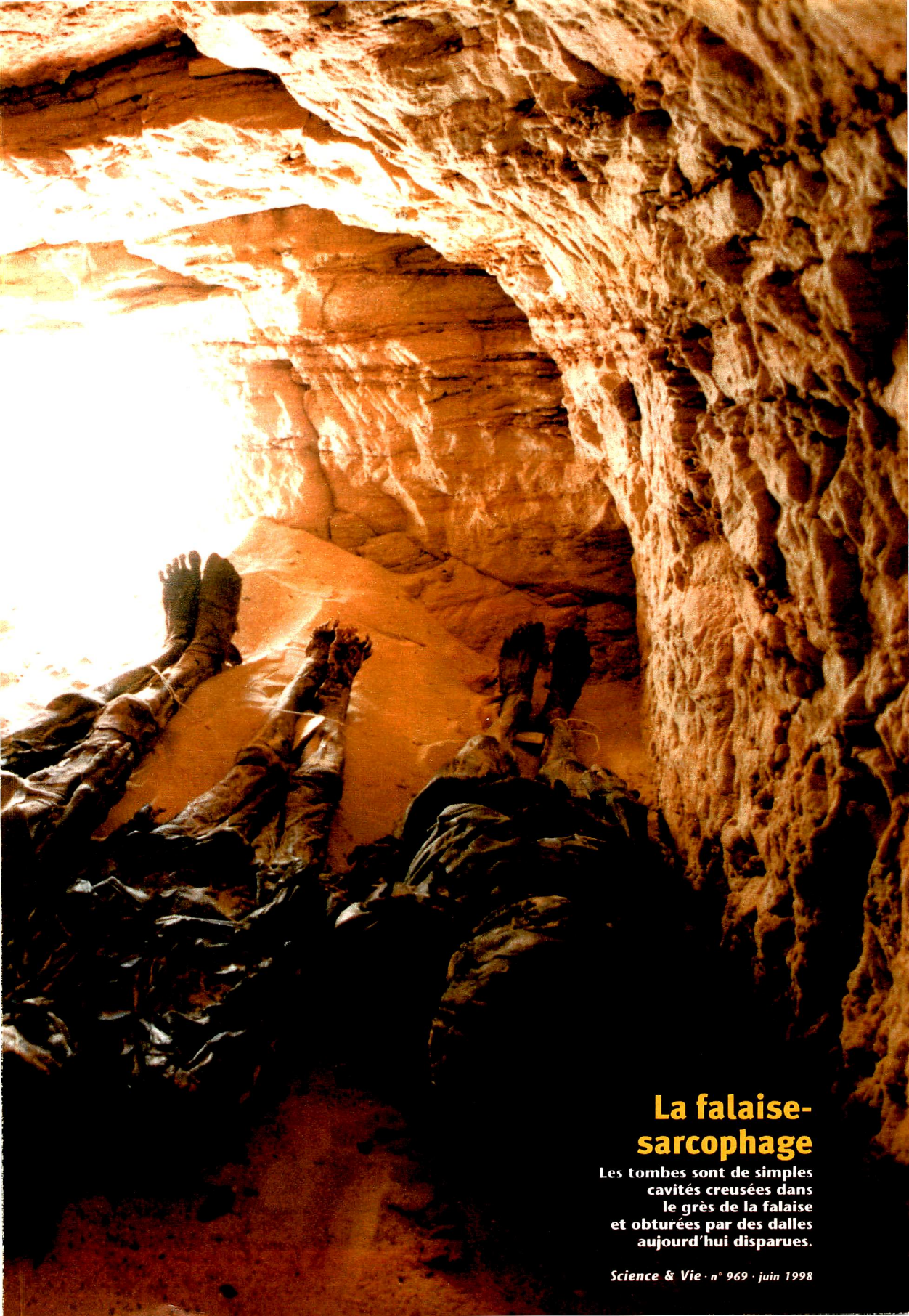
On trouve beaucoup de très jeunes défunts dans la nécropole d'Ain Labakha. Sur le visage de ce petit garçon (à gauche), de l'or, la "chair des dieux" selon les Égyptiens, métal inaltérable censé empêcher la dégradation du corps. La couleur rousse des cheveux de cette fillette (ci-dessus) est due à des teintures.



Voyage d'études

Retrouvées pêle-mêle dans les tombes, les momies sont examinées sur place ❶. Celles qu'on choisit pour être étudiées sont tirées des tombes ❷, étiquetées, puis transportées à l'inspectorat des Antiquités de l'oasis de Kharga ❸. Après les avoir nettoyées, radiographiées et analysées, les chercheurs les replaceront dans la nécropole.

Elles retrouvent
là paix de leur
nécropole de grès



La falaise-sarcophage

Les tombes sont de simples cavités creusées dans le grès de la falaise et obturées par des dalles aujourd'hui disparues.

■ ■ ■ principaux dieux du panthéon égyptien.

Il ne faut pas y voir la marque du conservatisme acharné d'une communauté rurale vivant en marge du royaume. Dans certains textes votifs en grec trouvés dans le temple, les noms des dédicants sont helléni-

Car c'était une population indubitablement d'origine indigène. L'excellente conservation des corps, notamment des cheveux, des ongles, de la peau et des empreintes digitales a révélé que la population d'Aïn Labakha était assez homogène, majoritairement blanche, de type méditerranéen.

Les morts d'Aïn Labakha sont tous momifiés, certains avec une perfection qui égale celle des momies du Nouvel Empire, antérieures d'un millénaire. Les clichés radiographiques effectués par

le Dr Roger Lichtenberg, chef du service de radiologie de l'Institut Vernes, à Paris, et par sa femme, le Dr Martine Fayein-Lichtenberg, font apparaître la résine coulée à l'intérieur des crânes par les embaumeurs, après qu'ils eurent extrait le cerveau au moyen de crochets ou de dissolvants.

Les momies ont les narines élargies, parfois bouchées de mèches de tissu. Les corps sont ensuite éviscérés par voie anale ou après l'incision des chairs et desséchés par une longue imprégnation de natron (carbonate naturel de sodium cristallisé). Ensuite, ils sont enduits de résines et bourrés de substances odoriférantes. Et enfin enserrés dans des bandettes et dans plusieurs linceuls superposés. Un traitement plus ou moins soigné, en fonction des moyens de la famille.

Les habitants d'Aïn Labakha avaient sans doute des revenus limités... Les examens radiologiques et anthropologiques menés par le Dr Lichtenberg et par Jean-Louis Heim, professeur au Muséum d'histoire naturelle de Paris, ont révélé qu'ils souffraient d'affections propres aux travailleurs agricoles (rhumatismes

Tous ces pauvres villageois mangeaient à leur faim

sés, preuve que les villageois cédaient aux modes étrangères; les autres sont écrits en démotique — langue et écriture populaires des époques tardives.



Dans les bras des vivants

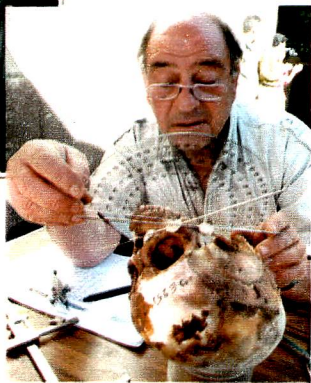
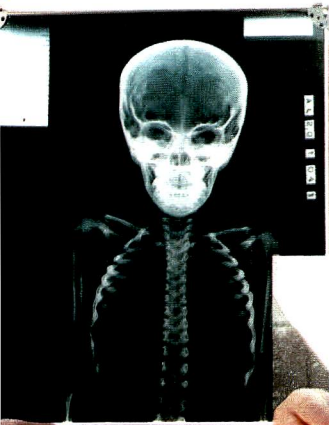
Dans les bras des chercheurs français et de leurs aides égyptiens, les momies descendent la colline qu'elles avaient gravie il y a près de deux mille ans.



Salle d'attente

Entièrement ou partiellement dépouillées de leurs bandelettes par les pillards, les momies attendent d'être radiographiées. Leurs os sont en général en excellent état. Les mesures anthropologiques servent à définir les types morphologiques de la population du village

(ici, sur un défunt particulièrement mal conservé).



et arthroses dus à l'intensité de l'activité physique et au port de lourdes charges).

Beaucoup sont atteints de bilharziose, une maladie parasitaire des zones chaudes et humides – preuve indirecte que leurs champs étaient irrigués. On mourait jeune d'ailleurs, dans ce village, autour de 38 ans en moyenne (un âge courant pour

n'étaient cependant pas misérables. De nombreuses momies sont parées de bijoux, certes modestes, d'argent, d'os, d'ivoire, de pierres dures et de pâte de verre. Leurs os portent peu de stries d'arrêt de croissance, ces stigmates des mala-

dies et des carences alimentaires subies pendant l'enfance et l'adolescence. Les villageois mangeaient à leur faim.

En revanche, ce n'était apparemment pas le cas d'une communauté rurale qui vivait à la même époque à Douch, autre site de l'oasis de Kharga dont la nécropole a été étudiée par les mêmes chercheurs français.

« Je me demande encore [...] si vraiment je ne rêve point, quand je vois et touche ce qui fut le corps de tant de personnages dont on croyait ne jamais devoir connaître que les noms », s'émouvait Gaston Maspero, le célèbre égyptologue qui, en 1886, découvrit le visage du pharaon Ramsès II sous ses bandelettes.

De ceux qui se dévoilent depuis 1995 à Aïn Labakha on ne connaîtra jamais les noms. Mais la technique de conservation des corps, initialement élaborée pour les pharaons, a quand même permis à ces humbles anonymes de passer à la postérité. ■



Jules Verne s'inspire de la réalité

Un homme du capitaine Nemo est enterré au fond de la mer : cette scène est tirée du roman de Jules Verne *Vingt Mille Lieues sous les mers*, paru en 1870. L'illustrateur reprend le principe général du scaphandre Rouquayrol et Denayrouse (illustration page de droite), inventé cinq ans plus tôt.

PLONGÉE

Cent trente ans sous les mers



J.-L. CHAUMET

Alexandre le plongeur

Selon la légende, Alexandre le Grand aurait plongé dans le golfe Arabo-Persique grâce à une sorte de cloche à plongeur (miniature du xv^e siècle).

Peuplé de monstres et d'incertitudes, le monde sous-marin épouvanta les hommes durant des siècles. Les plongeurs ne s'y risquaient que par nécessité : pour récupérer la cargaison de navires échoués, ou pour effectuer des travaux sous-marins.

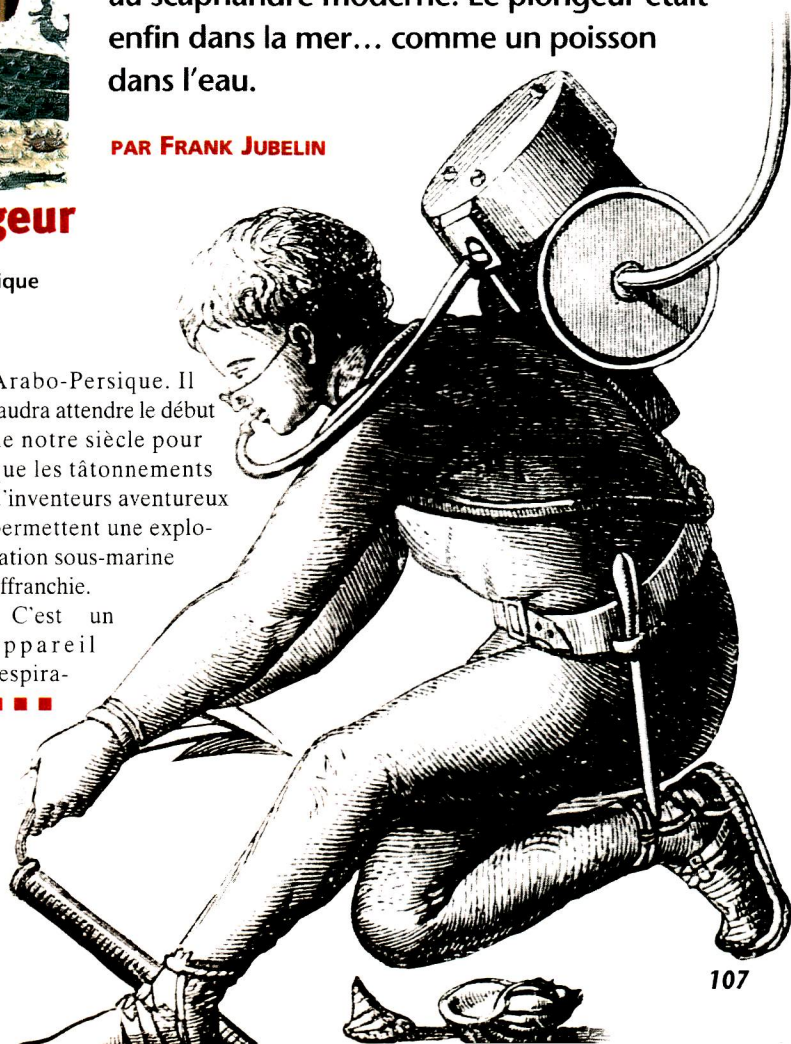
Un siècle avant notre ère, les plongeurs "aux seins nus" du Japon, les amahs, vont ramasser algues et coquillages. Elles plongent en apnée, sans appareillage, seulement aidées d'un poids pour descendre ; parfois, elles portent des lunettes orbitales en os, garnies de feuilles en mica. Alexandre le Grand, lui, aurait plongé par simple curiosité, il y a vingt-trois siècles, au moyen d'une sorte de cloche à plongeur, dans le golfe

Arabo-Persique. Il faudra attendre le début de notre siècle pour que les tâtonnements d'inventeurs aventureux permettent une exploration sous-marine affranchie.

C'est un appareil respira-
■ ■ ■

■ Inspiré d'un appareil respiratoire utilisé au fond des mines, le premier scaphandre autonome apparaît au milieu du xix^e siècle. Il mettra de longues décennies pour se perfectionner et donner naissance, en 1943, au scaphandre moderne. Le plongeur était enfin dans la mer... comme un poisson dans l'eau.

PAR FRANK JUBELIN

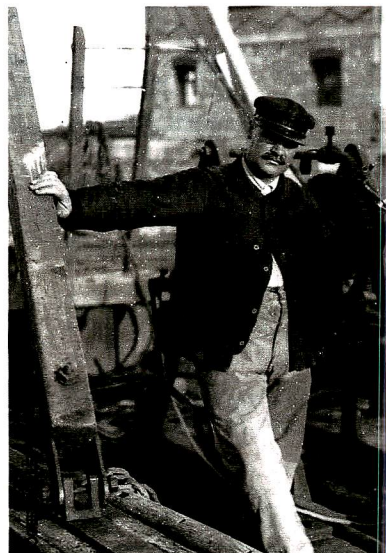


Le scaphandre lourd

■ ■ ■ toire, conçu pour des mineurs travaillant dans des galeries où le coup de grisou est un danger permanent, qui servira d'embryon au premier scaphandre autonome sous-marin. En 1863, Benoît Rouquayrol, ingénieur des Mines, imagine une réserve d'air comprimé avec deux tuyaux, l'un pour aspirer l'air, l'autre pour le rejeter. Mais au lieu de réguler le débit d'air comprimé au moyen d'un robinet, Rouquayrol conçoit un système autrement plus malin : une membrane réagissant à la simple aspiration des poumons. Cette membrane ouvre ou ferme (à l'expiration) un clapet qui délivre l'exact volume d'air nécessaire. Le mécanisme permet de disposer sans effort de la juste quantité d'air nécessaire pour respirer. La position du réservoir, sanglé sur le dos, jouera plus tard un rôle crucial dans sa version sous-marine.

LE PRINCIPE DU PREMIER DÉTENDEUR EST INCHANGÉ

Le passage au monde maritime est provoqué par un officier de marine, Auguste Denayrouse. Jusque-là, la plongée se résume à l'apnée et aux scaphandres "pieds lourds". Peu mobiles, ces derniers sont inadaptés pour accompagner le plongeur dans ses évolutions verticales. Denayrouse s'intéresse aux pieds lourds mais entrevoit vite les limites du système d'alimentation depuis la surface. Difficile en effet de moduler la quantité d'air à envoyer, selon ses besoins, au scaphandrier en mouvement. Par hasard, Denayrouse rencontre Rouquayrol. Les deux hommes s'accordent pour transformer le détendeur terrestre en appareil sous-marin. La capacité du réservoir de huit litres est cependant limitée, du fait de la résistance du métal, à une pression de remplissage de trente atmosphères. À peine de quoi passer un quart d'heure en autonomie totale à la pro-



Passé...

Les scaphandres "pieds lourds" (ici, en 1927), nés avec la révolution industrielle, ont été utilisés pendant cent cinquante ans.

fondeur de 20 m. Aussi Denayrouse et Rouquayrol gardent-ils une arri-vée d'air par tuyau depuis la surface : le système joue surtout un rôle de régulateur de la respiration.

Comment fonctionne-t-il ? Au réservoir est soudée une boîte appelée "casserole". Les deux enceintes communiquent par une valve à clapet sur laquelle agit, par l'intermédiaire d'une tige métallique, une membrane. Celle-ci, au contact de l'eau, répercute la pression ambiante et laisse passer une quantité d'air proportionnelle à la profondeur. L'astuce est fondamentale ! Quelle que soit la profondeur où se trouve le plongeur, il n'a qu'un faible effort à faire pour respirer. Mais ce principe fonctionne grâce à la position de la "casserole". Elle est placée sur le dos du plongeur : la pression à l'intérieur des poumons est identique à celle du détendeur. Dans la pratique, le plongeur aspire l'air de la "casserole",



Testé en aquarium

En 1934, Yves Le Prieur teste son scaphandre autonome dans l'aquarium du Trocadéro. La bouteille est placée sur le devant, et l'air fuse en continu.

règne en maître au XIX^e siècle

... et avenir

Apparu dans les années 30, puis délaissé, le scaphandre articulé est aujourd'hui promis à un bel avenir dans le domaine des plongées profondes.

l'appareil. Manquent les palmes et le masque. Enfin, un détail technique, l'emplacement du "bec de canard", gêne encore son fonctionnement. Finalement, seul Jules Verne "utilisera" le scaphandre Rouquayrol et Denayrouse, pour équiper les plongeurs du *Nautilus* dans son roman *Vingt Mille Lieues sous les mers*, paru en 1870!

Le tournant de l'aventure sous-marine autonome se joue un demi-siècle plus tard, entre les deux guerres. Une ambiance joyeuse règne alors sur la Côte d'Azur. Les bains de mer sont en vogue. De riches touristes découvrent, au grand dam des pêcheurs professionnels, les plaisirs de la chasse sous-marine. Le livre de l'Amé- ■ ■ ■

grâce à un tuyau souple. Cela crée une dépression qui abaisse la membrane, laquelle ouvre la valve. L'air fuse du réservoir dans la "casserole" jusqu'à ce que la pression intérieure égale celle que l'eau. A cet instant, la membrane n'agit plus et le clapet se referme. Un nouveau "bol d'air" frais est à la disposition du plongeur. L'expiration s'effectue au niveau de la "casserole" par le même tuyau ; elle s'échappe ensuite grâce à une soupape latérale dite en "bec de canard". C'est très exactement le principe d'un détendeur "à la demande", similaire au brevet que Jacques Cousteau (par la suite, il se fera appeler Jacques-Yves) et Émile Gagnan déposeront quatre-vingts ans plus tard.

Pourquoi le scaphandre Rouquayrol et Denayrouse, qui comportait tous les prémisses technologiques qui feront le succès du "Cousteau-Gagnan", n'a-t-il pas conquis les foules?

Tout simplement parce que ceux qui, au XIX^e siècle, ont envie d'aller voir au fond des mers ne sont pas si nombreux. C'est pourtant une période fructueuse pour les scaphandriers, avec les grands travaux du monde industriel naissant : piles de ponts, constructions de barrages et ports gigantesques. Mais une avancée vers plus d'autonomie n'est pas d'actualité dans cet univers. Le scaphandre pied lourd est robuste et simple d'emploi. Son enveloppe est rassurante. En outre, les capacités technologiques de l'époque ne suivent pas l'audace inventive de



La grande vogue commence

■ ■ ■ ricain Guy Gilpatric, *The Perfect Goggler*, comme le manuel du Français Raymond Pulvéris, *la Chasse aux poissons*, popularisent ce nouveau sport. Mais jusqu'en 1940, ils sont tout au plus une cinquantaine d'amateurs sur l'ensemble du littoral méditer-

ranéen. Parmi eux, plusieurs officiers de marine, amenés à fréquenter des scaphandriers de la Marine dans l'exercice de leur métier. Yves Le Prieur est de ceux-là. Canonnier, inventeur de mécanismes de conduite de tir pour la défense antiaérienne, l'homme est doté d'une imagination exubérante et d'une curiosité sans borne. Il va établir une passerelle entre le besoin de liberté des chasseurs sous-marins et les contraintes

Nageurs de combat

Les scaphandres en circuit fermé (à oxygène) tels que le Davis ont été, et sont toujours, utilisés par les nageurs de combat.

Ci-dessous, "frogman" équipé de palmes asymétriques de type Corlieu.

techniques d'un scaphandre autonome fiable.

Le Prieur remarque, en 1925, lors d'une démonstration d'appareillage pour travaux sous-marins, un scaphandre "léger" concocté par l'ingénieur Vincent Fer-

nez. Celui-ci a remplacé le lourd casque de cuivre par un simple embout relié à une pompe en surface, avec un pince-nez et des lunettes orbitales en caoutchouc. Séduit par le principe, Le Prieur ajoute l'idée d'une réserve d'air portable pour ne plus être dépendant de la surface. Cette fois, la technologie est au rendez-vous. Il lui suffit d'utiliser une

marque Michelin, que l'on trouve dans les garages pour gonfler les pneus de voiture et qui supporte une pression de 150 kg/cm². En revanche, il ignore l'existence du détendeur Rouquayrol-Denayrouze, retiré de la vente depuis le début du siècle. Aussi bricole-t-il un manomètre-détendeur permettant de régler la pression de sortie d'air de la bouteille au moyen d'un pointeau à visser. Il reprend le principe d'une membrane, sur laquelle s'exerce la pression de l'eau, pour aider la respiration.

UN BALLET DE SCAPHANDRIERS CYCLISTES

Mais Le Prieur, lui, n'a pas l'intuition de placer le détendeur à hauteur de la cage thoracique, ce qui rendait acceptable l'effort pour respirer. Le dessin du détendeur est aussi moins adroit que celui de Rouquayrol : un ajustement continu du débit par le pointeau est nécessaire. Principal dé-



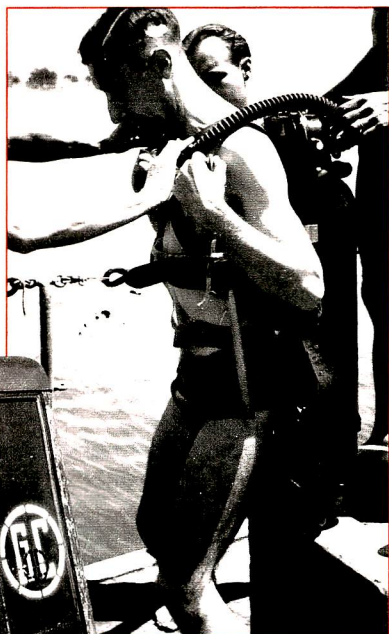
entre les deux guerres

faut : de l'air s'échappe pratiquement en continu, et ce gaspillage limite la durée de plongée.

Le scaphandre Le Prieur pèse 10 kg, et permet de plonger dix minutes à 10 mètres de fond : sans être génial, il innove. Cependant, sanglé sur le devant du corps, il empêche tout mouvement. Le plongeur est cantonné dans une posture sous-marine proche de celle des pieds lourds. En 1933, Le Prieur ajoute un masque facial qui englobe la bouche, où l'air arrive en légère surpression. Ce système implique une position verticale et perturbe la vision car les bulles d'expiration, comme l'air en surplus, s'échappent de chaque côté du masque. Quoique trop statique, l'ensemble est fiable. En 1935, une petite fille de 5 ans, munie de ce masque fa-

Le "père" de la plongée

Philippe Tailliez (ci-contre, en juin 1946) est considéré comme le "père" de la plongée autonome. L'appareil de Georges Commeinhes (ci-dessous), fit la transition entre les scaphandres Le Prieur et Cousteau-Gagnan.



COLLECTION FKJ



cial, passera plusieurs minutes au fond d'une piscine. Deux ans plus tard, lors de l'Exposition internationale de Paris, un ballet de scaphandriers cyclistes (!), équipés du "Le Prieur", séjourne dans l'aquarium du Trocadéro et suscite l'engouement du public. Mais peu d'amateurs oseront le tester en mer ! Pourtant, bientôt homologué par la Marine nationale et distribué sur l'ensemble des bateaux de la Royale, le scaphandre Le Prieur-Fernex va

circuler parmi des gens susceptibles d'en avoir l'usage.

C'est un poète, Philippe Tailliez, officier de marine et nageur émérite, qui amènera finalement la plongée sur la voie de l'autonomie. Habitué aux pieds lourds, grâce au scaphandre Siebe et Gorman en usage dans la Marine, Tailliez ren-

contre, en 1935,



Première à six

La première "palanquée" de plongeurs autonomes de la Marine nationale pose, en octobre 1946 (de g. à dr., Jacques Cousteau, Pierre Georges, Philippe Tailliez, Jean Pinard, Frédéric Dumas et Guy Morandière).



COLLECTION FKJ

1935 : le premier film sous-marin

■ ■ ■ le commandant Le Prieur. Il s'empresse d'essayer le scaphandre léger conçu par son aîné de vingt ans. Pour ce passionné de chasse sous-marine, l'invention a le défaut d'être associée aux habits de scaphandrier, avec chaussures à semelles de plomb. Une autonomie en "semi-liberté", qui ne convient pas au plongeur impatient de "voler", enfin, sous la mer. A la même époque, Tailliez réalise un autre rêve. Muni d'une caméra 8 mm, pour laquelle il a confectionné un caisson étanche, il réalise en apnée un premier court métrage sous-marin. Il filme Jacques Crob, un Suisse naturiste qui se nourrit des fruits et légumes de son jardin, et des poissons pêchés en chasse sous-marine. Les images tournées sous l'eau sont de qualité moyenne. Tailliez récupère – en 1937 – un vrai caisson étanche, équipé d'un Leica. Un prototype créé par la Marine pour réaliser les premières photos sous-marines des ruines immergées de Tyr, au Liban. L'engin est lourd et les essais difficiles. Un jour, passant rue d'Alger à Toulon, Tailliez aperçoit dans la vitrine d'un opticien des "palettes", mises au point en 1920 par Louis de Corlieu, autre officier de marine. A quoi servaient-elles ? Ni l'inventeur, ni le vendeur ne pouvaient réellement le dire ! Pour Tailliez, c'est la révélation.

L'instrument de son rêve d'homme-poisson est là, devant ses yeux. Ces palettes (qui deviendront palmes) vont lui apporter une aisance sous l'eau inespérée. Ainsi, Philippe Tailliez, dans sa quête d'harmonie avec la mer, est le premier à assembler le puzzle du parfait plongeur : lunettes Fernex, palmes de Corlieu, scaphandre Le Prieur...

Le décor est en place pour une rencontre, décisive, avec un jeune enseigne de vaisseau nommé sous ses ordres, Jacques Cousteau. Celui-ci relève d'un grave accident de voiture.

Pour augmenter le temps de séjour sous l'eau, le trio expérimente différents appareillages, dont un circuit fermé à oxygène pur, qui vaut à Cousteau de perdre deux fois connaissance. La guerre interrompt l'équipée. Ils se retrouvent, après l'armistice, et tournent, mais en apnée, leur premier film sous-marin, *Par dix-huit mètres de fond*. Gros succès au Gala de

l'aventure de 1943, au Palais de Chaillot.

Les trois hommes deviennent les "Mousquemers".

Le sabordage de la flotte à Toulon inspire *Épaves*, la réalisation suivante. Il s'agit cette fois d'un vrai film en 35 mm. Les profon-

deurs à atteindre – plus de 40 m – et la liberté de

mouvements nécessaires, imposent

une amélioration du scaphandre Le Prieur.

C'est Cousteau qui déniche

Émile Gagnan. Gagnan est un ingénieur astucieux qui vient d'inventer un système pour alimenter en gaz de ville le moteur de sa voiture. Le principe recherché en plongée est le même : restituer un gaz comprimé à pression constante quelle que soit la pression ambiante. L'ingéniosité de Gagnan sera de placer la sortie de l'air expiré au niveau de la membrane classique : cette solution assure un débit régulier quelle que soit la position du plongeur dans l'eau. L'ultime trouvaille est enfin acquise. Elle ouvre les portes de la liberté sous-marine. Fin juin 1943, les trois premiers scaphandres autonomes sont livrés aux "Mousquemers" à Bandol, dans le Var. Ils seront le point de départ d'une épopée planétaire. ■



Les trois "Mousquemers"

Frédéric Dumas, Philippe Tailliez, Jacques Cousteau : on les appela les "Mousquemers". Ils rendirent la plongée populaire grâce à deux films réalisés pendant la Seconde Guerre mondiale.

Tailliez est un adepte convaincu de l'exercice physique. L'été 1937 est clément. Conseillant à Cousteau les bains d'eau de mer pour rééduquer son bras, il lui apprend à nager le crawl, puis l'initie à la chasse sous-marine, près de Toulon.

« C'ÉTAIT LE DIEU DE L'EAU... »

Nouvelle rencontre, au détour d'une crique des Embiez, avec Frédéric Dumas. Un personnage fantasque, toujours pieds nus, et fameux chasseur sous-marin. Cousteau dira de lui : « C'était le dieu de l'eau... ». Instantanément, un trio se forme. Au tout début, la plongée n'est pour eux que le moyen d'accroître leurs performances de chasseurs sous-marins.



**Vous êtes
un passionné de science ?**

**Alors participez au
CONCOURS EUROPÉEN
DES JEUNES SCIENTIFIQUES
et mesurez-vous
aux meilleurs d'entre eux !**

SCIENCE & VIE et SCIENCE & VIE JUNIOR
organisent la sélection française du
Concours Européen des Jeunes Scientifiques
qui aura lieu courant
septembre 1999 en Grèce.

Son objet :

Présenter une recherche scientifique
théorique ou appliquée
dans le domaine de votre choix.
Vous pouvez concourir seul
ou par équipe de 3 personnes maximum.

Date limite de remise des projets : 30 mars 1999.

Parmi les prix, des chèques de 5 000, 3 000
et 1 500 EURO, des stages en laboratoire
et la possibilité de faire avancer vos idées
et votre esprit créatif avec des savants de
renommée internationale.

Avec la participation
de l'ANSTJ, du CNES,
du CNRS, de l'IFREMER, de l'INRA
et de l'INSERM.

RÉSERVÉ AUX 15-21 ANS,
en 1^{ère} année d'enseignement supérieur maximum.

Pour en savoir plus et recevoir un dossier de candidature,
retournez-nous dès maintenant le bulletin
ci-dessous

DEMANDE DE DOSSIER DE CANDIDATURE

à retourner sous enveloppe affranchie avant le 31 décembre 1998 à
CONCOURS EUROPÉEN DES JEUNES SCIENTIFIQUES - 1, rue du Colonel Pierre Avia 75503 Paris cedex 15

Nom..... Prénom.....
Adresse.....
Code Postal..... Ville.....
Date de naissance..... Niveau d'études.....

SCIENCE & VIE

HORS S E R I E

**SCIENCE & VIE
HORS SERIE**
évolue pour mieux
répondre aux attentes
de ses lecteurs avec
plus de photos
et d'explications,
plus de diversité
et de facilité de lecture.

A l'heure de l'euro, connait-on bien la France ?

A l'approche du passage à l'euro,
SCIENCE & VIE HORS SERIE

vous propose de faire le point sur la France d'aujourd'hui :
sa construction et son organisation territoriales,
ses disparités régionales et sa géographie.

France agricole, scientifique, technologique, économique,
culturelle, découvrez ce qui fait nos atouts et nos faiblesses
dans les différents secteurs d'activité.

Des cartes, tableaux, articles de fond et papiers de réflexion
vous précisent la place de la France dans cette Europe
en préparation.

SCIENCE
& VIE

HORS S E R I E

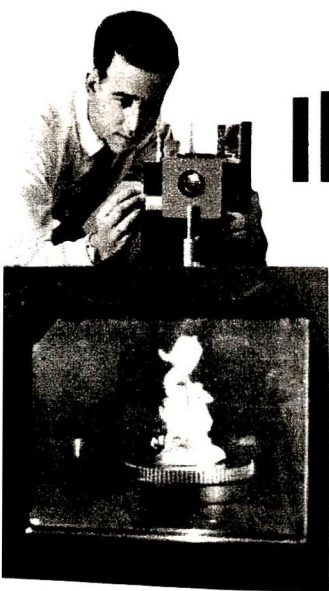
LE PROCHAIN

Parution juin 98

RÉTRO

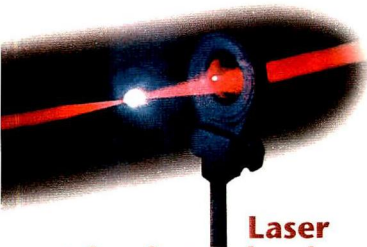
Il y a 30 ans

par Véronique Rochewsky



Hologramme à 360°

Des chercheurs de Bell Telephone ont mis au point un hologramme à 360°. Il s'agit d'une image composite obtenue par cinq expositions successives du sujet sous des angles différents. Cette technique qui permet de présenter en relief toutes les vues d'un objet pourrait faciliter l'étude des molécules complexes.



Laser et foudre en boule

50 milliards de watts : c'est plus de deux fois la puissance installée du réseau électrique français.

C'est aussi la puissance du dernier laser mis au point par la Compagnie générale d'électricité.

Le VK 640 peut engendrer des énergies susceptibles de produire de la foudre en boule.



Juin 1968

Un lanceur, baptisé RD-107 (ci-dessus), et deux cent dix engins satellisés : tels sont les éléments du mystère qui entoure les tirs soviétiques. Sous le nom de Cosmos, sont en effet regroupés huit types de mission, dont des essais de bombes orbitales et des opérations d'espionnage.

PHOTOS X - TOUTS DROITS RÉSERVÉS



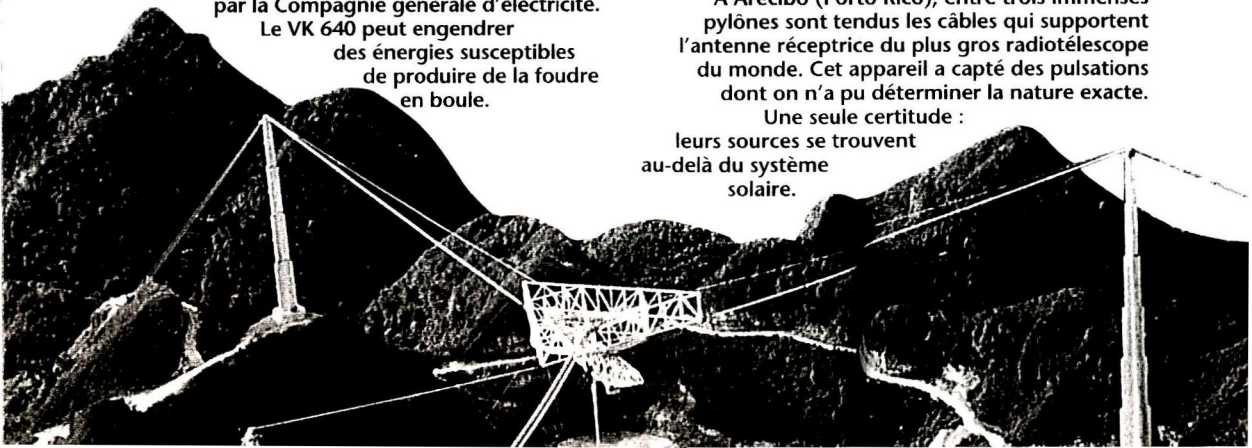
Pourquoi la violence ?

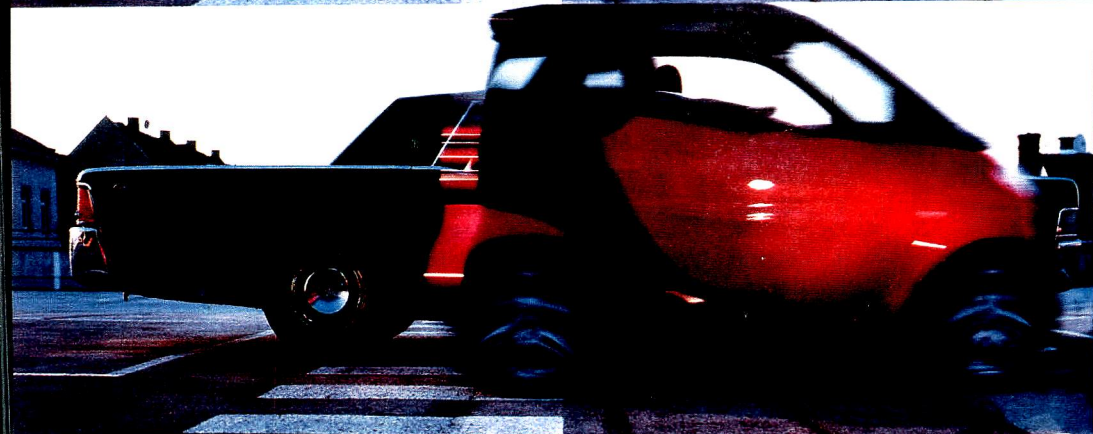
Le monde entier est secoué par des vagues de manifestations et de violences. Des scientifiques américains, dirigés par le Dr Spiegel, ont distingué quatre étapes dans l'escalade de la violence : l'événement prétexte, les rumeurs et confrontations, l'ivresse qui pousse à oublier les règles de conduite et la guerre de rue.

Des signaux venus de l'espace

A Arecibo (Porto Rico), entre trois immenses pylônes sont tendus les câbles qui supportent l'antenne réceptrice du plus gros radiotélescope du monde. Cet appareil a capté des pulsations dont on n'a pu déterminer la nature exacte.

Une seule certitude : leurs sources se trouvent au-delà du système solaire.





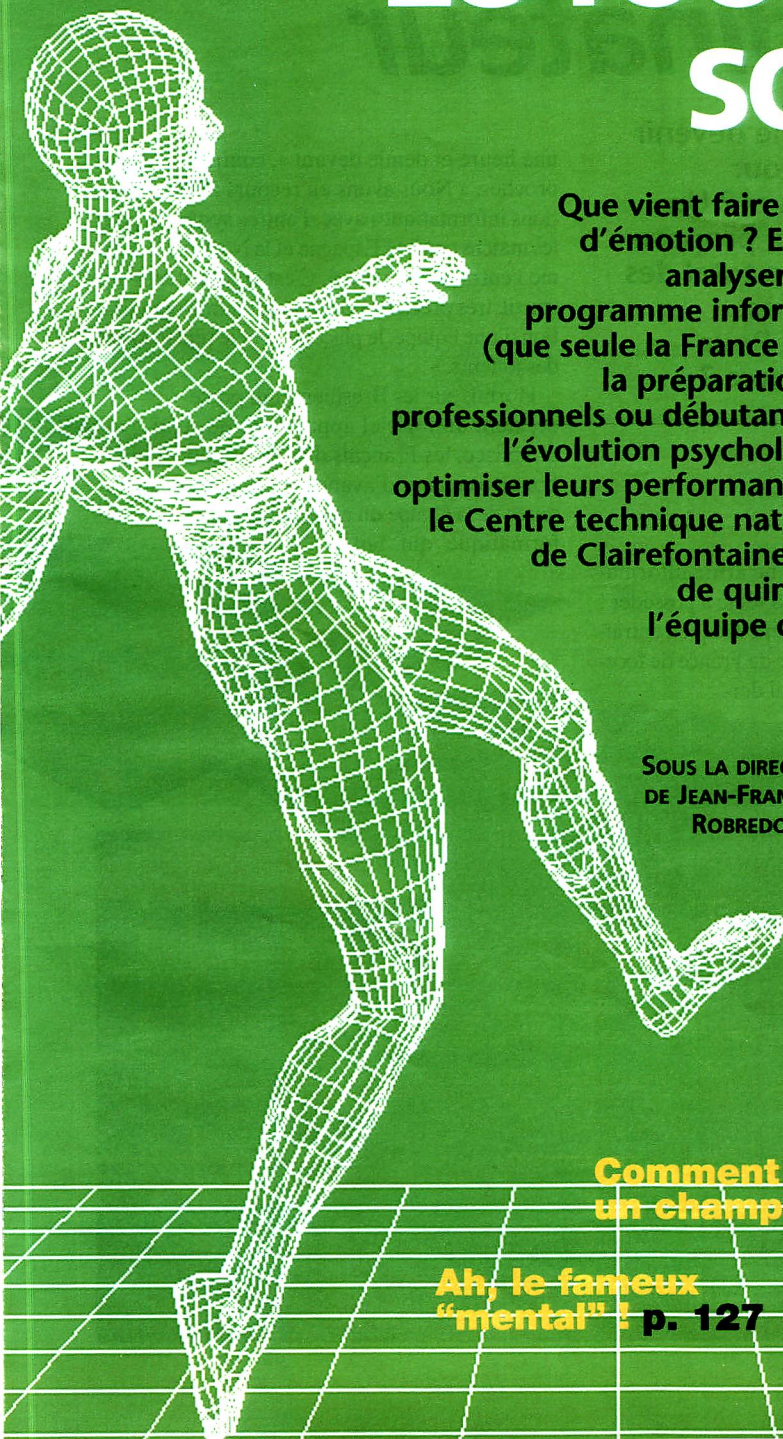
Comment une voiture biplace peut-elle être aussi séduisante qu'une berline spacieuse ? Vous le saurez en lisant le livre smart. Commandez votre smart à partir de juillet au smart Center, et votre livre gratuitement dès aujourd'hui : 0 801 803 803 (F), 0844 848 400 (CH), 078 1555 21 (B), 298 478 5070 (L) ou www.smart.com.

smart
reduce to the max.

reduce to the max. = réduire au maximum.

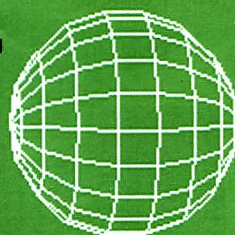
COUPE DU MONDE

Le foot et la science



Que vient faire la science dans un sport d'émotion ? Elle aide les entraîneurs à analyser les matches, grâce à un programme informatique révolutionnaire (que seule la France possède...). Elle favorise la préparation physique des joueurs, professionnels ou débutants. Elle permet de suivre l'évolution psychologique des joueurs pour optimiser leurs performances. A ces trois objectifs, le Centre technique national du football (CTNF) de Clairefontaine se consacre depuis plus de quinze ans. Il ne reste plus à l'équipe de France qu'à gagner la Coupe du monde !

SOUS LA DIRECTION
DE JEAN-FRANÇOIS
ROBREDO



**Le football assisté
par ordinateur p. 118**

**Comment se fabrique
un champion p. 123**

**Ah, le fameux
"mental" ! p. 127**



Le football assisté par ordinateur

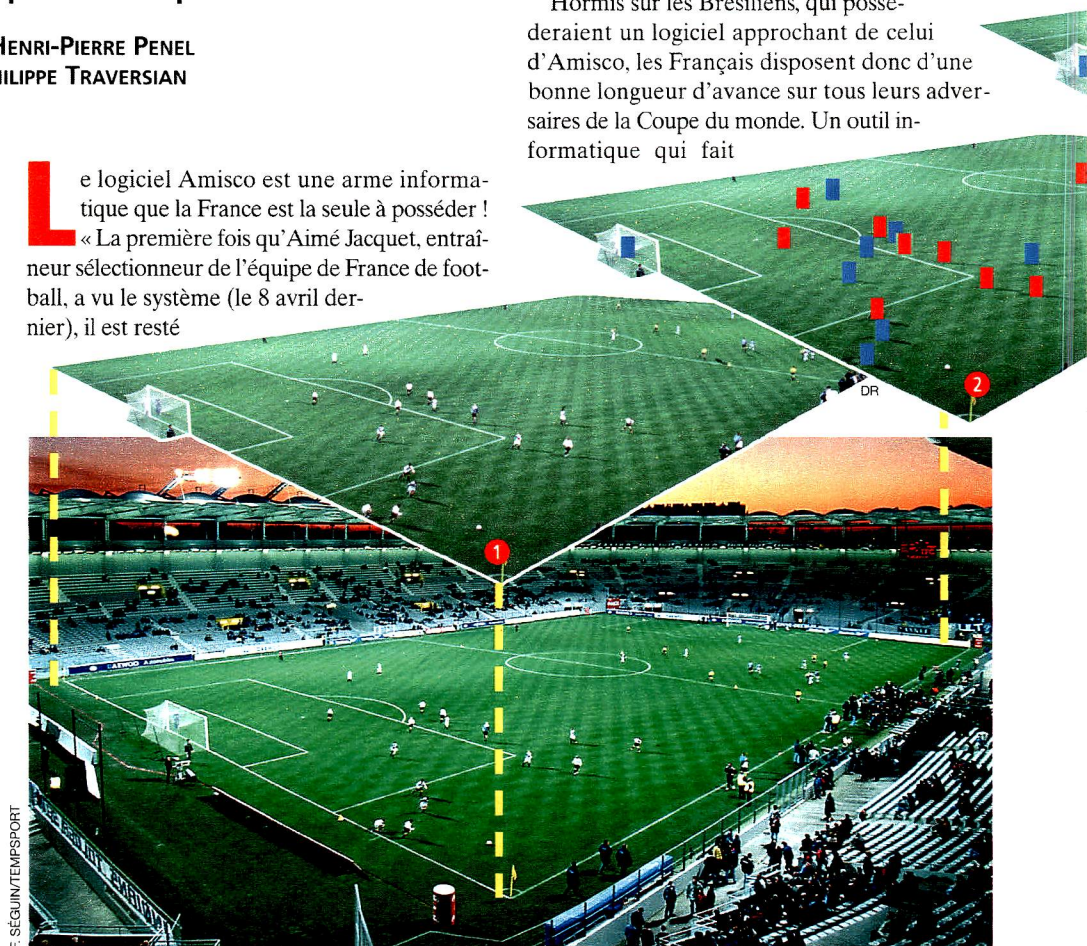
■ L'informatique va-t-elle devenir un outil prépondérant pour l'entraînement des joueurs ? Un nouveau logiciel, Amisco, propose un traitement numérique total des matchs et une analyse très complète des stratégies. Pour comprendre et pour vaincre ?

PAR HENRI-PIERRE PENEL
ET PHILIPPE TRAVERSIAN

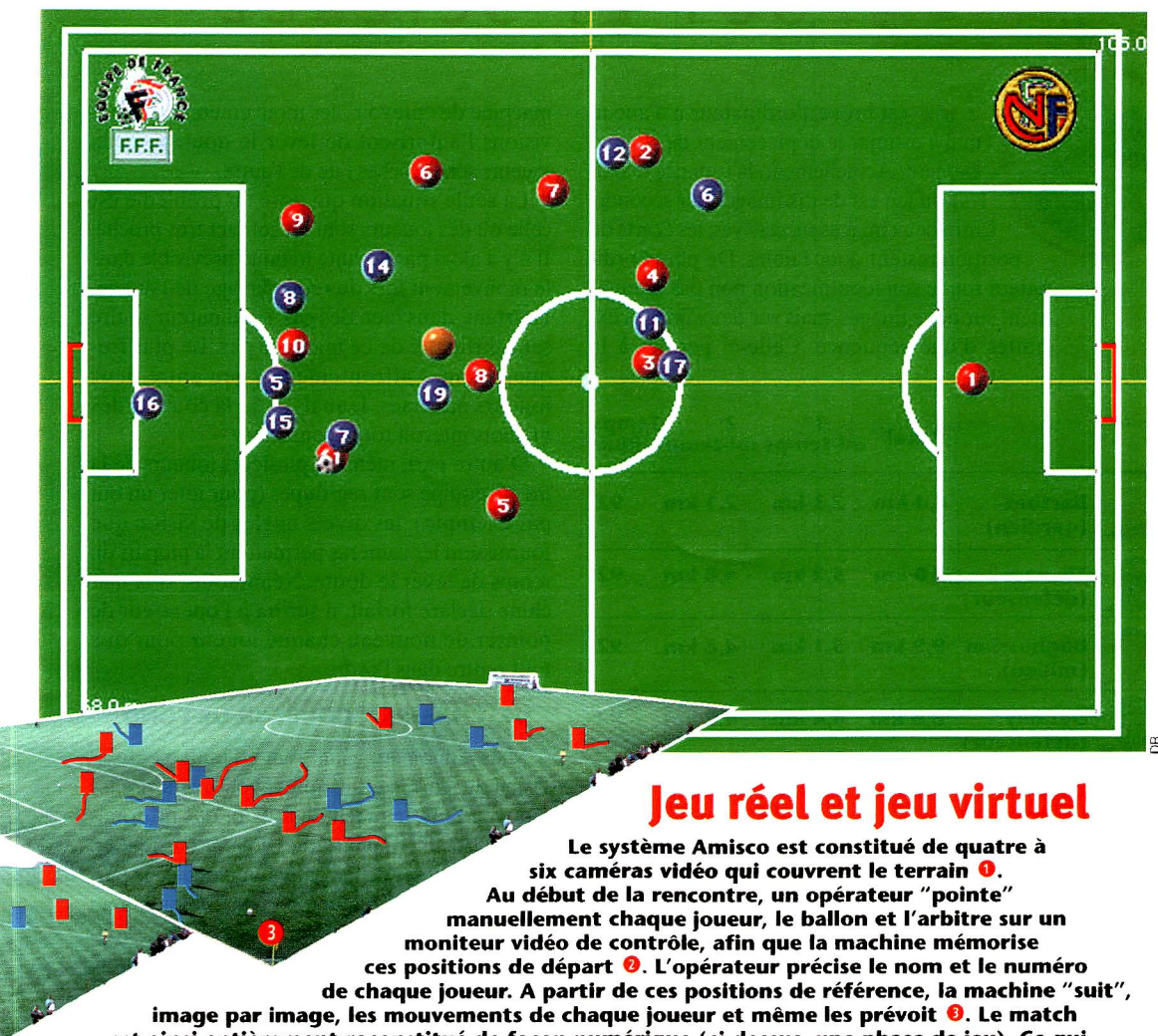
une heure et demie devant », confie l'un de ses proches. « Nous avons eu recours à des animations informatiques avec d'autres systèmes pour les matchs contre l'Espagne et la Norvège, confirme l'entraîneur national. C'est vraiment très instructif, très précieux pour comprendre l'organisation d'une équipe, le placement et le remplacement des joueurs. »

Hormis sur les Brésiliens, qui posséderaient un logiciel approchant de celui d'Amisco, les Français disposent donc d'une bonne longueur d'avance sur tous leurs adversaires de la Coupe du monde. Un outil informatique qui fait

Le logiciel Amisco est une arme informatique que la France est la seule à posséder ! « La première fois qu'Aimé Jacquet, entraîneur sélectionneur de l'équipe de France de football, a vu le système (le 8 avril dernier), il est resté



F. SÉGUIN/TEMPSPORT



Jeu réel et jeu virtuel

Le système Amisco est constitué de quatre à six caméras vidéo qui couvrent le terrain ①.

Au début de la rencontre, un opérateur "pointe" manuellement chaque joueur, le ballon et l'arbitre sur un moniteur vidéo de contrôle, afin que la machine mémorise ces positions de départ ②. L'opérateur précise le nom et le numéro de chaque joueur. A partir de ces positions de référence, la machine "suit",

image par image, les mouvements de chaque joueur et même les prévoit ③. Le match est ainsi entièrement reconstitué de façon numérique (ci-dessus, une phase de jeu). Ce qui permettra ensuite à l'entraîneur d'en étudier tous les aspects et d'améliorer sa stratégie.

appel aux techniques les plus en pointe dans ce domaine et fait entrer l'ordinateur dans le monde du sport. De quoi s'agit-il précisément ? Que peut faire l'informatique pour le football ?

Dans sa configuration la plus simple, Amisco, présente sur un écran couleur vingt-deux joueurs symbolisés par vingt-deux points, qui se déplacent exactement comme sur le terrain pendant 90 minutes. Mais il peut aussi sélectionner un seul joueur et le faire jouer virtuellement contre les onze adversaires (ce qui ne change rien au résultat final...). Ou encore deux ou trois joueurs isolés, en position offensive ou défensive. En fait, le secret du procédé Amisco, conçu et réalisé par la société niçoise Vidéosports, réside dans la localisation et le suivi des joueurs sur le terrain. Ainsi, ses concepteurs se sont interdits de faire porter aux joueurs un quelconque système d'identification. Le but recher-

ché est que l'utilisation d'Amisco ne modifie ni la tenue ni l'équipement des équipes.

Pour cela, de quatre à six caméras vidéo couvrent toute la superficie du terrain de jeu. Au début de la rencontre, un opérateur "pointe" manuellement chaque joueur sur un moniteur vidéo de contrôle. Ainsi, l'ordinateur "connaît" à cet instant la position de chaque participant. De la même manière, l'opérateur lui indique le ballon et l'arbitre. Il s'agit d'une opération d'initialisation du procédé.

DIX IMAGES PAR SECONDE

A partir de ces positions de départ, la machine "suit" image par image les mouvements des protagonistes. En somme, le système ne "reconnaît" pas réellement chaque joueur. Il "voit" des éléments se déplacer dans le champ de vision des caméras. Comme la durée qui sépare deux images ■ ■ ■



■ ■ ■ est brève, l'ordinateur n'a aucun mal à estimer le déplacement de chaque élément. Actuellement, la cadence d'analyse du jeu est de dix images par seconde. Entre deux images successives, les écarts de position restent donc faibles. De plus, l'ordinateur fonde son identification non pas uniquement sur deux images, mais sur deux images extraites d'une séquence. Celle-ci permet à la

machine de "prévoir" les mouvements. Ces prévisions l'autorisent de lever le doute si deux joueurs sont proches l'un de l'autre.

La seule situation qui pose un problème est celle où des joueurs sont en contact très proche. Il n'y a alors pas de suite logique prévisible dans le mouvement lors du redémarrage de l'action. Pourtant, dans bien des cas, l'ordinateur se tire sans difficulté de ce mauvais pas. Le plus fréquemment, l'affrontement a lieu entre deux joueurs adverses. L'analyse de la couleur des maillots interdit toute confusion.

D'autre part, même si plusieurs joueurs de la même équipe sont regroupés (pour fêter un but par exemple), les divers angles de vision que fournissent les caméras permettent la plupart du temps de lever le doute. Néanmoins, si la machine déclare forfait, il suffira à l'opérateur de pointer de nouveau chaque joueur pour que tout rentre dans l'ordre.


DESCHAMPS, "COUREUR DE FOND"

Mais Amisco est avant tout un outil d'optimisation du jeu. En effet, après avoir mémorisé les mouvements, la machine fournit des informations particulièrement utiles, joueur par joueur. En analysant ses déplacements au long de la partie, l'ordinateur peut, notamment, indiquer à un joueur son occupation du terrain. De même, toujours en analysant les déplacements, la machine est capable de fournir des données telles que la vitesse instantanée du joueur, son accélération, sa vitesse moyenne, etc.

Le jeu de chaque équipier est donc décortiqué pendant tout le match. Il devient ainsi possible de dresser un bilan de l'équipe joueur par joueur. Il en va de même si l'utilisateur s'intéresse à la trajectoire du ballon. L'ordinateur est en mesure de fournir un dossier de synthèse du match.

« Jamais, nous n'avions eu les courses des joueurs », affirme Thierry Marszalek, responsable de la documentation de la Fédération française de football, informaticien chargé de la recherche à la direction technique nationale. « Il y avait bien des chiffres, mais aucune donnée statistique fiable n'existait. »

Ce système a été utilisé pour le match France-Norvège, le 25 février, à Marseille (3 à 3). On apprend ainsi que le gardien de but, Fabien Barthez, a parcouru 2,3 km en première mi-temps et 2,1 km en seconde période (!), tandis qu'un joueur de champ comme Marcel Desailly a couvert une distance totale de 8,6 km (voir tableau). Après Robert Pires, le joueur qui ce soir-là a par-

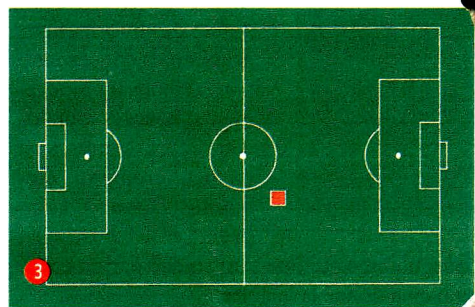
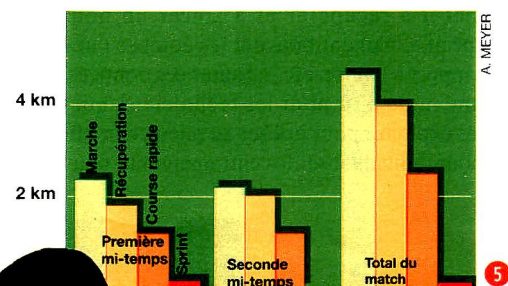
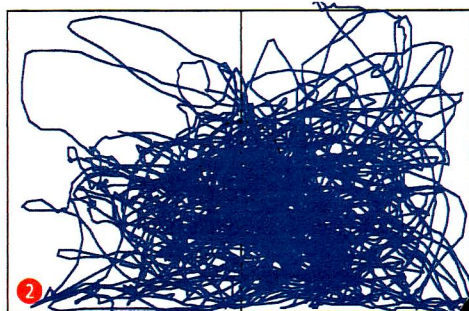
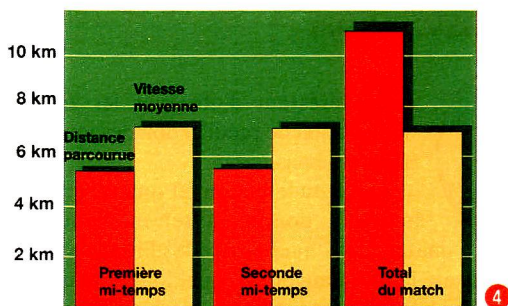
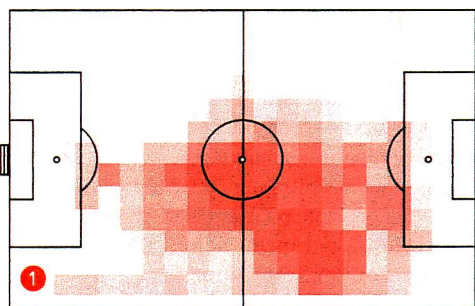
	Total	1 ^{re} mi-temps	2 ^e mi-temps	Temps joué
 Barthez (gardien)	4,4 km	2,3 km	2,1 km	92'
 Thuram (défenseur)	10 km	5,2 km	4,8 km	92'
 Boghossian (milieu)	9,9 km	5,1 km	4,8 km	92'
 Desailly (défenseur)	8,6 km	4,4 km	4,2 km	92'
 Blanc (défenseur)	8,7 km	4,5 km	4,2 km	92'
 Makelele (défenseur)	3,8 km	...	3,8 km	30'
 Deschamps (milieu)	10,2 km	5,2 km	5 km	92'
 Zidane (milieu)	6,5 km	4,9 km	1,6 km	62'
 Pires (milieu)	11,1 km	5,6 km	5,5 km	92'
 Guivarc'h (attaquant)	6 km	4,4 km	1,6 km	62'
 Djorkaeff (milieu)	9,2 km	4,7 km	4,5 km	92'
 Diomède (attaquant)	10 km	5,2 km	4,8 km	92'
 Trézéguet (attaquant)	3,2 km	...	3,2 km	30'

Distance parcourue par l'équipe

Total	1^{re} mi-temps	2^e mi-temps
101,6 km	51,5 km	50,1 km

Bilan de l'effort...

Au cours du match France-Norvège du 25 février dernier, Amisco a calculé les déplacements de chaque joueur de l'équipe de France pendant leur temps de jeu. L'entraîneur a ainsi pu connaître la distance parcourue par chacun de ses joueurs.



J. PREVOST/
TEMPSPORT

... et de la stratégie

Durant le même match, l'ordinateur a déterminé, pour chaque joueur, l'occupation du terrain ①, la trajectoire de ses déplacements ②, sa position moyenne sur le terrain ③, sa vitesse moyenne ④, ses temps de marche, de course, de sprint et de récupération ⑤. Ici, on peut voir l'"expertise athlétique" de Robert Pires.

couru la plus grande distance (10,2 km) est Didier Deschamps, le milieu de terrain de la Juventus de Turin, ce qui est logique puisqu'il occupe une fonction de récupérateur entre la défense et l'attaque, établit la liaison entre les deux lignes et doit faire le va-et-vient durant toute la rencontre.

Les tirs au but, les bonnes et les mauvaises passes, les frappes de balle, les sprints, joueur par joueur, tout est noté : le défenseur Laurent Blanc a ainsi effectué 148 frappes de balle ; le milieu de terrain Robert Pires a conservé le ballon durant 87 secondes ; l'attaquant David Trézéguet a commis trois fautes...

Autre élément d'importance, l'occupation du terrain par les joueurs. Les attaquants sont censés rester plus souvent dans la zone de but adverse, mais le rôle de récupérateur, celui de premier rideau défensif, voire de défenseur supplémentaire au cours de certaines actions sont décisifs dans le football moderne, et la place initiale des uns et des autres est mouvante. Il est donc in-



■ ■ ■ intéressant d'observer les zones d'évolution de prédilection des joueurs (voir schémas).

Qui a eu le ballon, et quand, quelle équipe a dominé à tel moment du match, dans quelle zone les Français ont-ils été le plus dangereux, quel joueur court le plus vite, le plus longtemps, combien de temps met-il à récupérer et à lancer un nouveau sprint, comment bougent les équipes l'une par rapport à l'autre, etc. ? Toutes ces données sont une mine d'or pour les techniciens, qui vont les exploiter pour utiliser au mieux leur effectif, pour individualiser les entraînements, pour éta-

effectif pendant toute une année. Trois cents exercices sont destinés aux éducateurs de club. Toutes les données sont intégrées pour construire une séance d'entraînement. Même les Brésiliens, dont on vante pourtant le football imaginaire et intuitif, ont inclus depuis déjà quelque temps cet outil informatique dans leur métier de footballeur.

« Nous avons la chance de disposer à Clairefontaine, Yvelines (1), de tous ces moyens fabuleux, de ces hommes compétents, se réjouit Aimé Jacquet. A nous de savoir interpréter, transposer les données pour obtenir les résultats espérés... »

Le système Amisco est aussi un extraordinaire

outil de formation pour tous les entraîneurs français. La machine propose une représentation schématique des actions clefs et ajoute des informations graphiques concernant, par exemple, les mouvements. Pour les joueurs, cette représentation est particulièrement éloquent pour comprendre *a posteriori*

pourquoi une attaque s'est soldée par un échec ou bien a donné la victoire.

DEMAIN, IL COMMENTERA EN DIRECT

De même, grâce aux divers angles de vision fournis par les caméras, l'ordinateur est capable de "reconstruire" le jeu en trois dimensions, ce qui permet d'observer une action sous l'angle qui offre la meilleure vision. Un point de vue totalement virtuel et indépendant de la position originelle des caméras. L'image est bel et bien reconstruite, et non pas simplement le fruit d'une sélection parmi les six tournages.

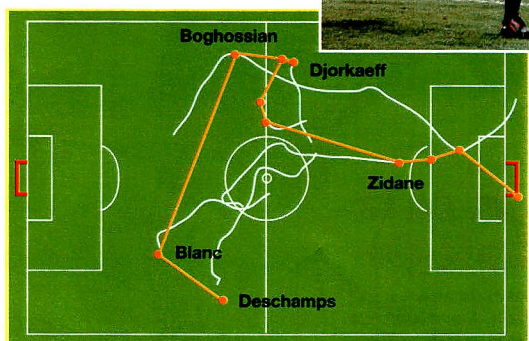
La puissance de calcul des machines (de simples PC) est aujourd'hui insuffisante pour assurer le suivi en temps réel de la totalité d'un match. Le système fonctionne donc essentiellement à partir d'enregistrements vidéo. Néanmoins, les essais entrepris en collaboration avec le constructeur américain Hewlett Packard sont prometteurs : demain, le dispositif sera en mesure de "commenter en direct" une rencontre. Ce sera également un remarquable "assistant" pour les journalistes sportifs... ■

Le but décortiqué

Sur ce but de Zineddine Zidane lors du match France-Norvège, la machine a reconstitué la trajectoire du ballon (en rouge) et celles des joueurs (en blanc).



DESCHAMPS/PRESSE SPORTS



blir des stratégies : si tel joueur se déplace vers la gauche et "embarque" son défenseur, il libère ainsi le couloir, etc. Prenons, par exemple, l'analyse individuelle : on sait que Pires a couru sur 5,56 km et marché sur 1,77 km. Au cours du match, il a sprinté (1,5 %), couru rapidement (32,5 %) et récupéré (65,9 %).

Outre Amisco, dont on ne sait pas s'il sera utilisé pendant la Coupe du monde, les entraîneurs se servent essentiellement de deux logiciels. Le premier, Tactfoot, sera exploité pendant le Mondial par le *team* des entraîneurs français, qui auront une grille précise à remplir sur les coups francs, l'animation offensive, etc. Ces informations seront ensuite communiquées à Aimé Jacquet.

Le second, Techfoot, permet de "gérer" un

(1) Le centre d'entraînement de l'équipe de France.

Comment se fabrique un champion

■ Les médecins de l'équipe de France ne laissent rien au hasard pour conduire les joueurs à la victoire. Suivi médical personnalisé, batterie de tests, alimentation rigoureuse et... sommeil. En attendant celui des "Bleus", c'est déjà le triomphe de la science.

PAR PHILIPPE CHAMBON
ET PHILIPPE TRAVERSIAN

« **P**lus un footballeur est en bonne santé, plus il est capable de faire des gestes techniques fabuleux », dit Aimé Jacquet, l'entraîneur de l'équipe de France. Ce qui devrait être une évidence ne l'est cependant pas pour tout le monde. Trop souvent, les entraîneurs négligent une petite douleur, une infection d'apparence bénigne,

ils oublient les règles élémentaires de l'hygiène de vie ou, plus grave, méconnaissent les réactions spécifiques de l'organisme de chaque joueur à l'effort physique intense.

Pourtant, si l'on veut tirer le meilleur d'une équipe, le suivi médical s'impose. Or, même les grands clubs ne pratiquent pas toujours cette surveillance de façon systématique et se contentent de soigner les blessures.

Le Centre technique national du football (CTNF, voir encadré), lui, s'est fait une spécialité du suivi médical de tous les sélectionnés et des jeunes talents de l'Institut national du football. Franck Le Gall, médecin responsable du Centre, insiste sur la nécessité d'une batterie de tests approfondis : « Quand nous accueillons les sélectionnées, nous les interrogeons sur leur histoire familiale et personnelle pour savoir si leurs ascendants ou eux-mêmes ont souffert de problèmes cardiaques, de diabète, d'asthme ou ■ ■ ■

T. NAMBERTI

La jeune garde du football

Combien de ces jeunes garçons de l'Institut national du football seront sélectionnés en équipe de France ? Nul ne peut le prédire, mais les médecins les suivent de près pour qu'ils donnent le meilleur d'eux-mêmes, sans s'épuiser prématurément.



■ ■ ■ d'autres maladies à composante héréditaire. »

Les heureux élus subissent un examen clinique complet. On étudie leur cœur, leurs poumons, leur appareil digestif, leurs articulations, leurs pieds, etc. Les médecins du CTNF veulent tout savoir sur leur appétit, leur sommeil, les variations de leur poids, l'historique de tous les traumatismes osseux, musculaires ou articulaires dont les joueurs ont pu être victimes au cours de leur carrière.

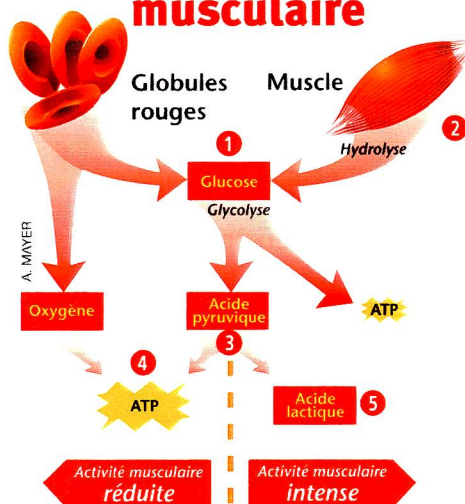
ZIDANE, CHOYÉ PAR LES MÉDECINS FRANÇAIS ET ITALIENS

Pas question de laisser passer une éventuelle fatigue, un état fébrile, un essoufflement à l'effort, une douleur dans la poitrine ou des maux de tête. Autant de facteurs qui peuvent avoir une influence sur les performances ou cacher un problème plus grave, qu'il faudra prendre en charge au plus vite.

Le bilan dentaire est particulièrement important, car les caries et les kystes sont des foyers infectieux parfois silencieux mais qui peuvent avoir des répercussions au niveau des tendons ou des articulations. On sait également qu'une mauvaise occlusion dentaire risque d'abaisser la vitesse de course, de réduire la détente ou d'entraîner une fatigue prématurée.

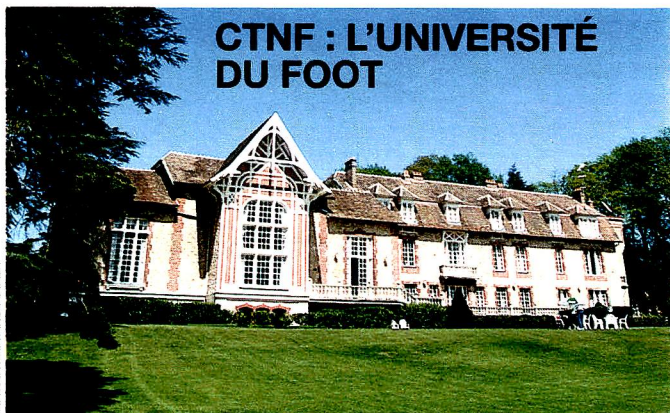
De tous ces tests, l'analyse des réactions pendant et après l'effort est bien sûr le plus détermi-

Eviter l'asphyxie musculaire



Le muscle utilise une molécule baptisée ATP, obtenue à partir du glucose 1 du sang et par l'hydrolyse de son glycogène 2. Le glucose est transformé en acide pyruvique 3. Si le muscle est alimenté en oxygène, l'acide pyruvique donne de l'ATP 4. En cas d'activité musculaire intense, l'apport en oxygène est insuffisant et le muscle utilise l'ATP fourni par la glycolyse. L'acide pyruvique est alors transformé en acide lactique, une substance toxique 5. Si, à l'entraînement, le muscle travaille sous le seuil de saturation en acide lactique, il acquiert progressivement une meilleure résistance à l'effort.

CTNF : L'UNIVERSITÉ DU FOOT



■ Pour Michel Platini, c'est "la maison du football". Implanté dans la forêt de Rambouillet, à Clairefontaine, à 50 km de Paris, le Centre technique national du football est le lieu stratégique de la formation et

de la préparation de l'élite du sport français le plus largement pratiqué. Un paradis du foot : 80 000 m² de pelouses méticuleusement entretenues, couvertes de terrains de jeu à perte de vue, un stade couvert, un

gymnase, un service de documentation, un amphithéâtre dernier cri, des salles de réunion et un service médical spécialisé.

C'est dans ce cadre idéal que viennent se préparer toutes les sélections nationales, que sont formés les cadres et les arbitres, que sont initiés, dès l'âge de 13 ans, les soixante jeunes de l'Institut national du football (INF).

La mission du CNTF est claire : préparer les jeunes talents, leur apprendre le métier de footballeur, suivre leur épanouissement pour accueillir un jour les meilleurs d'entre eux au château de Montjoye, belle bâtisse du XVIII^e siècle situé au cœur du parc du CTNF, résidence de l'équipe de France lorsqu'elle se rassemble à la veille d'un match. C'est ici qu'elle s'installe pour plus d'un mois à la veille de la Coupe du monde...



RUSZNIEWSKI/LIEWIG/TEMPSPORT

nant, puisque c'est elle qui aidera à personnaliser l'entraînement. Voilà à coup sûr le plus grand progrès que la médecine a apporté au football. En s'adaptant au plus juste aux caractéristiques d'un joueur, il devient possible de lui fournir le meilleur rendement sans l'épuiser inutilement.

« Juste avant le championnat d'Europe des nations de 1996, explique Jean-Marcel Ferret, médecin des "Bleus", nous avons récupéré des joueurs exténués, complètement "carbonisés". L'attaquant Zineddine Zidane, par exemple, avait disputé près de soixante-dix matches ! Mais nous n'avons que quelques jours pour les retaper avant le premier match du tournoi. C'était une mission vraiment impossible. »

Cette fois, les médecins ont décidé de prendre les devants : les médecins ont suivi les Bleus pendant un mois avant le début de la Coupe du monde. Ils ont donc eu le temps de rassembler les informations médicales, de les approfondir et d'adapter l'entraînement à chacun, pour que les joueurs arrivent le plus vite possible à leur meilleur niveau. « De cette façon, dit Jean-Marcel Ferret, nous pouvons prévenir certains accidents, par exemple en montrant à un joueur comment ne pas forcer sur des muscles fragilisés. »

Si la France commence à prendre très au sérieux les aspects médicaux du football, c'est l'Italie qui est le plus en pointe dans ce domaine. Une aubaine pour les Bleus, car le meneur de jeu de la

Du sucre à tous les repas

Chez les athlètes de haut niveau, les apports en "sucres lents" – réserve d'énergie pour le muscle – doivent être très importants. Les Bleus ont donc droit à des pâtes et à des pommes de terre à chaque repas. Ces plats sont préparés par un chef hors pair, dans les cuisines du château de Montjoye, à Clairefontaine, en région parisienne.

Juventus de Turin et de l'équipe de France, Zineddine Zidane, est choyé à la fois par les médecins italiens et par les médecins français. Par exemple, pour protéger sa cheville fragilisée au cours de la saison, il n'a joué que des moitiés de match et a reçu des soins attentifs, massages, balnéothérapie et récupération active.

Personnaliser l'entraînement, c'est améliorer le rendement

Cette dernière méthode consiste à préconiser un petit footing tout de suite après le match, parce qu'une activité musculaire légère favorise l'absorption de l'acide lactique, substance toxique qui s'accumule au cours d'un effort long et intense. Ce signe de fatigue musculaire est une préoccupation importante de Franck Le Gall.

Le CTNF dispose d'ailleurs d'un système de dosage pour suivre l'évolution de son taux dans





■ ■ ■ le sang en fonction de l'intensité des efforts musculaires. Si, pendant l'entraînement, on maintient le joueur juste au-dessous du taux de fatigue, on peut progressivement repousser cette limite et obtenir une meilleure résistance à l'effort. Les médecins réduisent les effets de l'acide lactique en faisant boire de l'eau riche en bicarbonate et des laitages.

L'alimentation doit être très précisément dosée et sa composition fait l'objet de recommandations

Pour chaque joueur, le cuistot peut faire une cuisine à la carte

draconiennes. Le CTNF s'efforce de donner aux jeunes en formation de bonnes habitudes alimentaires, notamment en matières de graisses. Mais le régime pâtes et pommes de terre à tous les repas ne séduit pas facilement la génération MacDo. Pourtant, les sucres lents hyperglucidiques sont indispensables pour compenser la surconsommation de l'organisme pendant les compétitions.

« A partir des sucres lents, l'organisme synthétise du glucogène, substance qui forme une réserve d'énergie concentrée dans le foie et surtout dans les muscles. A la fin du match, les joueurs ont pratiquement épuisé leur stock de glucogène. Il est donc impératif de le reconstituer au plus vite », dit Franck Le Gall. Le régime des

footballeurs doit également apporter des protéines (15 %), car elles participent au développement de la masse musculaire.

Tous les repas de l'équipe de France sont établis par son médecin, mais le palais n'est pas négligé pour autant : les Bleus emmènent leur cuisinier dans chaque déplacement. Il peut faire à chaque joueur une cuisine à la carte, mais toujours en fonction des exigences du staff médical.

Au chapitre du comportement alimentaire, l'hydratation tient une place essentielle. Pendant l'effort, la température corporelle s'élève, le joueur transpire. Il peut perdre de 1 à 2 kg par rencontre. Si le climat est très chaud, la perte de poids atteindra de 3 à 4 kg. La déshydratation est aussi un facteur de fatigue musculaire. « Un sujet qui perd 2 % de son poids, perd 20 % de ses capacités physiques », précise Franck Le Gall, qui impose un régime précis : un millilitre d'eau par calorie consommée, soit environ 3,5 litres par jour en temps normal (2 litres à boire, 1 litre fourni par la nourriture et 0,5 litre par les réactions chimiques de l'organisme).

UNE SIESTE POUR RÉCUPÉRER DE L'EFFORT DE... LA DIGESTION

Dernier conseil médical aux footballeurs de haut niveau : dormir quotidiennement jusqu'à douze heures. Quand ils ne s'ébattent pas sur la pelouse, nos champions se transforment en marmottes. On leur impose même la sieste pour récupérer de l'effort physique que représente... la digestion.

Etudiés sous toutes les coutures, nourris et abreuvés au gramme près, entraînés à la carte, nos Bleus seront-ils au top de leurs possibilités pour "leur" Coupe du monde ? Pour Youri Djorkaeff, cela ne fait pas de doute : « On va la gagner ! Avant tout, parce que le suivi médical a été très poussé depuis un an. » Bonne chance !

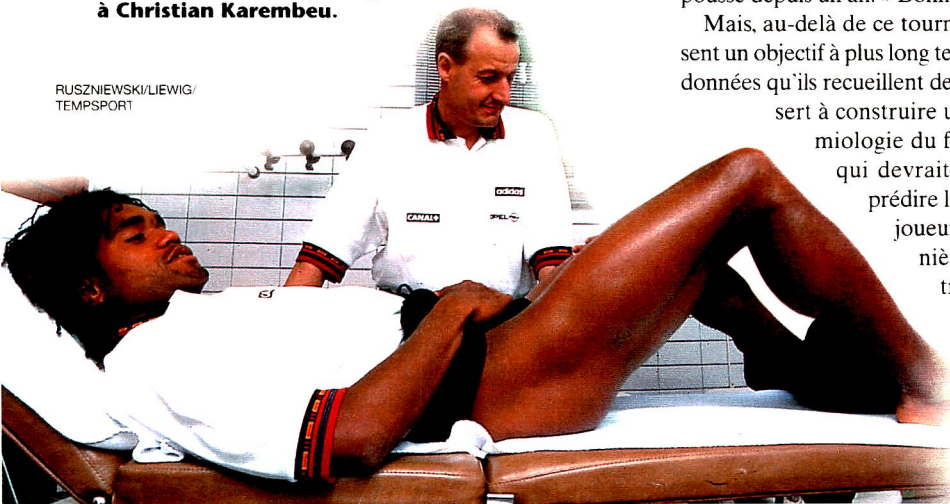
Mais, au-delà de ce tournoi, les médecins visent un objectif à plus long terme. L'ensemble des données qu'ils recueillent depuis des années leur

sert à construire une véritable épidémiologie du football, un modèle qui devrait leur permettre de prédire le devenir de chaque joueur, d'anticiper de manière scientifique l'entraînement et les soins particuliers qui le maintiendront au mieux de sa forme. ■

Le muscle roi

Au Centre technique national du football, le suivi médical des champions est très poussé. Muscles et articulations sont particulièrement choyés. Ci-dessous, le Dr Jean-Marcel Ferret, médecin des Bleus, prodigue des soins à Christian Karembu.

RUSZNIEWSKI/LIEWIG/
TEMPSPORT



Ah, le fameux "mental" !

■ Le football est aussi un sport de combat, qui mobilise les

ressources tant physiques que morales des joueurs. Pour veiller sur ces colosses aux nerfs d'argile, l'entraîneur ne doit rien ignorer de la psychologie.

PAR PHILIPPE CHAMBON

Les champions du foot ont un caractère d'acier. Ils peuvent résister aux stress psychologiques les plus intenses. C'est précisément pour cette raison qu'ils sont arrivés au sommet de leur discipline.

« L'agressivité et la motivation sont leurs vertus cardinales », estime Jacques Crevoisier, docteur en psychologie et entraîneur national. Pour lui, le profil psychologique du footballeur est déterminant. Il illustre son propos en racontant qu'à plusieurs reprises certains grands joueurs ayant fait carrière trouvaient que des jeunes de leur génération étaient plus forts qu'eux mais n'ont pas réussi. Plus fort techniquement, peut-être, mais psychologiquement ■ ■ ■

La rage de vaincre

Un champion (tel que Zidane) est un homme motivé et combatif, mais capable de contrôler ses émotions.

F. NEBINGER/
TEMPSPORT



inadaptés. « Ils n'avaient pas le "mental" », dit-on de ces ex-futurs champions.

Ah, ce fameux mental ! Il revient sans cesse dans les interviews des footballeurs, avant ou après le match. Car le foot n'est pas seulement un sport technique qui réclame une excellente condition physique. Chaque rencontre met à l'épreuve le comportement du joueur, sa détermination, ses relations avec ses coéquipiers, l'image qu'il a de lui-même. D'où l'importance de la psychologie, tant pour mesurer l'évolution d'un joueur ou d'une équipe que pour rendre l'entraînement plus efficace.

LA RÉSISTANCE AU STRESS

C'est pourquoi Jacques Crevoisier et Edgar Thill, professeur à l'université de Clermont-Ferrand, ont mis au point un questionnaire d'une centaine de questions qui permet d'analyser les caractéristiques psychologiques des joueurs. « Ce n'est pas un test de sélection, précise Jacques Crevoisier, mais il aide l'entraîneur à conforter son jugement, à mieux cerner la personnalité de ses poulains et à choisir la meilleure remédiation, c'est-à-dire la meilleure méthode pour corriger certains défauts. »

Par exemple, un joueur doté d'une faible résistance au stress se verra prescrire des séances de relaxation. Celui qui manque de motivation pourra évoluer si l'entraîneur s'efforce de le mettre en confiance.

Grâce à ce questionnaire, les entraîneurs peuvent mesurer des notions telles que l'estime de soi, le contrôle émotionnel, l'attention, la motivation, les capacités d'imagerie mentale nécessaires à la visualisation de la performance et, surtout, l'agressivité. Encore elle...

« N'oublions pas que, pour une large part, le football est un sport de combat dans lequel les contacts avec l'adversaire sont fréquents, ce qui nécessite un engagement physique et mental total », dit Jacques Crevoisier. Ce comportement est si valorisé qu'on ne s'étonnera pas (sans l'approuver) de voir des gestes d'une grande violence perturber le déroulement de cer-

tains matchs, même si les entraîneurs mettent l'accent sur le contrôle des émotions.

Depuis quelques années, la psychologie – plus exactement, la sensibilisation à cette discipline – entre dans la formation des entraîneurs. Parallèlement à l'évaluation des espoirs du football français, elle donne aussi aux "coaches" les moyens d'analyser leur propre manière de faire, de trouver des solutions aux conflits et de définir les objectifs de l'entraînement.

Généralement, l'analyse psychologique des footballeurs s'applique de la préformation (vers 12 ou 13 ans) à la sélection des espoirs (vers 21 ans). Au-delà, elle n'est plus nécessaire, dans la mesure où les élus ont fait leurs preuves. De plus, la délicate période de la puberté est passée. La personnalité est bien formée.

Gérard Houillier, directeur technique national du football, a beaucoup insisté sur la promotion de la psychologie auprès des clubs, mais, pour lui, il est inutile d'attacher un psychologue aux grandes équipes.

PRINCIPALE ARME DU PSYCHOLOGUE : LE DIALOGUE

En fait, l'entraîneur lui-même doit se former à la psychologie et développer ses propres talents dans ce domaine. Malgré la diversité des techniques, des tests, des jeux de rôles, des exercices d'imagerie mentale, etc., la principale arme du psychologue reste le dialogue. Partant du principe qu'un conflit est moins dur à vivre quand on en parle, c'est dans le tête-à-tête avec l'entraîneur que se règlent la plupart des problèmes. Chaque match réclame l'attention aiguë de l'entraîneur, car il est l'occasion de nouveaux conflits, d'une nouvelle stratégie qui doit tenir compte à la fois des objectifs individuels et collectifs. L'entraîneur doit anticiper l'émergence des dysfonctionnements.

Le problème des remplaçants se pose parfois avec acuité. Une fois passée la joie d'avoir été sélectionnés, ils doivent se résoudre à faire de la figuration sur le banc de touche.

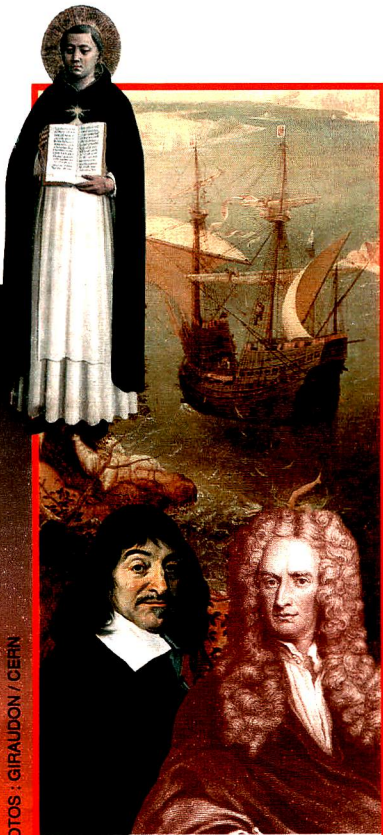
L'entraîneur prêterait une oreille bienveillante à leur déception. Car il est aussi un confident... Ce qui ne doit pas l'empêcher de recommander un soutien psychologique à un joueur qui rencontrerait une difficulté particulière. ■

La mauvaise agressivité

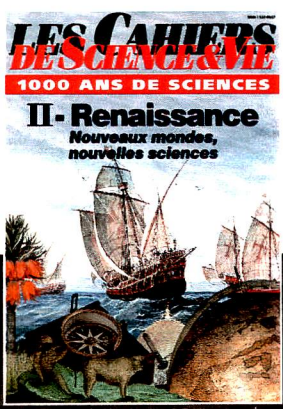
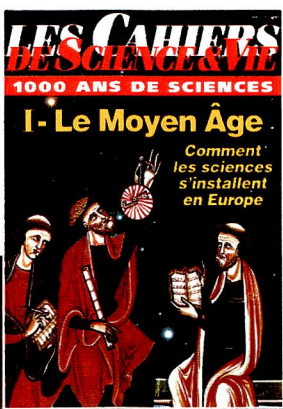
Le football est un sport de contact où l'agressivité est nécessaire. Mal contrôlée, elle peut déboucher sur la violence (ici, un match PSG-OM).



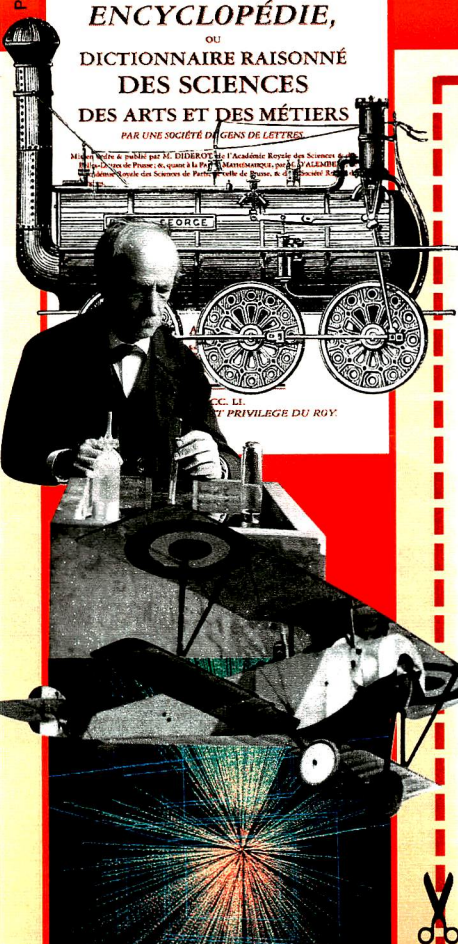
F. SEGUIN/
TEMPSPORT



PHOTOS : GIRAUDON / OERIN



Abonnez-vous aux CAHIERS DE SCIENCE & VIE et découvrez l'histoire des sciences pour 149 francs.



ENCYCLOPÉDIE,
OU
DICTIONNAIRE RAISONNÉ
DES SCIENCES
DES ARTS ET DES MÉTIERS
PAR UNE SOCIÉTÉ D'HOMMES DE LETTRES

Bulletin d'Abonnement

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

OUI Je m'abonne aux CAHIERS DE SCIENCE & VIE
et je choisis la formule suivante :

Cochez les cases de votre choix

- ☐ 1 AN - 6 NUMEROS pour 149 francs au lieu de 192 francs*
soit 43 francs d'économie
- ☐ 2 ANS - 12 NUMEROS pour 298 francs au lieu de 384 francs*
soit 86 francs d'économie

☒ Je choisis de régler par :

- ☐ chèque bancaire ou postal à l'ordre des CAHIERS DE SCIENCE & VIE
- ☐ carte bancaire

N° _____

expire à fin _____ mois _____ année

Date et signature obligatoires

Nom _____

Prénom _____

Adresse _____

Code postal _____ Ville _____

Offres valables jusqu'à fin 1998 et réservées à la France Métropolitaine
Vous pouvez aussi vous abonner par téléphone au 01 46 48 47 17

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

En application de l'article L 27 de la loi du 6/01/1978, les informations ci-dessus sont indispensables au traitement de votre commande et sont exclusivement communiquées au destinataire la traitant. Elles peuvent donner lieu à l'exercice du droit d'accès et de rectification auprès d'Excelsior. Vous pouvez vous opposer à ce que vos nom et adresse soient communiqués ultérieurement.

Le moteur "zéro pollution"

■ Invention révolutionnaire d'une équipe d'ingénieurs varois : un moteur à air comprimé très économique et qui ne dégage aucun gaz. Il a séduit les autorités de Mexico, l'une des villes les plus polluées du monde.

PAR CATHERINE COUSIN

Le moteur propre existe, et pas seulement dans l'imagination de quelques écologistes utopistes. Ce n'est pas un moteur électrique, il fonctionne à l'air comprimé. Un groupe de dix-huit ingénieurs et techniciens spécialisés travaillent depuis plus de cinq ans, à Brignoles (Var), sur ce procédé novateur dont a eu l'idée en 1991 un motoriste, Guy Nègre, auquel avaient fait appel pendant trente ans aussi bien de prestigieuses écuries de Formule 1 que l'industrie aéronautique.

A CHAQUE RÉGIME SON CARBURANT

De son expérience en F 1, Guy Nègre a tiré un constat : les bolides de course démarrent – mais démarrent seulement – au moyen d'une turbine à air comprimé. Pourquoi ne pas utiliser de l'air comprimé comme carburant quand le véhicule n'a besoin que de peu d'énergie, en ville par exemple, où se posent pré-

cisément les problèmes de pollution ?

Pour plancher en toute sérénité sur ce concept de voiture propre, le motoriste a tout à lement abandonné ses activités chez les constructeurs et créé sa société, CQFD Air Solution, chapeautée par une maison mère, Motor Development International, implantée au Luxembourg.

Son premier ■ ■ ■

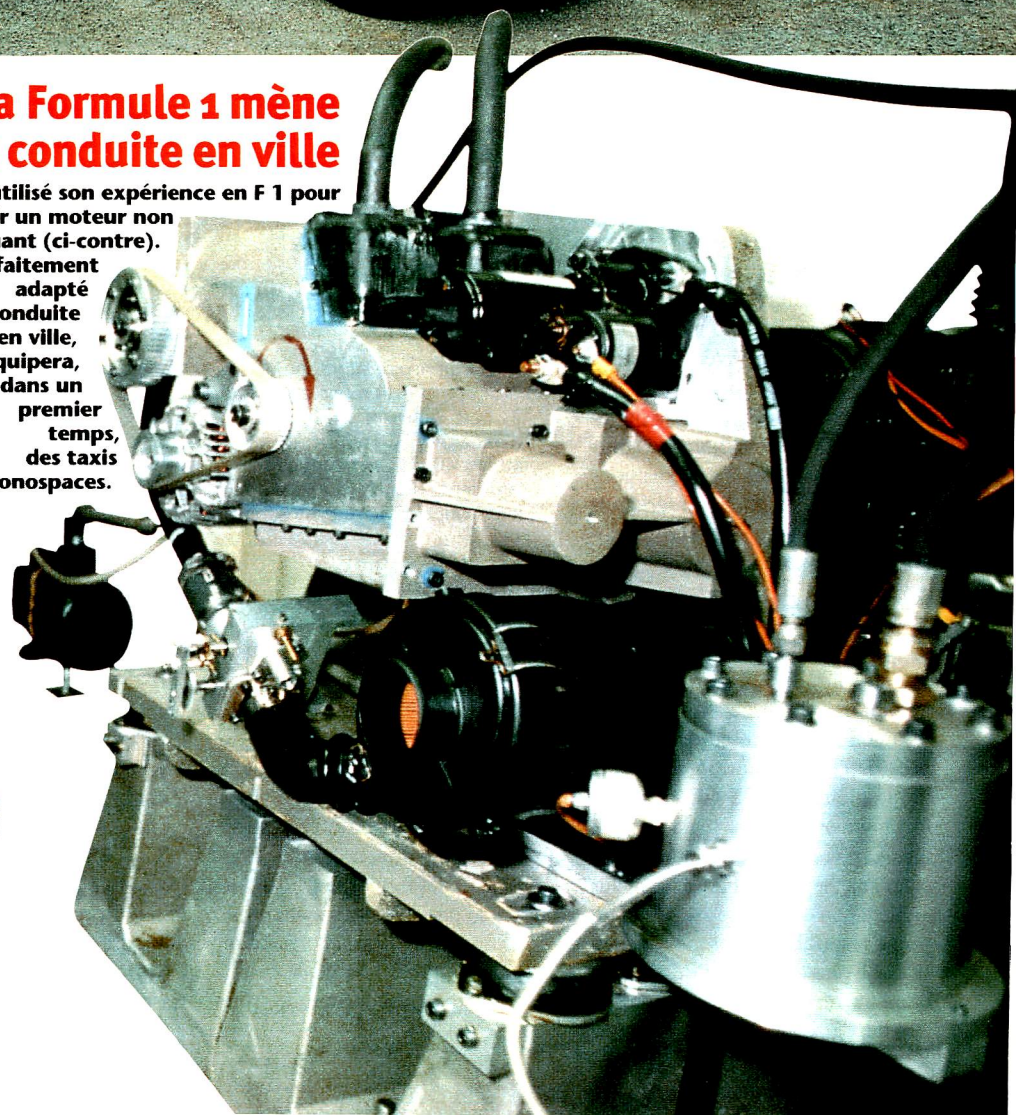




Quand la Formule 1 mène à la conduite en ville

Guy Nègre a utilisé son expérience en F 1 pour concevoir un moteur non polluant (ci-contre).

Parfaitement adapté à la conduite en ville, il équipera, dans un premier temps, des taxis monospaces.



■ ■ ■ contrat, MDI vient de le signer avec le gouvernement mexicain et des industriels venus spécialement de Mexico, la ville la plus irrespirable du monde. Ils fabriqueront chez eux, sous licence, l'enfant révolutionnaire de l'entreprise française.

Au début de l'aventure, l'équipe de Guy Nègre s'intéresse à un moteur bi-énergie : essence, gazole ou GPL (gaz de pétrole liquéfié) pour rouler en dehors des agglomérations et air comprimé en zone urbaine. Nom de baptême : MDI EV3. En mode thermique, pour la route, il a également été étudié pour rejeter le moins possible d'hydrocarbures.

Le plein de "carburant" pour... 10 F

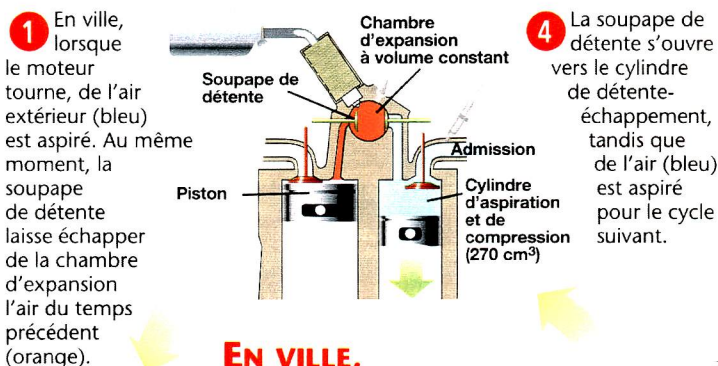
« Habituellement, tout le cycle thermodynamique se fait dans le même cylindre. Ici, nous avons séparé les fonctions – aspiration, compression, combustion, détente, échappement – dans des chambres distinctes pour optimiser les cycles du moteur, explique Guy Nègre. Avec des temps de combustion de trois à quatre fois plus longs que ce qui se fait classiquement, dans une chambre compacte de forme idéale, les émissions de gaz polluants sont très inférieures à celles qu'on enregistre sur les moteurs catalysés actuels. »

DE L'AIR PLUS PUR APRÈS UTILISATION QU'AVANT

Cette notable performance est néanmoins éclipsée par l'exploit technique que représente l'autre aspect de cette invention (brevetée mondialement, il va sans dire) : le fonctionnement urbain à air comprimé. A bas régime, suffisant pour circuler en ville, le MDI EV3 n'est plus alimenté en essence; c'est l'air comprimé respirable qui prend le relais, stocké à plus de 200 bars de pression dans un réservoir en carbone, du

La clef du moteur bi-énergie :

■ En multipliant par deux le nombre de cylindres, Guy Nègre et son équipe ont mieux réparti les divers temps



2 L'air aspiré subit une compression (violet), jusqu'à 21 bars, dans la chambre d'expansion. Sa température atteint 400 °C. Pendant ce temps, la détente de l'air (orange) pousse le piston, c'est le temps moteur.

3 On injecte de l'air comprimé entre 40 et 50 bars. Sa température est de 25 °C. Le choc de ces deux fluides crée une augmentation de pression entraînant une surchauffe du mélange (là réside le secret du constructeur). Simultanément se produit l'échappement (jaune).

type bouteille de plongée. Le principe, simple, est fondé sur la physique élémentaire (voir dessins ci-dessus).

Ce système présente un intérêt qui devrait ravir les défenseurs de l'environnement. Sous le capot du véhicule "zéro pollution" se trouve un mini-compresseur haute pression, entraîné par le moteur, qui va aspirer l'air extérieur lors des décélérations et des freinages. Cet air impur passe par des filtres à charbons et par une sorte de sas moléculaire. Après avoir joué son rôle de carburant, il sera rejeté infiniment plus

propre dans l'atmosphère.

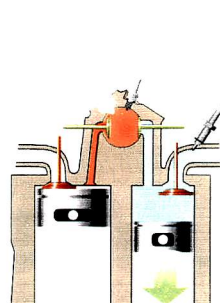
« Nous avons fait des propositions à la Ville de Paris pour remotoriser les 4000 autobus et autres bennes à ordures. Cela représenterait 15 millions de mètres cubes d'air nettoyés par jour dans une ville où la pollution devient préoccupante », indique l'ingénieur en chef.

La RATP n'a, semble-t-il, pas été insensible à l'argument, mais il lui fallait du concret : un moteur pour véhicule lourd, dûment testé. « Notre entreprise n'avait pas les infrastructures nécessaires à cette réa-

la multiplication des cylindres

(admission, compression...) du cycle du moteur thermique. Voici comment fonctionne ce moteur hybride.

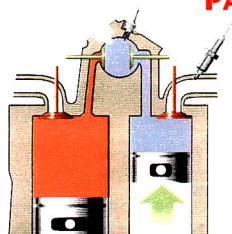
1 Sur route, le moteur fonctionne pratiquement de la même façon qu'en ville. L'air aspiré est simplement mélangé à un peu de carburant (mélange dit pauvre).



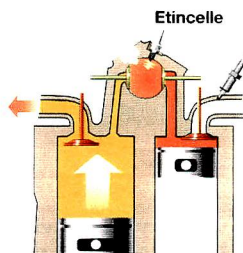
Injecteur de carburant

4 La soupape de détente s'ouvre vers le cylindre de détente-échappement. Un nouveau cycle commence simultanément.

SUR ROUTE, EN UTILISANT UN MÉLANGE PAUVRE



2 Le mélange air-carburant est comprimé dans la chambre d'expansion (violet), tandis que se produit le temps moteur sur l'autre cylindre (orange).



Etincelle

3 Comme dans un moteur classique, le mélange est enflammé entraînant une surpression, alors que se produit l'échappement sur le second cylindre (jaune).

lisation, notamment pas de banc d'essais adapté. » L'équipe de CQFD a donc décidé de réduire les volumes et de construire un moteur mono-énergie – air comprimé seul – qu'accueillera un taxi new look, également concocté par la société de Brignoles, avec l'aide d'un designer italien de chez Bugatti. Son nom : TOP (taxi zéro pollution).

Ainsi est née une voiture du XXI^e siècle, qui satisfait à des critères d'espace intérieur, de confort, de silence (grâce à une faible pression à l'ouverture de l'échappement) et

bien sûr de totale innocuité pour le monde extérieur.

En outre, contrairement au catalyseur, l'échappement froid n'entraîne pas le redoutable effet de serre.

C'est une Citroën AX qui a servi de cobaye pour les essais du MDI "zéro pollution". Les énormes dossiers d'étude de ses "pères" brignolais débouchaient enfin sur une réussite impeccable. Carte de visite du moteur : de 60 à 80 CV à 7000 tours/min, 34 kg, 15 litres d'air comprimé haute pression pour une heure de déplacement en ville. Vitesse

maximale : 100 km/h ; contenance des réservoirs du taxi : 300 litres. Et un plein à 10 F en heures creuses.

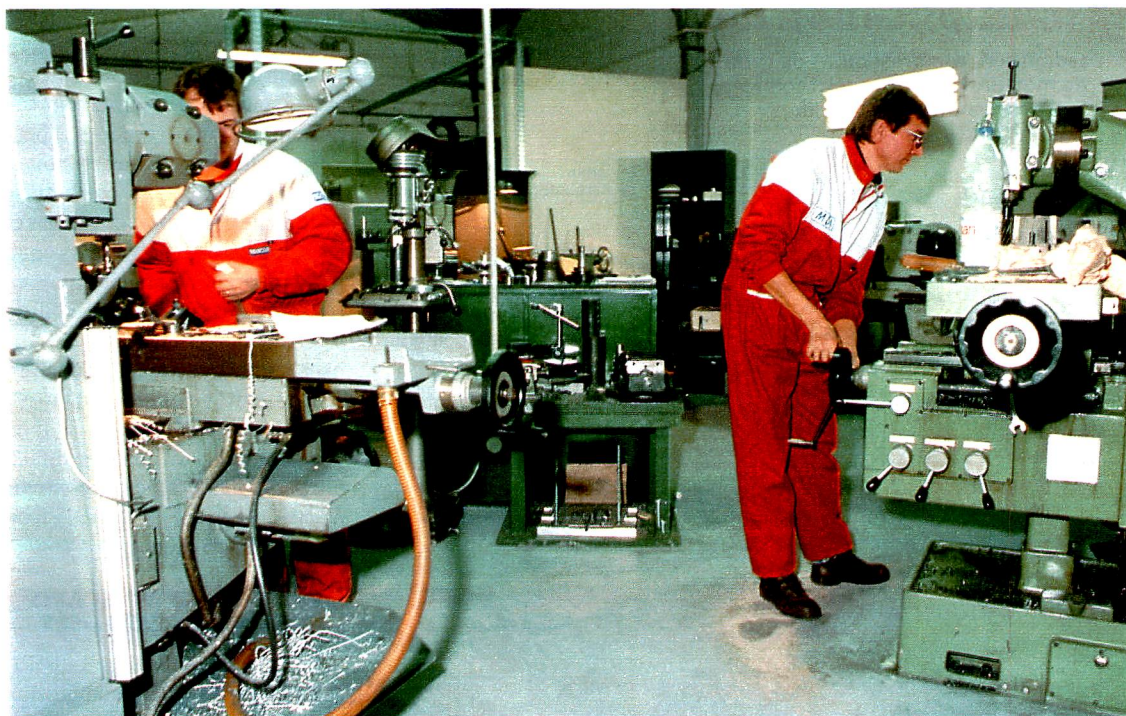
Le remplissage des réservoirs (un principal et une "recharge") peut se faire de deux manières. Soit le conducteur se rend à une station d'air haute pression – les garages et les stations-service devront s'équiper. L'opération s'effectue alors en trois minutes. Soit l'automobiliste branche dans son garage, sur une banale prise de courant, le compresseur intégré pendant de quatre à cinq heures. Cette voiture propre, dont l'entretien est quasi inexistant, n'a pas le handicap de sa consœur électrique aux batteries trop lourdes et trop chères...

87 000 TAXIS MEXICAINS PEU À PEU REMPLACÉS

Elle a donc séduit José Luis Tamargo, président de la commission parlementaire des transports et des routes du Mexique. Leonardo Lazo Margain, directeur général de cette commission, et Francisco Perez del Rincon, un industriel de l'automobile de Mexico, venus spécialement l'été dernier à Brignoles.

« Ayant eu connaissance de notre travail par des agents commerciaux français installés au Mexique, ils nous ont affirmé qu'ils avaient examiné plusieurs dizaines de propositions à travers le monde, mais qu'ils n'avaient jamais étudié un système aussi réaliste et économique que le nôtre. Et qui pouvait se révéler déterminant pour l'avenir de leur pays », précise le fils de Guy Nègre, également ingénieur, qui a fait ses classes chez Bugatti.

Après de multiples tests, l'accord de licence a donc été signé fin 1997, les brevets restant la propriété de MDI. Concrètement, cela devrait se traduire par le remplacement progressif des 87 000 taxis qui crachent leurs gaz polluants dans le ciel de Mexico. Et le gouvernement laisse entendre qu'une loi pourrait être votée pour obliger les taxis et les vé-



La réalisation d'une utopie

C'est dans les ateliers de CQFD, la société créée par Guy Nègre à Brignoles, que dix-huit ingénieurs et techniciens ont conçu le moteur totalement propre qu'ils continuent de perfectionner.

■ ■ ■ hicules des services publics à se convertir à l'air comprimé ! L'essence étant assez peu taxée au Mexique, son remplacement par un "carburant" très peu onéreux n'engendrerait pas pour l'Etat un gros manque à gagner.

Le monospace, soit jaune, soit vert, dont le prototype est déjà au point, et le moteur propre seront construits dans la banlieue de

Une voiture qui pourrait revenir en Europe, après son détour au Mexique

Mexico dans les deux prochaines années. Les coûts de fabrication devaient être inférieurs à ceux d'un véhicule conventionnel. « notamment en raison du faible poids du moteur », selon les spécialistes... Et le produit fini pourrait revenir en Europe, où l'on ne cesse de chercher des remèdes au fléau de la pollution, sans pour autant cueil-

lir une solution à portée de main.

Dans les ateliers de l'entreprise varoise, les techniciens étudient d'autres versions du taxi jaune : fourgonnettes et pick-up, destinés aux livraisons ou aux services municipaux. Ils n'en continuent pas moins d'améliorer leur véhicule vedette.

« Nous avons également recherché le confort du chauffeur et des passagers, explique l'un des "aménageurs" du monospace : trois ou quatre places en vis-à-vis à l'arrière et un vaste espace pour les jambes, un plancher plat, une seule porte largement coulissante du côté du trottoir. Et sa taille – 3,84 m de longueur et 1,72 m de largeur – ne pose pas de problème de stationnement. » En fait, la carrosserie évoque celle des taxis anglais.

Les "petits plus" ne manquent pas d'attraits : climatisation inté-

grée, télévision, téléphone, minibar, guidage par satellite avec affichage de diverses informations sur le tableau de bord... Pensant aussi aux personnes handicapées, les ingénieurs ont prévu une rampe d'accès pour les fauteuils roulants. Le coffre à bagages se trouve à côté du conducteur, qui est seul à l'avant et qu'une vitre peut isoler du reste de l'habitacle.

Une vingtaine de brevets du moteur, du taxi et de leurs trouvailles annexes ont déjà été déposés. « Nous atteindrons peut-être la trentaine », estime Guy Nègre, qui a été contacté par des industriels asiatiques, britanniques et néerlandais, très intéressés. Des constructeurs français, à qui il avait soumis son projet, ont répondu par un vague « on en reparlera » ou n'ont pas répondu du tout... ■

Une idée intelligente...

Abonnez-vous à Science & Vie.



12 numéros mensuels

226
francs
seulement

Bulletin d'abonnement à **SCIENCE & VIE**

à retourner sous pli affranchi avec votre règlement à **SCIENCE & VIE Service Abonnements** - 1, rue du Colonel Pierre Avia 75503 Paris Cedex 15

Oui

Je m'abonne à **SCIENCE & VIE**
pour **1 an** soit 12 mensuels.

● Je règle la somme de **226 francs*** seulement.

Nom _____

Prénom _____

Adresse _____

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

* Au lieu de 276 francs prix normal de vente des magazines
chez votre marchand de journaux

OFFRE VALABLE JUSQU'À FIN 1998 ET RÉSERVÉE À LA FRANCE MÉTROPOLITAINE

Vous pouvez aussi vous abonner par téléphone
au 01 46 48 47 17 ou Minitel : tapez 36 15 ABON

SV 969

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 suf-
fit de nous écrire en nous indiquant vos nom, prénom, adresse et, si possible, votre référence client.

RC PARIS B 572 134 773

Une école privée pour les pilotes d'essais

■ Apprendre le métier de pilote d'essais, qu'on appartienne à une société, qu'on soit militaire ou simplement constructeur indépendant, c'est possible aux Etats-Unis... Une école privée de Californie fournit des cycles adaptés de formation.

PAR ARNAUD BEINAT

La petite ville de Mojave, en Californie, est un vrai décor de cinéma. Et un lieu de légende pour les amateurs d'exploits aéronautiques. Les murs de la plupart des *coffee-shops* sont ornés de posters d'avions, qui rappellent les temps héroïques où les appareils de recherche de la NASA, l'agence fédérale américaine de l'aviation et de l'espace, battaient record sur record. La base aérienne d'Edwards, toute proche, a été fréquentée – et continue de l'être – par les plus grands pilotes d'essais d'outre-Atlantique.

Non loin de là, plus à l'est, se trouve une autre base, celle de Mo-

jave, certes moins prestigieuse, mais tout aussi étonnante, si l'on en juge par la panoplie des avions parqués sur le tarmac. Un Boeing 747 et un Boeing 707 servent de bancs d'essais volants, au profit de sociétés du monde entier, telles que la française SNECMA (Société nationale d'étude et de construction de moteurs d'aviation), qui les utilise pour tester en vol certains de ses moteurs.

Mais on trouve aussi des chasseurs américains (un F-86 et un F-4 G Phantom), ou russes, ex-soviétiques (un MiG-17 et un MiG-21). Ou encore un Draken suédois. A proximité d'interminables rangées

d'avions de ligne déclassés. Mojave est en effet l'un des lieux de stockage d'anciens appareils commerciaux, après leur retrait du service.

115 ÉTUDIANTS PAR AN

Ce n'est pas le cas des chasseurs. Ni celui des avions d'entraînement et des hélicoptères, de toute taille et de toute origine, qui les côtoient sur le ciment du parking. Ceux-là volent toujours, aux mains de passionnés venus de tous les horizons pour apprendre, au sein de la National Test Pilot School (NTPS), leur métier de pilote d'essais ou de pilote de réception (qui teste un



A. BEINAT



A. BEINAT

Rendez-vous international

A l'école de pilotage de Mojave (Californie), les élèves et le matériel proviennent de nombreux pays. Ci-dessus, un instructeur américain et un stagiaire canadien. En haut, un hélicoptère Sikorsky russe. Ci-contre, un avion de combat suédois en vol, le Draken.

avion de série sortant de sa chaîne de production en usine).

Le terme de "national", dans son acception américaine, ne doit pas induire en erreur. Il s'agit bien d'une école privée. « D'autres écoles, se prétendent privées, mais bénéficient d'aides publiques. Ce n'est pas notre cas », affirme Robert E. McShea, un instructeur de la NTPS.

Celle-ci forme bon an mal an quelque cent quinze étudiants. Des pilotes et des ingénieurs navigants d'essais, pour le compte de sociétés privées ou d'armées de l'air qui n'ont pas les moyens d'envoyer

leurs personnels dans les grands centres nationaux de formation, qui dépendent de l'administration du pays (Patuxent River, aux Etats-Unis, Bescombe Down, en Grande-Bretagne, Istres, en France...).

A Mojave, la formation comprend de nombreux volets : évaluation des qualités de vol ou des performances d'un appareil, test en conditions réelles du fonctionnement de tel ou tel équipement, expérimentation en vol des modifications apportées à l'avion, etc. Un ingénieur allemand de Daimler Benz côtoie son homologue canadien, un pilote sud-coréen son ca-

marade d'études d'Afrique du Sud. Un constructeur amateur désireux de ne pas se lancer à l'aveuglette lorsqu'il prendra pour la première fois les commandes du petit appareil qu'il a fabriqué fréquente les mêmes salles que les professionnels chevronnés.

DE 6000 F À PLUS DE 4 MILLIONS DE FRANCS

Les firmes, les armées de l'air se paient ainsi une formation en fonction de tel ou tel programme d'essais en vol qui ne justifie pas le recrutement d'un pilote ou d'un ingénieur à plein temps. Et les indépendants, à titre personnel, acquièrent un apprentissage de base. Mojave est une école à la carte. La formation se compose de cycles d'instruction appelés en anglais "courses", de durée variable, justement pour répondre aux besoins très variés des stagiaires.

Les cycles les plus courts durent de quatre jours à deux semaines. Il s'agit plutôt d'une initiation aux essais. Les cycles plus complets s'étalent sur plusieurs semaines. Dix-sept pour l'Accelerated Flight Test Engineer Course, onze mois pour le Pilot Flight Test Engineer Course. Les cycles courts coûtent moins de 1 000 dollars (6 000 F) pour la Home Builder's Short Course (cycle du pilote constructeur amateur). Mais un cycle long, comme l'Accelerated Flight Test Engineer, revient à 700 000 dollars (4,2 millions de francs)...

Les instructeurs affichent au moins quinze ans d'expérience dans leur domaine de prédilection. Ce sont tous d'anciens pilotes et ingénieurs d'essais des centres de l'US Air Force (armée de l'air américaine) ou de la Navy (Marine). Et les prix sont inférieurs d'un tiers à ceux des "grandes" écoles de pilotes d'essais, pour les cycles de formation complète. Pas étonnant que les candidats se bousculent aux portes de la NTPS...

SCIENCE
& VIE

SÉLECTION

High

par Henri-Pierre Penel

Le silence du violon

Yamaha a inventé le violon silencieux. Baptisé Silent Violin, c'est avant tout un instrument d'apprentissage ou de répétition.

Le musicien s'entend jouer grâce à un casque. L'électronique de ce violon permet plusieurs réverbérations du son. On peut ainsi retrouver une "ambiance acoustique" proche de celle d'une salle de concert. Selon le grand spécialiste des violons électriques Didier Lockwood, il serait dommage de ne voir en cet appareil qu'un simple instrument de travail. Car ses caractéristiques lui permettent de rivaliser avec de véritables violons électriques, qui coûtent de trois à cinq fois plus cher.

Prix : 3 900 F (sans archet).

► Les possibilités acoustiques de cet instrument sont effectivement surprenantes. Il est en outre fabriqué avec des matériaux nobles, et son design est particulièrement séduisant.

Tech

et Jean-Luc Glock



RADIO-MESSAGER LUMINEUX

Très compact, le radiomessager Tatoo Mémo Style affiche des chiffres ou du texte. Comme son écran n'a qu'une seule ligne, le texte défile de droite à gauche. En cas d'appel, le Mémo Style sait être discret : il est équipé d'un vibreur qui peut se substituer à la sonnerie. Prix : 490 F.

► Son écran est rétro-éclairé, ce qui facilite la lecture dans une faible lumière.

Autofocus sous-marin



Au format APS, le Vectis Weathermatic de Minolta succède naturellement à son aîné, le Weathermatic 35DL, appareil 24 x 36 qui domine le marché de cette gamme d'appareils depuis de nombreuses années. Le nouveau venu a plus d'un atout dans son jeu : étanche jusqu'à 10 m, c'est le premier compact sous-marin à être doté d'un zoom (équivalent d'un 37-63 mm) et d'un autofocus. Pour pouvoir être efficace en milieu aquatique, l'autofocus est de type passif : il fonctionne sur le principe de détection de contraste de l'image. Le viseur présente un dégagement oculaire de 26 mm. Des joints toriques et un ressort de contre-pression sur le déclencheur renforcent l'étanchéité. Il est doté d'un flash efficace, doté d'un mode "portrait de nuit". Prix : 2 500 F.

► Résistant aux chocs, le Vectis Weathermatic est un appareil tout-terrain, qui peut être utilisé dans de nombreuses activités sportives.

Ordinateur plat

Profondeur : 5,2 cm. Le moniteur Iiyama dispose d'un écran plat à cristaux liquides qui offre une résolution de 1 024 x 768 points sur une surface d'affichage utile de 13,8 pouces. Le pas de masque horizontal est de 0,27 mm. Prix : 15 300 F.

► Pas de rayonnement électromagnétique, faible encombrement, mais qualité d'image moyenne.



Disque dur transportable

A la suite de difficultés internes, la société californienne SyQuest, célèbre pour ses cartouches de stockage de données informatiques, avait quasiment disparu. Totalement refondue, elle refait surface avec de nouveaux produits. Ainsi, le SparQ est un lecteur de cartouche amovible de 1 giga-octet (à peine plus grosse qu'une disquette 3,5"). Il se présente comme un "second disque dur" aux nombreuses utilisations : sauvegarde, transport d'applications et de fichiers, stockage de photographies numériques, téléchargement de fichiers Internet, support de séquences ou de films numériques, etc. L'appareil utilise le port parallèle ou l'EIDE interne.

La technologie des disques durs Winchester procure une bonne vitesse de transfert.

Prix : lecteur, 1 790 F ; cartouche, 290 F (690 F par pack de trois).

► SyQuest a annoncé son intention de commercialiser, à l'automne, un lecteur destiné au stockage de fichiers multimédias.

Baptisé Quest, il lira des cartouches de 4,7 Go.



Classe professionnelle

Gros comme un paquet de cigarettes, l'appareil-photo numérique Fujifilm MX-700 est doté d'un capteur de 1,5 million de pixels carrés qui permet une résolution de 1 280 x 1 024 pixels. Autant dire

que cet appareil, qui a l'apparence d'un bel objet luxueux, peut prétendre à une carrière professionnelle. L'objectif est un Fujinon (équivalent à un 35 mm) à zoom numérique x 2. Equipé d'un viseur optique et d'un écran LCD, le MX-700 enregistre les images au standard JPEG sur des cartes-mémoire amovibles SmartMedia. Il est fourni avec des accus au lithium-ion et un chargeur.

Prix : 5 990 F.

► Un seul regret : l'absence de zoom optique. Pour transférer les images sur un ordinateur, on peut utiliser l'adaptateur FlashPath, que l'on insère dans le lecteur de disquette du PC.



DOSER SON EFFORT

Le SmartEdge de Polar analyse la fréquence cardiaque et calcule

les seuils d'intensité du sportif, en prenant en compte son poids, sa forme et son niveau de stress. Il se compose de deux parties : une ceinture de transmission légère – que l'on fixe autour du thorax – munie de deux électrodes qui captent les signaux électriques du cœur, et une montre pour visualiser le rythme cardiaque.

► Le SmartEdge indique aussi le nombre de calories brûlées.





<http://www.sncf.fr>

(1) Offre TER+navette et tarifs : il existera des particularités selon les différents
(2) Tarifs soumis à conditions. Renseignez-vous dans les gares et les agences

La SNCF, supporter des supporters pour la Coupe du Monde de Football 1998. En partenariat avec les Conseils Régionaux, la SNCF met à votre disposition plus de TER à des prix avantageux ; dès l'arrivée en gare, des navettes urbaines vous emmèneront jusqu'aux stades (1). Et c'est tout un dispositif spécialement mis en place pour l'événement : davantage de TGV pour rentrer dès la fin des matches, 2 nouvelles gares RER pour se rendre

**Coupe
Du Monde 98
+ de TER
pour mieux
profiter
de la fête**

aux villes des matches. Renseignements sur 3615 TER (1.01 F/min), de voyages. (*) 2.23 F/min.

au Stade de France, des réductions avec les prix Découverte (2) et un tarif spécial en Ile-de-France (jusqu'à 60% de réduction).

Ne perdez pas un instant et réservez dès maintenant votre place dans les trains Grandes Lignes en appelant Ligne Directe, 7 jours sur 7 de 7h00 à 22h00, au 08 36 35 35 35* et appelez le 01 53 90 20 20 pour l'Ile-de-France. Maintenant, à vous de jouer !



À NOUS DE VOUS FAIRE PRÉFÉRER LE TRAIN.



Téléphone indépendant

Mis au point par Matra, le Smart Mobile Concept inaugure une nouvelle génération de téléphones sans fil numériques, à la norme DECT. La base peut être installée n'importe où, dissimulée, à l'écart du combiné qui, lui, repose sur un chargeur indépendant. A la différence des autres systèmes de téléphones sans fil, toutes les fonctions du téléphone sont accessibles par le combiné. Grâce à la liaison numérique, on peut connecter jusqu'à neuf combinés à la base. Les deux modèles de cette gamme possèdent de nombreuses fonctions (présentation du numéro, mains libres, etc.).

Le modèle 250 intègre un répondeur-enregistreur.

Prix : 1 590 F et 1 790 F. Combiné supplémentaire : 890 F.

► Un design peu enthousiasmant mais un appareil de qualité.

Les rois du lancer

Destiné aux pêcheurs confirmés, adeptes de la pêche en mer et amateurs de gros poissons d'eau douce (carpe, brochet, sandre...), le moulinet à récupération rapide Supercast 7500 de Mitchell a un tambour profilé allongé qui facilite le déroulement du fil. On peut ainsi lancer plus loin qu'avec un moulinet classique. Il est doté de quatre bobines, dont une en aluminium de grande capacité, qui est adaptée aux nouveaux multifilaments tressés.

Un galet en titane surdimensionné et le système breveté Eliptic Oscillation améliorent le bobinage. Prix : 1 020 F.

► La couleur bleu nuit et la poignée en bois ajoutent une note esthétique.



OREILLER VÉGÉTAL

Pour ceux qui souffrent du cou, il existe des oreillers anatomiques. Préformés, ils stabilisent le rachis cervical et la tête, mais leur rigidité empêche de changer de position. La société Bleu Soleil a mis au point PriviLiège, le premier oreiller anatomo-physiologique. Rembourré avec de la fleur de liège naturel, il s'adapte aux mouvements du dormeur grâce à sa souplesse et à sa fermeté. En outre, la fleur de liège est un régulateur de transpiration et un isolant thermique. Prix : 340 F.

► Au bout de quelques jours d'adaptation, le confort est indéniable.



<http://www.sncf.fr>

(1) Tarifs soumis à conditions. Renseignez-vous dans les gares et les agences des différentes villes des matches. Renseignements sur 3615 TER (1.01F/min.)

de voyages. (2) Offre TER+navette et tarifs : il existera des particularités selon les villes.

La SNCF, supporter des supporters pour la Coupe du Monde de Football 1998.

Deux nouvelles gares RER pour se rendre au Stade de France, mais aussi davantage de TGV, des réductions avec les prix Découverte (1) et un tarif spécial en Ile-de-France (jusqu'à 60% de réduction). En partenariat avec les Conseils Régionaux, la SNCF met également à votre disposition plus de TER à des prix

Coupe Du Monde 98 2 Nouvelles Gares RER pour le Stade de France

avantageux : des l'arrivée en gare, des navettes urbaines vous emmèneront jusqu'aux stades (2).

Ne perdez pas un instant et réservez dès maintenant votre place dans les trains Grandes Lignes en appelant Ligne Directe, 7 jours sur 7 de 7h00 à 22h00, au 08 36 35 35 35 (*) et appelez le 01 53 90 20 20 pour l'Ile-de-France. Maintenant, à vous de jouer !

 **FRANCE 98**
COUPE DU MONDE
PRESTATAIRE AGRÉE

SNCF

À NOUS DE VOUS FAIRE PRÉFÉRER LE TRAIN.

La télé dans l'autoradio

Le fabricant japonais d'autoradios Clarion annonce le VRX 8470 R, premier combiné radio-vidéo. Une touche permet d'avancer la façade, qui se redresse et fait apparaître l'écran couleur à cristaux liquides de 15 pouces (13,2 cm). Ce système vidéo embarqué peut piloter un changeur de Minidisc/CD, un DSP et un égaliseur. Il bénéficie d'un amplificateur de 4 x 30 watts. On peut y connecter un magnétoscope, un caméscope ou des jeux vidéo. Prix : 11 900 F.

► Evidemment, l'écran ne fonctionne que si le frein à main est serré.



LUNETTES CONTRE LE MAL DE MER

Selon l'inventeur des lunettes Tempest, l'origine du mal de mer est un conflit sensoriel entre la perception visuelle et le liquide de l'oreille interne qui reste toujours horizontal. Il faut donc donner à l'œil une information permanente sur la position de l'horizon. Ainsi, ses verres de lunettes sont équipés en leur centre de micro-capsules qui contiennent une huile, utilisée dans les compas, et une mince barrette noire. Quels que soient les mouvements de la tête, le tangage de la capsule assure la position horizontale de la barrette-repère. Prix : 1 200 F.

► Elles sont distribuées en Belgique, en France et en Finlande.



Que la lumière soit !

Conçue par Polaroid, la Polapulse (ci-dessus) est une vraie lampe de poche. Élégante, extra-plate, elle se glisse aisément dans une poche. Son boîtier en plastique mat argenté recèle une pile au zinc-charbon, sans mercure. De son côté, Varta commercialise une petite lampe-torche, la Clip Light (ci-contre), qui fonctionne avec deux piles LR6. Sa tête orientable et son clip en font un instrument de bricolage parfait. Prix : 50 F chacune.

► Deux lampes fort différentes et également pratiques.



**Coupe
Du Monde 98**

-25%*
**pour tous avec
les prix Découverte**

<http://www.sncf.fr>

(*) Sauf Découverte J8. Tarifs soumis à conditions. Renseignez-vous il existera des particularités selon les différentes villes des matches.

**La SNCF, supporter des supporters
pour la Coupe du Monde de Football 1998.**

Des réductions avec les prix Découverte (*), mais aussi un tarif spécial en Ile-de-France (jusqu'à 60% de réduction), 2 nouvelles gares RER pour se rendre au Stade de France, davantage de TGV pour rentrer dès la fin des matches. En partenariat avec les Conseils Régionaux, la SNCF met également à votre disposition plus de TER à des

dans les gares et les agences de voyages. (***) Offre TER+navette et tarifs : Renseignements sur 3615 TER (1,01 F/min) (****) 2,23 F/min.

prix avantageux : dès l'arrivée en gare, des navettes urbaines vous emmèneront jusqu'aux stades (**).

Ne perdez pas un instant et réservez dès maintenant votre place dans les trains Grandes Lignes en appelant Ligne Directe, 7 jours sur 7 de 7h00 à 22h00, au 08 36 35 35 35 (****) et appelez le 01 53 90 20 20 pour l'Ile-de-France. Maintenant, à vous de jouer !

 **FRANCE 98**
COUPE DU MONDE

PRESTATAIRE AGREE

SNCF

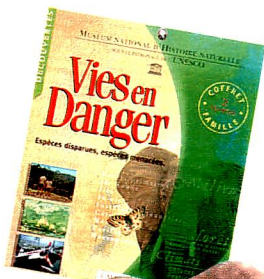
À NOUS DE VOUS FAIRE PRÉFÉRER LE TRAIN.

SCIENCE
& VIE
SÉLECTION

CD-Rom

par Jean-René Germain

L'évolution, c'est aussi l'extinction



VIES EN DANGER Espèces disparues, espèces menacées

Emme Interactive, 349 F
(pour Mac et PC).

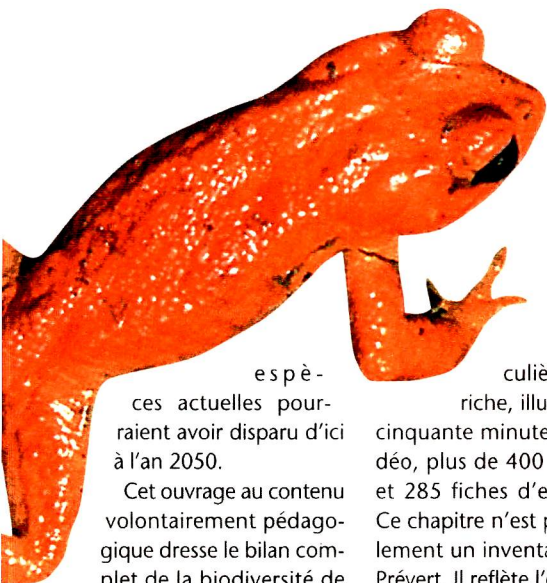
Ce que veut nous enseigner ce magnifique coffret de deux CD-Rom réalisé par le Muséum national d'histoire naturelle, sous le patronage de l'UNESCO, c'est que l'extinction des espèces fait partie de l'évolution. Mais, aujourd'hui, les espèces

ces animaux et végétales s'éteignent à un rythme de mille à dix mille fois supérieur à celui des extinctions naturelles ! Du coup, le quart ou la moitié des



Parmi les espèces menacées, l'éléphant d'Afrique, le crapaud doré et le tigre, qui joue un grand rôle dans la pharmacopée chinoise.





espèces actuelles pourraient avoir disparu d'ici à l'an 2050.

Cet ouvrage au contenu volontairement pédagogique dresse le bilan complet de la biodiversité de notre planète, dans un ouvrage encyclopédique parti-

culièrement riche, illustré par cinquante minutes de vidéo, plus de 400 photos et 285 fiches d'espèces. Ce chapitre n'est pas seulement un inventaire à la Prévert. Il reflète l'état des connaissances et des réflexions des scientifiques, qui interviennent d'ailleurs lors de judicieuses séquences vidéo.

Le second CD-Rom s'adresse aux plus jeunes. Il se présente sous la forme d'une bande dessinée interactive et de jeux éducatifs. Là aussi, la dimension pédagogique est remarquable. Un ouvrage de référence.

Didier Dubrana



Vacances studieuses

PASSEPORT

De la maternelle au CE2

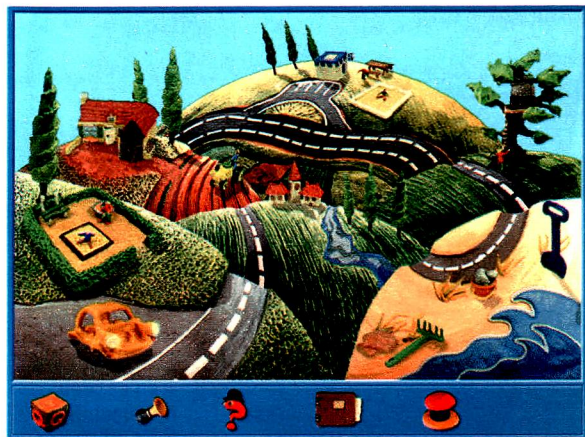
Hachette Multimédia, trois ouvrages, 149 F chacun (pour Mac et PC).

La collection de cahiers de vacances "Passport" arrive sur CD-Rom. Trois titres jalonnent le passage de la maternelle au CP, du CP au CE1 et du CE1 au CE2. Chacun comprend deux grandes parties. D'abord, un univers en forme de jeu de piste qui permet de traverser de nombreux paysages de vacances (mer, montagne, etc.) ou d'approcher l'environnement quotidien de l'enfant (square, fête foraine...). Chaque scène fourmille d'objets, d'animaux et de personnages, que l'enfant découvre à son rythme, et qui l'entraînent vers de nouvelles activités.

La seconde partie constitue le volet pédagogique. Il comprend un ensemble d'exercices de français et de mathématiques qui favorisent la révision des connaissances acquises durant l'année scolaire. Un quatrième trimestre tout en s'amusant...

A tout moment, un quiz géant permet à l'enfant de tester ses connaissances et aux parents de vérifier son niveau. Enfin, si, au moment du départ, l'ordinateur ne tient pas dans le coffre de la voiture, on imprimera un excellent carnet de route comprenant des recettes de cuisine, des trucs de bricolage ou des règles de jeux de plein air. Bonnes vacances ! D. D.

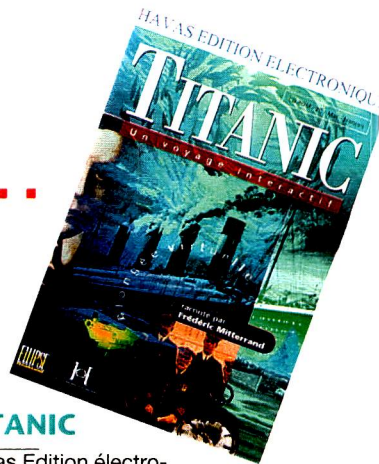
Un univers que l'enfant découvre à son rythme, qui l'entraîne vers diverses activités.



SCIENCE & VIE
SÉLECTION

CD-Rom

Plus que le film...



TITANIC

Havas Edition électronique, 290 F (pour Mac et PC).

Aux commandes d'un sous-marin, on effectuera une plongée de reconnaissance autour de l'épave, par 3800 m de fond. Témoignages, photos, histoire : pour en savoir plus que dans le film sur la tragique odyssee du *Titanic*, un remarquable CD-Rom interactif.

Bulletin d'abonnement à SCIENCE & VIE

à retourner sous pli affranchi avec votre règlement à SCIENCE & VIE 1, rue du Colonel Pierre Avia 75503 Paris Cedex 15



12 mensuels
+ 4 hors série
trimestriels de
SCIENCE & VIE
+ en cadeau
la calculatrice
scientifique pour
296 francs
seulement

Oui

je m'abonne **1 an** à SCIENCE & VIE
et à ses hors série
soit 12 mensuels + 4 trimestriels thématiques.

● je règle la somme de **296 francs** seulement et je recevrai en cadeau de bienvenue la calculatrice scientifique** de SCIENCE & VIE.

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

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

** Délai de réception de 3 à 4 semaines, à partir du règlement de votre abonnement.

OFFRE VALABLE JUSQU'À FIN 1998 ET RÉSERVÉE À LA FRANCE METROPOLITAINE.
Vous pouvez aussi vous abonner par téléphone au 01 46 48 47 17

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

Extra plate, multifonctions, affichage de 10 chiffres. Dim. 12,5 x 7,5 cm.

Mission impossible

INCUBATION

Blue Byte/Ubisoft, 300 F (pour PC).

Semblable en tout point à *Alien II*, voici un jeu qui nous tient en haleine du début à la fin. C'est le premier à mêler un environnement en 3D et une "gestion tour par tour" (à base de points de

mouvement ou d'action alloués à tous les protagonistes), sans oublier un suspense haletant.

Le joueur doit recruter des soldats et les équiper au mieux selon les fonds dont il dispose, afin de lutter contre des extraterrestres. Imprévisibles, les "Scay'gers" fusent de tous les côtés. A travers des

combats et des sauvetages, on doit accumuler des points d'expérience (comparables à des points d'achat) pour améliorer les compétences et l'équipement des recrues qu'on fait en cours de route, de la trousse de pharmacie aux armes dévastatrices, en passant par le détecteur de mouvements.

Le but est de réussir la mission en subissant le moins de pertes possibles. L'ennemi est très intelligent. Il "évolue" constamment : plus grand, plus coriace, parfois invisible... Les divers niveaux recèlent des pièges, et aussi des trésors, pour

peu qu'on ait le temps de s'en emparer.

Le jeu propose toute une panoplie de vues astucieusement créées :

- la vue subjective, où l'on voit à 360° ce que voit chaque soldat. Spectaculaire, notamment lors des combats;

- la vue isométrique : une vision en plongée qu'on peut faire tourner autour d'un axe afin de percevoir tous les détails d'une scène;

- la vue du haut, prise d'un satellite.

Un jeu d'action et de stratégie qui renouvelle intelligemment le genre.

Christophe Nguyen

Un jeu d'action et de stratégie où l'on affronte de redoutables créatures extraterrestres.



Pour vous abonner : 01 46 48 47 17

replay

Les Hits PC à Prix Top



"Imperium Galactica"

Partez dans les étoiles et bâtissez-vous un empire

"Puzzle Bobble"

Un grand classique dans la lignée des Tetris®

"Z + Z expansion pak"

Le plus déjanté des jeux d'action stratégie

"G"

Une aventure au cœur de l'imaginaire

"Sensible World of soccer 96/97"

Complet et tellement jouable ! Le meilleur du football

© GT Interactive. Tous droits réservés.

et toujours...

Ultimate Doom, Hexen, Heretic, Arcade Classics, Doom 2, Final Doom, L'Amazone Queen, Quake, Death Rally et Creatures.

3615 GT INTERACTIVE*

Ligne GT : 08 36 68 14 11

Infos : action, cadeaux

* 2,23 F/mois

GT

GT INTERACTIVE SOFTWARE

FRANCE

Livres

par Jean-François Robredo

La science arabe aux sources de la modernité

Sous la direction
de Roshdi Rashed

HISTOIRE DES SCIENCES ARABES

Le Seuil, trois tomes,
1 120 p. au total,
295 F chacun.



Saluons cette première synthèse sur la science arabe. On y découvre que, du VIII^e au XVII^e siècle, l'arabe a été la langue internationale de la science, de l'Espagne à la Chine, exactement comme l'anglais aujourd'hui. Internationale, la science arabe l'a bien été pendant cette période. Héritière pour une bonne part, mais pas uniquement, de la science des Grecs, elle intégra dans son corpus, au fil des siècles, de nombreux éléments syriaques, sanscrits, persans, indiens et même chinois, franchissant ainsi les limites du cadre méditerranéen.

Elle accomplit les potentialités d'universalité déjà en germe dans la science grecque, avec tous les caractères de la modernité. Elle fut pratiquée par des groupes de savants, de

Le
plus
ancien
exem-
plaire
oriental
de sphère
céleste
(1144).



Cadran
solaire
cylindrique
du
XVIII^e siècle
(Turquie).

philosophes, de géographes, de botanistes, d'astronomes ou de mathématiciens (nous dirions aujourd'hui des chercheurs), groupés en écoles souvent éloignées de plusieurs milliers de kilomètres. Les chercheurs disposaient pour la première fois dans l'histoire des sciences d'un "corpus" scientifique unifié, rédigé dans une langue compréhensible par tous, à Grenade ou à Bagdad, à Palerme ou au Caire, à Damas ou à Samarcande...

Contrairement à ce qu'on pourrait hâtivement penser, cette situation ne fut pas le fruit d'un quelconque déterminisme historique, dû à l'expansion musulmane ou turque ; elle fut le résultat délibéré d'un mouvement intellectuel, philosophique et scientifique qui s'est traduit par une frénésie de traductions. Ainsi, la réunion de travaux provenant de diverses sources a permis l'élaboration de

nouvelles théories soumises à l'examen critique de tous. Ce fut notamment remarquable en astronomie. Là encore, la science arabe se paraît des atours de la modernité.



Boîte aux planètes du XIV^e siècle. Exposition "Astronomie et astrologie en terres d'Islam", au musée du Louvre, du 19 juin au 21 septembre.

Les scientifiques d'aujourd'hui le savent bien, il n'y a pas de science sans communication. Idées et documents parcouraient tout l'Orient. Alors que les écoles rivalisaient, de l'Espagne à l'Asie centrale, les savants voyageaient pour

s'informer, apprendre ou décrire le monde, ouvrant des voies de communication qui furent exploitées jusqu'au XVII^e siècle, époque à laquelle la science expérimentale occidentale finit par imposer son universalité.

C'est le grand mérite de cette synthèse que de montrer la considérable influence qu'exerça la science arabe dans l'"ascension" de la science occidentale.

En astronomie, par exemple, la révolution copernicienne eût été impossible sans les observations, les tables de Ptolémée ou les textes d'astronomes orientaux parvenus en Occident via Byzance ou Venise.

Ces trois ouvrages, qui couvrent un vaste champ allant de l'astronomie aux mathématiques, en passant par la botanique, la technologie, les sciences de la vie et l'alchimie, abattent bien des idées fausses sur une ère clef de l'histoire des sciences. J.-R. G.

Savoir ce qu'on ne sait pas...

Sous la direction de Michel Cazenave

DICTIONNAIRE DE L'IGNORANCE Aux frontières de la science

Albin Michel, 292 p., 120 F.

Comment sait-on ce qu'on ne sait pas ? C'est le paradoxe qu'explore cet ouvrage. Faire le tour de la science en passant par ses frontières, du big bang à l'hypnose, en passant par l'origine de la vie... Un point de vue original, parfois extrême.



Heineken
l'esprit bière



La fleur de houblon entre dans la composition d'Heineken

L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR LA SANTÉ. A CONSOMMER AVEC MODERATION.

Kip S. Thorne

TROUS NOIRS ET DISTORSION DU TEMPS

Préface de Stephen
Hawking

Flammarion, "Nouvelle
bibliothèque scienti-
fique", 654 p., 198 F.

Il existe dans le
ciel des astres
inouïs... Pesant
de plusieurs di-
zaines à plu-
sieurs milliards
de fois la mas-
se du Soleil,
ils avalent

tout dans leur voi-
sinage. Tels Saturne dévorant
ses enfants, ils engloutissent en perma-
nence des étoiles en-
tières, gobant toute leur
matière en un clin d'œil.
Dans leur ventre mysté-
rieux gît une portion de
l'espace totalement sépa-
rée de notre Univers.



**Est-ce ainsi que naissent les trous noirs, de
l'explosion d'une supernova ? (Ici, SN 1987 A.)**

Tout ce qui y tombe n'en
sortira plus, pas la
moindre lumière, pas un
signal, pas une poussière.

Ce sont les trous noirs,
objets si invraisemblables
qu'Einstein lui-même n'y
croyait pas ! Les dévelop-
pements de sa théorie de
la relativité impliquaient
pourtant leur existence...

Kip Thorne conte l'his-
toire de leur découverte.

Cet astrophysicien, qui oc-
cupe la chaire de Richard
Feynman à l'institut de
technologie de Californie,
est bien placé pour dévoiler
la genèse de l'un des
concepts les plus fous de
la physique théorique. A
travers de nombreuses
anecdotes, il nous livre
toutes les hésitations et
toutes les incroyabilités
qu'ont suscitées les pro-

priétés de ces astres.

Il faut se rappeler
que la question du
destin d'une étoile en
fin de vie n'était tou-
jours pas résolue
après la Seconde
Guerre mondiale.
Que devenaient-
elles ? De petites
sphères ratatinées,
ayant épuisé leur
combustible ? Et que
devenaient les
"grosses" étoiles ?
Existait-il une force

capable de contrer la gra-
vitation quand elles par-
viennent à un certain
point d'effondrement sur
elles-mêmes ?

De nombreux scienti-
fiques, dont Robert Op-
penheimer, se servirent
des ordinateurs légués
par la mise au point de
l'arme atomique pour
étudier le problème. De
simulations en nouvelles
équations, on résista
longtemps à l'idée que
l'inexorable devait se
produire : la force de gra-
vité, libérée de toute
contrainte, engendre un
monstre, dont l'énergie
peut rivaliser avec celle de
galaxies entières.

Très accessible, ce livre
est un magistral cours de
relativité. On comprend
enfin – notamment – les
distorsions du temps pro-
voquées par la gravitation.
Une bible... Gilles Moine

Médecine et culture

Jean-Charles Sournia

HISTOIRE DE LA MÉDECINE

La Découverte/Poche, 358 p., 79 F.

Jean-Charles Sournia se livre à un
examen approfondi de l'art médical
et de ses transformations récentes,
et s'interroge sur son avenir.

De la préhistoire au xx^e siècle, l'histoire
de la médecine – et du regard qu'elle
porte sur le malade et sa maladie –
est liée à l'histoire des sociétés, des

cultures, des religions. Sournia estime
que les jeunes générations de
médecins et de chercheurs ont parfois
tendance à penser que rien n'a existé
avant eux. Il espère que la lecture de
son livre leur démontrera le contraire...

Les profanes, eux, y découvriront
l'étonnante histoire d'un
art qui ne peut se réduire
à une simple technique,
quelle que soit ses
aspirations scientifiques.

Philippe Chambon



Lettre ouverte à Steven Spielberg

Rob DeSalle
et David Lindley

LA SCIENCE DE JURASSIC PARK

Comment
fabriquer
un dinosaure

Bayard Éditions,
174 p., 110 F.

Vous souvenez-vous de cette scène de *Jurassic Park* ? La mine d'ambre de Mano de Dios, en République dominicaine, les ouvriers qui sortent des galeries creusées en pleine jungle, portant des paniers remplis de morceaux d'ambre...

Arrêt sur image. Désolé, M. Spielberg, mais vous n'avez aucune chance de trouver de l'ambre à cet endroit de l'île. Les mines se trouvent en haut des collines, au milieu des broussailles. Et puis, il au-

rait mieux valu chercher de l'ambre dans le New Jersey : l'ambre dominicain date de 25 millions d'années, et il ne peut donc contenir des insectes ayant piqué des dinosaures disparus il y a environ 65 millions d'années...

Mais supposons que vous trouviez dans l'ambre du New Jersey un moustique fossile qui harcelait les dinosaures, et passons à l'étape suivante.

Vous analysez le sang du dernier repas pris par l'infortuné insecte et en extrayez ce qui s'avère être de l'ADN de dinosaure. Pour espérer cloner un tyrannosaure entier, il vous faut disposer de 100 millions de fragments de son ADN. Petit détail : pour stocker les tubes néces-



Faire revivre un tyrannosaure : une entreprise peu réaliste, selon les deux scientifiques auteurs de ce livre.

saires à vos "manips", votre laboratoire devra avoir la taille d'un grand magasin. Une opération d'une seconde sur chaque fragment requerra trois personnes travaillant à plein temps pendant une année entière... et un budget bien supérieur à celui de votre *Jurassic Park*.

On l'aura compris, ce livre est un *remake* du film, revu et corrigé par deux scientifiques améri-

cains qui se sont glissés dans la peau de Henry Wu, le généticien de *Jurassic Park*, pour tenter de faire revivre les dinosaures.

Cette reconstitution, qui tient compte de la vraisemblance scientifique, est évidemment moins cinématographique que le script de Michael Crichton. La quête est certes laborieuse, mais infiniment plus intéressante et plus crédible. *Isabelle Bourdial*

Coup de fraîcheur



La fleur de houblon entre dans la composition d'Heineken

L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR LA SANTÉ. À CONSOMMER AVEC MODÉRATION.

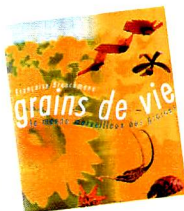
Les colonisatrices invisibles

Françoise Brenckmann
GRAINS DE VIE
Le monde merveilleux des graines

Arthaud, 160 p., 305 illustrations, 245 F.

Enfin un livre sur les graines, ces organes cachés qui permettent aux plantes immobiles de traverser l'espace et le temps pour coloniser un milieu.

Ce livre est aussi merveilleux que le monde qu'il décrit, avec une illustration riche et moderne, des photos superbes d'espèces à la fois familières et surprenantes : la grenade, l'anis étoilé, la cardamome, le quinoa, les "larmes de Job"... Une légende concise accompagne chaque illustration, précisant la taille réelle et renvoyant de façon immédiate au corps du texte où



plantes et graines sont détaillées.

Dans le ventre de la graine, la baie du gui est digérée, mais la graine est excrétée, entourée d'une glu qui lui permet de rester collée à la branche de l'arbre qu'il parasitera. C'est un exemple d'endozoochorie, technique sophistiquée de dispersion du végétal par l'animal...

En raison de sa ressemblance frappante avec les deux hémisphères du cerveau, on a longtemps attribué à la noix des vertus contre la migraine. De même, une légende voit dans la noix de kola l'origine de la pomme d'Adam masculine. On apprend aussi que les graines de l'ipomée, "charmant liseron horticole", sont hallucinogènes, tandis que celles du haricot ou de l'arachide sont comestibles : c'est leurs cotylédons, obèses, riches en amidon pour le premier, huileux pour le second, que l'on consomme.

Les graines offrent autant de visages que les plantes où elles se nichent, nues (dans les écailles des pommes de pin, par exemple) ou cachées au sein du fruit.

Marie-Laure Moinet

C. D. Andriessse
CHRISTIAN HUYGHENS

Albin Michel, 442 p., 160 F.

Ce physicien hollandais du XVII^e siècle a été l'un des principaux acteurs de la naissance de la science moderne, notamment dans la continuité de Galilée. En France, il deviendra directeur de l'Académie royale des sciences et défendra sa discipline avec passion.

Paul Strathern
**EINSTEIN, JE CONNAIS !
HAWKING, JE CONNAIS !**

Mallard éditions, 96 p., 38 F.

Cette nouvelle collection se propose de nous instruire « en 90 minutes » des principaux personnages et découvertes scientifiques. Entreprise difficile, car, ce qu'on gagne en concision, on le perd parfois en compréhension.

Jean-Pierre Verdet
HISTOIRE DE L'ASTRONOMIE ANCIENNE ET CLASSIQUE

PUF, coll. "Que sais-je ?", 128 p., 49 F.

Cet ouvrage remplace celui que Paul Couteau avait publié en 1945, et qui avait été révisé en 1982. Cette nouvelle édition complète est une très bonne nouvelle, car Jean-Pierre Verdet est l'un des plus grands spécialistes français de l'histoire de l'astronomie.

LA PENDULE LUNAIRE RADIO-PILOTÉE



Phases de la lune jusqu'en 2089
Affichage date et jour
Mise à l'heure automatique
Alarme réveil
Sonnerie crescendo
Passage de l'heure d'hiver et d'été automatique
Eclairage électro-luminescent
Hi-glo

NOUVEAU 299F TTC

Vente au magasin et par correspondance
Expédition rapide toutes destinations
Commande par téléphone ou fax
Règlement par carte Visa
Au cœur de Paris, métro Hôtel de Ville

Magasin ouvert du Mardi au Samedi de 9h 45 à 18h 45

Tél. : 01 42 77 99 55 - Fax : 01 48 87 40 87

e-mail : info@maison-astronomie.com

la maison de l'Astronomie - 33-35, rue de Rivoli - 75004 Paris

Si petits, si brillants...

Daniel Kunth

LES QUASARS

Flammarion, coll. "Domino", 128 p., 41 F.

Tout ce qui brille dans l'Univers n'est pas une étoile : c'est l'un des enseignements primordiaux de la science astronomique de ce siècle. L'année 1963 devait nous réserver une belle surprise : la découverte du premier quasar.

C'est cette histoire que nous conte Daniel Kunth, astrophysicien à l'Institut d'astrophysique de Paris et directeur de recherche au CNRS, spécialiste des galaxies et plus particulièrement du moment crucial de leur formation

(dans lequel seraient impliqués les quasars...).

Histoire passionnante, car les "quasi stellar radio sources", simplifiés

par contraction en "quasars", sont les objets les plus extraordinaires de l'Univers. Prenons l'exemple du premier qui fut découvert, baptisé

3C273. Ce point lumineux (mille fois trop faible pour être observé à l'œil nu, mais très aisément accessible aux observatoires astronomiques) est, d'après les calculs, mille fois plus

brillant que la Voie lactée, alors qu'il se trouve concentré dans un espace à peine plus grand que notre système solaire !

Quel objet caché au cœur des quasars les fait briller ainsi ? Pourquoi étaient-ils aussi nombreux aux débuts de l'Univers et sont-ils aussi rares aujourd'hui ?

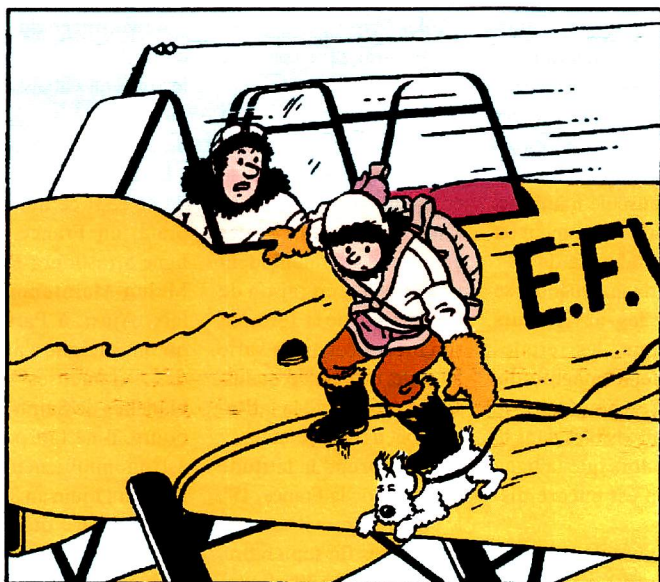
Comment ont-ils disparu ? Quel rôle ont-ils joué dans la formation des galaxies ? A toutes ces questions Daniel Kunth répond avec un grand souci de précision mais

surtout de vulgarisation. Tout est compréhensible, et les quasars sont l'une des manières les plus subtiles d'éclairer l'histoire de l'Univers (notamment à travers la théorie du big bang, à laquelle ils fournissent un argument de poids).

Plaisir d'apprendre mais aussi de comprendre, puisque la seconde partie du livre reprend ces éléments scientifiques et historiques pour une analyse épistémologique et sociologique de très grande qualité. Un ouvrage où le savoir et la réflexion n'excluent pas le souci de la langue et de la poésie. J.-F. R. ■



GARDONS L'ESPRIT TINTIN.



© HERGE/MOULINSART 1998



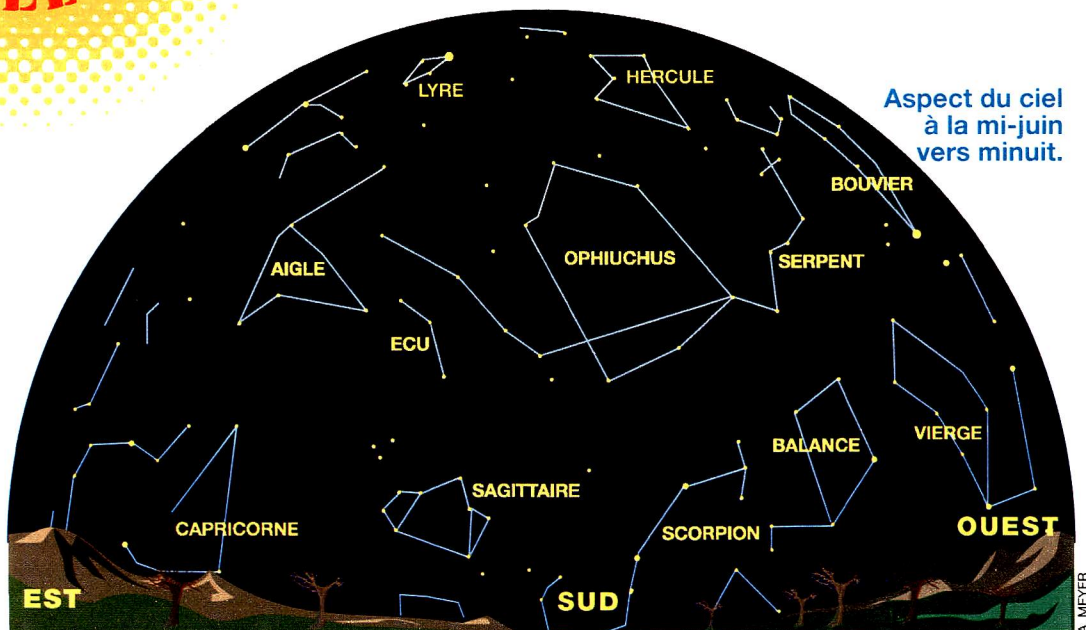
22 TITRES.
64 PAGES
D'AVENTURES.
56 F PRIX
MAXIMUM.

casterman

3 Ailes

Le ciel

PAR YVES DELAYE



Aspect du ciel
à la mi-juin
vers minuit.

A. MEYER

A l'heure du crépuscule...

Les observations d'astres peu lumineux comme les galaxies ou les nébuleuses doivent se faire quand le ciel est bien noir. Quand le Soleil se couche à l'horizon, il disparaît à la vue, mais son rayonnement continue d'éclairer l'atmosphère, qui reste lumineuse pendant un certain temps. C'est cet éclairage de l'atmosphère terrestre par le Soleil déjà couché qu'on appelle crépuscule.

La définition exacte du crépuscule découle de l'abaissement du Soleil d'un certain nombre de degrés au-dessous de l'horizon. On distingue :

- Le crépuscule civil, qui dure du coucher du Soleil jusqu'au moment où l'astre est abaissé de 6° au-dessous de l'horizon. A la fin du crépuscule civil, on allu-

me l'éclairage public, on ferme les jardins, les automobilistes doivent mettre leurs veilleuses, etc. Les planètes et les étoiles les plus brillantes sont alors visibles (première magnitude).

- Le crépuscule nautique, qui va jusqu'au moment où le Soleil s'abaisse de 12° sous l'horizon. Quand il se termine, les navigateurs savent que les étoiles de deuxième magnitude, nécessaires pour faire le point, sont visibles dans le sextant, alors que la ligne d'horizon est encore discernable.

- Le crépuscule astronomique, qui se termine quand le Soleil est abaissé de 18° sous l'horizon. A ce

moment, les plus faibles étoiles visibles à l'œil nu apparaissent (sixième magnitude).

Si le Soleil se couchait selon une trajectoire dessinant toujours un angle constant par rapport à l'horizon, les durées des crépuscules seraient identiques. Mais, en raison de l'inclinaison de la Terre sur son orbite, cet angle varie au cours de l'année, et aussi en fonction de la latitude du lieu d'observation.

Si l'on prend la latitude moyenne de la France, 45° , le crépuscule civil varie de 31 minutes fin septembre, début octobre à 39 minutes fin juin : le crépuscule nautique va de 1 h 05 à 1 h 28 et

le crépuscule astronomique de 1 h 39 à 2 h 34.

Cette variation de durée est d'autant plus marquée qu'on s'approche des latitudes polaires.

Au voisinage du solstice d'été, il existe des zones où le Soleil ne s'abaisse pas de 18° et où il n'y a donc pas de nuit astronomique.

La limite est la latitude de $48^\circ 33'$ ce qui correspond, en France, à une ligne Strasbourg-Provins-Melun-Maintenon-Morlaix. Ainsi, à Paris, sans qu'on atteigne l'ampleur des fameuses nuits blanches de Saint-Petersbourg, il ne fait pas nuit, astronomiquement parlant, du 11 juin au 3 juillet !

L'amateur qui désire admirer le ciel profond doit tenir compte de ce phénomène pour choisir ses dates et lieux d'observation. ■

QUE REGARDER ?

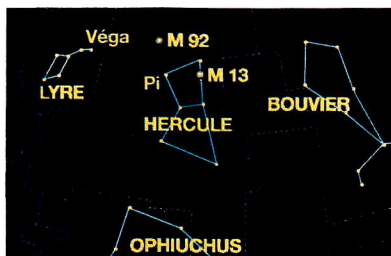
► A L'ŒIL NU



Hercule

■ Haut dans le ciel, presque au zénith, le géant Hercule domine le ciel de juin. Bien que ce soit la cinquième constellation par son étendue, elle est difficile à repérer si le ciel n'est pas parfait, car les étoiles qui la constituent ne dépassent guère la troisième magnitude. De plus, elle se trouve entre deux étoiles très brillantes, Véga de la Lyre et Arcturus du Bouvier.

L'étoile la plus brillante de la constellation, Rasalgethi, est une géante rouge cinq cents fois plus grosse que le Soleil. C'est aussi une étoile double dont le com-



A. MEYER

pagnon, de couleur verdâtre, est visible dans les petits télescopes. La constellation est d'ailleurs riche en étoiles doubles : Kappa, un couple jaune et orange ; Rho, deux étoiles blanches ; 95 Herculis, jolie paire argent et or... On y trouve aussi deux très beaux amas détaillés ci-dessous.

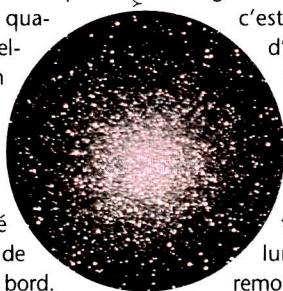
► AUX JUMELLES



L'amas M 13

■ C'est par hasard qu'Edmund Halley découvrit cet amas en 1714. Cinquante ans plus tard, Charles Messier le placera en treizième position sur son catalogue. On repère M 13 sur l'un des côtés du quadrilatère central de la constellation d'Hercule, à mi-chemin d'Eta et de Zêta Herculis. A l'œil nu, par un ciel noir, il apparaît comme une petite tache floue assez compacte.

Aux jumelles, la nébulosité montre une nette différence de brillance entre le centre et le bord.



Y. DELAÏE

Si l'on dispose de jumelles de 100 mm, la granulosité du fourmillement d'étoiles est parfaitement sensible.

M 13 est le plus brillant et le plus bel amas globulaire de l'hémisphère boréal. Il est pourtant constitué d'étoiles peu lumineuses : les plus brillantes sont de magnitude 11. S'il est si lumineux, c'est qu'il se compose de plus d'un million d'étoiles, toutes des géantes rouges.

M 13 fait partie des 150 amas globulaires qui orbitent autour du noyau de notre galaxie. Il est distant de 25 000 années-lumière et sa naissance remonte à 10 milliards d'années.

► AU TÉLESCOPE



L'amas M 92

■ Autre très bel amas de la constellation d'Hercule, M 92 est nettement moins brillant. C'est sans doute pour cette raison qu'il ne fut découvert – par l'astronome allemand Johann Elert Bode – qu'en 1777. Situé dans une zone céleste peu riche en étoiles, il est cependant assez facile à localiser. Il suffit de se diriger vers le nord en partant de l'étoile Pi, l'un des sommets du quadrilatère.

Au chercheur, le centre de M 92 apparaît plus brillant que celui de M 13, en rai-

son de la plus forte concentration des étoiles. Au télescope, une multitude d'étoiles sont résolues, et le centre prend alors une forme elliptique caractéristique.

Sensiblement situé à la même distance que M 13, à 26 000 années-lumière, il est cependant plus âgé de 3 milliards d'années. Parmi les 140 000 étoiles qui le constituent, on a dénombré près d'une vingtaine d'étoiles variables du type RR Lyrae.



Y. DELAÏE

PLANÈTES ET LUNE EN JUIN

MARDI 2

Quand elle se couche, vers 2 h, la Lune se trouve à moins de 2° de Régulus.

VENREDI 5

Titan, le plus gros satellite de Saturne, est à l'élongation maximale est.

DIMANCHE 7

Maximum de l'essaim des Ariétides, dont le radiant se trouve dans le Bélier.

DU 9 AU 22

A 45° de latitude nord, levers les plus matinaux du Soleil, à 6 h 13.

MERCREDI 17

Juste avant le lever du Soleil, au sud-est, conjonction serrée entre la Lune et Jupiter.

SAMEDI 20

Plein est, à l'aube, conjonction entre Saturne et un fin croissant lunaire.

DIMANCHE 21

A 16 h 03 mn 38 s, solstice d'été.

DU 19 AU 23

Lumière cendrée de la Lune, le matin à l'ouest.



La France du tourisme industriel

Chaque année, 10 millions de visiteurs découvrent l'un des mille centres scientifiques, techniques ou industriels accessibles au public. Les plus fréquentés ont aussi ouvert leurs portes sur internet.

L'énergie électrique

@ Électricité de France (EDF) est l'une des premières entreprises à avoir proposé la visite de ses installations : dès 1950, on pouvait découvrir ses centrales hydroélectriques. Aujourd'hui, la vedette des sites industriels est l'usine marémotrice de la Rance, en Bretagne, qui accueille 361 000 visiteurs par an (voir *Science & Vie* n° 946, p. 122). Les internautes découvriront la liste de tous les autres installations (centrales, barrages, etc.) qu'on peut visiter en France. Les centrales nucléaires attirent 270 000 personnes par an.
<http://www.edf.fr/>

Le plus important musée d'Europe consacré à l'énergie électrique, Electropolis, à Mulhouse, est aussi sur internet. Une maquette de 70 m de long retrace l'histoire de la "fée électricité", ses différents moyens de production et de transport. 7 000 objets en tout genre, du lave-vaisselle aux appareils de mesures en passant par les moteurs, y sont exposés. Pour une visite virtuelle d'Electropolis, se reporter à l'adresse :

<http://www.electropolis.tm.fr>



Rendez-vous avec Ariane 5 et Mir sur le site du premier parc français dédié à l'espace.

L'espace

@ A Toulouse, capitale française de l'espace, deux "monuments" à découvrir : la Cité de l'Espace et l'usine de l'Aérospatiale. Sur internet, l'entreprise nationale donne des informations techniques sur les domaines d'activité du groupe : l'aéronautique – y compris les hélicoptères – et le secteur Espace et Défense.

<http://www.aerospatiale.fr/indexf.htm>

Pour s'approcher de la fusée Ariane 5 ou pénétrer dans la station MIR rendez-vous à la Cité de l'espace. Mais, les plus impatients auront droit à un parcours en images sur le serveur : <http://www.cite-espace.com/sommaire/>

La station de Météo-France, au mont Aigoual, dans les Cévennes, a reçu 180 000 touristes en 1996. Sur internet, Météo-France explique la constitution des



Les météorologues peuvent s'initier à l'élaboration des prévisions sur le site de Météo-France.

différents types de nuages (altocumulus, cumulus, strato-cumulus, etc.), ainsi que les méthodes d'élaboration des prévisions, qui font appel aux images satellitaires de Météosat.

http://www.meteo.fr/meteo_france/index.html

Artisanat d'hier, industries d'aujourd'hui

@ La construction de la plus grande cuve en chêne au monde a duré quinze ans. 170 000 visiteurs l'ont admirée, en 1996, dans les caves de Byrrh (distillateur de vins doux naturels), en Languedoc-Roussillon. Un aperçu de la distillation est présenté à l'adresse :

<http://www.little-france.com/byrrh>


L'usine d'embouteillage Perrier, à Vergèze (Gard), reçoit 40 000 personnes chaque année. La formation de cette source remonterait au crétacé, il y a 130 millions d'années. L'histoire de l'eau gazeuse, mais en anglais, sur le site :

<http://www.perrier.com/>

En 1829, le premier couteau Laguiole sortait de la fabrique artisanale aveyronnaise. On peut lire l'histoire du couteau et suivre, en images, les étapes de sa réalisation sur le serveur :

<http://www.laguiole.com/>

A Biot (Alpes-Maritimes), la première verrerie a vu le jour en 1956. Depuis, un écomusée et une galerie internationale du verre ont ouvert leurs portes. Les techniques du verre soufflé de la "capitale mondiale de la verrerie d'art" sont expliquées succinctement à l'adresse : <http://www.edi.fr/biot/biot061.htm>



MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE
LA GRANDE GALERIE DE L'EVOLUTION

● **Actuellement**

Il y a 200 ans, les savants en Egypte...
Découvrez en avant première et sur le Web l'exposition temporaire qui se déroule du 10 mars au 6 juillet à la Grande Galerie de l'évolution.

● **Ouverture**
Depuis le 31 Mars, l'ensemble du site de la Grande Galerie de l'Evolution est accessible par tous.

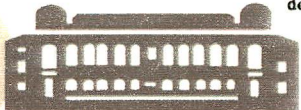
● **Exposition permanente.**

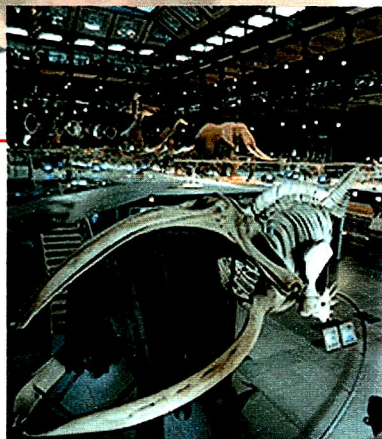
● **Expositions temporaires.**

● **Historique de la galerie.**

● **Informations pratiques.**

● **La boutique**





La nature au musée et à l'état sauvage

@ Créé en 1793, le Muséum national d'histoire naturelle est spécialisé dans la recherche en sciences de la Terre. Il conserve et gère aussi d'immenses collections à découvrir au Jardin des plantes, à la

Il est sans aucun doute plus facile d'apercevoir une marmotte sur le site du parc des Ecrins que dans le parc lui-même.



Visite virtuelle de la Grande Galerie de l'évolution sur le site du Muséum.

galerie de paléontologie ou à celle de minéralogie. Les internautes découvriront la Grande Galerie de l'Evolution sur le site :

<http://www.mnhn.fr/>

Le plus grand parc français, le parc national des Ecrins (270 000 hectares répartis entre les départements des Hautes-Alpes et de l'Isère) donne une bouffée d'oxygène à l'adresse :

<http://www.alpes-net.fr/pne/>

Ce parc est un lieu privilégié d'études et de recherches sur les 1 800 espèces végétales et les 210 espèces d'oiseaux, nicheurs ou de passage, recensées. Sur le site, les futurs randonneurs et alpinistes pourront consulter le règlement du parc et découvrir sa mission.

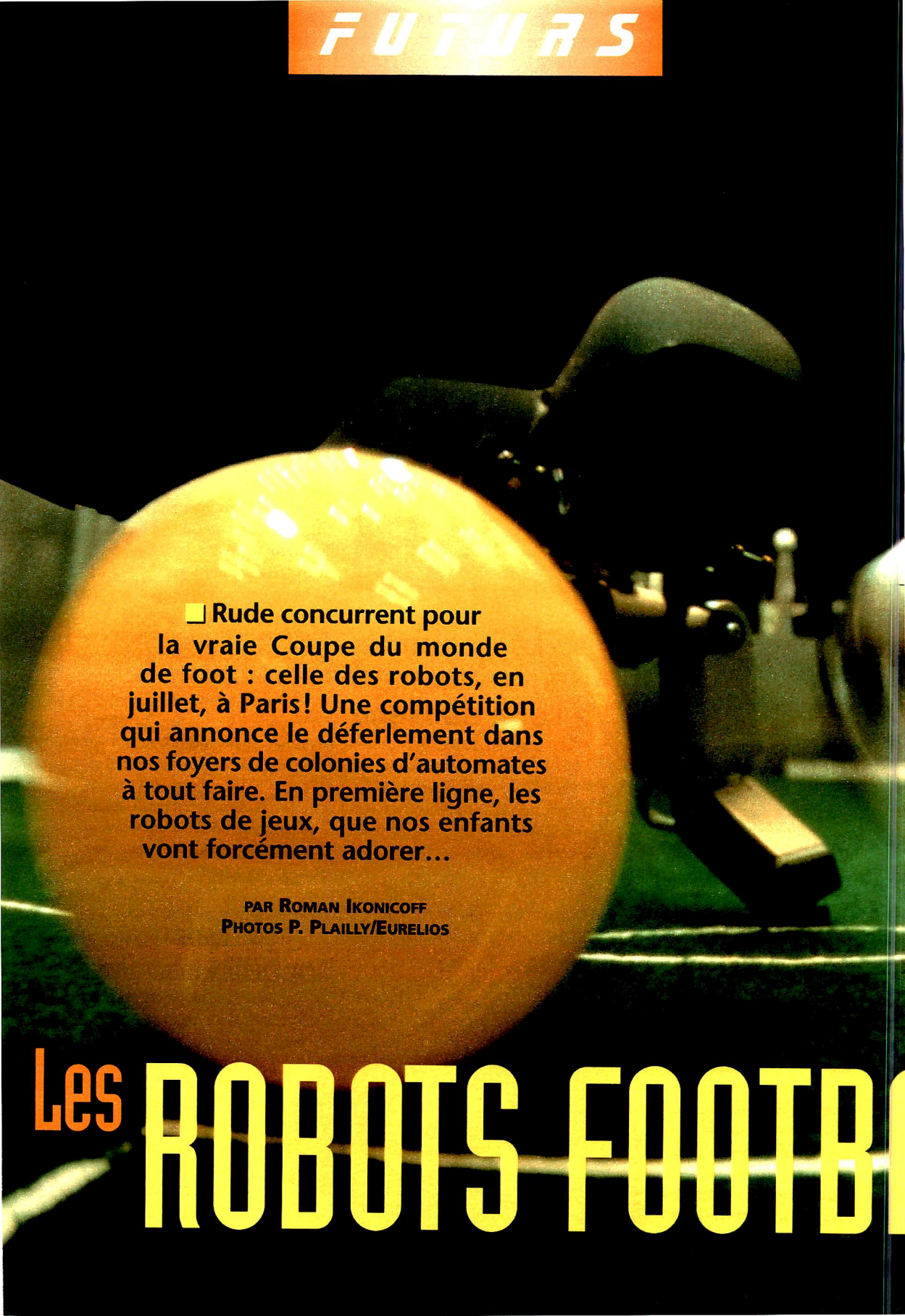
Les incontournables

@ Le Futuroscope de Poitiers, dans la Vienne :

<http://www.futuroscope.org/>
La Cité des sciences et de l'industrie, à Paris :

<http://www.cite-sciences.fr>

Océanopolis, centre scientifique et technique dédié à la mer, à Brest : <http://www.galeode.fr/oceanopolis/>



FUTURS

■ Rude concurrent pour la vraie Coupe du monde de foot : celle des robots, en juillet, à Paris! Une compétition qui annonce le déferlement dans nos foyers de colonies d'automates à tout faire. En première ligne, les robots de jeux, que nos enfants vont forcément adorer...

PAR ROMAN IKONICOFF
PHOTOS P. PLAILLY/EURELIOS

Les ROBOTS FOOTBALL



Rarement une Coupe du monde de football aura annoncé un tel changement... Bien entendu, nous ne parlons pas de la Coupe du monde des humains – celle qui débute en France ce mois-ci. Il s'agit bien du "Mondial" des robots footballeurs, qui se déroulera du 1^{er} au 8 juillet prochain au parc de La Villette, à Paris (1).

Profitant de la renommée de sa grande sœur, la RoboCup verra s'affronter plus de deux cents équipes de vingt nationalités dans quatre compétitions : les simulations (sur écran d'ordinateur), les robots sur roues de 15 cm, les robots sur roues de 45 cm et les robots quadrupèdes (comme des petits chiens) (2). Inutile de chercher à repérer sur le terrain un Djorkaeff ou un Zidane... Les spectateurs suivront les exploits d'un amoncellement de circuits imprimés – cinq par équipe –, au profil désespérément rectangulaire.

Pour anodin et anecdotique qu'il paraisse, ce divertis- ■ ■ ■

(1) A la Cité des sciences et de l'industrie. Entrée libre. Voir le site Internet :

<http://www.csl.sony.co.jp/person/kitano/RoboCup/>

(2) Parallèlement se déroulera au même endroit le Mirobot 98, où s'affronteront des robots de 3,5 cm et 7,5 cm. Voir le site Internet : <http://www.vivaldi.kai.st.ac.kr/MIROSOT98/>

PENALTY cybernétique

La RoboCup, une compétition internationale de football, va être disputée par des équipes de robots autonomes (ci-contre, les robots quadrupèdes de Sony).

LEURS à l'assaut de la planète

■ ■ ■ sement est sans nul doute porteur d'un message qu'il convient d'ouïr : l'ère des robots, si longtemps annoncée, crainte et désirée, s'ouvre définitivement sur Terre.

« Dans un délai de cinq à dix ans, la robotique sera ce que l'informatique a été au début des années 80 : les robots vont transformer la société et l'industrie... Le changement commencera par les jeux ! » Celui qui tient ce discours n'est pourtant pas un fanatique de Terminator. Arab Ali Cherif, maître de conférences au département de micro-informatique et de micro-électronique (MIME) de l'université Paris VIII, et chercheur au laboratoire d'intelligence artificielle de la même université, avoue redouter les conséquences de l'avènement des robots sur la communication entre les hommes. Cela ne l'empêche pas, avec ses étudiants de maîtrise du MIME, de préparer son équipe de robots au grand affrontement sportif.

Leur défi ? Faire triompher leurs cinq robots – un gardien de but, deux défenseurs et deux milieux attaquants – dans la catégorie 15 cm. Il va sans dire que le travail des

roboticiens entraîneurs s'arrête quand le match commence : les robots sont autonomes et capables, en principe, d'élaborer des stratégies collectives, de s'adapter en temps réel au déroulement des parties, avec un unique objectif, marquer des buts. Comme le soulignent Alexis Drogoul et Jean-Daniel Zucker, maîtres de conférences au laboratoire d'informatique de l'université Paris VI, qui préparent aussi l'étonnant championnat, « nos robots ressembleront à des fourmis qui jouent au foot ».

Car la RoboCup se tiendra sous les auspices de l'International Congress of MultiAgents Systems (ICMAS). En d'autres termes, c'est

l'intelligence collective, discipline issue de l'intelligence artificielle, qui sera rudement mise à l'épreuve.

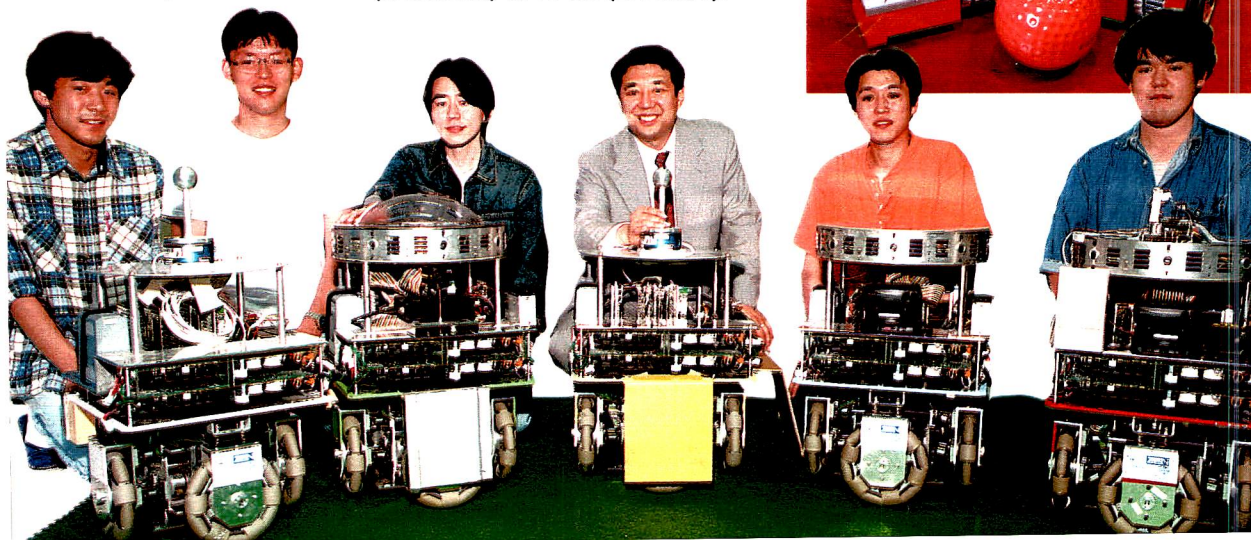
En effet, depuis quelques années, l'idée d'une intelligence centrale – fondée sur le modèle du cerveau humain – s'estompe au profit d'une conception inspirée du fonctionnement, étonnamment performant, des colonies d'insectes, des troupeaux d'animaux sauvages et, *in fine*, de la société humaine : et si l'intelligence venait de la coopération entre individus ? « Une colonie d'individus très "simples" peut accomplir des tâches extrêmement complexes, comme, dans le cas des fourmis, organiser la recherche de nourriture en pleine forêt équatoriale », s'émerveillent Drogoul et Zucker.

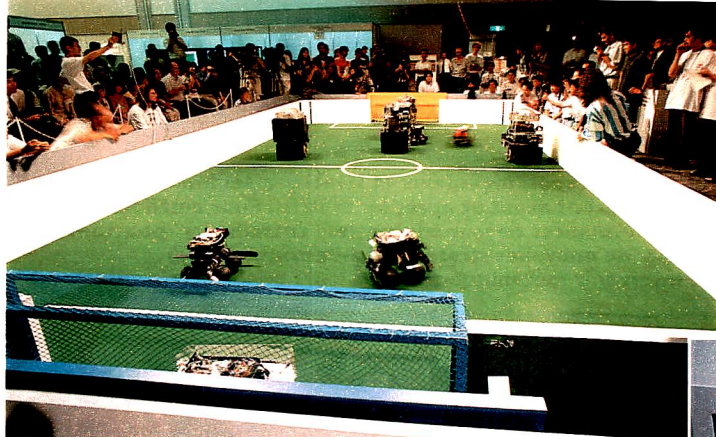
En gros, il existe deux manières de concevoir la coopération entre robots. La première consiste à les relier tous par radio à un ordinateur unique, qui prend les décisions. Les robots sont alors



Mini et maxirobots

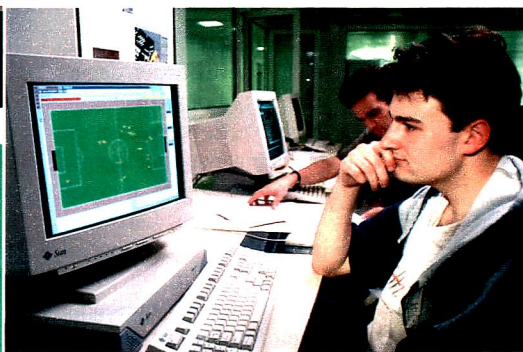
Deux compétitions internationales, RoboCup et Mirobot, vont se dérouler au parc de La Villette, à Paris. On y verra s'affronter trois catégories de robots : 3,5 cm de hauteur (ci-dessus), 45 cm (ci-dessous) et 15 cm (ci-contre).





MATCHS virtuels

Pour les participants qui n'ont pas les moyens de faire concourir un robot dans l'une des trois catégories, il existe une catégorie virtuelle, basée sur la programmation informatique (ci-dessous).



les simples exécutants du "chef ordinateur". Ce dernier, informé de la position de ses robots, de leur vitesse, de l'état de leurs batteries, etc., ainsi que de la localisation des adversaires, du ballon et du but, élabore des stratégies et ordonne à ses joueurs les actions qu'ils doivent accomplir. L'autonomie est plus virtuelle que réelle. Cela ressemble fort à une hiérarchie militaire. Equipés de sonars, de capteurs infrarouges, de radars, de capteurs de bruits, etc., les robots se contentent de décrire à l'ordinateur central l'environnement dans lequel il se trouvent plongés. L'ordinateur, se servant d'une caméra qui surplombe le terrain, analyse aussi, grâce au traitement d'images, la situation dans sa globalité. Ces données vont servir à échafauder des stratégies. C'est là qu'intervient l'intelligence artificielle proprement dite.

COMPORTEMENT COLLECTIF IMPRÉVISIBLE

Comment procède l'ordinateur ? Cela dépend du concepteur du programme. Arab Ali Cherif, lui, s'inspire des modèles économiques. Il parle de "consommateurs", de "producteurs", d'"échanges de biens" et de "bien-être social". Tout cela aboutit à des ordres simples, que donne aux équipiers l'ordinateur central.

La coopération entre robots peut aussi se faire de manière entièrement décentralisée. Il n'y a plus



d'ordinateur central, plus de hiérarchie militaire. On parle d'auto-organisation. « On donne à chaque joueur certaines aptitudes de base, comme celles de reconnaître la balle, le but adverse, les membres de sa propre équipe et les adversaires, expliquent Drogoul et Zucker. On leur donne aussi un objectif fondamental : se placer avec la balle face au but, puis la pousser vers la cage. »

Que se passe-t-il si deux robots de la même équipe se retrouvent simultanément en mesure de marquer un but ? Le roboticien entraîneur a plusieurs possibilités. Soit il a préalablement numéroté les robots : ce sera, par exemple, à celui qui a le numéro le plus bas d'agir. Soit les robots ont été programmés pour que chacun évalue les chances qu'il a de marquer un but et les compare à celles des autres joueurs. Dans ce cas, il établira avec son camarade une communication radio d'où la décision émergera. Par exemple, chaque robot peut estimer ses ressources (niveau des batteries, obstacles potentiels, vitesse, etc.) et les comparer à celles de l'autre. C'est celui dont les ressources sont opti-

males qui tirera au but.

On peut même concevoir des robots qui apprennent en cours de partie et qui anticipent le jeu des autres. Mais plus la programmation est complexe, plus il faudra de temps au robot pour prendre une décision. Au risque de voir filer le ballon... Il appartient aux roboticiens de trouver le meilleur compromis.

Mais, quel que soit le cas – ordinateur central, autonomie totale des robots ou mélange des deux –, l'évo-

LA ROBOTIQUE SERA CE QUE L'INFORMATIQUE A ÉTÉ DANS LES ANNÉES 80

lution du jeu est imprévisible. En effet, entre l'action commandée au robot ("avancer de 10 cm") et celle qu'il accomplit effectivement, de minimes différences apparaissent pour de nombreuses raisons, par exemple parce que les batteries sont presque à plat. Les variations influencent les actions suivantes des autres joueurs. Ainsi, bien que le robot soit pro-

- ■ ■ grammé pour se conduire de façon parfaitement déterminée, l'addition des inévitables petites modifications rend imprévisible le comportement collectif de l'équipe.

SANS NOUS VOLER NOS EMPLOIS...

Comme ce phénomène introduit dans le jeu une perturbation de nature chaotique (en rapport avec la théorie du chaos), les roboticiens espèrent voir émerger une intelligence collective (ou auto-organisation collective). Mais attention ! Quand un roboticien parle d'intelligence, il faut entendre : capacité (du robot ou du groupe de robots) à résoudre un problème ou à effectuer une tâche – sans intervention humaine – par adaptation rapide au contexte. Le vieux rêve de l'humanoïde sensible et futé (donc en concurrence avec l'homme) a cédé la place à une espérance plus réaliste : construire des robots autonomes qui nous assisteraient "intelligemment" dans des tâches rébarbatives ou dangereuses, sans pour autant nous voler nos emplois, par exemple un auto-

LES "ROBOTS UTILES" VONT DÉBARQUER CHEZ NOUS DANS CINQ ANS

mate qui conduirait notre voiture. Dans un plus vaste ordre d'idées, *Sojourner*, le robot martien dont les exploits ont fait le tour de la planète, en est un exemple particulièrement frappants (3).

Toujours est-il que la RoboCup, dont l'édition 1998 constitue la deuxième du genre (4), est l'un des

(3) Certains chercheurs estiment que la silhouette de *Sojourner* a été conçue dans le but de rendre sympathique l'image des robots.

(4) La première s'est tenue à Nagoya (Japon) en 1997.

ENTRAÎNEURS aux petits soins

A la fois mécanos, ingénieurs et stratèges, les humains interviendront avant et après les matchs. Pour améliorer les performances de leur équipe, les "entraîneurs" pourront étudier de nouvelles stratégies (ci-dessous, en bas) ou intervenir mécaniquement sur leurs poulains (ci-contre).

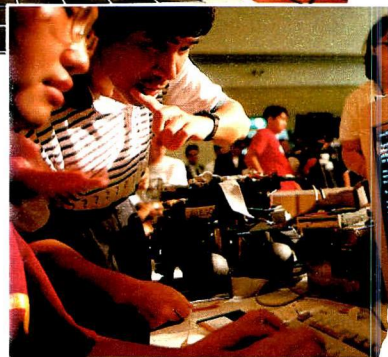


plus importants événements internationaux qui permettent de mesurer l'avancement des recherches (5) et de prévoir la durée qui nous sépare du déferlement des robots dans nos foyers. Il donne aussi une bonne idée de la brèche par laquelle ils s'immisceront : les jeux.

Quels parents sauront en effet résister au plaisir d'offrir à leur progéniture un petit robot chien animé ? Pour nous convaincre, les robots vont d'abord séduire nos enfants ! Comme l'affirme Dominique Duhaud, informaticien à l'université Pierre-et-Marie-Curie (Paris VI) responsable de l'organisation de la RoboCup 98 et, bien entendu, entraîneur d'équipe, « le futur marché de la robotique, ce sont les jouets ». La preuve ? Rares sont les roboticiens participant à des événements du type de la RoboCup qui n'ont pas dans leurs tiroirs un contrat avec l'industrie privée visant à développer les jeux de la prochaine génération.

Celle-ci est d'ailleurs déjà là. Sony a fabriqué plusieurs exemplaires d'un petit chien robot, qui

(5) Il existe de nombreux concours robotiques, mais la RoboCup est la seule manifestation qui intègre l'aspect de coopération collective des robots.



s'affrontent dans la catégorie "quadrupèdes". Bien que, à ce stade du projet, les quadrupèdes soient difficiles à programmer, et réclament donc des roboticiens confirmés, certains voient en eux la future coqueluche des enfants (et des parents). On ignore cependant quels sont les projets de Sony concernant l'avenir de son prototype.

De son côté, Microsoft s'est risquée à commercialiser aux Etats-Unis des poupées intelligentes, Arthur et sa petite sœur DW, qui bougent, posent des questions et chantent. Ces poupées représentent des personnages d'une série télévisée pour les enfants. Microsoft a passé un accord avec la chaîne de télévision qui achemine jusqu'au téléviseur des signaux contenant des données informatiques. Lors de la



diffusion de l'émission, les poupées captent ces informations qui les font réagir devant le téléviseur (6). Quant à la nouvelle brique intelligente de Lego, elle est déjà au point (voir *Science & Vie* n° 967, p. 140).

La France devra attendre quelques mois pour affronter la déferlante : elle devrait se produire aux alentours de décembre prochain (Noël oblige !). Nombre de projets industriels (en collaboration avec des PME), plus ou moins confidentiels, sont en cours de réalisation. Leur point commun : concevoir des robots que les enfants eux-mêmes pourront aisément programmer au moyen de l'ordinateur. De plus, ces robots devraient fonctionner selon le principe du *plug and play* ("brancher et jouer") : on pourra, par exemple,

(6) Voir, dans le site de Microsoft, <http://microsoft.com/products/>

démembrer un petit robot chien pour lui ajouter des roues et en faire un char. Le robot reconnaîtra automatiquement ses nouveaux attributs et s'y adaptera. On envisage même de fabriquer des robots mous, de la consistance des boules de décontraction ; on sait déjà faire des écrans mous qui se replient sur eux-mêmes...

Quand la robotique ludique aura investi nos maisons – jouant le rôle de cheval de Troie –, que se passera-t-il ? Selon les chercheurs, les "robots utiles" devraient débarquer dans cinq ans, dix au plus. Les premiers seront les robots ménagers mobiles (les robots non mobiles, lave-linge, fours, etc., existent déjà). L'aspirateur autonome fera son apparition, et il n'aura peut-être pas l'aspect qu'on imagine. « Pourquoi n'aurions-nous pas une colonie de robots minuscules qui feraient le même travail qu'un seul gros aspi-

rateur ? imagine Alexis Drogoul. Chacun d'eux aspirera un microgramme de poussière, travaillant à la manière des fourmis ou des oiseaux qui nettoient les miettes sur les tables à la campagne. Ils seraient programmés, par exemple, pour opérer la nuit. Techniquement, c'est déjà tout à fait réalisable. »

ROBOTS BABY-SITTERS QUI TÉLÉPHONENT AUX PARENTS

Les roboticiens ne manquent pas de projets : des "robots suivants" qui porteraient nos affaires dans la rue ou, plus extraordinaire, des "robots surveilleurs d'enfants", équipés d'une caméra, qui téléphoneraient aux parents en cas de danger. Sans parler des colonies de robots démineurs, de "démanteleurs" de centrales nucléaires et de plongeurs sous-marins autonomes. Certains chercheurs vont jusqu'à évoquer les fameux nanorobots qu'on nous injecterait dans le corps pour qu'ils aillent détruire les tumeurs... Mais, avouent-ils, on en est encore très loin.

Les robots ménagers et les androïdes vont-ils effectivement se répandre sur la planète ? Les informaticiens ont toujours eu un faible pour les projections optimistes. Dans les années 50, ils estimaient qu'à la fin du siècle – c'est-à-dire aujourd'hui ! – les ordinateurs (et les robots) seraient aussi intelligents que l'homme... Pourtant, à en juger par les investissements du secteur privé dans les laboratoires de robotique, par les contrats "en or" qu'on propose aux chercheurs et par les sommes importantes que les grandes sociétés (de jeux et autres) octroient, à titre de parrainage, aux laboratoires (de 100 000 à 1 million de francs en France, cinq fois plus aux Etats-Unis), il est indéniable que la robotique ludique représente un créneau à fort potentiel. Mais les hommes ouvriront-ils volontiers leur porte aux étrangers électroniques ?



Aux frontières du possible

Cap vers les étoiles : la NASA étudie les modes de propulsion capables d'envoyer une navette hors du système solaire.

Le voyage interstellaire, vieille Lune de l'humanité, fait rêver la NASA. La très sérieuse agence spatiale américaine s'est offert un programme de réflexion sur le sujet. Le Breakthrough Propulsion Physics Program cogite sur les modes de propulsion du futur.

Actuellement, le terrain de jeu spatial est limité au système solaire. Mais le périple interstellaire – un aller-retour vers Proxima du Centaure (41 000 milliards de kilomètres), par exemple – est hors de portée. Pour envoyer une navette classique vers cette

étoile, il faudrait embarquer une masse de combustible colossale, supérieure à celle de la Terre.

Il existe d'autres possibilités, comme la propulsion ionique : de l'hydrogène porté à très haute température se transforme en un plasma, accéléré entre deux électrodes avant d'être éjecté. Un engin muni d'un tel système pourrait atteindre Mars en sept mois. Les 10 mégawatts nécessaires pour chauffer et accélérer le fluide seraient fournis par de petits réacteurs nucléaires. Malheureusement, un voyage vers

Proxima nécessiterait l'équivalent de 500 super-tankers d'uranium et d'hydrogène...

Autre piste : la propulsion laser. Un faisceau de photons à très haute énergie, tombant sur un réflecteur fixé à l'arrière de l'engin, exercerait une force suffisante pour le pousser dans la direction inverse. Hélas ! pour rallier l'étoile, la quantité d'énergie dévorée par le laser serait, au mieux, égale à celle consommée sur Terre en un an.

Bref, pour se lancer dans le Grand Nulle Part, il faudra trouver un mode de propulsion ne nécessitant

pas de carburant, produisant sa propre énergie et, surtout, très rapide. Pour atteindre Proxima en un temps honorable, disons une dizaine d'années, il faudrait que le vaisseau file à une vitesse très proche, voire égale, à celle de la lumière. Toutes ces conditions étant impossibles à réunir dans l'état actuel des connaissances scientifiques, il n'y a, pour le Breakthrough Program, qu'un seul moyen de résoudre le casse-tête des voyages interstellaires : harceler les physiciens jusqu'à ce qu'ils trouvent la clef théorique qui permettra aux vaisseaux du futur d'utiliser les structures de l'espace-temps lui-même pour nous emmener dans les étoiles. Chiche!

EDUCATION

Privés de télé

Pour éviter que les écoles ne virent au champ de bataille, les Américains ont décidé de doter, d'ici à l'an 2000, leurs téléviseurs d'une puce antiviolence, baptisée V-Chip.

En fonction du degré de "nocivité" de l'émission (déterminé par les parents, l'association américaine du cinéma et les chaînes de télévision), un signal approprié est transmis à la puce. Le cas échéant, l'écran devient noir.

Privés de sexe et de sang, les enfants n'auront plus qu'à aller se coucher.

Vieille Amérique

● **Aux Etats-Unis, sans la sécurité sociale, 50 % des retraités seraient en dessous du seuil de pauvreté. 95 % des Américains y cotisent, et elle fournit l'essentiel de leurs revenus aux deux tiers des retraités. Or, la population américaine vieillit. Le nombre des plus de 65 ans va doubler d'ici à 2030, où il atteindra 70 millions. Il n'y aura plus alors que 2 cotisants pour 1 retraité, contre 3,3 aujourd'hui. Les Etats-Unis se posent la même question que le Japon et l'Europe : qui va payer ?**

SÉCURITÉ

Big Brother en selle

Afin d'identifier meneurs et hooligans, lors de matchs de foot ou de manifestations, et de mieux contrôler la situation, les policiers montés de Cleveland, dans le Hertfordshire (Angleterre), vont être coiffés de casques spéciaux.

Une petite caméra, munie d'un objectif de la taille d'un bouton, est fixée à l'intérieur du casque et balaye le champ de vision du policier. Les images sont stockées dans un petit appareil de la

La police montée a l'œil... dans le casque.

taille d'un baladeur, accroché à la ceinture du représentant de la loi ou à la selle de son cheval. Elles sont transmises par micro-ondes à une station proche, où l'on surveille ainsi en direct ce qui se passe sur le terrain.

Ce projet est copiloté par



la police de Cleveland et Helmet Integrated Systems, société spécialisée dans les technologies de défense, basée à Saint Albans (Hertfordshire).

TECHNOLOGIE

Holographe minute

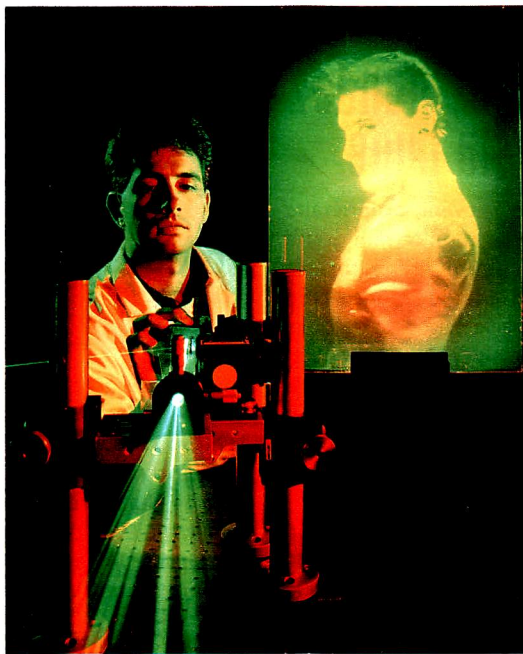
La grande firme japonaise Sony et la petite société américaine

Zebra Imagine, basée à Austin (Texas), rêvent de nous tirer le portrait en

trois dimensions. Les deux concurrents proposent de remplacer les photomaton par des "holographeurs".

Un procédé mis au point au Massachusetts Institute of Technology's Media Lab permet, théoriquement, d'obtenir un hologramme (image en 3 D) de n'importe qui en quelques minutes. Sony l'a amélioré de façon à obtenir une image en noir et blanc en trois minutes.

Quant à Zebra, qui est dirigée par un ancien du Media Lab, elle se fait forte de tirer votre hologramme en couleurs avant l'an 2000.



COSMOS

Un "holographe" d'identité en quelques minutes.



EMPLOI

Métier d'avenir

Il n'existe pas encore, mais il faut d'ores et déjà lui réserver une petite place dans l'entreprise : bienvenue au "directeur de la socialisation" !

Selon James E. Challenger, de la Challenger, Gray et Christmas Inc., un cabinet international de consultants, le travailleur du futur ne pourra pas s'en passer. Rivé à sa machine, ne communiquant que par visiophone interposé, privé du sacro-saint lien social, le télétravailleur s'étirole, produit moins et devient incapable de travailler en équipe. Pour lui redonner du cœur à l'ouvrage, rien de tel que les programmes de resocialisation concoctés par son cher directeur...

TENDANCES

Faux et usage de faux

Le réel, quel ennui ! Déjeuner dans une fausse "casse" de voitures, prendre un verre à l'hôpital, regarder un film dans une gare ou se donner des vraies frayeurs, en toute sécurité, en chassant le lion virtuel, la voilà, la vraie vie !

Voici venu le temps des bars, des boutiques, des cinémas – et, pourquoi

pas, des bureaux – dans des décors à thèmes. Pionnier de ce nouveau monde d'illusions, Pharmacy est un très chic bar-restaurant londonien où l'on vous sert en blouse blanche. Décor hygiénique, lumières glauques

**Pharmacy :
déjeuner en
amoureux dans
un faux hôpital.**

et petites pilules, le dépaysement est garanti, sans les petites et les grosses misères qui nous poussent d'habitude à entrer dans ce genre d'endroit.

L'avenir ne sera-t-il qu'une illusion ?

ARNAQUE

Demandez la Lune

Devenir propriétaire d'un terrain grand comme cent fois le Stade de France ? Non seulement c'est possible, mais cela ne vous coûtera presque rien : environ 120 F les mille hectares. Sur Vénus. Si vous préférez Mars ou la Lune, il suffit de demander : la Lunar Embassy se fera un plaisir de vous proposer un vaste choix de cratères et de déserts.

Le fondateur de cette

société, Dennis Hope, a commencé par s'offrir la Lune en 1980, avec l'aval du gouvernement américain. Se faufilant dans les lacunes du traité qui régit la propriété spatiale, il a mis en vente des pans entiers de notre satellite, avant de s'attaquer à Mars

Devenez l'heureux propriétaire d'un terrain sur la Lune.

puis, récemment, à Vénus. 23 600 personnes ont déjà marché dans la combine.

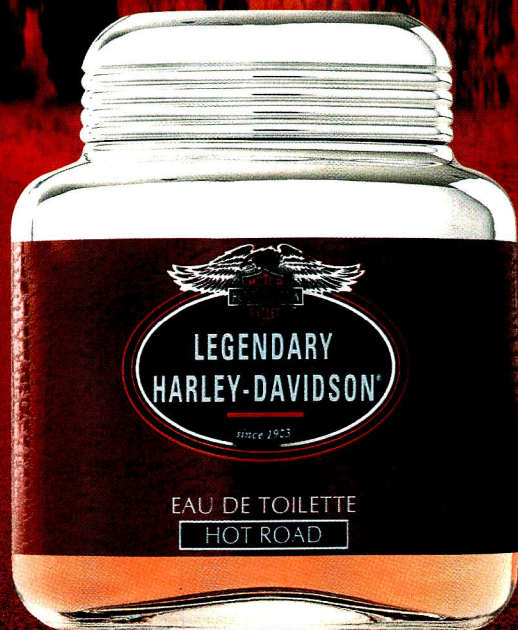
Parmi ses clients, Hope compte deux anciens présidents et l'équipe du feuilleton *Star Trek*.

Le carrosse du roi Charles

● De nos jours, le carrosse d'un roi digne de ce nom se doit d'être à la fois moderne et propre. Tel est le verdict des élèves de la School of Art and Design de l'université de Coventry (Grande-Bretagne), qui se sont amusés à concevoir le véhicule officiel de leur futur souverain : une sorte de citrouille futuriste dotée d'un moteur électrique. Élégant...

HOT ROAD HARLEY-DAVIDSON

NOUVELLE EAU DE TOILETTE



LE FRISSON BRÛLANT D'UN PARFUM DE LIBERTE

PARFUMS HARLEY-DAVIDSON : EN GRANDS MAGASINS, PARFUMERIES ET GRANDES SURFACES SELECTIONNEES.

DANIEL HECHTER

P A R F U M S - P A R I S



En grands magasins, parfumeries et grandes surfaces sélectionnées

LA VIE UNE TAILLE AU-DESSUS