

# SCIENCE VIE

*Les savants  
qui  
trichent*

*Tous les détails  
du tank russe  
sous-marin*

*Photographiez  
les astres  
en couleurs*

**LES NOUVELLES  
THÉORIES  
DE L'UNIVERS**

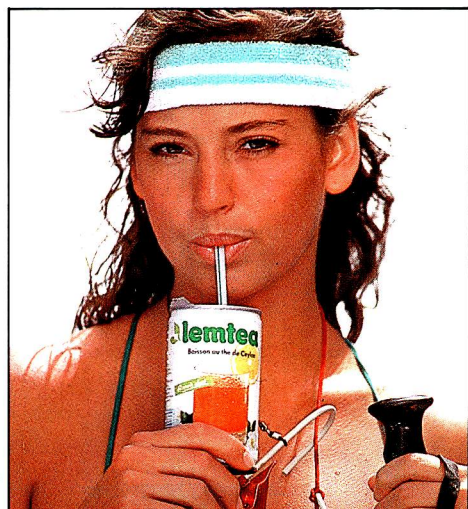
**FIABILITÉ MÉTÉO :  
5 JOURS EN 1983,  
10 JOURS EN 1993**

12 F  
N° 791  
SUISSE 4.50 FS  
CANADA \$ 2.50  
BELGIQUE 97 FB  
ESPAGNE 2 75 P  
LIBAN 1500 PL  
MAROC 12 DH  
TUNISIE 1.20 DT  
LUXEMBOURG 84FL

ISSN 0036 8369



Tea time?



Lemtea. La boisson au thé qui se boit glacée.



# ETUDES – METIERS – AVENIR

**APPRENDRE RAPIDEMENT - EFFICACEMENT - A SON RYTHME**

Liste des brochures et enseignements de l'Ecole Universelle

## Enseignement du 1<sup>er</sup> degré

Classes de 11<sup>e</sup> - 10<sup>e</sup> - 9<sup>e</sup> - 8<sup>e</sup> - 7<sup>e</sup>.

## Enseignement secondaire

Classes de 6<sup>e</sup> - 5<sup>e</sup> - 4<sup>e</sup> - 3<sup>e</sup> -  
Secondes - Premières - Terminales  
A.B.C.D. - Baccalauréat.

## Enseignement technique

Baccalauréat de Technicien F1.F3.  
G1. G2. G3.

## Capacité en droit (accès sans le Bac) - D.E.U.G.

Adm. en fac des non bacheliers -  
entrée Inst. d'Etudes Politiques.

## Etudes sup. de lettres

Adm. des non bacheliers - D.E.U.G.  
CAPES.

## Etudes sup. de sciences

Adm. des non bacheliers - D.E.U.G.  
Maths Sup. - P.C.E.M. - CAPES.

## Ecoles vétérinaires

## Ecoles normales

## Langues étrangères

Anglais - Allemand - Espagnol sur  
Cassettes - Italien - Arabe - Russe -  
Examens chambres commerce  
étrangères.

## Perfectionnement culturel

Culture générale - conversation -  
lecture rapide.

## Secrétariat

Dactylo - Sténodactylo - Secrétaire  
- Secrétaire juridique, comptable,  
commerciale, réceptionniste, de  
médecin, de direction - CAP Sté-  
nodactylo - BEP - BTn G1 - BTS  
Direction et Trilingue -

## Comptabilité

CAP Employé de comptabilité -  
BEP - BP - BTn G2 - BTS - DECS -  
Magasinier - Comptable - Cours  
de comptabilité commerciale -  
Techniques comptables - Initiation  
au nouveau plan comptable.

## Possibilité de bénéficier des dispositions sur la formation continue

## Commerce

Représentant - Directeur  
Commercial - Gérant Succursale -  
Hôtesse - Gestion des entreprises  
Marketing - CAP Employé de  
Bureau, Banque, Assurances - BP  
Banque - BTn G3.

## Fonctionnaire

Agent d'exploitation PTT  
Contrôleur - Inspecteur PTT -  
Secrétaire Comptable à la Banque  
de France - Inspecteur Police  
nationale - Contrôleur des Impôts -  
Commis services extérieurs -  
Secrét. Adm. Scolaire Universitaire  
Rédaction Administrative -  
**Emplois réservés.**

## Etudes musicales

Solfège - Ecriture musicale - Etude  
instrumentale.

## Orthographe - rédaction

Orthographe cassettes - Calcul -  
Maths modernes - Rédaction  
littéraire - Rédaction du journal -  
Synthèse - Résumé de texte.

## Formation continue

Etude gratuite pour les  
bénéficiaires de la loi du 16.7.71  
après accord de l'employeur.

## Sociales et paramédicales

Secrétaire de Médecin - Assistante  
dentaire - Connaissances  
médicales élémentaires -  
Examens d'entrée écoles -  
Infirmière - Educateur de jeunes  
enfants - Sage-Femme - Auxiliaire  
de Puériculture - Aide Soignante -  
Masseur Kinésithérapeute,  
Ergothérapeute - Assistante  
Sociale - BTn F8: classe Terminale.

## Esthéticienne

Préparation au CAP avec stages  
pratiques gratuits à Paris - Coiffure  
CAP mixte.

## Couture

Coupe - Cours complet couture -  
CAP Couture.

## Hôtellerie

Maître d'hôtel - Directeur gérant  
d'hôtel - **Secrétaire Réceptionniste**

## Informatique

Initiation-Basic y compris micro  
ordinateur individuel -  
Programmeur de Gestion - Cobol -

## Industrie

Dessinateur industriel en  
Mécanique (CAP, BP) - Electricité -  
Mécanique Auto (CAP) - BTn F1, F3.

## Métre

Métreur - Bâtiment.

## Radio-télévision

Monteur dépanneur radio, télé, hifi.

## Photographie

Cours de photographie - CAP  
photo.

## Dessin - Peinture

Cours élémentaire, universel,  
supérieur - Antiquaire - **Décorateur  
d'intérieurs et d'ameublement.**

### Bon pour une documentation gratuite

Nom, prénom \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

Niveau d'études \_\_\_\_\_ Age \_\_\_\_\_ Diplômes \_\_\_\_\_

Brochure  
demandée

141

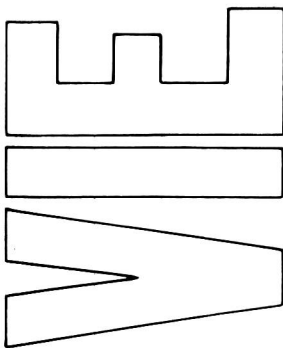
Profession  
envisagée

**ECOLE UNIVERSELLE - IFOR**  
28 rue Pasteur 92551 Saint-Cloud Cedex.  
Tél. 771. 91.19

# ECOLE UNIVERSELLE

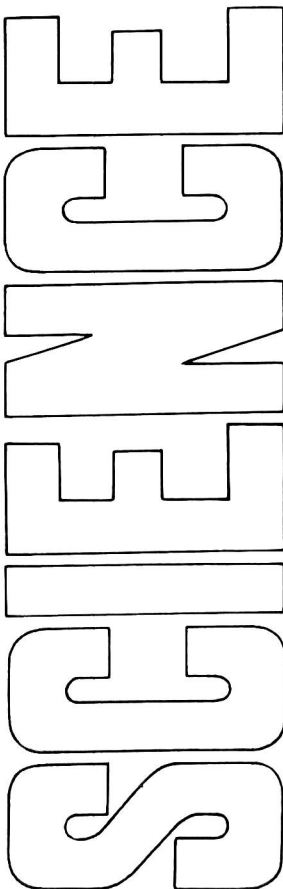
**Etablissement privé d'enseignement  
à distance**

28, rue Pasteur, 92551 Saint-Cloud Cedex  
institut de formation  
et d'ouverture aux réalités



**Sommaire**  
**Août 83**  
**N° 791**  
**Tome CXXXI**

Photo  
H. Paternostro/  
Cosmos



## SAVOIR

---

● **TEMPÊTE  
EN FUTUROLOGIE** **p. 6**  
par Alexandre Dorozynski

---

**BIG BANG :  
L'UNIVERS  
SERAIT NÉ  
SANS VIOLENCE** **p. 10**  
par Anna Alter

---

**BOSON DE HIGGS :  
L'INCONNU TANT ATTENDU** **p. 18**  
par Sven Ortoli

---

**ON A TROUVÉ  
LES PREMIÈRES CELLULES  
VIVANTES** **p. 20**  
par Pierre Rossion

---

**UN PAS VERS  
LA DÉMONSTRATION  
DU GRAND THÉORÈME  
DE FERMAT** **p. 25**  
par Michel de Pracontal

---

**SENSIBLE,  
SOCIABLE  
ET PRÉVENANT EN AMOUR :  
LE HOMARD** **p. 30**  
par Jean Ferrara

---

**LES SAVANTS  
TRICHENT  
PARFOIS...** **p. 33**  
par Jean Ferrara

---

● **GROS PLAN  
SUR LES TANKS SOUS-MARINS  
SOVIÉTIQUES** **p. 38**  
par Jean-Albert Foëx

---

**PRÉVISIONS MÉTÉO :  
5 JOURS EN 1983,  
10 EN L'AN 2000** **p. 41**  
par Pierre Kohler

---

**CHRONIQUE  
DE LA RECHERCHE** **p. 63**  
dirigée par Gerald Messadié

---



■ **Plongée sous-marine :  
les nouveaux  
instruments  
du pouvoir bleu**

**p. 72**

*par Jean-Albert Foëx*

**Agriculture :  
la couleur locale  
au secours  
de la lavande**

**p. 80**

*par Marie-Laure Moinet*

■ **Innovation :  
petites et grandes  
inventions  
en quête de marchés**

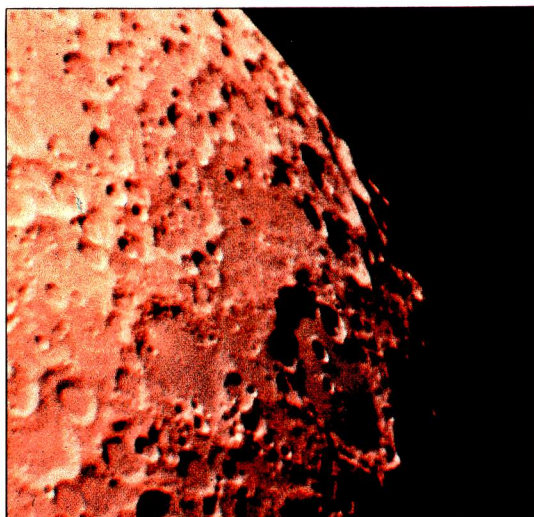
**p. 89**

*par Gérard Morice*

**Chronique  
de l'industrie**

**p. 97**

*dirigée par Gérard Morice*



Lune, planètes, étoiles, comètes, vous pouvez photographier en couleurs les corps célestes de l'univers des astronomes, avec un simple appareil 24 x 36 monté sur votre télescope, grâce aux pellicules haute sensibilité apparues depuis peu sur le marché.

**PHOTOGRAPHIEZ LES ASTRES  
EN COULEURS**

**p. 102**

*par Roger Bellone*

► **LE CERF-VOLANT,  
UN JOLI CASSE-TÊTE CHINOIS**

**p. 112**

*par Jean-Jacques Valignat  
et André Mignard*

**CANDIDE ET LE SCRIBE  
INFORMATIQUE**

**p. 116**

*par Pierre Courbier*

**SCIENCE & VIE A LU POUR VOUS**

**p. 119**

**LES JEUX**

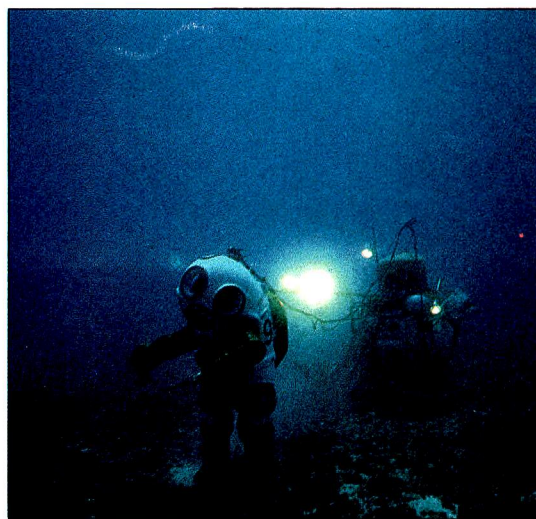
**p. 124**

*par Pierre Aroutcheff, Pierre Berloquin,  
André Costa, Daniel Ferro, Olivier Gutron,  
Pierre Kohler, Renaud de La Taille, Alain Ledoux  
et Henri-Pierre Penel*

**CHRONIQUE  
DE LA VIE PRATIQUE**

**p. 143**

*dirigée par Elias Awad*



Les scaphandres de la nouvelle génération permettent à l'homme de travailler de longues heures jusqu'à 600 m sous les mers, propulsé par moteurs électriques, en respirant de l'air ordinaire et sans avoir à subir, ensuite, de décompression en caisson hyperbare.



Des méthodes modernes permettent maintenant d'acquérir très vite une mémoire excellente.

## Comment obtenir une MÉMOIRE ÉTONNANTE en quelques semaines

Avez-vous remarqué que certains d'entre nous semblent tout retenir avec facilité, alors que d'autres oublient rapidement ce qu'ils ont lu, ce qu'ils ont vu ou entendu ? D'où cela vient-il ?

Les spécialistes des problèmes de la mémoire sont formels : cela vient du fait que les premiers appliquent (consciemment ou non) une bonne méthode de mémorisation alors que les autres ne savent pas comment procéder. Autrement dit, une bonne mémoire, ce n'est pas une question de don, c'est une question de méthode. Des milliers d'expériences et de témoignages le prouvent. En suivant la méthode que nous préconisons au Centre d'Etudes, vous obtiendrez de votre mémoire (quelle qu'elle soit actuellement) des performances à première vue incroyables. Par exemple, vous pourrez, après quelques jours d'entraînement facile, retenir l'ordre des 52 cartes d'un jeu que l'on effeuille devant vous, ou encore rejouer de mémoire une partie d'échecs. Vous retiendrez aussi facilement la liste des 95 départements avec leurs numéros-codes. Mais, naturellement, le but essentiel de la méthode n'est pas de réaliser des prouesses de ce genre mais de donner une mémoire parfaite dans la vie courante : c'est ainsi qu'elle vous permettra de retenir instantanément les noms des gens avec lesquels vous entrez en contact, les courses ou visites que vous avez à faire (sans agenda), l'endroit où vous ranger vos affaires, les chiffres, les tarifs, etc. Les noms, les visages se fixeront plus facilement dans votre mémoire : 2 mois ou 20 ans après, vous pourrez retrouver le nom d'une personne que vous rencontrerez comme si vous l'aviez vue la veille. Si vous n'y parvenez pas aujourd'hui, c'est que vous vous y prenez mal, car tout le monde peut arriver à ce résultat à condition d'appliquer les bons principes.

La même méthode donne des résultats peut-être plus extraordinaires encore lorsqu'il s'agit de la mémoire dans les études. En effet, elle permet de retenir en un temps record des centaines de dates de l'histoire, des milliers de notions de géographie ou de science, l'orthographe, les langues étrangères, etc. Tous les étudiants devraient l'appliquer et il faudrait l'enseigner dans les lycées : l'étude devient alors tellement plus facile.

Si vous voulez avoir plus de détails sur cette remarquable méthode, vous avez certainement intérêt à demander le livret gratuit proposé ci-dessous, mais faites-le tout de suite car, actuellement, vous pouvez profiter d'un avantage exceptionnel.

## GRATUITS 1 brochure + 1 test de votre mémoire

Découpez ce bon ou recopiez-le et adressez-le à : Service M14 M Centre d'Etudes, 1 avenue Stéphane-Mallarmé, 75017 PARIS.

*Veuillez m'adresser le livret gratuit "Comment acquérir une mémoire prodigieuse" et me donner tous les détails sur l'avantage indiqué. Je joins 3 timbres à 2 F pour frais.*

*(Pour pays hors d'Europe, joindre cinq coupons-réponse.)*

NOM NOM .....  
(en majuscules SVP)

NOM ADRESSE .....

Code postal ..... Ville .....

# SCIENCE & VIE

Publié par  
EXCELSIOR PUBLICATIONS, S. A.  
5, rue de la Baume - 75008 Paris  
Tel. 563.01.02

**Direction, Administration**  
Président : Jacques Dupuy  
Directeur général : Paul Dupuy  
Directeur adjoint : Jean-Pierre Beauvalet  
Directeur financier : Jacques Behar

**Redaction**  
Rédacteur en chef : Philippe Cousin  
Rédacteur en chef adjoint : Gerald Messadie  
Chef des informations, rédacteur en chef adjoint : Jean-René Germain

Secrétaire général de rédaction : Elias Awad  
Secrétaire de rédaction : Samuel de Cardillac  
Michel Eberhardt  
Renaud de La Taille  
Gérard Morice  
Alexandre Dorozynski  
Pierre Rossion  
Jacques Marsault  
Françoise Harrois-Monin  
Sven Ortol  
Michel de Pracontal  
Jacqueline Denis-Lempereur  
Marie-Laure Moine

**Illustration**  
Anne Lévy  
Photographe : Miltos Toscas

**Documentation**  
Catherine Montaron

**Maquette**  
Mise en page : Natacha Sarthoulet  
Assistante : Christine Van Daele

**Correspondants**  
New York : Sheila Kraft, 625 Main Street  
Roosevelt Island  
New York - 10044  
Londres : Louis Bloncourt - 16, Marlborough Crescent  
London W4, 1 HF

**Services commerciaux**  
Marketing et développement : Christophe Veyrin-Forrer  
Abonnements : Elizabeth Drouot  
assistée de Patricia Rosso  
Vente au numéro : Bernard Héraud

**Relations extérieures**  
Michele Hilling  
Représentant au Benelux : Conrad Matrige  
8-10, bd de la Sauvenière - B. 4000 Liège

**Publicité**  
Excelsior Publicité - Interdeco  
67, Champs-Élysées - 75008 Paris - Tél. 225.53.00  
Directrice du développement : Michèle Brandenbourg  
Chef de publicité : Bernard Donat



Adresse télégraphique : SIENVIE PARIS  
Numéro de Commission paritaire : 57284

## A nos lecteurs

- **Les reliures** : destinées chacune à classer et à conserver 6 numéros de SCIENCE & VIE, elles peuvent être commandées par 2 exemplaires au prix de 45 F franco (étranger 50 F).
- **Les numéros déjà parus** : la liste des numéros disponibles vous sera envoyée sur simple demande.

● **Modalités de paiement**  
Règlement joint à la commande par C. Bancaire, C. Postal, ou Mandat Lettre libellée à l'ordre de Science & Vie.

## A nos abonnés

Pour toute correspondance relative à votre abonnement, envoyez-nous l'étiquette collée sur votre dernier envoi.

Changements d'adresse : veuillez joindre à votre correspondance 1,50 F en timbres-poste français ou règlement à votre convenance.

Les noms, prénoms et adresses de nos abonnés sont communiqués à nos services internes et aux organismes liés contractuellement avec SCIENCE & VIE sauf opposition motivée. Dans ce cas, la communication sera limitée au service de l'abonnement.

Les informations pourront faire l'objet d'un droit d'accès ou de rectification dans le cadre légal.

Les manuscrits non insérés ne sont pas rendus.  
Copyright 1983 « Science & Vie ».

**BVP**



# INITIATION À L'ASTRONOMIE

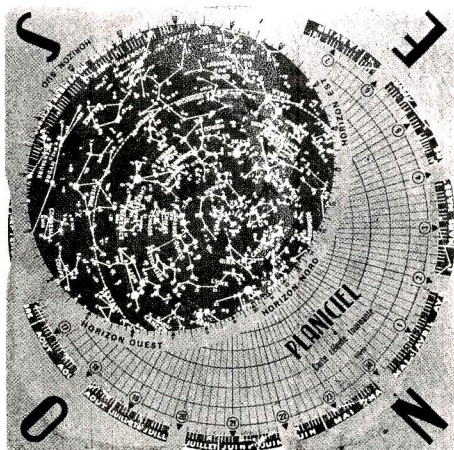
Conçus pour faciliter  
l'étude de l'Astronomie, voici  
réunis en une pochette :

## ASTRONOMIE ÉLÉMENTAIRE

Programme d'observations  
méthodiques et contrôlées -  
Premières et indispensables notions

## CARTE CÉLESTE TOURNANTE

Image du ciel à chaque instant  
900 étoiles, amas et nébuleuses  
visibles à l'œil nu, jumelles,  
lunettes et petits télescopes



(format réel : 30 x 30 cm)

## DISQUE DE COORDONNÉES

Écliptique - Zodiaque  
Ascensions droites - Déclinaisons  
Angles horaires - Temps sidéral

## CARTE DE LA LUNE

Cent détails de son relief  
identifiables à l'œil nu  
et à l'aide de jumelles

**L'amateur qui observe seul**  
peut commencer, ou poursuivre  
l'étude de l'Astronomie  
sans craindre erreurs ni échecs

**L'animateur de club**  
y trouvera une aide sûre  
économisant un temps précieux

## OPTICIENS ET LIBRAIRES

Documentation

### PLANICIEL

Anthéor, 625, bd des Lucioles  
83700 SAINT-RAPHAËL  
Tél. (94) 44.80.66

# ABONNEZ-VOUS À SCIENCE & VIE

**PROFITEZ ENCORE  
DE L'ANCIEN TARIF**

**1 AN/12 NUMÉROS**

**127 F**

**2 ANS : 245 F**

**1 AN/12 NUMÉROS + 4 HORS-SÉRIE**

**185 F**

**2 ANS : 355 F**

## ÉTRANGER

- **BENELUX** 1 an simple **900 FB** — 1 an couplé **1300 FB**  
Journal LA MEUSE, 8-12, bd de la Sauvenière,  
4000 LIÈGE  
CCP 000-0028376-52 Pim-Services Liège.
- **CANADA ET USA** 1 an simple **35 \$** — 1 an couplé **50 \$**  
PERIODICA Inc. C.P. 220 Ville Mont-Royal  
P.Q. CANADA H3P 3C4.
- **SUISSE** 1 an simple **54 FS** — 1 an couplé **78 FS**  
NAVILLE ET CIE, 5-7, rue Lévrier  
1211 GENEVE 1.
- **AUTRES PAYS** 1 an simple **185 F** — 1 an couplé **255 F**  
Commande à adresser directement à  
SCIENCE & VIE  
Recommandé et par avion : nous consulter.

## BULLETIN D'ABONNEMENT

A découper ou recopier et adresser  
paiement joint, à SCIENCE & VIE  
5, rue de la Baume 75008 PARIS

A compter du n° ..... veuillez m'abonner pour :  
☐ 1 an ☐ 1 an + hors série  
☐ 2 ans ☐ 2 ans + hors série

Nom .....

Prénom .....

N° ..... Rue .....

Code postal ..... Ville .....

Age et profession .....

(Facultatif)

Ci-joint mon règlement de ..... F par :

- ☐ Chèque bancaire, ☐ Chèque postal  
☐ Mandat-lettre,

établi à l'ordre de SCIENCE & VIE

Étranger : Mandat international ou chèque  
compensable à Paris.

SV791

# TEMPÊTE EN FUTUROLOGIE

*Le célèbre futurologue Hermann Kahn, disparu il y a deux semaines, n'aimait pas qu'on marche sur son optimisme : il a riposté avec virulence à un rapport de tendance qui fit autorité il y a trois ans et qui était inspiré par une idéologie pessimiste et de gauche. A la faveur de la querelle, il apparaît que la futurologie est bien souvent, et même quand c'est Kahn qui proteste, un support d'opinion et non un travail d'interprétation de tendances.*

● Une âpre querelle de futurologues, qui vient de se déclencher aux États-Unis, comporte une leçon internationale. Hermann Kahn, un des notables en futurologie, tire à boulets rouges sur un travail de futurologie qui, il y a trois ans, fit autorité (voir *Science & Vie* n° 757).

Il est toujours déconcertant d'assister à une querelle d'experts. Dans ce cas-ci, l'étonnement suscité par l'empoignade va bien au-delà de l'amusement que pourrait inspirer une altercation entre haruspices, comme on en voyait parfois sur les marches des temples, dans la Rome de la décadence, lorsque pythonisses du culte d'Isis et augures de la religion romaine différaient sur l'interprétation d'un vol de faucon ou d'un foie de génisse : c'est la futurologie elle-même qui y perd des plumes. Il en ressort, d'emblée, qu'elle comporte plus d'arbitraire que n'importe quelle technique alors qu'elle est basée sur l'interprétation de données économiques et sociologiques, qu'elle peut être et est soumise de fait à des idéologies sans y perdre pourtant de son ascendant sur les masses, bref, qu'elle est un instrument raffiné de propagande, que l'on pourra classer aussi dans les techniques de la communication.

Le rapport auquel Kahn s'en prend fut établi il y a trois ans, sous l'égide de l'administration Carter, sous le titre *Global 2000*. Il bénéficia de bien des honneurs, puisqu'il fut présenté à l'Assemblée générale des Nations unies par le secrétaire d'État, Edmund Muskie, et que le président Carter lui-même donna des instructions au Département d'État pour organiser des réunions internationales destinées à en discuter.

Kahn, qui était président du Hudson Institute, près de New York, et l'économiste Julian Simon, de l'université de l'Illinois, qualifient *Global 2000* de « monceau défectueux d'érudition de pacotille », rien de moins ; ils en trouvent les conclu-

sions complètement erronées, inspirées par une idéologie hostile à l'individualisme, au droit de propriété et à la liberté des marchés, et destinées à inspirer la terreur. C'est un panorama déformé par l'idéologie dirigiste, destiné à montrer que, sans planification et intervention des gouvernements dans les économies, une catastrophe attend l'humanité.

Imprimé à plus d'un million d'exemplaires, en cinq langues, *Global 2000* bénéficie maintenant d'un honneur de plus : celui d'une riposte, évidemment assénée par Kahn, sous le titre *Global 2000-II*, en cours de préparation avec une vingtaine de chercheurs de diverses disciplines. *Global 2000-II* ne devrait être publié que dans plusieurs mois, mais on en connaît suffisamment la teneur pour mesurer le fossé qui sépare les visionnaires des deux camps en ce qui concerne la description du monde en l'an 2000.

On lisait dans le rapport Carter : « Si les tendances actuelles se poursuivent, le monde en l'an 2000 sera surpeuplé, souffrira d'entassements de populations, sera plus pollué, plus instable écologiquement et plus vulnérable aux tensions que celui dans lequel nous vivons aujourd'hui. Des crises graves de population, de ressources et d'environnement se dessinent clairement à l'horizon. Malgré une plus grande production matérielle, les habitants du monde seront, de nombreuses manières, plus pauvres qu'aujourd'hui. Des centaines de millions seront désespérément pauvres ; leurs perspectives alimentaires et vitales ne se seront pas améliorées, et, pour beaucoup, elles seront pires. Sauf progrès technologiques révolutionnaires, la vie pour la plupart des gens en l'an 2000 sera plus précaire qu'elle ne l'est aujourd'hui, à moins que les nations du monde n'agissent de façon décisive pour modifier les tendances actuelles. »



Et voici l'introduction, revue et corrigée par l'équipe Kahn-Simon (avec leurs substitutions en italique) :

« Si les tendances actuelles continuent, le monde en l'an 2000 sera *moins surpeuplé et moins pollué, écologiquement plus stable et moins vulnérable aux tensions des ressources disponibles* que le monde d'aujourd'hui. Les crises de population, de ressources et d'environnement *seront moindres qu'aujourd'hui...* Les habitants du monde seront, de nombreuses manières, *plus riches* qu'ils ne le sont aujourd'hui... Les perspectives alimentaires et vitales de la vie *se seront améliorées...* La vie pour la plupart des gens sur terre *sera économiquement moins précaire* qu'elle l'est aujourd'hui. »

Les diverses tendances prises en considération pour les deux études n'ont pas tellement changé depuis trois ans. En rendant compte du rapport *Global 2000* il y a trois ans, nous avions précisé qu'une des raisons pour le faire était qu'il serait lu par les maîtres du monde, et qu'il les influencerait peut-être. Nous ajoutons : « Toutefois, l'on ne perdra rien à prendre ses distances avec une anxiété voisine de l'angoisse dont elles portent un reflet trop fidèle. »

Replaçons les événements dans leur contexte : Jimmy Carter, président du parti démocrate, représentait alors la gauche de l'éventail politique américain (éventail certes plus réduit qu'il ne l'est en Europe); fidèle aux principes de la gauche, il préconisait un plus grand contrôle du gouvernement fédéral sur les activités privées et une planification plus poussée. La volonté de centralisation apparaissait même dans la mise au point du rapport sur "les projections du gouvernement américain", révisé sur des directives de l'administration démocrate, bien sûr.

Est-ce parce que le rapport était vêtu d'expertise ? Ou est-ce parce qu'il reflétait les choix d'une grande puissance ? ou les deux ? Toujours est-il que les retombées politiques de *Global 2000* ont été considérables. Presse internationale et gouvernements étrangers y firent largement écho.

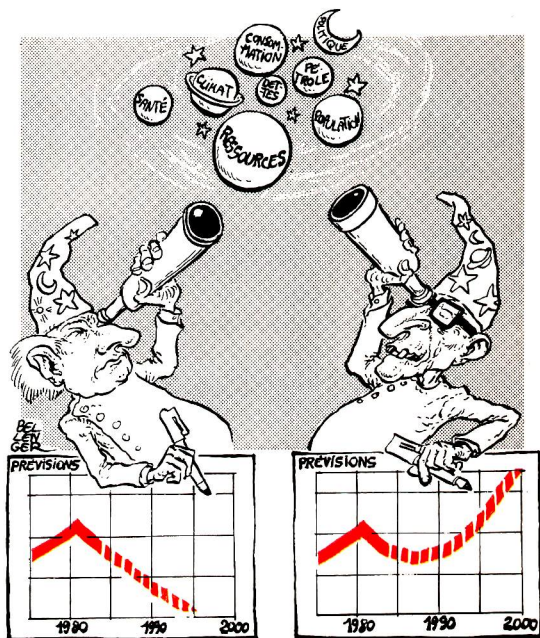
Or, les prévisions, lorsqu'elles sont prises au sérieux, n'ont pas besoin d'être justes pour être "efficaces". Paradoxalement, c'est le contraire qui parfois se produit : des prévisions alarmistes peuvent inciter les autorités à prendre les mesures qui s'imposent pour éviter la crise. Une fois celle-ci contournée, les prophètes ont l'air sans doute un peu ridicules, en dépit de leur mérite. A relire *le Printemps silencieux*, ouvrage célèbre de Rachel Carson, paru il y a un quart de siècle environ, où l'auteur décrivait un monde ravagé par le DDT, on se dit de prime abord que M<sup>me</sup> Carson a été bien fort de café ; pourtant, elle a eu raison : elle a contribué à lancer l'écologie et l'on a restreint l'usage du DDT. C'est l'aspect positif des prévisions négatives.

Il existe aussi un effet négatif possible : des prévisions pessimistes peuvent exercer une telle influence négative qu'elles se réalisent aussi. Si

des économistes prévoient une crise sur un marché donné, ils peuvent décourager investissement et production, en dépit d'une demande potentielle élevée.

Ce sont là deux variantes de la fable sur le menteur qui criait au loup : tant l'on crie au loup qu'à la fin il vient (effet négatif), mais aussi, tant l'on crie au loup qu'à la fin tout le monde s'arme de bâtons et quand le loup vient, il est assommé (effet positif).

Hermann Kahn, lui, plutôt de droite, crie après les gens qui crient au loup. Il dénonce les risques d'effets négatifs. Armé de chiffres (et d'esprit d'économie, sinon d'économiste, son rapport n'aura coûté que quelque 30 000 dollars, contre le million de dollars que coûta celui qu'il déchiçquète), il a la partie belle.



● Aux États-Unis, il y a un quart de siècle, plus de 20 % des habitations comptaient plus d'une personne par pièce ; en 1975, 4,5 % seulement d'entre elles avaient un taux d'occupation aussi dense. Aller après cela parler d'"entassement" est évidemment hasardeux.

● Le rapport *Global 2000* défendait la thèse d'une croissance démographique nulle ; preuve de son efficacité, sinon du bien-fondé de la thèse, plusieurs organisations américaines y souscrivirent, totalisant quelque 5 millions d'adhérents réunis dans *Global Tomorrow Coalition* ou "Coalition globale pour demain". Pour Kahn, ce n'est pas aux gouvernements d'imposer aux gens des taux de fécondité, pas plus que ce n'est à lui de dire aux gouvernements ce qu'ils doivent faire dans ce domaine. S'il faut avoir un point de vue sur ce problème, celui de Kahn serait qu'une croissance modérée est bénéfique à long terme. Et « les recommandations du mouvement *Glo-*

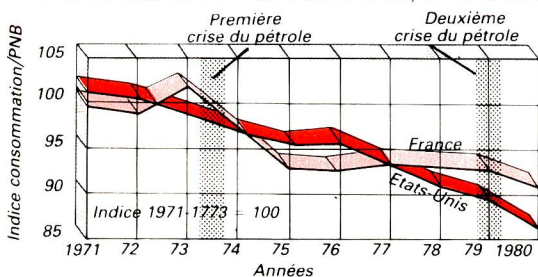


bal 2000 sont infondées, inacceptables, ignorantes et arrogantes”.

● Le rapport *Global 2000* dénonçait une pollution croissante ; il avait le tort de ne pas citer de données, ni mondiales ni régionales, chiffrées. Et il parlait de l'hypothèse que lorsque les pays en développement se développent, en effet, leurs taux de déchets industriels et privés augmentent. Sans doute vrai dans un premier stade, admet Kahn, pas dans un second, où ces pays, s'étant enrichis, sont prêts à payer pour la dépollution aussi, qui devient alors une activité économique à part entière.

● Kahn n'est pas non plus d'accord avec les pronostics sombres de *Global 2000* concernant l'écologie, sujet qui suit évidemment de près celui de la pollution. Pour lui, la capacité des civilisations industrielles à mettre les écosystèmes en péril commence à être compensée par la capacité à les restaurer, et il invoque à ce sujet une adaptation des écosystèmes qui a été supérieure à leurs dislocations.

● Pas d'accord non plus sur les prévisions de « crises graves de population, de ressources et d'environnement » citées plus haut, Kahn et Simon observent que ces concepts sont diffus et impossibles à mesurer ; autant n'en pas tenir compte, évidemment. Pour nos deux futurologues, si les auteurs de *Global 2000* entendaient que l'accroissement démographique aura, en l'an 2000, entraîné à la fois une augmentation du prix des ressources, donc une certaine pénurie, et une détérioration de l'environnement, ils seraient



**Là où Kahn a raison :** les taux de consommation de l'énergie en France et aux États-Unis, comme dans le reste du monde, déclinent constamment depuis 1973, année du choc pétrolier, en partie grâce à une meilleure utilisation de l'énergie.

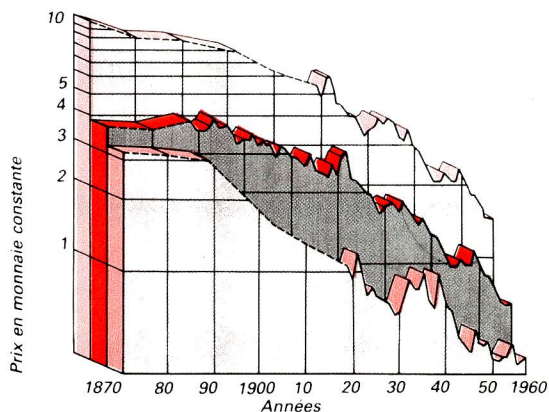
démentis par les tendances actuellement enregistrées ; s'ils sous-entendaient que l'humanité se porterait mieux en l'an 2000 s'il y avait moins de gens sur la Terre, ils ne l'ont pas démontré. Ce démenti mène tout droit à analyser les tendances en matière de ressources.

● Le rapport *Global 2000* prévoyait une augmentation annuelle de 5 % du prix des ressources minérales jusqu'en l'an 2000 ; or, en règle générale, les tendances de coût de presque toutes les ressources naturelles ont été à la baisse tout le long de l'Histoire et, en particulier, le prix du pétrole le démontre. Se fondant sur l'exemple américain, Kahn et Simon observent que le salaire d'une heure de travail a permis depuis

1800 d'acheter toujours plus de matériaux. Et si la tendance est moins nette dans les pays en développement, elle existe quand même, car le revenu individuel a aussi augmenté dans ces pays-là. Qui plus est, nous avons appris à utiliser de moins en moins de matières premières, ou des matières premières de moins en moins chères. C'est ainsi que les matériaux de synthèse ont, dans la construction automobile, remplacé quelque 30 % des métaux, et qu'un seul satellite de télécommunications assure les services d'un réseau câblé qui exigerait des milliers de tonnes de cuivre.

● Cette progression des revenus individuels conduit tout naturellement Kahn et Simon à rejeter énergiquement les thèses de *Global 2000* sur la richesse ou la pauvreté qui nous attendraient selon les porte-parole de l'administration Carter. Puisque le revenu individuel tend à croître mondialement, et puisque l'on travaille moins pour avoir plus (la force de travail consacrée à l'agriculture est passée de 68 % en 1965 à 58 % en 1981), pourquoi donc coiffer le chapeau du Docteur Tant-Pis ?

● Alimentation : *Global 2000* poussait là aussi au noir, alors que la consommation par personne



**Là où Kahn a encore raison :** les prix à la production des minéraux et des carburants accusent une tendance générale à la baisse en monnaie constante depuis 1870. (L'échelle est normalisée pour permettre de comparer des courbes de valeurs différentes.)

ne cesse d'augmenter depuis 30 ans, observent Kahn et Simon. La mortalité par famine est en régression depuis un siècle et les prix des denrées alimentaires tendent à la baisse (en monnaies constantes) depuis des décennies, sinon des siècles. Sur quoi donc *Global 2000* se fondait-il pour annoncer que les "prix véritables" des produits alimentaires doubleraient d'ici la fin du siècle ? Certes pas sur l'exemple américain, où la surproduction agricole afflige les fermiers, et où l'excédent des stocks pose des problèmes tout à fait opposés. Sur d'autres pays ? Mais le rendement par hectare n'a cessé d'augmenter en France, en Chine et dans d'autres pays. Reste certes l'Afrique, citée par Kahn et Simon comme



exception, mais où selon Kahn et Simon la disette n'est pas due à des facteurs de surpopulation, mais à des conditions politiques et sociales.

● Déboisement mondial dramatique dans les 20 années à venir, annonçait *Global 2000* ! 40 % des forêts tropicales disparues ! Mais aux États-Unis et dans d'autres pays des régions tempérées, il n'y a pas déboisement, au contraire, les superficies boisées augmentent. Et Kahn et Simon s'empres- sent d'atténuer les données sur le déboi- sement des zones tropicales.

● Climat : *Global 2000* annonçait une vaste altération du climat due à l'accumulation de gaz carbonique. Telle n'est pas l'opinion de tous les climatologues, qui prévoient plutôt un refroidisse- ment. De toute façon, une augmentation des taux de gaz carbonique pourrait être bénéfique à la production agricole (voir *Science & Vie* n° 789). Guère tourmentés par les problèmes des déchets et les risques du nucléaire, Kahn et Simon, estimant que l'énergie nucléaire étant celle qui a coûté le moins de vies par rapport à l'énergie fournie, et que c'est celle qui sera, à longue échéance, la moins coûteuse, c'est à elle qu'il convient de recourir si la concentration atmosphérique en CO<sub>2</sub> devenait excessive.

● Pétrole : *Global 2000-II* n'est pas achevé, et un chapitre y sera dévolu à ce carburant ; il sera rédigé par Dr. William M. Brown, qui dirige au Hudson Institute le secteur consacré à l'énergie. On sait déjà que Brown soulignera l'incertitude des prévisions et l'augmentation des réserves

le recours aux énergies "alternatives" a cessé d'être une projection utopique. En tous cas, la pénurie et l'augmentation des prix annoncées par *Global 2000* sont d'ores et déjà démenties.

Comme on pouvait s'y attendre, Kahn et Simon ne se donnent pas le ridicule de prétendre que tout va pour le mieux dans le meilleur des mondes, mais enfin, ils estiment que tout ne va pas si mal, et que l'alarmisme de *Global 2000* n'était qu'un prétexte pour imposer aux États-Unis et au monde un dirigisme aux couleurs du socialisme.

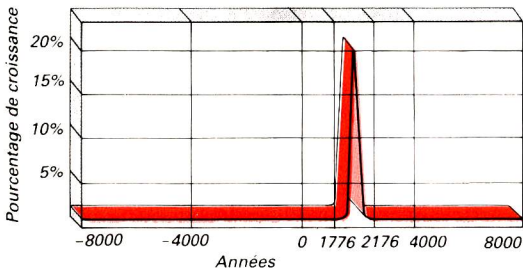
Kahn a sans doute raison, mais ses projectiles critiques ne font-ils pas boomerang ? On peut, en effet, le soupçonner lui-même d'avoir sacrifié ça et là à l'idéologie opposée. Dans certains pays d'Amérique du Sud, par exemple, la pollution a atteint un degré intolérable, au point que le concept même d'écosystème est hors de propos : il s'agit purement et simplement de désastre. En URSS, dans plusieurs pays de l'Europe de l'Est, en Chine, il ne semble pas qu'elle ait régressé. Il n'y a pas non plus lieu de pavoiser en ce qui concerne l'alimentation : 63 % des femmes africai- nes enceintes sont anémiques, 65 % des femmes asiatiques et 30 % des sud-américaines.

Il semble surtout que *Global 2000-II* fasse un peu bon marché des considérations économiques et politiques. L'accroissement mondial des reve- nus individuels est une notion qui mérite d'être analysée avec peut-être plus de soin et de circons- pection. Il y a une crise mondiale, il y a beaucoup de chômage et Kahn semble faire abstraction du fait que la totalité de la dette mondiale des pays en développement — et même de pays développés — met en péril le système bancaire international et que, si ce système s'écroulait, le bel optimisme affiché par *Global 2000-II* risquerait d'avoir mauvaise mine. Dans les pays aux taux d'inflation élevés, supérieurs à 100 % par an, il ne ferait pas bon prétendre que le revenu individuel va croissant.

Or, le niveau alimentaire, le niveau de santé, la protection de l'environnement, la qualité de la vie sont étroitement liés à ces considérations éco- nomiques et politiques que Kahn rejette avec impatience comme s'il s'agissait de bruits fâcheux dans l'enregistrement d'un concert symphonique.

Au Forum du développement, organisme créé par l'ONU en 1973, on est moins optimistes, qu'on ne l'était il y a 10 ans et que ne le fut encore un Kahn. « Les spécialistes du dévelop- pement, note Peter B. Stone, rédacteur en chef de *Forum*, souffrent actuellement d'un doute profond. Il y a dix ans, plusieurs écoles croyaient détenir la clef du développement ; il devait suffire de suivre leurs conseils pour développer le Tiers Monde. Aujourd'hui, aucune de ces écoles n'a plus foi dans ses idées d'antan. Et l'on com- mence même à croire qu'aider au développement aggrave la situation des pays bénéficiaires. » Voilà une modestie opportune. Elle rappelle qu'en période de crise, telle que celle-ci, il est quand même plus prudent de guetter le loup que de crier que c'était un chien errant.

**Alexandre DOROZYNSKI ■**



**Là où Kahn s'avance :** la période 1776-2176 représenterait un pic exceptionnel pour la croissance démographique mondiale. Mais personne ne peut prévoir le taux de croissance démographique à si lointaine échéance. C'est une spéculation "optimiste" sans bases.

exploitables au fur et à mesure de la mise au point de nouvelles techniques d'exploration. En 1866, observe Brown, on s'inquiétait déjà aux États-Unis d'un épuisement possible des réserves pétrolières, ce qui n'empêcha pas que, dans les 82 années qui suivirent, on y ait extrait 37 milliards de barils de brut. En 1885, observe également Brown, les Services géologiques fédé- raux estimaient que la probabilité de trouver du pétrole en Californie était à peu près nulle ; or cet État a depuis fourni à lui seul 8 milliards de barils. Et que reste-t-il ? 15 000 milliards de barils de brut dans le monde, soit 75 ans de consommation au taux actuel, et autant en gaz naturel. De plus, le pétrole est mieux utilisé, et

# L'UNIVERS : UNE NAISSANCE SANS VIOLENCE

*La grande majorité des astrophysiciens admet que l'Univers a son origine dans une formidable explosion originelle, le "big bang". Comme tout dogme, cette théorie a ses hérétiques. Les spécialistes de l'observatoire de Meudon et de l'Institut d'astrophysique de Paris proposent des solutions non conformistes pour expliquer les mystères de la naissance de l'Univers.*

● Au commencement il y eut une grande explosion et du chaos de radiations et de particules qu'elle engendra se forma toute la matière de l'Univers. La théorie du "big bang" (l'équivalent français "grand boum" n'a pas réussi à s'imposer) est devenue la Genèse scientifique acceptée par la plupart de nos astrophysiciens. Elle ne s'est pas imposée d'un seul coup. Au départ elle tenait plutôt de l'histoire belge : un astronome-mathématicien de Louvain, l'abbé Lemaître, avait été le premier à avancer, en 1927, son modèle de l'"atome primitif". Beaucoup ne le prirent pas au sérieux. Jusqu'à ce qu'en 1964 deux techniciens radio, qui avaient bien autre chose en tête, découvrent par hasard un rayonnement sur 7,35 cm de longueur d'onde, qui emplît l'Univers avec une égale densité dans tous les sens. Il ne fallut pas longtemps pour admettre qu'il s'agissait d'un rayonnement fossile, un résidu refroidi des radiations à haute énergie qui emplissaient l'Univers primitif, un témoin encore vivant du fameux big bang. Et sur cette base, on élaborait un modèle standard de la naissance de l'Univers.

Traité sur ordinateur en 1977 par R. V. Wagoner, ce modèle reconstitue avec précision, fraction de seconde par fraction de seconde, les grandes étapes de l'histoire cosmique. Il précise même l'abondance d'éléments tels le deutérium ou l'hélium créés durant le quart d'heure qui suivit l'explosion originelle. (Rappelons que pour les astrophysiciens, ce terme d'"abondance" désigne la proportion relative d'un composant dans une quantité donnée de matière, peu importe que cette proportion soit élevée ou faible.) C'est ce modèle standard du big bang qui impose ses lois à d'autres branches de la physique, comme l'étude des particules élémentaires.

Mais nul dogme n'échappe aux entreprises des hérétiques. Ainsi Daniel Gautier, à l'observatoire de Meudon, prétend que les abondances d'hélium et de deutérium mesurées dans l'atmosphère de la planète Jupiter par les sondes *Voyager* ne "collent" pas avec les prédictions établies selon le modèle standard du big bang. Et il propose une réforme du modèle. Il y a pire ! Derrière les grilles et à l'abri des murs épais de l'Institut d'astrophysique de Paris (IAP), deux astrophysiciens notoires, le Français Jean Audouze — lui-même directeur de l'Institut — et l'Américain Joseph Silk, ont élaboré au début de cette année un modèle de big bang "froid" ! Assistons-nous à un schisme ?

Avant d'exposer les doctrines des hérétiques, il convient de rappeler que l'idée du big bang découle de l'hypothèse, communément admise, selon laquelle notre Univers est en expansion. Il se dilate de façon continue. Si l'on analyse le spectre de la lumière qui nous vient des galaxies lointaines, on constate que les raies caractéristiques des divers éléments chimiques sont toutes décalées vers le rouge, autrement dit vers les plus grandes longueurs d'onde. Le glissement est d'autant plus accentué que la galaxie est plus éloignée. Si on attribue ce décalage à un effet Doppler (augmentation de la longueur d'onde perçue par un observateur dont la distance à la source émettrice va croissant), on est conduit à conclure que les corps célestes dont nous recevons cette lumière s'éloignent de nous, et cela à une vitesse d'autant plus importante que leur distance est déjà plus grande.

En fait, le mouvement est général : les galaxies s'écartent les unes des autres. D'où l'image bien connue du pain aux raisins qui gonfle dans le four : par rapport à un raisin quelconque, les



DEBUT DU BIG - BANG

particules exotiques et  
evenements cataclysmiques

# l'histoire Complete de l'Univers

Ere Quantique  
 $t = 10^{-43}$  sec

Ere des Quarks  
 $t = 10^{-34}$  sec

Rupture de la Grande Symetrie  
 $t = 10^{-12}$  sec

Ere Hadronique  
 $t = 10^{-8}$  sec

Ere Leptonique  
 $t = 10^{-12}$  sec  $\rightarrow$  10 sec

Ere Radiative  
 $t = 10$  sec  $\rightarrow$   $10^6$  ans

Ere Stellaire

NUCLEOSYNTHESE DES ELEMENTS LEGERS

FORMATION DES ATOMES

L'UNIVERS DEVIENT TRANSPARENT

3°K

NOUS  
SOMMES  
ICI

QUASAR

UNIVERS OBSERVABLE

PARTICULES SUPERLOURDES  
MONOPÔLES

QUARKS

ANTI-QUARKS

LES QUARKS S'AGGLUTINENT POUR FORMER  
PROTONS ET NEUTRONS (HADRONS)

DISPARITION PROGRESSIVE DE L'ANTI-MATIERE

PARTICULES FOSSILES

PROTOGALAXIES



autres s'éloignent tous de lui, et d'autant plus vite qu'ils sont déjà plus loin. Extrapolons ce mouvement dans le passé, comme un film qu'on projette à l'envers nous montre les morceaux d'une assiette cassée se rejoignant et reformant l'objet primitif : nous voyons les galaxies se rapprocher jusqu'au moment où elles étaient si serrées qu'elles n'avaient pas d'existence individuelle.

Encore un tour de manivelle en arrière, et il n'y a plus d'étoiles, ni d'atomes, ni même de noyaux atomiques. La matière n'existe que dans ses composants élémentaires : électrons, protons, neutrons. Même les protons et les neutrons finissent pas se dissocier en leurs constituants, les quarks. Cet Univers serré peut être imaginé comme une pâte compacte de particules et de radiations. Quand on comprime les molécules d'un gaz, généralement sa température augmente. Le modèle orthodoxe du big bang admet donc que la soupe originelle était extrêmement chaude.

On ne peut extrapoler indéfiniment le resserrement de l'Univers sur lui-même. La remontée dans le temps bute sur un instant zéro, un point singulier caractérisé par une densité et une température infinies. Le compte à rebours s'arrête là. Tout l'Univers est alors contenu dans ce que Lemaître avait baptisé l'"atome primitif" et que les astronomes, reprenant une vieille image mythologique, aiment appeler l'"œuf cosmique". Cet œuf infiniment dense et infiniment chaud explose à l'instant  $t_0$ . Ainsi commença la grande aventure de l'Univers.

Mais on n'élide pas la question : d'où venait l'œuf ? Que s'est-il passé *avant* le big bang ? A cette interrogation, la science répond en proposant, au choix, trois réponses.

**1.** Avant le big bang, l'Univers a connu un état extrêmement dilué. Sous l'effet de sa propre gravité, il s'est contracté sur lui-même jusqu'à ne plus former qu'une masse ponctuelle superdense qui a explosé à l'instant zéro.

**2.** La deuxième réponse est plus radicale. Elle admet que dans notre extrapolation vers le passé, le temps s'arrête tout simplement au point singulier de densité infinie. Le temps lui-même a pris naissance là. Avant, il n'existait pas ; ou plutôt, il n'y a pas d'"avant" sur lequel il faille se poser des questions.

**3.** Il faut imaginer notre Univers comme la partie émergée d'un iceberg dans l'océan du temps. Cette partie émergée est postérieure au temps  $t_1 = 10^{-43}$  seconde. Traduisons cet exposant négatif en termes du langage courant : nous ne pouvons nous représenter l'Univers qu'à partir du dix-millionième de milliardième de milliardième de milliardième de milliardième de seconde après le big bang (supposé). L'Univers antérieur nous est inconnu. Il est inconnaissable, dans l'état actuel de la physique, car durant cette infime fraction de seconde qui suivit l'instant  $t_0$ , la température devait être supérieure à  $10^{32}$  °K

(soit cent mille milliards de milliards de milliards de degrés). A une telle température interviennent des phénomènes dont nous ignorons tout. Pour les imaginer il faudrait disposer d'un instrument qui n'existe pas encore : une théorie quantique de la gravitation. Certains chercheurs travaillent à l'élaborer. S'ils y parviennent, on remontera peut-être à l'instant  $t_0$  et on "percera" alors la coquille de l'œuf cosmique.

Il faut bien reconnaître qu'aucune de ces réponses ne satisfait pleinement notre curiosité. Gardons-nous de demander à la science plus qu'elle ne nous offre. « La cosmologie, qui étudie l'évolution de l'Univers depuis son origine, chatouille les fantasmes de la Création », remarque en souriant Jean Schneider, spécialiste de l'Univers primordial à l'observatoire de Meudon. « Mais elle ne répond pas à la question : d'où vient l'Univers ? Dans aucun domaine la science n'explique jamais rien. Elle relie simplement des phénomènes entre eux. La cosmologie fait de même. En partant d'une situation initiale donnée, elle déduit un maximum de conséquences moyennant un minimum d'hypothèses. »

**La situation initiale, c'est l'œuf cosmique.** Faut-il lui attribuer un rayon nul ? Ce n'est pas évident. Notre Univers est peut-être infini (dans l'état actuel des connaissances on ne sait pas s'il l'est ou s'il ne l'est pas). S'il en est ainsi, même indéfiniment comprimé il reste infini. Le rayon de l'œuf cosmique peut fort bien être lui-même infini. Peu importe, ce qui est essentiel, ce sont les conditions extrêmes qu'il engendre : température et densité infinies.

De la petite fraction de seconde qui suit immédiatement  $t_0$ , nous ne savons donc rien. La théorie du big bang commence à  $t_1 = 10^{-43}$  seconde.

**C'est alors l'ère des quarks.** Dans un chaos superdense se pressent toutes sortes de particules : celles que nous connaissons, et aussi d'autres, très lourdes, qu'on n'a jamais vues dans un laboratoire terrestre. Car plus la masse d'une particule est élevée et plus il faut d'énergie pour qu'elle soit créée. Durant l'ère des quarks, la température est telle que l'énergie d'un photon suffit à donner naissance à une paire particule-antiparticule, matière-antimatière. Cependant, dès qu'une particule rencontre une antiparticule de son espèce, elles s'annihilent sauvagement et redonnent naissance à des photons (voir, à propos des particules, l'article sur les bosons en page 18 de ce numéro). Au début de cette ère, il y a autant de créations que d'annihilations : l'effectif des particules de chaque espèce est constant, et il y a autant de particules dans chaque espèce. Cet équilibre qui régit l'Univers est appelé l'équilibre thermodynamique. Mais comme il continue à se dilater, il se refroidit. Quand la température tombe au-dessous de  $10^{18}$  °K (dix milliards de milliards de milliards de degrés), la belle symétrie particules-antiparticules se rompt et la matière prend un léger avantage sur l'antimatière : il y a un peu plus de

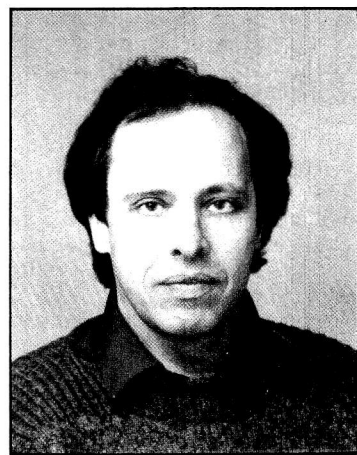
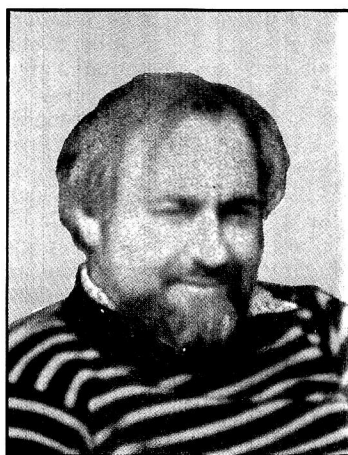
particules que d'antiparticules (un milliard de fois exactement). Les photons n'ont plus assez d'énergie pour engendrer des paires particules-antiparticules superlourdes. A  $10^{12}$  °K (mille milliards de degrés) quarks et antiquarks se soudent brusquement en hadrons (notamment protons et neutrons, et leurs antiparticules).

**Ainsi commence l'ère hadronique.** Mais bientôt les photons n'ont plus assez d'énergie pour donner naissance à de nouveaux hadrons. Ceux qui ont été créés continuent à se détruire en se heurtant à leurs homologues d'antimatière. Des particules très lourdes disparaissent ainsi sans être renouvelées.

Seuls survivent des protons et des neutrons, en nombre assez important, et quelques particules superlourdes échappées au massacre. Quand s'achève l'ère hadronique, il s'est écoulé exactement  $10^{-4}$  seconde (un dix-millième de seconde)

**Alors s'ouvre l'ère radiative.** La matière a gagné son combat contre l'antimatière, grâce au léger excès de particules sur les antiparticules qui date de la rupture de la symétrie. Cependant, elle ne domine pas encore l'Univers. L'énergie appartient d'abord aux photons. L'Univers est un océan de lumière intense dans lequel flottent des particules de matière : protons, neutrons, électrons et divers "fossiles" superlourds. Cette période d'apparente accalmie voit se produire un événement crucial de l'histoire cosmique : la formation des premiers noyaux légers à partir des protons et des neutrons libres.

Cette nucléosynthèse cosmologique se produit à un moment où l'agitation thermique a suffisamment baissé pour ne plus pouvoir casser les noyaux en formation. Plus tard, du fait de l'expansion, les collisions protons-neutrons deviendront rares, et ce processus de nucléosynthèse



Jean Audouze, Daniel Gautier et Joseph Silk, pour une réforme du modèle standard du big bang.

depuis l'explosion initiale. Il reste environ un proton ou un neutron pour un milliard de photons, ainsi qu'un grand nombre de leptons, c'est-à-dire de particules et antiparticules légères, de la famille des électrons.

**Nous entrons dans l'ère leptonique,** marquée par le grand combat des leptons contre leurs antiparticules. Elle va durer beaucoup plus longtemps que les ères précédentes. Commencée alors que l'Univers n'est âgé que d'un dix-millième de seconde, elle s'achèvera lorsqu'il sera "vieux" de dix secondes. Au début la température est encore supérieure à  $10^{10}$  °K (dix milliards de degrés) : les photons ont assez d'énergie pour produire des paires de leptons et d'antileptons de toute sorte. Mais la température continue à s'abaisser ; à la fin de l'ère leptonique la plupart des leptons légers (électrons et leurs antiparticules les positrons) se sont entre-tués. Seuls subsistent des électrons. Comme leur charge est négative, et leur nombre égal à celui des protons (de charge positive) rescapés de l'ère hadronique, l'Univers reste électriquement neutre.

s'arrêtera. Du reste il n'y aura bientôt plus de neutrons libres. Cette particule ne survit qu'intégrée à un noyau ; libre, elle se désintègre en une dizaine de minutes, pour donner un proton, un électron et un neutrino. Or, pour former des noyaux il faut non seulement des protons, mais aussi des neutrons (sauf pour le noyau d'hydrogène ordinaire, qui n'est qu'un proton). C'est pourquoi la nucléosynthèse cosmologique n'a pu intervenir que pendant une période déterminée de l'histoire de l'Univers. Le modèle standard du big bang la situe entre 3 et 15 minutes après l'explosion originelle.

Mais bien sûr les noyaux atomiques ont pu être créés ; sans quoi l'Univers ne serait pas celui que nous connaissons. Tout d'abord la fusion d'un proton et d'un neutron donnera un noyau d'hydrogène lourd ou deutérium. Puis s'amorcera toute une chaîne de réactions. Les noyaux de deutérium interagissent pour donner des noyaux de tritium (deux neutrons et un proton) et d'hélium 3 (deux protons et un neutron). La réaction de noyaux de deutérium avec ceux de

tritium et d'hélium 3 donne naissance à des noyaux d'hélium 4 (deux protons, deux neutrons). Enfin l'interaction hélium 3-hélium 4 engendre du lithium 7. La chaîne des réactions de fusion s'arrête à cet élément. Un quart d'heure s'est écoulé depuis le big bang. L'Univers n'est plus assez chaud pour que des noyaux puissent se souder.

Jusqu'à la fin de l'ère radiative le paysage ne changera plus beaucoup. Toujours un océan de lumière, de plus en plus froid. Des protons libres, ainsi que des noyaux d'hélium et (en faible proportion) des noyaux de deutérium, des traces de lithium, enfin des électrons et des neutrons. Les électrons interagissent avec les photons, les empêchant de se propager : l'Univers est opaque. Et bien entendu, il continue à se dilater et à se refroidir.

Au bout d'un million d'années, la température s'est suffisamment abaissée (4 200 °K) pour que les protons et les noyaux capturent les électrons, formant ainsi des atomes complets d'hydrogène, d'hélium et de lithium. Alors les photons se découplent de la matière, car ils n'interagissent pas avec les atomes neutres. Désormais ils voyagent librement à travers l'Univers. Et comme ils continuent à se refroidir, donc à porter de moins en moins d'énergie, leur longueur d'onde augmente. Des milliards d'années plus tard, la température des gaz de photons atteindra 2,9 °K : c'est le rayonnement cosmologique capté par Penzias et Wilson sur 7,35 cm de longueur d'onde. Mais revenons à notre Univers âgé d'un million d'années. Avec la fin des interactions photon-électron, il est devenu transparent. La pression tombe brutalement.

**Les galaxies commencent à se former : c'est l'ère stellaire**, dominée par la matière. Elle verra la naissance des étoiles et donc celle de notre Soleil. Mais ceci est une autre histoire, dont bien des points restent d'ailleurs à éclaircir : nous ne comprenons pas encore très bien le mécanisme de formation des galaxies.

L'hypothèse d'une explosion primordiale survenue il y a quelque quinze milliards d'années trouve un appui dans le fait qu'on n'observe pas de galaxies dont l'ancienneté — évaluée selon les données de l'astrophysique — s'avère supérieure à cette durée. Quant au scénario du premier million d'années de l'Univers, tel que nous venons de le tirer de la théorie standard du big bang, il repose essentiellement sur la découverte du rayonnement fossile de l'ère radiative. Nous l'avons mentionnée à plusieurs reprises. Il convient maintenant d'y revenir plus en détail.

Lorsque Penzias et Wilson, alors qu'ils cherchaient à capter les émissions du satellite *Echo* sur une grande antenne de la Bell Telephone, détectèrent un bruit permanent sur 7,35 cm de longueur d'onde, ils crurent d'abord que l'écoute était brouillée par des fientes de pigeons. Mais ils eurent beau nettoyer l'antenne, le bruit persis-

taut. Il ne variait pas dans le temps, ni selon la direction dans laquelle on pointait l'antenne. Il venait de partout. Il ne pouvait donc provenir d'un astre déterminé. Il emplissait l'espace.

Se creusant la tête pour comprendre cette énigme, les deux hommes firent un rapprochement avec la théorie du big bang. Ils attribuèrent le rayonnement mystérieux aux photons fossiles rescapés de l'ère radiative, refroidis par l'expansion de l'Univers. Aucune meilleure explication n'a été proposée jusqu'à présent... La longueur d'onde des photons fossiles correspond à celle d'un rayonnement émis par un "corps noir" à la température de 2,9 °K. Pour simplifier, on l'appelle souvent le rayonnement à 3 °K. Il apporte de précieuses informations sur l'Univers originel. Le rayonnement à 3 °K est isotrope et homogène, c'est-à-dire qu'il est le même dans toutes les directions et en tout point de l'espace.

On en conclut que l'Univers, dès sa naissance, était isotrope et homogène et qu'il se trouvait en équilibre thermodynamique. Un tel équilibre implique que certaines grandeurs physiques n'ont pas varié au cours du temps, en dépit de l'expansion. Il y a quinze milliards d'années, elles devaient être les mêmes qu'aujourd'hui : cette notion est essentielle pour retracer l'histoire de l'Univers dans sa jeunesse. Ainsi le rapport du nombre de baryons (protons, neutrons et diverses particules instables) au nombre de photons est resté constant. Les baryons, aujourd'hui, sont contenus dans le noyau des atomes. Leur nombre dépend donc de la densité de l'Univers actuel. Cette densité joue un rôle fondamental dans tous les calculs issus de la théorie standard de l'évolution de l'Univers.

Et c'est là que le bât blesse : la densité présente de l'Univers est très mal connue. La théorie standard nous donne avec précision l'abondance des éléments légers — deutérium, hélium, lithium — formés au cours de la nucléosynthèse primordiale. Mais ces valeurs sont données en fonction de la densité de l'Univers actuel. Les abondances de ces mêmes éléments dans notre Univers, telles que nous les connaissons (avec une marge d'erreur importante, car les observations sont difficiles), sont en assez bon accord avec les prédictions de la théorie standard. Du moins, elles admettent, pour la densité de l'Univers, des valeurs telles que "ça marche". Mais cela ne constitue pas une preuve décisive en faveur de la théorie standard, pour la bonne raison que l'abondance actuelle de ces éléments n'est pas la même que jadis.

Ainsi le deutérium ne supporte pas la température qui règne au cœur des étoiles ; il ne survit pas à la chaleur des fournaies stellaires. Et l'on ne connaît pas de mécanisme capable de créer du deutérium, en dehors de la nucléosynthèse cosmologique de l'ère radiative. Il y avait donc jadis un peu plus de deutérium qu'actuellement. Pour l'hélium, c'est l'inverse : les étoiles en forment en quantité, puisqu'elles tirent la plus grande partie



de leur énergie des réactions thermonucléaires qui transmutent l'hydrogène en hélium. A la fin de leur vie elles explosent, éjectant dans l'espace interstellaire l'hélium qu'elles ont synthétisé. Cet élément est donc plus abondant dans l'Univers qu'il ne l'était autrefois.

Pour éprouver la valeur du "modèle standard" du big bang (et donc des prédictions qu'on en tire) il faudrait connaître les abondances primordiales d'hélium et de deutérium. La machine à voyager dans le temps n'ayant pas encore été inventée, est-il possible de trouver dans notre Univers actuel des objets dans lesquels ces abondances seraient restées à peu près ce qu'elles étaient à l'origine ?

Par chance pour les astrophysiciens, il existe quelques objets qui ont très peu évolué depuis leur formation. Ainsi les galaxies paresseuses, comme les baptisées Daniel Kunth, de l'Institut d'astrophysique. Elles ont vieilli sans se développer ; l'analyse spectrale diagnostique chez elles une terrible carence en éléments lourds. Ce qui indique qu'elles ont formé très peu d'étoiles, puisque les noyaux lourds sont synthétisés au cœur des étoiles. Ces attardées se mettent seulement aujourd'hui à fabriquer des étoiles, poussées par on ne sait quel démon de midi. Leur teneur en éléments légers doit donc être restée proche des abondances originelles.

Daniel Kunth a procédé à des mesures d'où il découle que la teneur en hélium représente 24 % de celle de l'hydrogène, avec une marge d'erreur de 1 %. Pour tenter de réduire cette marge, il a organisé un colloque international à Munich, en février dernier. Une semaine de débats animés n'a pas réussi à mettre les spécialistes d'accord sur une valeur unique. Ils se sont séparés sur cette conclusion que l'abondance de l'hélium, par rapport à l'hydrogène, devait être comprise entre 21 et 25 %. Au lieu de se réduire, la marge d'incertitude avait augmenté !

Un colloque doit se réunir au cours de ces prochains mois à Paris pour discuter le cas du deutérium. Le problème est épineux : les galaxies paresseuses sont trop éloignées pour qu'on puisse mesurer leur teneur en deutérium. Même ailleurs, il est très difficile d'estimer l'abondance de cet élément.

A l'observatoire de Meudon, Daniel Gautier a entrepris d'évaluer les teneurs en hélium et en deutérium d'un objet bien plus proche de nous que les galaxies et même que les étoiles de notre propre Galaxie. Il fait partie de notre système solaire : c'est la planète géante Jupiter. Plus distant du Soleil que l'est notre Terre, et beaucoup plus massif qu'elle, Jupiter a beaucoup moins subi l'influence du Soleil. Sur notre planète, le vent de matière craché par l'étoile centrale a soufflé les éléments légers. Trop petite et trop chaude, la Terre n'a pas pu les retenir. L'hydrogène, l'hélium et le deutérium étaient déjà absents de son atmosphère primitive. L'air

que nous respirons n'est d'ailleurs pas non plus celui de l'atmosphère primitive : il nous a été offert par le dégazage des volcans. C'est donc une atmosphère qui a beaucoup évolué, comme c'est aussi le cas pour Vénus et pour Mars.

Rien de semblable pour Jupiter : au niveau de son orbite le vent solaire est beaucoup moins intense. Comme les autres objets du système solaire, Jupiter s'est condensé à partir de la nébuleuse primitive. Mais son puissant champ gravitationnel a retenu les éléments légers. Jupiter les a enfermés dans son noyau et il a attiré à lui un fragment de la nébuleuse primitive dont il s'est entouré comme d'un châle. Cette atmosphère n'a guère changé par la suite, puisque l'influence du vent solaire était faible et qu'il n'y a pas de volcans à la surface de Jupiter. La composition actuelle de l'atmosphère jovienne — hydrogène, hélium, traces de deutérium — doit être très proche de celle de la nébuleuse primitive.

Certes, notre système solaire n'a pas l'âge canonique des vieilles galaxies paresseuses. Mais il n'est pas non plus né d'aujourd'hui. La nébuleuse primitive dont il est issu s'est formée il y a 4,5 milliards d'années. Daniel Gautier a donc estimé que les abondances des éléments sur Jupiter apportent des informations valables sur un état ancien de l'Univers. Les missions *Voyager* ont mesuré les abondances de l'hélium et du deutérium dans l'atmosphère extérieure de la planète géante, à 70 000 km du noyau. Daniel Gautier a commencé par s'assurer que les mesures d'hélium effectuées dans cette périphérie étaient bien représentatives de son abondance pour l'ensemble de la planète. Il y avait en effet deux raisons de craindre que les valeurs ne fussent pas les mêmes.

● Tout d'abord, si la température, au moment de la formation de la planète, avait été assez basse pour condenser l'hélium, cet élément se serait séparé de l'hydrogène pour descendre dans les couches profondes de l'atmosphère. Ce qui, évidemment, aurait affecté leurs abondances relatives à la périphérie. Mais aucune théorie de la formation du système solaire ne fait appel à une nébuleuse primitive assez froide — 2 à 3 °K — pour provoquer la condensation de l'hélium. Le premier risque d'erreur se trouvait écarté.

● Le second venait des pressions formidables qui règnent sur les planètes géantes. La théorie veut que sous une pression de 3 à 4 millions d'atmosphères l'hydrogène devienne métallique. Si la température, en même temps, est très basse, l'hélium n'est pas soluble dans l'hydrogène métallique. Il se formerait des gouttes d'hélium, qui couleraient vers l'intérieur de la planète. Ce qui, là encore, aurait pour effet d'appauvrir l'atmosphère extérieure en hélium. Le phénomène a dû se produire sur Saturne qui a probablement un cœur d'hélium. Mais Jupiter est actuellement plus chaud que Saturne. Et il est bien plus massif que Saturne, de sorte que depuis sa

naissance il s'est moins refroidi que ce dernier. Donc il n'a jamais été assez froid pour que l'hydrogène y passe à l'état métallique ; l'hélium ne s'est pas séparé de l'hydrogène et sa teneur à la périphérie de la planète est la même que dans les couches profondes. Le second risque d'erreur est écarté à son tour. Les abondances mesurées par les sondes *Voyager* sont donc bien représentatives de celles de la nébuleuse primitive.

Bien des scientifiques, selon Daniel Gautier, ne se rendent pas compte qu'en mesurant les abondances des éléments légers dans l'atmosphère jovienne on recueille du même coup des informations sur l'origine même de l'Univers. Lors de la formation de la nébuleuse primitive, il y avait moins d'hélium et plus de deutérium que dans l'Univers actuel, puisque dans les quelque 4,5 milliards d'années qui ont suivi, les étoiles ont continué à synthétiser de l'hélium et à détruire du deutérium. La différence avec les abondances actuelles était encore bien plus grande dix milliards d'années auparavant, au moment de la nucléosynthèse cosmologique du deutérium. Les mesures effectuées sur Jupiter donnent donc, pour l'hélium, une valeur supérieure à celle de l'abondance primordiale, et pour le deutérium, une valeur inférieure.

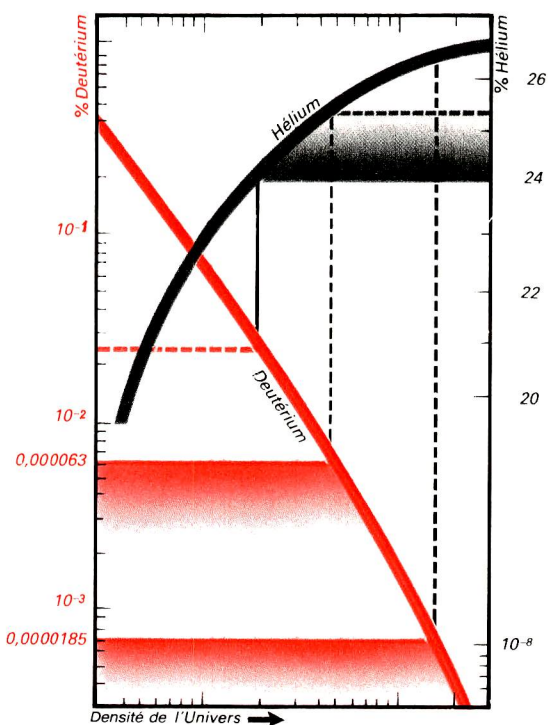
Partant de ces considérations, Daniel Gautier a effectué ses calculs. Il a trouvé que, par rapport à l'hydrogène, l'abondance primordiale de l'hélium n'a pas dépassé 24 %, tandis que celle du deutérium a été au minimum de 0,00007 %. Or, ces résultats sont incompatibles avec les courbes d'abondance tracées à l'aide du modèle standard (ci-contre). Par exemple, si l'on suppose que la valeur du deutérium est la bonne, celle de l'hélium, sur les courbes théoriques, donne une valeur supérieure à celle qui a été observée sur Jupiter, ce qui est impossible. On ne connaît aucun mécanisme capable de détruire l'hélium, élément ultra-stable, et les étoiles éjectent de l'hélium depuis des milliards d'années. Réciproquement, si l'on part de l'abondance d'hélium mesurée sur Jupiter, en prenant par exemple la valeur 23 %, les courbes tirées du modèle standard font apparaître cent fois plus de deutérium au temps de la nucléosynthèse qu'aujourd'hui sur Jupiter. Où serait passé ce deutérium ? Les ventres de toutes les étoiles n'auraient pas suffi à en dévorer une telle quantité.

Conclusion de Daniel Gautier : « Je ne remets pas en cause la réalité du big bang, mais le modèle standard. Il faut réajuster les courbes de la nucléosynthèse pour les rendre compatibles avec ce qu'on a mesuré sur Jupiter. »

Une question se pose pourtant. Rien ne prouve que la nébuleuse primitive ait été parfaitement homogène. Jupiter a pu se former dans une région pauvre en éléments légers. La parole est aux sondes *Voyager* qui s'approchent maintenant d'Uranus. Cette planète pourrait bien, elle aussi, avoir pour atmosphère un peu de la nébuleuse primitive. Mais pris en un autre endroit, donc

n'ayant aucune raison de présenter les mêmes défauts, si défauts il y a. Si les abondances mesurées sur cette planète lointaine sont identiques à celles de Jupiter, il faudra sérieusement revoir les courbes du modèle orthodoxe. C'est en 1986 que nous recevrons les premières mesures de l'atmosphère d'Uranus. Les chercheurs n'ont pas attendu cette date pour envisager des réformes. Dans le cadre du big bang standard, s'entend !

Une des possibilités de remédier aux défauts des courbes théoriques de la nucléosynthèse primordiale consiste à remettre en cause l'homogénéité et l'isotropie de l'Univers jeune. Si on lui enlève ces propriétés, les réactions dont il est le



L'abondance de l'hélium et du deutérium dans l'Univers au big bang.

siège sont largement modifiées. La fusion en chaînes ne se déroule pas partout de la même manière ; la quantité d'hélium synthétisée peut se trouver réduite. Que l'Univers soit aujourd'hui homogène et isotrope ne prouve pas qu'il en ait toujours été ainsi. Il peut avoir été hétérogène par endroits ; les hétérogénéités se seraient effacées avec l'âge, comme l'acné. L'astrophysicien Jean Schneider a ainsi entrepris de calculer les abondances de la nucléosynthèse dans un Univers qui aurait été ridé à sa naissance. Comme sur la peau d'un nouveau-né, les plis se seraient vite effacés. Mais ils auraient eu le temps d'influer sur la production des éléments légers. Malheureusement, ce modèle semble aggraver



les problèmes posés par la nucléosynthèse cosmologique.

A Paris, Jean Audouze et Joseph Silk ont imaginé, l'hiver dernier, un modèle qui résout radicalement ces difficultés en effaçant purement et simplement l'épisode de la nucléosynthèse cosmologique. « Ni Silk ni moi n'avons l'intention de remettre en cause le principe du big bang, explique Jean Audouze. Nous avons simplement voulu montrer que même si notre modèle a très peu de chances de correspondre à la réalité, il ne peut être totalement exclu. » Audouze s'exprime avec une prudence extrême, comme s'il sentait déjà l'odeur des bûchers sur lesquels périssent les hérétiques. En quoi son modèle diffère-t-il de la théorie standard ? Celle-ci admet que l'explosion du big bang a été suivie de températures prodigieusement élevées.

Dans le scénario d'Audouze et Silk, il y a peut-être encore un œuf cosmique, mais il est relativement froid. « Un œuf mollet », dit Audouze. Comme tous les œufs des cosmologies actuelles, il explose, mais il n'engendre pas de températures démentielles : dix mille degrés tout au plus. Ce qui ne suffit pas pour déclencher la nucléosynthèse. Pas de particules « exotiques » non plus. Seulement des protons et des électrons. Tant qu'ils sont libres, ils interagissent avec le rayonnement. Puis, quand la température s'est suffisamment abaissée, ils cessent de le faire et se rapprochent les uns des autres.

Toute la matière est alors sous forme d'hydrogène. Le gaz de photons se refroidit continûment, comme dans le scénario classique. Le modèle d'Audouze explique donc, tout comme le modèle standard, le rayonnement à 3 °K. L'expansion se comprend aussi : si l'explosion initiale est moins spectaculaire, il y a tout de même une explosion. L'Univers se dilate et se refroidit, comme dans le modèle standard ; il a pris seulement un peu d'avance, puisque son évolution part de températures moins élevées.

La suite se résume aisément. Le gaz d'hydrogène — seule matière sortie de l'œuf mollet — forme des grumeaux qui se condensent en gigantesques étoiles d'une masse d'environ cent fois celle de notre Soleil. Sur la peau de ces astres géants souffle un rayonnement cosmique intense ; dans leur ventre les réactions thermonucléaires classiques transforment l'hydrogène en hélium. Quand au rayonnement cosmique, il provient des grumeaux de matière. Il est constitué de protons et d'électrons dont l'impact à la surface de l'étoile ferait éclater des noyaux d'hélium, produisant ainsi du deutérium. Les étoiles géantes, qui sont instables, finiraient alors par exploser en éjectant dans l'espace interstellaire les éléments légers nouvellement fabriqués dans leur ventre et à leur surface.

On voit que dans ce scénario l'origine des éléments légers n'est plus cosmologique, mais seulement prégalactique. Ils sont créés par une

première génération stellaire, qui a précédé la formation des galaxies. « C'est un modèle, reconnaît Audouze, qui comporte de grandes contraintes, en ce qui concerne l'énergie et le décalage vers le rouge. Mais si certains astrophysiciens ridiculisent ce modèle, ils n'ont pas actuellement d'arguments pour le démolir. Moi, je suis d'une prudence de serpent. Je dis seulement que mon scénario a une chance sur cent mille d'être le bon. Une, mais non zéro. En parlant ainsi je fais preuve d'une audace extrême. J'attaque un modèle sur lequel les gens s'appuient. Les physiciens des particules sont partie prenante dans cette affaire de big bang. Si celui-ci est froid, il ne fabrique plus toute la ménagerie de particules exotiques recherchées par les physiciens des hautes énergies. La relation étroite qui s'est établie entre la cosmologie et la physique de particules est alors rompue. »

Ce que les partisans de big bang classique reprochent au « modèle d'Audouze et Silk » c'est son côté arbitraire. Les masses et l'âge des étoiles primordiales génératrices d'hélium et de deutérium sont choisis de manière ad hoc : il faut que ces étoiles soient géantes pour produire les bonnes quantités d'hélium et de deutérium et il faut qu'elles naissent suffisamment tôt dans l'histoire cosmique pour ne laisser d'autres traces de leur passage que des éléments légers. En revanche, dans le modèle standard, il n'y a pas de place pour l'arbitraire.

Ce modèle ne dépend que de trois paramètres : la densité de l'Univers actuel, la durée de vie du neutron et le nombre d'espèces différentes de neutrinos, ces particules fantomatiques qui traversent des murs de plomb sans les voir mais interviennent de manière efficace dans la nucléosynthèse primordiale. Les astrophysiciens américains Schramm, Steigman et Yang ont montré en effet que plus il y a d'espèces de neutrinos différentes, plus l'abondance d'hélium primordiale augmente. On ne connaît pour l'instant que trois espèces de neutrinos : le neutrino de l'électron, le neutrino du muon et le neutrino tau. Très difficiles à détecter, ces particules sont aussi difficiles à différencier. Il n'est pas évident qu'on n'en trouve pas d'autres espèces. Tout ce qu'on sait, depuis les récentes mesures effectuées au CERN, c'est qu'il n'y a pas plus de cinq espèces.

Avec ces paramètres, le modèle standard retrace toute l'évolution cosmique. Ils sont tous trois mesurables et ont des valeurs définies. La durée de vie du neutron est déjà connue. La densité de l'Univers actuel et le nombre des espèces de neutrinos finiront par être déduits de l'observation. Un jour les équations du big bang classique seront résolues une fois pour toutes. C'est un avantage appréciable du modèle standard sur celui d'Audouze et de Silk. Mais pourquoi l'évolution de l'Univers obéirait-elle à des équations parfaitement maîtrisées alors qu'on ne sait pas écrire celles qui régissent l'écoulement turbulent de l'eau du robinet ?

**Anna ALTER ■**

# BOSON DE HIGGS : L'INCONNU QUE TOUT LE MONDE ATTEND

*Il ne manque plus qu'une particule pour parfaire une des théories les plus importantes de la physique : le boson de Higgs. Les trois autres qui étaient nécessaires ont été toutes découvertes au CERN.*

● 1983 restera dans l'histoire des sciences comme "l'année miraculeuse" de la physique des particules. Depuis janvier, mois après mois, les résultats s'accumulent en provenance du Centre européen de recherche nucléaire (CERN). Trois particules y ont été successivement découvertes, confirmant l'une des grandes théories de la physique du XX<sup>e</sup> siècle, la théorie électrofaible établissant l'origine commune de deux des quatre forces fondamentales de l'Univers, l'électromagnétisme et l'interaction faible.

L'électromagnétisme, source de la lumière, est la force qui lie les atomes dans la matière, et donne ses propriétés aux aimants. La force faible, elle, se trouve à l'origine de certaines désintégrations de noyaux — par radioactivité bêta (1). C'est elle, par exemple, qui contrôle la combustion du Soleil.

En fondant les deux en une seule et même force, dite "électrofaible", les physiciens ont fait un premier pas vers l'unification de ces quatre forces ; les deux autres étant la gravitation, responsable de l'attraction entre les étoiles, les galaxies, les planètes, etc., et la force forte, qui permet aux neutrons et protons du noyau atomique de rester liés entre eux.

Depuis plus de 40 ans déjà, les physiciens essayent d'unifier ces forces, tout comme Maxwell, au XIX<sup>e</sup> siècle, avait relié entre elles deux forces apparemment inconciliables : l'électricité et le magné-

tisme. La première question qui s'est posée à eux tenait à la nature des agents de transmission de ces forces ; les interactions entre particules se faisant en effet par l'intermédiaire d'autres particules qui transmettent la force à distance, un peu comme un ballon de rugby transmet une énergie d'un joueur à l'autre. Dans le cas de l'interaction électromagnétique, on savait depuis le début du siècle que le photon jouait ce rôle d'intermédiaire.

La portée d'une force étant inversement proportionnelle à la masse de ce qui la transmet (on lancera plus loin une balle de tennis qu'une boule de pétanque), on en déduisit que, la masse du photon étant nulle, la portée de la force électromagnétique était, elle, infinie. En revanche, les forces (faible et forte) s'exerçant au niveau nucléaire ayant une portée très courte (puisque s'exerçant dans les limites des noyaux atomiques), le physicien japonais Hideki Yukawa suggéra que les messagers de ces forces avaient, contrairement au photon, une masse non nulle. Il y avait donc a priori une grande différence entre l'électromagnétisme et les forces forte ou faible.

En dépit de cette différence, l'Anglais Sheldon Glashow chercha, en 1961, à développer une théorie unifiant dans un même cadre électromagnétisme et force faible. Cette théorie fut mise sur pied par deux savants travaillant indépendamment : elle fut achevée en 1967 par Steven Weinberg et en 1968 par Abdus Salam. Ils reçurent d'ailleurs pour cela le prix Nobel en 1979.

Le point fort de leur théorie était que la force électromagnétique et la

force faible devaient, à des énergies suffisamment élevées, être indifférentiables dans leurs actions. Les messagers de l'une (le photon) et de l'autre (3 particules appelées "bosons intermédiaires") pouvaient dans ce cas servir indifféremment de messagers à la force électrofaible.

Ainsi, peu après le début de notre Univers, au moment où l'énergie était encore très élevée, le photon et les 3 bosons  $W^+$  (charge électrique positive),  $W^-$  (charge négative) et  $Z^0$  (charge neutre) devaient être identiques et, en particulier, avoir tous une masse nulle. L'Univers se refroidissant et l'énergie (proportionnelle à la température) diminuant, la force électrofaible se serait scindée en deux.

C'est cette brisure de symétrie, estiment les physiciens, qui aurait doté les bosons d'une masse, tout en laissant le photon sans masse. Pour expliquer la masse des bosons intermédiaires, l'Anglais Higgs démontra alors qu'il suffisait qu'existe un nouvel ensemble de bosons, que l'on appela d'ailleurs les bosons de Higgs ; c'est eux qui donneraient une masse aux bosons intermédiaires. Ces bosons existent, c'est sûr, mais on s'interroge sur leur nature ; c'est pourquoi la théorie est incomplète.

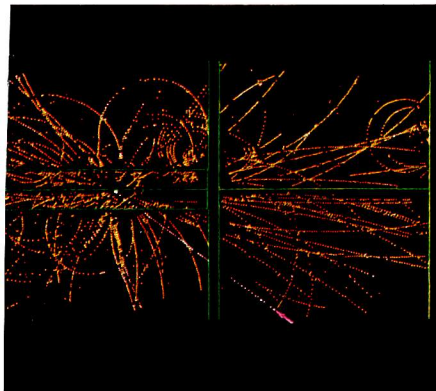
Selon certains physiciens, le mécanisme proposé par Higgs n'est valable que si les bosons en question sont des particules fondamentales (comme l'électron est fondamental, c'est-à-dire indivisible). Or, pour ces physiciens, les bosons de Higgs ne seraient pas fondamentaux, mais composés de particules plus petites, appelées "techniquarks" et responsables d'une nouvelle interaction nommée "technicolore".

Pour résumer cette théorie, très complexe, disons simplement qu'elle implique une masse du boson de Higgs environ 1 000 fois supérieure à celle du proton, et que le boson  $Z^0$  devrait se désintégrer en 2 particules (des "technipions") de masses relativement faibles (entre 10 et 40 fois celle du proton), donc éventuellement observables dans des accélérateurs assez petits. Il reste à confirmer cette théorie par l'expérimentation, mais pour la théorie électrofaible, c'est chose faite.

La masse prévue des bosons intermédiaires étant de 80 GeV (Giga-électronvolts), soit 80 fois celle du proton, il fallait fournir cette énergie pour les observer. C'est pour cela qu'a été construit au CERN le Supersynchrotron à

(1) Dans une désintégration bêta, un neutron se transforme en un proton, un électron et un neutrino.



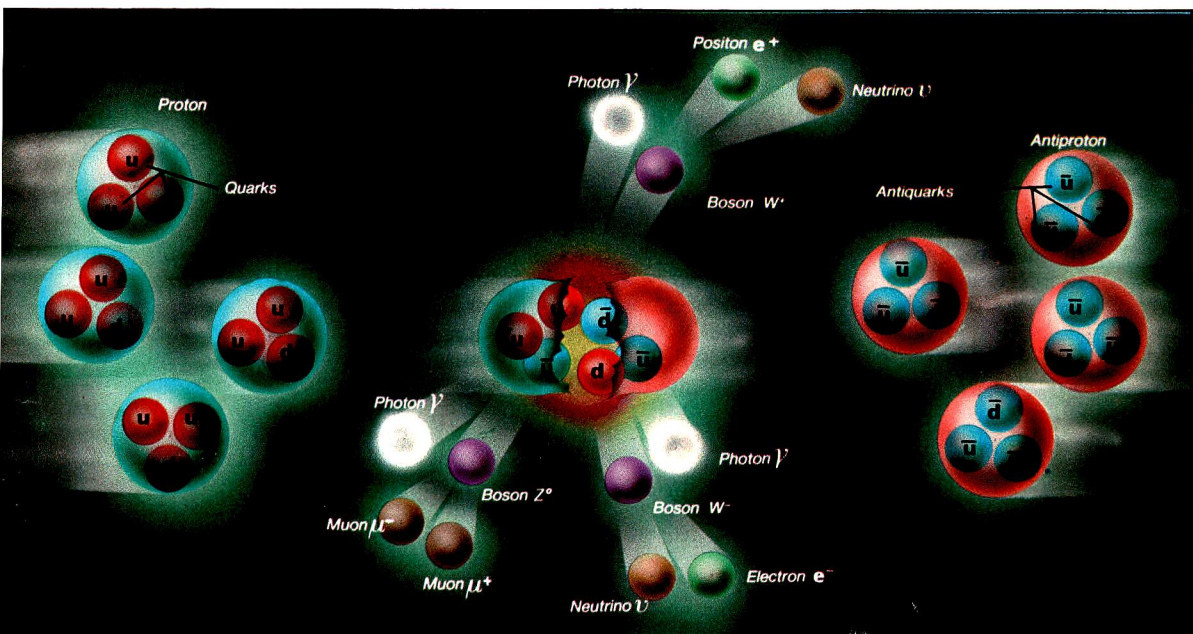


protons à des énergies suffisantes ( $2 \times 270$  GeV) pour créer les bosons intermédiaires. Le projet coûtait quelque 80 milliards de centimes ; il en valait la chandelle, puisqu'on a bien découvert les  $W^+$ ,  $W^-$  et  $Z^0$ .

Ces bosons naissent de la collision entre les particules constituant les protons et les antiprotons, c'est-à-dire les quarks (u, u, d) et les antiquarks ( $\bar{u}$ ,  $\bar{u}$ ,  $\bar{d}$ ). Comme il y a 3 quarks dans un proton et que chaque quark transporte 1/6 de l'énergie totale du proton (le reste étant utilisé par les particules qui lient les quarks entre eux, c'est-à-dire les gluons), la collision entre

que tardivement, car sa production est plus faible que pour le  $W^+$  et le  $W^-$ . En revanche, il est plus facilement détectable, car il se transforme en deux particules chargées, alors que les W se transforment en un électron (ou un positon) et un neutrino (qui, étant sans masse et uniquement sensible à la force faible, est très difficile à piéger).

Cet afflux de résultats "européens" n'a pas laissé les Américains indifférents, car si tant est que la communauté scientifique est internationale, les fiertés nationales n'en sont pas abolies. Du coup, les États-Unis, qui ont toujours eu la manie



Les bosons intermédiaires  $W^+$ ,  $W^-$  et  $Z^0$  sont produits par collision entre les quarks et les antiquarks (voir dessin). Ces derniers sont contenus respectivement dans les protons et les antiprotons, dont les faisceaux sont fortement accélérés en sens inverse dans le synchrotron du CERN, pour obtenir des impacts à très hautes énergies. Sur notre photo, nous voyons l'une des collisions qui a permis d'observer le boson  $W^-$ . Nous ne pouvons pas le voir ici, mais il subsiste l'un des produits de sa désintégration : la trace du passage d'un électron (pointillé blanc marqué d'une flèche rose).

protons (SPS), dans lequel les protons sont poussés à des vitesses (donc à des énergies) telles que de leurs collisions avec une cible peuvent naître de nouvelles particules.

Doté d'une énergie insuffisante, l'appareil a été remanié pour fonctionner "en collisionneur". Dans cette machine en forme d'anneau, deux faisceaux de particules tournent en sens inverse et se heurtent, ce qui permet de doubler l'énergie au moment de l'impact. Les physiciens du CERN utilisèrent des faisceaux de protons et d'anti-

un quark et un antiquark est suffisant pour fournir environ 90 GeV.

Ainsi, lorsqu'un quark u rencontre un antiquark  $\bar{d}$ , il y a production d'un photon  $\gamma$  et d'un boson  $W^+$ , qui lui-même se transforme en un positon ( $e^+$ ) et un neutrino ( $\nu$ ). Le dessin ci-dessus montre trois collisions susceptibles de donner naissance aux bosons  $W^+$ ,  $W^-$  et  $Z^0$ .

Effectivement, en janvier de cette année, les particules  $W^+$  et  $W^-$  ont été observées par l'équipe du Pr Rubbia, suivies en mai par le  $Z^0$ . Ce dernier n'a été observé

et les moyens du gigantisme, ont décidé de construire un accélérateur dont la taille sera de l'ordre de celle de... la Belgique (!), entre 80 et 240 km de circonférence, pour un anneau qui coûtera entre 2 et 3 milliards de dollars. Le "Desert-tron" sera cent fois plus puissant que l'accélérateur LEP du CERN, mais en attendant, les résultats viennent de Genève, et pour encore bon nombre d'années. Et c'est sans doute de là que viendra l'acte de naissance du boson de Higgs.

Sven ORTOLI ■

# ON A TROUVÉ LES PREMIÈRES CELLULES VIVANTES



*Après avoir concentré ses efforts sur les grands monstres disparus, la paléontologie les porte sur les premières cellules vivantes. Les savants les ont trouvées, vieilles d'un milliard d'années, cristallisées dans des roches, et dont toute vie est issue. Ci-dessus, la première cellule eucaryote, à l'origine des plantes, des animaux et enfin des hommes.*

● Que furent les premières cellules vivantes ? Celles dont démarrèrent les espèces vivantes, les "mères" des règnes animal et végétal ? On ne pouvait que les imaginer. On vient de les découvrir, en Afrique une fois de plus, au Mali et en Mauritanie. A l'abri dans des "coffres" de roches silicifiées, elles s'offrent à la curiosité des biologistes après un milliard d'années. L'idéal : elles sont parfaitement bien conservées.

Faisant corps avec les "coffres", il a fallu les scier avec une scie en diamant, de manière à obtenir des séries de lamelles fines. Après polissage avec des abrasifs de plus en plus fins, ces lamelles ont été observées une à une au microscope.

Sur fond de silice, on a vu de petits sphéroïdes, les coccoïdes, qui, d'après les recherches du Pr Edouard Boureau<sup>(1)</sup> exposées récemment au cours d'une séance publique à l'Académie des sciences, sont bien les vestiges de premières cellules vivantes. Plus exactement, il s'agit des ancêtres des procaryotes, unicellulaires à noyau non délimité qui constituent les algues bleues (ou cyanophycées) et les bactéries actuelles.

On a vu aussi au microscope des inclusions sphériques plus grosses, constituées d'assemblages de coccoïdes et qui représentent, elles, l'ébauche de cellules plus évoluées, celles des eucaryotes à noyau délimité, c'est-à-dire tous les végétaux (bactéries et algues bleues exceptées) et animaux actuels. Peut-être tenait-on là une clef du phénomène que fut le passage de la cellule des procaryotes à celle des eucaryotes.

Mieux ! Les lamelles ont montré dans ces gros sphéroïdes des coccoïdes à différents

stades d'évolution, ce qui explique la différenciation de la cellule des eucaryotes. Ceux-ci possèdent, outre un noyau véritable, de petits éléments, ou organites, que les procaryotes n'ont pas : des mitochondries, associées à la respiration de la cellule, et des chloroplastes, associés au processus de la photosynthèse. On en ignorait l'origine. On sait désormais qu'ils ont dérivé de coccoïdes qui ont évolué pour leur propre compte.

En résumé, tout a commencé avec les coccoïdes. D'abord sont nés les procaryotes, puis des cellules plus complexes, les eucaryotes.

L'intuition en était venue en 1918 au Pr Paul Portier. Dans le corps de la blatte, plus connue sous les noms de cafard et cancrelat, il remarqua de petites structures ayant l'aspect de bactéries à peine ébauchées, auxquelles il donna le nom de bactéroïdes. Au microscope, il constata leur étonnante ressemblance avec les mitochondries présentes dans les cellules des eucaryotes. D'où l'idée que bactéroïdes et mitochondries pouvaient avoir un ancêtre commun. Mais à l'époque, les travaux de Portier furent violemment critiqués, les chercheurs interprétant ces bactéroïdes, non pas comme des organismes vivants, mais comme des cristalloïdes, c'est-à-dire comme des structures inertes. Et la thèse de Portier fut oubliée. Plus tard, en 1920, le Pr Mereschowsky nota une analogie entre les bactéroïdes et les chloroplastes, mais ses travaux n'eurent pas plus d'échos que ceux de Portier.

Récemment, après de nombreux échecs de divers chercheurs, Jean-Charles Landureau, professeur de biologie à l'université Pierre et Marie Curie à Paris, a réussi à cultiver ces bactéroïdes. Ce sont bien des organismes vivants. Et, comme tous les organismes vivants, ils contiennent un acide essentiel à la vie : l'acide désoxyribonu-

(1) Professeur de paléobotanique à l'université Pierre et Marie Curie à Paris et membre de l'Académie des sciences.



cléique, ou ADN, que les mitochondries et les chloroplastes contiennent aussi. Autant de faits plaident pour une origine commune à ces trois structures.

Et le coccoïde, d'où vient-il lui-même ? Des acides aminés synthétisés dans l'atmosphère d'ammoniac, de méthane, d'hydrogène sulfuré et de phosphore d'hydrogène du Précambrien. Telle est la thèse développée par le biochimiste soviétique Oparine en 1924, puis vérifiée en 1953 par un biologiste américain de l'université de Chicago, Stanley Miller. Dans un ballon de verre, il reconstitua l'atmosphère terrestre primitive de l'époque précambrienne. Ce ballon était relié par un tube à un autre ballon qui contenait de l'eau simulant la mer primitive. Lorsque l'eau était chauffée jusqu'à ébullition, la vapeur passant par le tube parvenait à l'autre ballon contenant l'atmosphère primitive. Dans cette atmosphère il envoya des décharges électriques de 60 000 volts, simulant ainsi les violents orages dont l'atmosphère de l'époque était le siège. Une semaine après le début de l'expérience, Stanley Miller coupa le courant et soumit le contenu du ballon d'eau à une analyse chimique. Les résultats dépassèrent ses espérances : des acides aminés s'étaient formés.

La matière organique ainsi synthétisée se serait accumulée dans les mers pour constituer ce que le biologiste anglais Haldane appelle la "soupe primitive". Dans ce bouillon, les acides aminés se seraient regroupés formant en quelque sorte les "yeux de la soupe", gouttelettes microscopiques (ou coacervats). Expérimentalement, il est très aisé de provoquer de tels coacervats. Il semblerait que les charges électriques des macromolécules attirant les molécules d'eau isolent les coacervats du milieu.

On disposait maintenant d'agglomérats d'acides aminés, mais ces agglomérats restaient toujours inanimés. Pour prendre vie, c'est-à-dire pour devenir vraiment des coccoïdes, il leur manquait le maillon essentiel : le principe capable de les organiser en protéines spécifiques dont tout être vivant, même le plus simple, est constitué. La nature disposait des briques, mais pas des plans nécessaires à la construction de la maison.

Ces plans, on le sait maintenant depuis une vingtaine d'années, ont l'ADN pour support où ils sont codés en milliers de "phrases", ou gènes, porteurs chacun du programme d'une protéine spécifique, matérialisant elle-même un caractère génétique : la couleur des yeux ou une synthèse d'hormone par exemple.

Le code serait utilisé ainsi : l'ADN transmet une copie de son message à un ARNm (ou acide ribonucléique messager), qui est lu par la machinerie cellulaire. La lecture se fait au mot à mot correspondant à un acide aminé présent dans la cellule. A l'appel de leurs noms, chacun des acides aminés s'aligne à la queue leu leu pour constituer, en fin de phrase, une protéine.

En reproduisant, comme dans l'expérience de

Miller, les conditions qui régnaient au Précambrien, on a aussi réussi à obtenir de l'ADN, mais en pièces détachées. Les résultats de cette expérience spectaculaire réalisée par le Dr Cyril Ponnamperuma, de l'université de Maryland, ont été communiqués en mai dernier au congrès annuel de l'American Association for the Advancement of Science.

Fabriquer de l'ADN est audacieux : ce long ruban est formé d'une suite d'unités, les nucléotides, dont chacun est à son tour formé de trois constituants : un sucre (le désoxyribose), un phosphate et une base. Il n'y a que quatre bases qui participent à la formation de l'ADN : l'adénine (A), la cytosine (C), la guanine (G) et la thymine (T). Mais ces bases sont celles-là mêmes qui, alignées par séquences de trois, définissent le "mot", ou "triplet", qui code un acide aminé. Ainsi la séquence CUC code la leucine, GUG, la valine, etc. Soit 64 combinaisons ou codes possibles. Or, dans la nature, il n'existe que 20 acides aminés ; un même acide aminé peut donc être codé par plusieurs triplets. Enfin, l'ordre des triplets est évidemment très rigoureux, sinon on obtiendrait des protéines aberrantes, rendant toute vie impossible. Aller fabriquer de l'ADN est donc une gageure.

Et pourtant c'est bien ce qu'a fait Ponnamperuma dans un double ballon évoquant un gros sablier. L'atmosphère simulée était dans le ballon supérieur, tandis que l'eau simulant la mer primitive était dans le ballon inférieur. Des décharges électriques furent envoyées dans le ballon supérieur, tout comme dans l'expérience de Miller. Mais en plus on simula l'énergie ultraviolette du soleil en déclenchant une décharge électrique dans de l'argon sous pression. Ce procédé, mis au point par la NASA, sert à tester le matériel des capsules et vaisseaux avant leur envoi dans la haute atmosphère.

Et pour simuler les particules dont la Terre était alors inondée, on utilisa un accélérateur linéaire. Les résultats furent aussi nets que ceux de Miller : de l'adénine et de la guanine, deux des quatre bases de l'ADN, furent synthétisées. Et quand on s'avisait d'envoyer des radiations ionisantes dans le milieu d'expérience, on obtint du désoxyribose, le sucre de l'ADN.

La synthèse de l'ADN a donc pu être possible au Précambrien. Reste à déterminer comment s'est établi l'ordre des bases dans l'ADN, cet ordre qui définit le code génétique et qui est nécessaire pour passer de la pré-vie à une vie organisée. Généralement, les savants s'en tirent en arguant que la nature a eu le temps de son côté, qui ne se mesure pas en jours ni en mois comme les expériences de laboratoire, mais en milliards d'années. Argument douteux, car il explique mal comment organiser sans erreur des milliers de bases à la queue leu leu. L'image chère à certains est que l'on aura beau agiter pendant des millions de millénaires les pièces détachées d'un Boeing, on n'obtiendra jamais

qu'un tas de ferraille. Et pourtant un réacteur est plus simple que la moins évoluée des cellules.

Peut-être faut-il observer, toutefois, que le Boeing, dans cette image, est préconçu. Pour reprendre cette image que les déterministes utilisent à tout propos, le Boeing n'est pas non plus né d'un coup ; il procède de tâtonnements, d'échecs et de coups de chance, qui vont des rêves d'ingénieur de Vinci aux premiers essais des frères Wright. Lui aussi est donc né d'une évolution et, pour faire une cellule, la Nature a sans doute procédé de même par tâtonnements successifs. Car on trouve plus sûrement quand on ne cherche pas un objet déterminé... L'ADN fut donc pour la première fois synthétisé au Précambrien. A quel moment ? Mystère. Il y a un trou, après lequel on trouve les coccoïdes, que l'on peut, eux, dater : ceux qu'ont trouvés dans des échantillons de roches d'époque précambrienne au Mali et en Mauritanie les <sup>Prs</sup> Théodore Monod et René Dars <sup>(2)</sup> sont vieux de 800 millions à 1 milliard d'années, d'après les mesures de radioactivité au rubidium-strontium. Ce ne seraient peut-être pas les plus anciens ; dans le sud-ouest du Groenland on en a mis au jour qui avaient 3,8 milliards d'années, mais leur signification est fortement discutée.

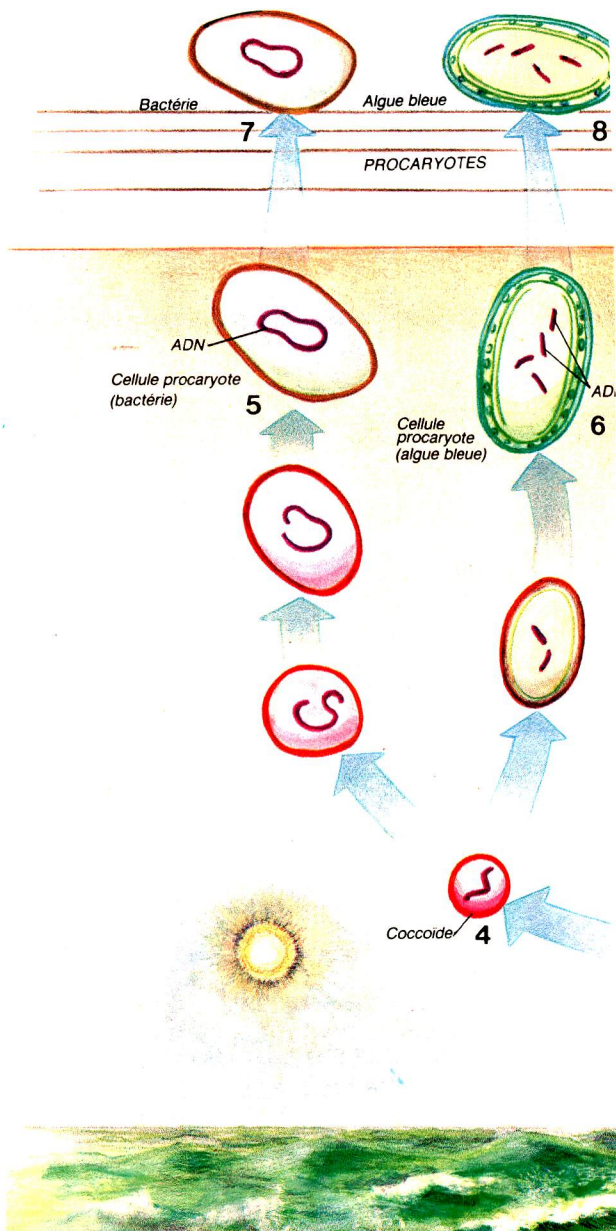
Nommés en raison de leur ressemblance avec les cocci de la flore bactérienne actuelle, les coccoïdes sont des cellules végétales, car d'après les théories de l'évolution, les végétaux sont apparus avant les animaux. Mesurant, à l'état initial, de 4 à 5 microns, ils subirent pendant plus de 3 milliards d'années (de - 4 milliards à - 600 millions d'années, durée du Précambrien) de profonds remaniements. Par évolution parallèle, ils donnèrent des formes aujourd'hui disparues, d'autres qui ont survécu sans évoluer jusqu'à la période actuelle (algues bleues et bactéries notamment), et d'autres enfin qui ont donné les cellules eucaryotes à l'origine des végétaux et animaux actuels.

Les *Kakabekia umbellata* trouvés dans les terrains précambriens de Gunflint au Canada résulteraient du bourgeonnement d'algues bleues issues de coccoïdes, et les fossiles d'*Ediacara* trouvés en Australie dans des terrains de la fin du Précambrien seraient les premières cellules eucaryotes.

Tous les sphéroïdes n'auraient pas évolué en cellules eucaryotes. Les laissés-pour-compte auraient fini par disparaître après avoir subi quelques remaniements mais sans avoir jamais vraiment évolué. Les autres, par contre, donneront à la fin du Précambrien les premiers eucaryotes qui, ensuite, se différencieront sans arrêt, s'organiseront, varieront, se réorganiseront. L'oxygène est alors apparu, le reste est mieux connu !

**Pierre ROSSION ■**

(2) Le <sup>Pr</sup> Théodore Monod est membre de l'Institut et professeur de biologie et géologie au Muséum national d'histoire naturelle ; le <sup>Pr</sup> René Dars est professeur de géologie à l'université de Nice et ancien doyen de cette université.

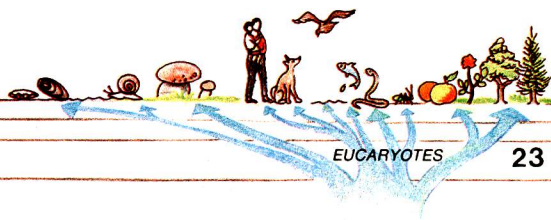


## LES ORIGINES DE L'ORIGINE DE LA

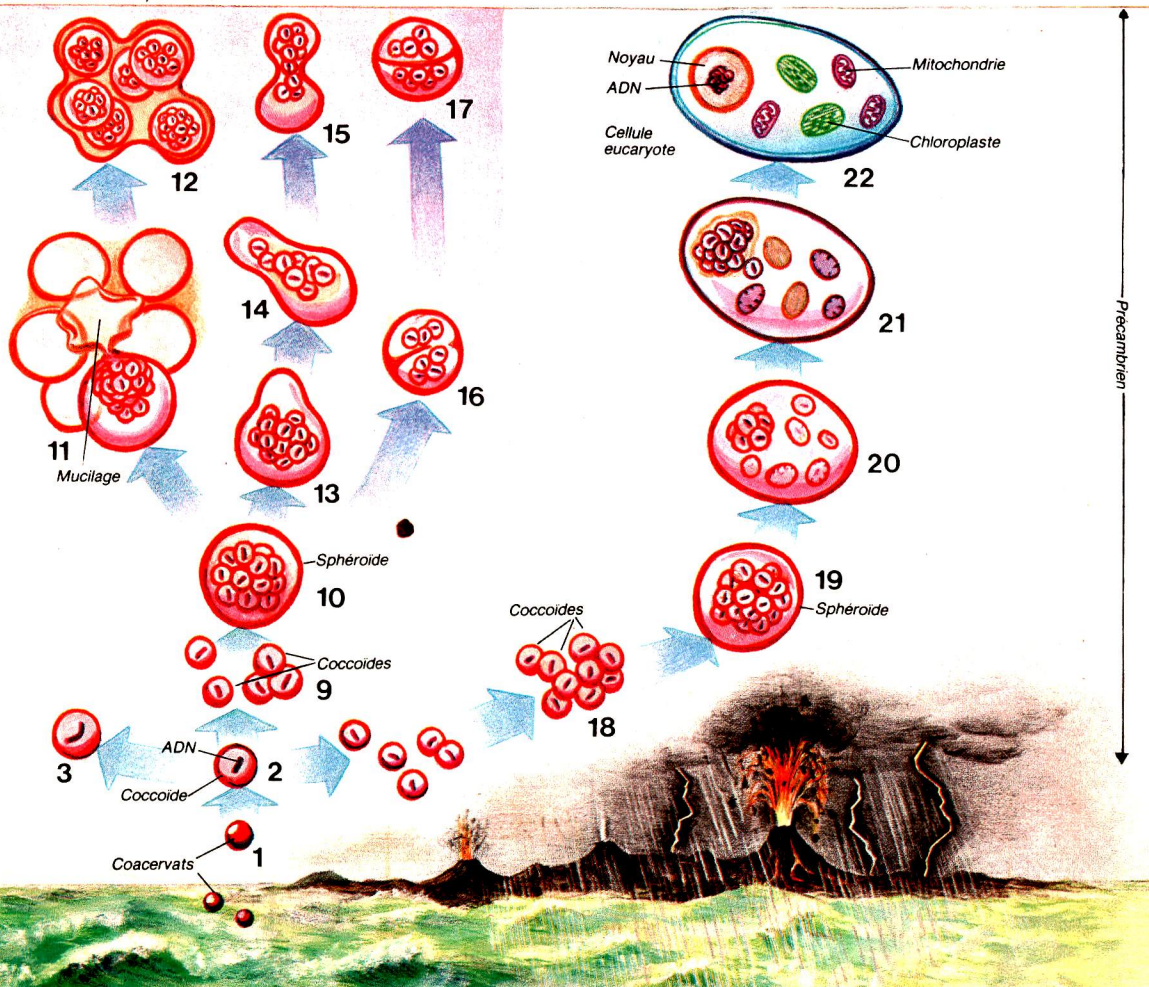
Au début du Précambrien, il y a 3 à 4 milliards d'années, l'atmosphère, alors composée de méthane, d'ammoniac et d'hydrogène, était durement irradiée par le soleil et fortement perturbée par de violents orages, liés à une importante activité volcanique. Il en résulta, par transformation chimique de l'atmosphère, une synthèse d'acides aminés qui s'accumulèrent et se regroupèrent dans la mer pour former des gouttelettes, dites coacervats (\*). Puis ces derniers donnèrent, sans que l'on sache précisément comment, des cellules vivantes élémentaires contenant de l'ADN, les coccoïdes (\*\*), qui suivirent ensuite trois processus d'évolution différents.

**Processus 1** (à gauche). Par évolution individuelle, chaque coccoïde (<sup>2</sup>, <sup>3</sup> et <sup>4</sup>) donne, soit des bactéries (<sup>5</sup>), soit des algues bleues (<sup>6</sup>), c'est-à-dire des micro-organismes constitués d'une seule cellule avec





Colonie de sphéroïdes



## VIE SUR NOTRE PLANÈTE

un ADN libre : ce sont les "procaryotes". Ensuite, ces bactéries et ces algues bleues n'évoluent plus, de sorte que celles que l'on trouve aujourd'hui (7 et 8) sont identiques à celles du Précambrien.

**Processus 2** (au centre). Plusieurs coccoides (9) se groupèrent pour former un sphéroïde (10). Celui-ci, par sécrétion d'un mucilage (substance visqueuse), aurait alors permis la différenciation d'autres sphéroïdes (11), aboutissant à une colonie de sphéroïdes (12). Mais chaque sphéroïde (10) a pu aussi être le siège de divisions selon les deux processus classiques :

● Par division directe : le sphéroïde produit d'abord une excroissance (13), s'allonge (14), puis s'étrangle progressivement dans sa région médiane (15), pour donner finalement deux sphéroïdes-fils (cette dernière étape n'a pas été représentée sur le dessin car elle n'a été observée sur aucun fossile).

● Par division indirecte (ou mitose) : sur certains fossiles on a pu constater que des sphéroïdes avaient produit une membrane séparant, d'abord partiellement (16), puis ensuite totalement (17), le sphéroïde en deux. Mais là, nous en sommes réduits aux hypothèses, car ce processus est resté sans suite au-delà du Précambrien.

**Processus 3** (à droite). Là encore plusieurs coccoides (18) se seraient regroupés en un sphéroïde (19). Mais dans ce cas, chacun aurait évolué pour son "propre compte" au sein du sphéroïde (20 et 21), donnant, qui un noyau, avec son ADN, qui des mitochondries, qui des chloroplastes, c'est-à-dire finalement les éléments constituant une cellule eucaryote (22). Au début de l'ère primaire, cette cellule aurait littéralement "explosé" pour constituer l'ensemble des animaux (homme compris) et végétaux eucaryotes actuels (23).

# La guérison de la timidité

On parle beaucoup d'une récente découverte qui permettrait de guérir radicalement la timidité.

D'après W.R. Borg, la timidité ne serait pas une maladie morale, mais une maladie physique.

« Prenez, dit-il, un timide. Empêchez-le de trembler, de rougir, de perdre son attitude naturelle pour prendre une attitude ridicule. Montrez-lui comment il peut éviter ces manifestations physiques de son émotion et vous l'aurez guéri de son mal.

Jamais plus il ne se troublera, ni pour passer un examen, ni pour déclarer son amour à une jeune fille, ni même s'il doit un jour parler en public.

Mon seul mérite est d'avoir découvert le moyen qui permet à chacun, instantanément et sans effort, de maîtriser ses réflexes. »

Il semble bien, en effet, que W.R. Borg a trouvé le remède définitif à la timidité.

J'ai révélé sa Méthode à plusieurs de mes amis. L'un d'eux, un avocat, était sur le point de renoncer à sa carrière, tant il se sentait bouleversé chaque fois qu'il devait prendre la parole ; un prêtre, malgré sa vaste intelligence, ne pouvait se décider à monter en chaire ; ils furent tous stupéfaits par les résultats qu'ils obtinrent.

Un étudiant, qui avait échoué plusieurs fois à l'oral du baccalauréat, étonna ses professeurs à la dernière session, en passant son examen avec un brio étourdissant.

Un employé, qui osait à peine regarder son directeur, se sentit soudain l'audace de lui soumettre une idée intéressante et vit doubler ses appointements.

Un représentant, qui hésitait cinq bonnes minutes devant la porte de ses clients avant d'entrer, est devenu un vendeur plein de cran et irrésistible.

Sans doute désirez-vous acquérir, vous aussi, cette maîtrise de vous-même, cette audace de bon aloi, qui sont si précieuses pour gagner les dures batailles de la vie.

Je ne peux pas, dans ce court article, vous exposer en détail la Méthode Borg, mais j'ai décidé son auteur à la diffuser auprès de nos lecteurs.

Priez donc W.R. Borg de vous envoyer son intéressant ouvrage documentaire « Les Lois Eternelles du Succès ». Il vous l'adressera gratuitement.

Voici son adresse : W.R. Borg, dépt 265, chez AUBANEL - 6, place St-Pierre, 84028 Avignon Cedex.

E. DE CASTRO.

## BON GRATUIT

A remplir en lettres majuscules, en donnant votre adresse permanente, et à retourner à W.R. Borg, dépt 265, chez Aubanel - 6, place St-Pierre, 84028 Avignon Cedex, pour recevoir, sans engagement de votre part et sous pli fermé, « Les Lois Eternelles du Succès ».

NOM \_\_\_\_\_ PRENOM \_\_\_\_\_  
N° \_\_\_\_\_ RUE \_\_\_\_\_

CODE POSTAL \_\_\_\_\_ VILLE \_\_\_\_\_  
AGE \_\_\_\_\_ PROFESSION \_\_\_\_\_

Aucun démarcheur ne vous rendra visite.

# GRAND THÉORÈME DE FERMAT : UN PAS VERS LA DÉMONSTRATION



Le  
mathématicien  
Pierre  
de Fermat

*Le "grand théorème de Fermat" est sans doute le plus célèbre de l'histoire des mathématiques. Mais, bien qu'il ait été énoncé par Pierre de Fermat il y a plus de trois siècles, on ne sait toujours pas s'il est vrai ou faux ! Personne, en effet, n'a jamais réussi à le démontrer, pas plus qu'à prouver la proposition contraire. Un jeune mathématicien allemand vient cependant d'établir un important résultat qui constitue peut-être le premier pas vers la solution de l'énigme.*

● On ne saura jamais si la longueur du nez de Cléopâtre a réellement changé la face du monde <sup>(1)</sup>. En revanche, il est indiscutable que si la marge de l'*Arithmétique* de Diophante <sup>(2)</sup> avait été plus large (du moins dans les éditions de cet ouvrage parues au début du XVII<sup>e</sup> siècle), l'histoire des mathématiques aurait suivi un cours différent. C'est en effet dans cette marge, à la page où est traité le problème consistant à trouver un nombre entier dont le carré soit égal à la somme des carrés de deux autres nombres (exemple :  $5^2 = 3^2 + 4^2$ ), que le mathématicien Pierre de Fermat inscrit, en 1637, l'annotation suivante :

« D'autre part, un cube n'est jamais la somme de deux cubes, une puissance quatrième n'est jamais la somme de deux puissances quatrièmes, et plus généralement aucune puissance d'exposant supérieur à deux n'est la somme de deux puissances analogues. J'ai découvert une démonstration assez remarquable de cette proposition, mais elle ne tiendrait pas dans cette marge. »

Si Fermat avait eu la place d'écrire sa démonstration, l'une des grandes énigmes de

l'histoire des mathématiques n'aurait pas existé. Il mourut en 1665. Son fils fit alors publier une nouvelle édition de l'*Arithmétique*, avec les notes écrites par Fermat. Ces notes furent abondamment étudiées par les grands mathématiciens de l'époque. Cet intérêt est compréhensible, car Pierre de Fermat avait lui-même été un mathématicien de tout premier ordre, bien que non professionnel (il était magistrat, et sa carrière se déroula à Toulouse et à Castres). Tous les résultats énoncés par Fermat — le plus souvent sans démonstration — ont pu être redémontrés par la suite. Tous, sauf un : précisément celui qui est connu sous le nom de "grand théorème de Fermat" et dont l'énoncé fait l'objet de la citation ci-dessus. Il est remarquable de constater que cet énoncé est extrêmement simple et peut être compris par n'importe quel écolier. Sa formulation algébrique est la suivante : l'équation  $X^n + Y^n = Z^n$ , où  $X$ ,  $Y$  et  $Z$  sont trois nombres entiers et où  $n$  est un exposant entier supérieur à 2, n'a pas de solution (si l'on excepte la solution banale  $X = Y = Z = 0$ ).

Depuis trois siècles, toutes les tentatives de démonstrations menées par les plus brillants esprits que comptent les mathématiques se sont soldées par des échecs. Et cela bien que des pans entiers de l'algèbre moderne soient issus des recherches sur le grand théorème de Fermat. Paradoxalement, ces recherches ont donné lieu à de si riches développements que le grand théorème lui-même n'apparaît plus aujourd'hui que

(1) C'est Blaise Pascal qui écrit dans ses *Pensées* (publiées en 1670) : « Le nez de Cléopâtre : s'il eût été plus court, la face du monde en eût été changée. »

(2) Diophante (325-410), mathématicien grec de l'école d'Alexandrie, est l'auteur d'un traité *Sur les nombres polygones*, dont seul un fragment nous est parvenu, et surtout de l'*Arithmétique*, premier exposé méthodique d'algèbre qui exerça une grande influence chez les Arabes et, plus tard, chez les mathématiciens de la Renaissance.



comme un problème, sinon secondaire, du moins extrêmement spécifique et ponctuel !

Ce qui rend le grand théorème de Fermat si difficile à établir, c'est, entre autres choses, le fait qu'il énonce une impossibilité. En mathématiques, il est toujours plus facile de prouver qu'une chose est possible — il suffit pour cela d'exhiber un exemple qui réalise cette possibilité — que de prouver qu'elle est impossible. En effet, l'impossibilité ne doit pas seulement être établie pour un certain nombre de cas particuliers — même si ce nombre est élevé — mais pour tous les cas imaginables. S'il y a une infinité de cas, il est clair qu'on ne pourra jamais vérifier l'impossibilité en les examinant successivement. Il faut donc trouver une démonstration générale, qui s'applique à tous les cas sans exception.

Ainsi, imaginons que l'on veuille établir le théorème de Fermat en procédant de la manière suivante : pour chaque exposant  $n$  supérieur à 2, on essaie successivement tous les triplets d'entiers  $(X, Y, Z)$ , et on s'assure pour chacun d'eux que  $X^n + Y^n$  n'est pas égal à  $Z^n$ . Même si l'on confiait cette tâche à l'ordinateur le plus puissant du monde, il n'en aurait jamais fini. Pour une raison évidente : il y a une infinité d'exposants possibles, et pour chacun d'eux, une infinité de triplets d'entiers à tester.

Notons, malgré tout, que l'ordinateur n'est pas inutile. Au cours des trois dernières décennies, son emploi méthodique a permis de montrer que le théorème de Fermat est vrai pour tous les exposants inférieurs à 125 000. Autrement dit, on est désormais certain que l'équation  $X^n + Y^n = Z^n$  n'est jamais vérifiée par trois entiers  $X, Y$  et  $Z$  si  $n$  est plus petit que 125 000. Ce résultat, faut-il le préciser, a été obtenu par une méthode plus "intelligente" que la vérification pure et simple.

En fait, dans l'état actuel des choses, même si l'on réussissait à prouver qu'il existe un contre-exemple au théorème de Fermat — autrement dit un exposant  $n$  supérieur à 125 000 et un triplet d'entiers  $X, Y, Z$  tels que  $X^n + Y^n = Z^n$  — on ne pourrait pas le vérifier numériquement en calculant effectivement  $X^n, Y^n$  et en contrôlant que leur somme est égale à  $Z^n$ . La raison en est que ce calcul numérique ferait intervenir des nombres trop grands.

On peut en effet démontrer que  $Z$  devrait nécessairement être plus grand que l'exposant, et par conséquent  $Z^n$  serait supérieur à  $125\,000^{125\,000}$ , un nombre à plus de 500 000 chiffres ! Du reste, d'autres éléments permettent d'affirmer qu'un éventuel contre-exemple au théorème de Fermat impliquerait des nombres encore plus grands.

Mais cela ne suffit pas à prouver que le contre-exemple n'existe pas. Le mathématicien a sur l'ordinateur cette supériorité que, pour lui, le nombre le plus gigantesque n'a pas moins d'existence que ceux sur lesquels il effectue aisément des calculs mentaux. On pourrait dire, d'une manière un peu caricaturale, que le théorème de Fermat est vrai dans les limites d'un cerveau électronique, mais peut être faux dans celles d'un cerveau humain (et mathématicien !).

Pour le rendre complètement vrai, il faudrait établir une démonstration générale, qui ne dépende pas des particularités de tel ou tel nombre, ou de tel ou tel groupe de nombres. Et c'est précisément là que le bât blesse : toutes les démonstrations que l'on a trouvées jusqu'ici s'appuient sur des propriétés particulières de l'exposant  $n$ , qui ne sont vérifiées que pour certains  $n$ , mais ne le sont pas pour une infinité d'autres  $n$ . De sorte qu'à chaque fois, la démonstration correspondante n'est qu'une démonstration partielle, valable pour un certain nombre de cas particuliers, mais non pour tous.

La plus ancienne de ces démonstrations partielles est due à Fermat lui-même, et concerne le cas où  $n = 4$ . C'est la seule démonstration d'arithmétique que Fermat ait laissée, et elle figurait également parmi les annotations qu'il avait portées en marge de l'ouvrage de Diophante. En fait, la démonstration ne concernait pas directement l'équation  $X^4 + Y^4 = Z^4$ , mais un problème qui peut y être rattaché, celui de triangles pythagoriciens. On appelle ainsi un triangle rectangle dont les trois côtés ont des longueurs entières. Si ces longueurs sont notées  $A, B$  et  $C$ ,  $C$  étant la longueur de l'hypoténuse, le théorème de Pythagore affirme que  $A^2 + B^2 = C^2$  (d'où la dénomination de triangle pythagoricien). Autrement dit,  $A, B$  et  $C$  sont une solution de l'équation  $X^2 + Y^2 = Z^2$  dont nous avons parlé au début de cet article (et que l'on appelle aussi "équation de Pythagore").

Le problème résolu par Fermat est de montrer que la surface d'un triangle pythagoricien ne peut pas être un carré, autrement dit qu'il ne peut exister un entier  $D$  tel que  $1/2 AB = D^2$  ou, si l'on préfère, tel que  $AB = 2D^2$ . Il serait trop long de reproduire ici la démonstration de Fermat, mais sa méthode mérite d'être décrite, car elle constitue l'un des apports les plus originaux et les plus féconds de Fermat à la théorie des nombres. Cette méthode s'appelle la "descente infinie" et repose sur un raisonnement par l'absurde, c'est-à-dire un raisonnement qui consiste à admettre provisoirement la négation de ce que l'on veut prouver, et à montrer qu'il en résulte une contradiction.

Le principe général est le suivant : Fermat suppose que son problème admet une solution, donc qu'il existe quatre nombres entiers  $A, B, C$  et  $D$  tels que  $A^2 + B^2 = C^2$  et  $AB = 2D^2$ . Ensuite, par une série de manipulations algébriques, il en déduit qu'il existe alors nécessairement une nouvelle solution  $A', B', C', D'$  telle que le triangle dont les côtés ont pour longueurs  $A', B', C'$  est strictement plus petit que le triangle de départ, ou, ce qui revient au même, tel que l'hypoténuse  $C'$  est strictement plus petite que  $C$ . Comme la manipulation précédente peut être appliquée aux nouvelles longueurs, il en résulte immédiatement qu'il existe une troisième solution  $A'', B'', C'', D''$  avec  $C''$  strictement plus petit que  $C'$ .

Mais le processus peut être itéré indéfiniment, ce qui revient à dire qu'il existe une suite strictement décroissante d'entiers positifs  $C > C' > C'' \dots$

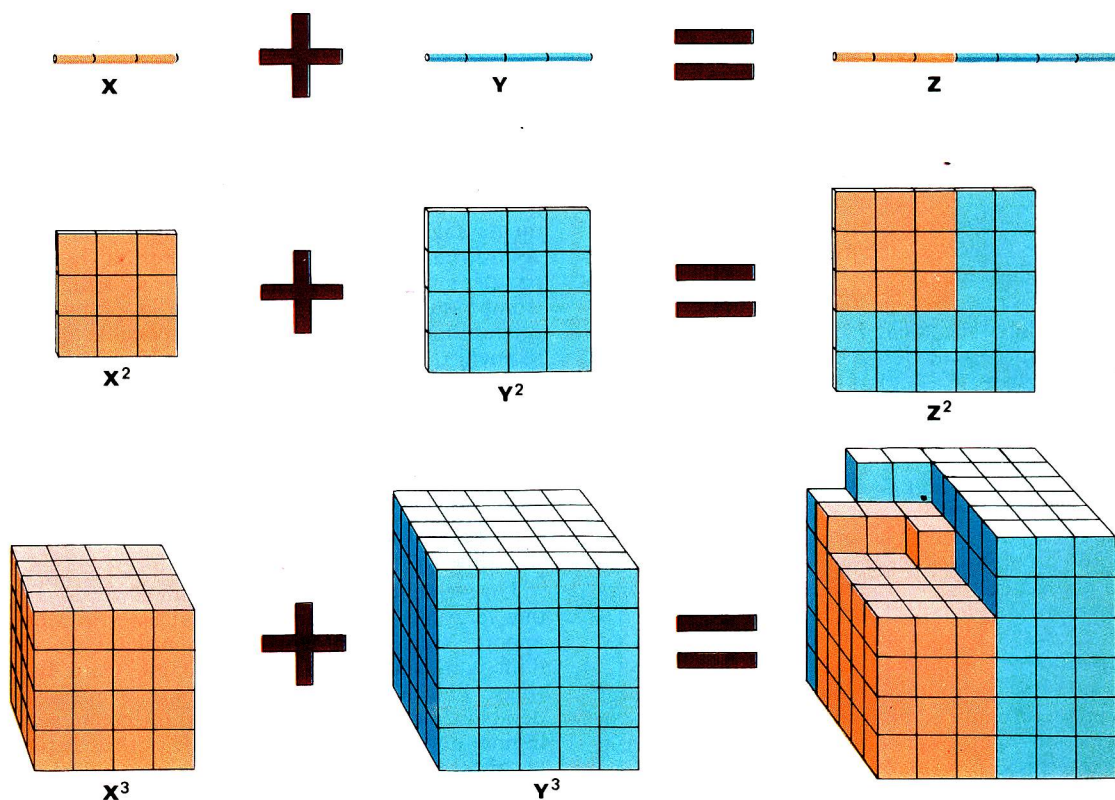
Or une telle suite ne peut exister, car cela impliquerait qu'il peut y avoir une infinité d'entiers positifs et plus petits qu'un entier donné, ce qui est évidemment faux (il y a très exactement  $N - 1$  entiers positifs plus petits que  $N$ ). On est donc parvenu à une contradiction, ce qui prouve que l'hypothèse de départ, à savoir qu'il existe un triangle pythagoricien dont la surface soit un carré, est fautive. Par conséquent, un tel triangle n'existe pas. C.Q.F.D.

Partant de ce résultat, une petite astuce permet de déduire l'impossibilité de l'équation  $X^4 + Y^4 = Z^4$  en nombres entiers. Raisonnons encore par l'absurde en supposant qu'il y a une solution, que nous noterons  $u, v, w$ . Autrement dit  $u^4 + v^4 = w^4$ . Posons alors  $A = v^4$ ,  $B = 2u^2w^2$ ,  $C = u^4 + w^4$  et  $D = v^2uw$ . Le lecteur qui n'est pas rebuté par les calculs pourra constater que l'on a alors  $A^2 + B^2 = C^2$  et  $2AB = D^2$ , donc que le triangle rectangle dont les côtés ont pour longueur  $A, B$  et  $C$  est un triangle pythagoricien dont la surface

plus tard, le mathématicien suisse Leonhard Euler démontra le théorème pour  $n = 3$ , également en se servant de la méthode de la descente infinie. La démonstration d'Euler comportait en fait une légère erreur, mais avec quelques remaniements, on pouvait la rendre rigoureuse.

Le cas  $n = 5$  fut ensuite traité, en 1823, par Adrien Legendre par la méthode de "montée infinie", dans laquelle on démontre que l'existence d'une solution est équivalente à celle d'un nombre qui admet des diviseurs aussi grand que l'on veut (chose manifestement impossible).

Quinze ans plus tard, Gabriel Lamé démontra le théorème pour le nombre premier suivant, c'est-à-dire 7. Il faut ici introduire une précision dont nous n'avions pas besoin précédemment : c'est que lorsque l'on a établi le théorème de Fermat pour un certain exposant  $n$ , on l'a du même coup établi pour tous les multiples de  $n$ . En effet, tout multiple  $m$  de  $n$  peut s'écrire sous la forme "d multiplié par  $n$ ", ou plus simplement



**L'équation  $X^n + Y^n = Z^n$ , où  $X, Y$  et  $Z$  sont des entiers, a une solution pour  $n = 1$  : deux segments de longueurs  $X$  et  $Y$  peuvent s'additionner pour donner un segment de longueur  $Z$ . Elle a une solution aussi pour  $n = 2$  : deux carrés de côtés  $X$  et  $Y$  peuvent s'additionner pour donner un carré de côté  $Z$ . Mais elle n'a pas de solution pour  $n = 3$  : on ne peut additionner deux cubes d'arêtes  $X$  et  $Y$  et obtenir un cube d'arête  $Z$ . Ni pour toute autre valeur de  $n$  supérieure à 2.**

est un carré. Comme nous savons qu'un tel triangle n'existe pas, cela signifie que  $u, v$  et  $w$  n'existent pas non plus, donc que  $X^4 + Y^4 = Z^4$  est impossible en nombres entiers.

Fermat avait donc établi son théorème dans le cas où l'exposant  $n$  est égal à 4. Environ un siècle

plus tard, le mathématicien suisse Leonhard Euler démontra le théorème pour  $n = 3$ , également en se servant de la méthode de la descente infinie. La démonstration d'Euler comportait en fait une légère erreur, mais avec quelques remaniements, on pouvait la rendre rigoureuse.

l'exposant  $m$  ne peut donc avoir de solution si l'équation avec l'exposant  $n$  n'en a pas.

La conséquence de ceci est qu'il n'est pas nécessaire, pour démontrer le théorème de Fermat, de l'établir pour tous les exposants entiers, mais seulement pour ceux qui sont des nombres premiers (c'est-à-dire qui ne sont divisibles que par eux-même et par 1). Cela ne change pas grand-chose à ce que nous avons dit jusqu'ici, car il existe une infinité de nombres premiers, mais cela explique qu'il ne soit pas nécessaire de démontrer le théorème pour  $n = 6$  : étant vrai pour 3, il est automatiquement vrai pour  $2 \times 3$ .

Revenons au cas  $n = 7$ . La démonstration de Lamé était un morceau de bravoure assez impressionnant, mais elle dépendait fortement des particularités du nombre 7, et de plus était d'une extrême complication. Bref, elle ne se prêtait guère à la moindre généralisation, et la mise au point d'une autre méthode s'imposait, si l'on voulait aller plus loin.

L'étape suivante allait être dominée par le nom de l'arithméticien allemand Ernst Eduard Kummer. Il n'est pas possible, ici, de décrire, même sommairement, les travaux de Kummer, car ils sont trop complexes (ils reposent justement sur les propriétés de certains nombres qui appartiennent au corps des nombres complexes). Disons seulement que la méthode de Kummer a donné naissance à l'une des branches les plus importantes de l'algèbre moderne, que l'on appelle la "théorie des idéaux".

Pour le théorème de Fermat, Kummer obtint des résultats spectaculaires. Qu'on en juge : les démonstrations de Legendre pour  $n = 5$  et de Lamé pour  $n = 7$  avaient été considérées comme des prouesses. Or, en 1847, Kummer établit le théorème pour tous les exposants premiers inférieurs à 100, à l'exception de 37, 59 et 67 !

La démonstration de Kummer était basée sur une certaine propriété que devait posséder l'exposant premier  $n$ . Dans la terminologie actuelle, on dit d'un nombre premier qui possède la propriété en question qu'il est "régulier". Tous les nombres premiers inférieurs à 100 sont réguliers, sauf 37, 59 et 67, et c'est pourquoi la démonstration de Kummer ne s'appliquait pas dans ces trois cas.

Kummer pensait que l'ensemble des nombres premiers réguliers était infini, mais ni lui, ni personne d'autre après lui, ne réussit jamais à le démontrer. En revanche, on a pu prouver qu'il y a une infinité de nombres premiers qui ne sont pas réguliers, et pour lesquels la méthode de Kummer ne permet donc pas de démontrer le théorème de Fermat. Chose curieuse, parmi les nombres premiers auxquels on peut accéder par le calcul numérique, il y en a nettement plus qui sont réguliers (la proportion est d'environ 60 % de réguliers).

Ainsi, on a vérifié avec des calculateurs que sur les 550 nombres premiers impairs inférieurs ou égaux à 4001, il y en a 216 irréguliers et 334 réguliers. Par conséquent la catégorie qui semble la plus "grosse" est celle dont on ne sait même pas si elle a une infinité de représentants,

alors que l'on sait d'ores et déjà que la plus "maigre" est, elle, infinie...

La conséquence de ce qui précède est qu'il y a toujours une infinité de cas pour lesquels le théorème de Fermat n'est pas démontré. La condition trouvée par Kummer — le fait que l'exposant  $n$  soit régulier — est ce que l'on appelle une condition suffisante mais non nécessaire : si elle est vérifiée, le théorème l'est aussi, mais si elle ne l'est pas, le théorème peut également être vrai, sans qu'on puisse l'affirmer ni l'infirmier.

Par la suite, Kummer trouva une condition suffisante plus large, que satisfaisaient certains nombres premiers irréguliers, y compris 37, 59 et 67. Depuis, on a trouvé encore d'autres conditions suffisantes qui permettent de grossir l'ensemble des exposants pour lequel le grand théorème de Fermat est démontré. Mais aucune de ces conditions n'est vérifiée par tous les exposants premiers, et l'on n'a même pas pu montrer que la plus large de ces conditions est vérifiée par une infinité d'exposants premiers. De sorte qu'il reste toujours possible, même si c'est peu vraisemblable, que le théorème de Fermat soit faux à partir d'un certain nombre, qui serait nécessairement extraordinairement grand.

En fait, la majorité des mathématiciens pensent aujourd'hui que le théorème est vrai, même s'il y a de fortes présomptions pour que, contrairement à son affirmation, Fermat ne l'ait pas démontré. Autrement dit, il ne se serait pas trompé sur le résultat, mais sur la preuve de ce résultat. Il est parfaitement possible qu'au moment où il annotait l'ouvrage de Diophante, il ait cru avoir trouvé la démonstration ; puis qu'il se soit rendu compte, plus tard, que cette démonstration était fausse ; mais que, comme ses notes n'étaient pas destinées à être publiées, il n'ait pas jugé utile de les rectifier. Évidemment, on ne peut pas exclure non plus qu'il ait réellement trouvé une démonstration, même si cela paraît de moins en moins vraisemblable.

Un élément supplémentaire tendant à prouver que le grand théorème de Fermat est vrai a été apporté très récemment par un brillant travail d'un jeune mathématicien allemand, Gerd Faltings. Le 26 mai dernier, Faltings a réussi à démontrer un résultat fort important connu sous le nom de "conjecture de Mordell", et sur lequel les chercheurs butaient depuis 60 ans.

Précisons que l'exploit de Faltings — même si 60 ans ne sont pas trois siècles, un problème qui résiste pendant une telle durée n'est assurément pas simple — ne visait pas du tout la démonstration du théorème de Fermat. L'énoncé que Faltings a démontré est infiniment plus général et plus riche de conséquences que celui de Fermat. Il a été formulé pour la première fois en 1922 par un Américain, professeur à Cambridge (Grande-Bretagne), Mordell. Ce dernier pressentait que l'énoncé était vrai, mais il ne réussit pas à l'établir. Une telle proposition, que les mathématiciens "sentent" intuitivement comme vraie sans savoir le prouver est appelée une "conjec-



ture", d'où la désignation de "conjecture de Mordell".

La conjecture de Mordell, que l'on peut désormais rebaptiser "théorème de Faltings", est un énoncé "géométrico-arithmétique" qui concerne les courbes algébriques. La notion générale de courbe algébrique est difficile à définir, mais nous pouvons en donner une image en considérant une classe particulière de telles courbes (il en existe beaucoup d'autres que celles que nous allons décrire). Soit un polynôme à trois variables,  $X, Y$  et  $Z$ , que nous noterons  $P(X, Y, Z)$ . Nous supposons, de plus, que ce polynôme est homogène, c'est-à-dire qu'il est formé de monômes de degrés égaux. Par exemple,  $X^3 + Y^3 + Z^3$  est un polynôme homogène, alors que  $X^3 + Y + YZ$  ne l'est pas.

Du point de vue géométrique, chaque triplet de nombres  $(X, Y, Z)$  peut être considéré comme les coordonnées d'un point dans l'espace à trois dimensions muni d'un repère orthogonal. L'équation  $P(X, Y, Z) = 0$  permet alors de définir un ensemble de points. Un point de coordonnées  $(u, v, w)$  appartient à l'ensemble si  $P(u, v, w) = 0$ , et n'y appartient pas dans le cas contraire. L'ensemble ainsi défini est une courbe algébrique.

Le théorème de Faltings affirme qu'une telle courbe, pourvu qu'elle soit définie par un polynôme de degré au moins égal à 4 et qu'elle vérifie une autre condition que l'on formule en disant que la courbe est "lisse" (nous ne pouvons pas définir plus précisément cette notion ici), qu'une telle courbe, donc, ne possède qu'un nombre fini de points dont les coordonnées soient des nombres entiers et premiers entre eux (c'est-à-dire n'ayant pas de diviseur commun).

En quoi cela a-t-il un rapport avec le théorème de Fermat? Eh bien, examinons l'équation  $X^n + Y^n = Z^n$  : si nous l'écrivons sous la forme équivalente  $X^n + Y^n - Z^n = 0$ , nous voyons qu'elle définit une courbe algébrique, car le polynôme  $X^n + Y^n - Z^n$  est manifestement homogène. Si nous supposons, de plus, que  $n$  est supérieur ou égal à 4, nous constatons que nous sommes dans les conditions d'application du théorème de Faltings (le fait que la courbe obtenue soit lisse doit être admis sans démonstration). Par conséquent, la courbe ne possède qu'un nombre fini de points dont les coordonnées sont des nombres entiers et premiers entre eux.

Or il est clair que cela revient à dire que l'équation  $X^n + Y^n = Z^n$  n'a qu'un nombre fini de solutions en nombres entiers premiers entre eux. Autrement dit, on a montré que, pour n'importe quel  $n$  supérieur ou égal à 4, le théorème de Fermat, s'il est faux, ne peut l'être que de manière limitée.

Arrêtons-nous un instant sur la condition "nombres entiers premiers entre eux". Pourquoi devons-nous spécifier que les nombres sont premiers entre eux? La raison est facile à comprendre : supposons qu'il y ait une solution  $(u, v, w)$  de l'équation  $X^n + Y^n = Z^n$ , pour un certain  $n$ . Alors on peut immédiatement en déduire une famille infinie de solutions : ce sont

tous les triplets  $(mu, mv, mw)$  où  $m$  est un entier quelconque. En effet, si  $u^n + v^n = w^n$ , alors  $(mu)^n + (mv)^n = m^n u^n + m^n v^n = m^n(u^n + v^n) = m^n w^n = (mw)^n$ , et  $(mu, mv, mw)$  est une solution de l'équation. Mais, bien entendu, c'est une solution formée de nombres qui ne sont pas premiers entre eux, puisqu'ils ont au moins  $m$  comme diviseur commun.

En fait, c'est une propriété que partagent toutes les équations algébriques homogènes : toute solution, multipliée par un facteur quelconque, donne une nouvelle solution. C'est pourquoi, dans l'énoncé du théorème, nous avons dû préciser que les nombres étaient premiers entre eux.

Cela dit, nous voyons que le théorème de Faltings ne suffit pas du tout à établir celui de Fermat. Il fournit cependant une indication importante, car jusqu'ici, on n'avait aucune idée du nombre de solutions possibles à l'équation  $X^n + Y^n = Z^n$ , dans l'éventualité où elle en admettrait. De plus le théorème de Faltings est le premier énoncé qui nous donne une indication valable pour toutes les valeurs de l'exposant  $n$ , et pas seulement pour un nombre limité de ces valeurs. Enfin, le fait qu'il résulte d'une approche totalement différente des précédentes, et tout à fait nouvelle, est fort encourageant, car il montre que toutes les possibilités n'ont pas été explorées.

Il est donc probable qu'on n'en restera pas là. D'autant plus que Faltings a, au passage, démontré deux autres conjectures émises respectivement par le mathématicien soviétique Chaparévitch et l'Américain Tate (leur formulation est trop technique pour la citer ici), et de nombreux mathématiciens de talent travaillent sur le sujet. A ce propos, il faut noter que la démonstration de Faltings utilise des résultats dus à plusieurs chercheurs français, notamment le Pr Deligne, de l'IHES (Institut des hautes études scientifiques de Burres-sur-Yvette), et du Pr Raynaud, de l'université d'Orsay. Ajoutons que la stratégie de la démonstration avait été, dans ses grandes lignes, développée par le groupe du Centre de mathématiques de l'École normale supérieure qu'anime Lucien Szpiro. Bien entendu, tout ceci ne retire rien au mérite de Faltings.

Les grandes énigmes mathématiques se résolvent souvent par un processus qui n'est pas sans rappeler la fameuse "théorie des dominos" : un premier résultat "tombe", avec pour conséquence un second résultat, qui à son tour entraîne un troisième, et ainsi de suite jusqu'à ce que l'on découvre que l'énigme peut enfin être résolue. Le premier résultat pouvait être, en apparence, fort éloigné du problème qui faisait l'objet de l'énigme, cela n'empêche pas qu'il déclenche la bonne chaîne de déduction. Dans la théorie des dominos, le premier domino n'a pas de contact direct avec le dernier, et pourtant sa chute aboutit en fin de compte à provoquer celle du dernier domino. Le théorème de Faltings constitue peut-être le premier domino de la série qui fera "tomber" le théorème de Fermat.

**Michel de PRACONTAL ■**

# SENSIBLE, SOCIABLE ET PRÉVENANT EN AMOUR : LE HOMARD

*Les premières études approfondies sur le comportement de ce crustacé de choix révèlent des traits qui évoquent des caractères humains et qui sont inattendus. Il en ressort au moins que le homard a un comportement élaboré, et même "raffiné".*

● Sensible, sociable, "prévenant", oui, c'est bien au homard que s'appliquent ces épithètes. Du moins au homard américain (pas "armoricain"), *Homarus americanus* ou *lobster* en anglais, qui a fait l'objet de recherches approfondies par les Drs Jelle Atema et Charles Derby, au laboratoire de biologie marine de Woods Hole, au Massachusetts. Il n'y a pas de raisons de penser qu'ils diffèrent des autres homaridés, tous des décapodes : *Nephrops norvegicus* ou *scampi*, *Homarus gammarus* de la Méditerranée ou de l'Atlantique, *Homarus capensis*, d'Afrique du Sud, *Palinurus elephas* ou langouste européenne, *Palinurus interruptus* de Californie, *Palinurus argus* des Caraïbes, *Jasus lalandei* d'Afrique du Sud. On n'a pas, toutefois, pu observer aussi bien les homards mous et aveugles des grands fonds (1).

Sensible, *H. americanus* l'est grâce à la multitude de récepteurs sensoriels qui recouvrent pattes, antennes et carapace. Ces récepteurs sont capables de détecter avec précision des acides aminés qui composent les protéines d'une proie à proximité ; parfois, ils le sont pour un seul de ces acides aminés. C'est ainsi que le homard flaire avec les pattes ; si les récepteurs de celles-ci détectent une effluve intéressante, le homard remue les pattes, tout comme le chien tend l'oreille.

En enregistrant avec des électrodes les impulsions nerveuses trans-

mises le long des pattes jusqu'au cerveau, Atema et Derby ont pu vérifier la spécificité des chimiorécepteurs en question : ceux-ci détectent bien le chlorure d'ammonium, produit du métabolisme des mollusques et de la décomposition des chairs par des bactéries, mais non l'urée, qui n'est pas un produit d'excrétion courant parmi les animaux qui font l'ordinaire du homard. Le homard perçoit ainsi, avec les pattes, une cinquantaine de substances, dont l'hémoglobine du sang.

Comble de sensibilité : si les molécules détectées se ressemblent, le homard sait les différencier.

La manière de manger mérite compliment : quant il a repéré une proie, le homard la touche soit avec une antenne, soit avec une patte, soit encore avec un de ses maxillipèdes, membres antérieurs qui ne servent pas à marcher, mais qui font office de mains : maître homard saisit la moule avec les maxillipèdes, puis l'ouvre par une pression de sa grosse pince le long de la fente qui sépare les coquilles.

Mais le homard ne s'avance vers sa proie que lorsque les stimuli détectés par les récepteurs ont été suffisamment nombreux. Il semble bien qu'il y ait dans le système nerveux central une intégration des différentes informations recueillies. Quand, expérimentalement, on insensibilise les récepteurs en les lavant à l'eau distillée ou en les recouvrant de colle, on constate qu'il existe une synchronisation entre les messages enregistrés et les mouvements des pattes.

Social, le homard l'est parce qu'il apprécie apparemment la société de ses semblables et élit domicile auprès d'eux.

Quant à sa "prévenance", elle ressort de l'étude de son comportement sexuel. C'est d'abord la femelle qui a le privilège de choisir son partenaire, et les airs de samouraï de ce crustacé n'excluent pas un comportement délicat. La femelle ayant choisi son mâle, le plus gros possible, elle quitte sa résidence habituelle pour aller s'installer près de celle de l'élu, entreprenant un va et vient devant la "porte", au cours duquel elle libère des "signes", composés chimiques qui permettent à de très nombreuses espèces animales de communiquer. Le mâle se met alors sur le seuil de sa tanière, sans toutefois manifester de l'agressivité.

La femelle passe ensuite au second stade de son manège : elle entre dans la tanière ; le mâle esquisse quelques mouvements dits "de boxe". La femelle abaisse ses pinces au sol et les pousse contre celles du mâle, ou bien fait mine de repartir. Le mâle arrête sa mimique de boxe. De temps en temps, la femelle ressort pour "prendre l'eau", puis revient, séjournant chaque fois de plus en plus longtemps.

À la fin, quand elle veut sortir, le mâle parfois lui barre la porte. Pourtant, la femelle ne semble pas disposée à se montrer infidèle, témoignant plutôt de l'agressivité aux autres mâles qu'elle rencontre à l'extérieur.

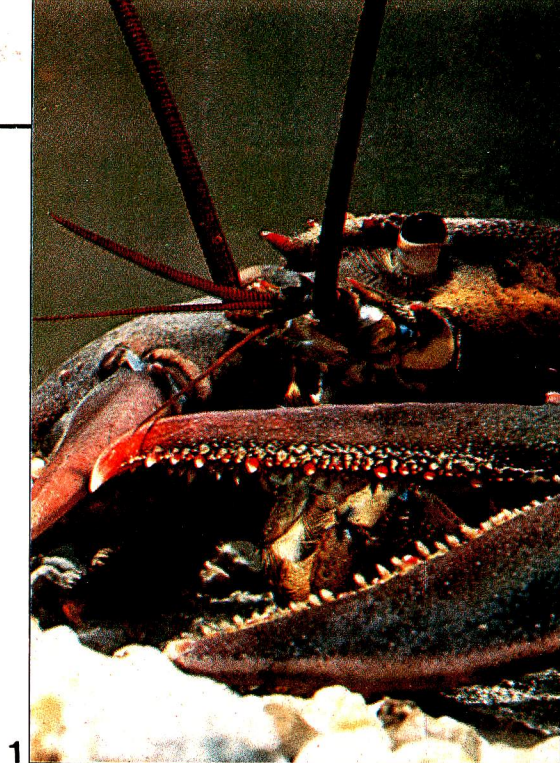
Jusque-là, les rapports des deux consistent en palpations des antennes. Mais au bout de quelques jours de cohabitation, la femelle mue ; elle se déshabille littéralement en un quart d'heure, généralement le matin, puisqu'elle perd sa carapace ; et c'est avec de grandes précautions que le mâle s'accouple avec elle.

L'accouplement commence par des simulacres du mâle, accompagnés, pendant une période qui va de 20 à 40 minutes, de mouvements de la femelle. Puis, usant de ses pattes et de ses maxillipèdes, le mâle retourne ce homard nu qu'est sa partenaire et la met sur le dos sans la blesser, avec des signes qui évoquent beaucoup la prévenance humaine. Celle-ci ouvre alors ses pattes et déroule sa queue et, en quatre à cinq reprises, le mâle, avec sa paire de gonopodes, dépose sa semence dans le réceptacle femelle ou "annulus".

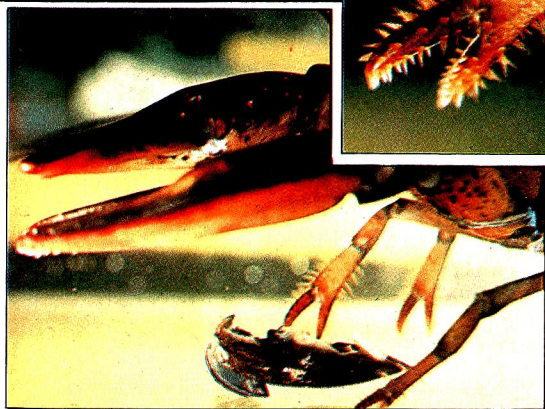
L'acte accompli, le mâle se restaure souvent en consommant une partie de la carapace rejetée par la femelle, mais en prenant

(1) De tous les homards proprement dits, caractérisés par leurs pinces, l'américain est celui qui atteint les plus grandes dimensions. Une carapace conservée au musée de Boston mesure 1,20 m. L'animal pesait 41 kg.





1



2



3



6



4



5

**Le homard américain (1), qui se dissimule parfois derrière ses pinces, peut identifier une proie, la localiser et sans doute évaluer sa distance avec ses antennes et antennules pointées vers le haut. Ensuite, avec deux de ses pattes qui lui servent de mains, il pourra se diriger vers cette proie, en l'occurrence une moule (2). Dans les deux cas, cette "hypersensibilité" au milieu est due à des milliers de cellules chimioréceptrices, situées sur ces mêmes antennes et pattes (3). Ainsi, en plongeant les pattes du homard dans de l'eau distillée (4), on supprimera le pouvoir sensoriel pendant plusieurs heures. Et avec une infime quantité de pétrole (5), on le rendra malade. Par ailleurs, un mode de respiration particulier lui permet de capter l'oxygène de l'eau (6). Ici un colorant a permis de faire apparaître la "plume" de l'expiration.**

alors soin d'en laisser toujours une partie pour sa compagne qui a besoin du carbonate de chaux de son ancienne vêture pour en refaire une nouvelle. Tant que la femelle est vulnérable, le mâle bloque l'entrée de sa tanière avec ses pinces, soit pour empêcher sa compagne de sortir, soit pour la protéger. La cohabitation dure d'une semaine à dix jours, le temps que se reforme la carapace de la femelle.

Celle-ci reconstituée, le couple se sépare ; d'abord pendant de courtes périodes, puis de façon définitive. Au total, l'union n'aura duré qu'une quinzaine de jours. Pendant quelques jours, la femelle hante encore les parages du mâle, puis elle regagne son ancienne tanière ou s'installe ailleurs.

Il est d'ailleurs de son intérêt de s'éloigner de son ancien partenaire, pour éviter d'être attaquée et dévorée par lui, puisque, l'union

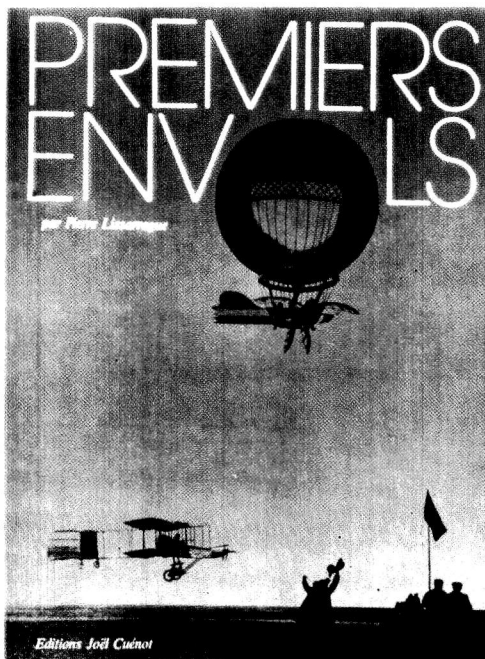
achevée, elle n'est plus pour lui qu'une étrangère. Le cannibalisme n'est pas exceptionnel chez les homards, en dépit du sens social signalé plus haut.

Atema, qui avait marqué des homards avec un anneau à la patte, a pu suivre leurs déambulations nocturnes. Il ressort de ses observations que les homards d'une région semblent se rendre des visites fréquentes, dont l'objet reste à déterminer.

Le Dr Richard Cooper, de l'Institut des pêches américain, a suivi les migrations des homards américains depuis un petit sous-marin : elles s'effectuent à l'automne vers le sud et en été vers le nord, le long des mêmes routes, donnant parfois lieu à des guerres territoriales avec des crabes. Ce sont les homards qui en sortent le plus souvent vainqueurs.

**Jean FERRARA ■**





### A ceux qui ont rêvé et qui ont osé voler !

Texte du général Pierre Lissarague,  
Directeur du musée du Bourget.

1 vol. 24 x 33 cm, 176 pages, 320 reproductions dont  
54 en couleurs et 40 dessins, relié toile sous jaquette  
illustrée en couleurs.

**290 F ttc**

Tous les objets et documents de cet ouvrage  
proviennent du musée de l'Air et de l'Espace  
du Bourget. Ce musée est le plus riche du monde  
pour tout ce qui concerne les débuts de  
l'aéronautique et de l'aviation.

Pages après pages nous voyons les montgolfières,  
ballons, cerfs-volants, parachutes; nous voyons  
d'extravagants projets qui nous amènent à la  
construction des premiers avions, à la  
construction des premiers avions, à la  
merveilleuses et dangereuses machines...

Plus légers ou plus lourds que l'air, ces engins  
se sont élevés dans les cieux et nous ne pouvons  
que nous émerveiller de ce que voulurent et  
purent les hommes.

**BON DE COMMANDE** à retourner à  
**Sous le Vent BP 138-08 75363 Paris Cedex 08**

nom ..... prénom .....

adresse .....

code postal ..... date .....

**PREMIERS ENVOLS 290 F ttc** Signature

☐ Port et emballage : 35 F pour le 1<sup>er</sup> volume  
et 15 F par volume supplémentaire

☐ chèque postal ou bancaire joint.  
Délai de livraison : 2 semaines.

## CONSERVEZ VOTRE COLLECTION SCIENCE & VIE



### Les 2 reliures 45 F franco

**Recouvertes de simili-cuir marron foncé  
avec impression dorée, les reliures  
Science & Vie vous permettront de  
conserver intacte votre collection. Cha-  
que reliure est conçue pour classer six  
revues.**

Les reliures ancien modèle sont toujours à votre  
disposition.

### BON DE COMMANDE

à découper ou recopier et retourner, paiement  
joint, à Science & Vie, 5 rue de la Baume  
75008 PARIS.

Veillez m'adresser ..... lots de 2 reliures au  
prix de 45 F franco les deux (Etranger 50 F)

☐ nouveau modèle ☐ ancien modèle

Nom .....

Prénom .....

Adresse .....

Code postal .....

Ville .....

Ci-joint mon règlement de ..... F établi à  
l'ordre de Science & Vie par ☐ chèque bancaire  
☐ chèque postal ☐ mandat-lettre.

Etranger : mandat international ou chèque com-  
pensable à Paris. SV 789

# LES SAVANTS TRICHENT PARFOIS...

*Il y a apparemment beaucoup plus de tricheurs dans la science qu'autrefois ; c'est aussi qu'il y a beaucoup plus de savants. Une infime minorité d'entre eux plagient les travaux des autres, se les approprient ou falsifient leurs résultats. Seuls d'autres savants peuvent les débusquer ; mais encore faut-il qu'ils soient aidés par la chance.*

● En quelques années d'une brillante carrière, un cancérologue publie une soixantaine d'articles, pillés dans des publications scientifiques. Un immunologiste badigeonne des souris blanches au feutre, pour faire croire qu'elles ont accepté des greffes de peau de souris foncées ; un astronome ajoute sa signature au rapport d'une de ses élèves, et reçoit un prix Nobel ; un jeune médecin se fabrique une carrière avec des plagiat : la fraude n'épargne pas le respecté monde scientifique. Coups durs pour le prestige des savants, fussent-ils, dans leur immense majorité, scrupuleusement honnêtes. Quand une mouche se pose sur le plus beau visage, c'est elle que l'on voit d'abord.

La tricherie scientifique n'est pas une pratique récente. Ptolémée, le "plus grand astronome de l'Antiquité", prétendait rapporter le fruit de ses observations. En fait, il les calculait d'après les théories d'Hipparque. Une étude publiée il y a quelques années (voir *Science & Vie* n° 730, juillet 1978) montre que sur 31 observations que Ptolémée affirma avoir faites lui-même, 26 au moins sont fabriquées, et que sur 38 qu'il attribue à ses prédécesseurs, 13 au moins sont truquées pour étayer sa théorie.

Galilée, qui soutenait que la preuve ultime d'une théorie se trouve dans l'observation du monde vrai, et qui aurait passé des heures, selon la légende, à faire tomber des cailloux de la tour penchée de Pise, et à rouler une boule de cuivre le long d'une rigole creusée dans une planche, reconnaissait lui-même ne pas avoir réalisé des expériences qu'il décrivait. De plus, on sait aujourd'hui que des expériences aussi grossières ne pouvaient le conduire à des résultats précis. D'ailleurs, dans son *Dialogue de deux grands*

*systèmes du monde*, il affirme que l'expérimentation n'est pas toujours nécessaire : « ... sans aucune expérience, je peux affirmer que c'est ainsi, car cela ne peut être autrement. »

Le grand Newton lui-même semble avoir "ajusté" les résultats de ses expériences. Grégoire Mendel, moine autrichien, et père de la génétique moderne, a publié, pour soutenir sa théorie sur la transmission des caractères héréditaires, des chiffres que la statistique, science récente, estime trop beaux pour être vrais. Mais peut-être n'est-ce que la faute d'un moineillon trop zélé ou trop prompt à satisfaire son abbé.

Plus récemment, l'examen des notes du physicien américain Robert-A. Millikan, prix Nobel 1923 pour sa définition de la charge électrique de l'électron, a montré qu'il avait simplement omis de faire état des résultats contrariant ses conclusions.

Il y a aussi les naïfs, comme René Blondot, découvreur de l'hilarant rayon N (ainsi nommé parce que Blondot enseignait à Nancy), censé émaner d'une source de rayons X et qui devenait apparent lorsque l'on augmentait l'intensité d'une étincelle entre deux fils électriques... L'intensité accrue était appréciée à l'œil nu (appareil ô combien subjectif !). Très vite, plusieurs physiciens confirmèrent l'observation. On "reconnut" ainsi des rayons N dans des gaz, des champs magnétiques, et même dans la zone du cerveau associée au langage lorsqu'une personne parlait !

En 1904, l'Académie des sciences attribua le prix Leconte à Blondot. Sur 300 rapports scientifiques, un seul émit des doutes sur l'existence du fameux rayon : le physicien américain R. W. Wood, ayant subtilisé une pièce essentielle à l'expérience au cours d'une visite au labora-

à l'expérience au cours d'une visite au laboratoire de Blondot, constata avec stupeur que Blondot faisait toujours aboutir son expérimentation. Il rédigea un article dévastateur ; mais on voulut encore, en France, croire au rayon N pendant quelques années.

La fraude proprement dite est une maladie endémique du monde scientifique. A Detroit, en mai dernier, l'Association américaine pour l'avancement des sciences s'est penchée sur la question à la suite de la publication d'un ouvrage de William Broad et Nicholas Wade, tous deux rédacteurs à la revue de l'AAAS, *Science*. *Betrayers of the Truth* (les traîtres de la vérité) postule que la science est trop idéalisée et pas véritablement soumise à contrôle. Certes, la plupart des fraudes sont révélées pas d'autres savants, mais l'ennui est qu'elle a été d'abord commise. Trois garde-fous pourraient théoriquement la réduire, sinon l'éliminer :

- Le "jugement des pairs", qui donnent leur avis aux bailleurs de fonds.
- La relecture systématique des manuscrits scientifiques par des experts avant publication.
- Enfin, la reprise des expériences par d'autres scientifiques, qui doit aboutir aux mêmes résultats.

Et puis, indiquent Wade et Broad, il faut un peu de chance. C'est le hasard seul qui dénonça le Dr John Roland Darsee, jeune chercheur à la célèbre Harvard Medical School et qui, en deux ans, a publié près de deux cents articles et résumés, dont certains co-signés par son chef de service, le cardiologue Eugène Braunwald, directeur de deux laboratoires de recherche ayant reçu plus de trois millions de dollars de financement des National Institutes of Health (NIH), qui sélectionnent les projets de recherche d'intérêt national qui méritent d'être financés.

Le "jugement des pairs" fut toujours favorable à Darsee, et ce sont finalement ses collègues de laboratoire qui le prirent en flagrant délit, fabriquant des résultats qui ne correspondaient à aucune recherche réelle. Harvard mit longtemps à reconnaître la fraude, mais deux autres universités où le Dr Darsee avait exercé ses talents avaient aussi conclu à la fraude. 14 ans de tricherie, puis une fin brutale de carrière. Pourtant l'université de Harvard n'a toujours pas retiré ses travaux de la circulation. Dans cette affaire le "jugement des pairs" a incontestablement reçu une gifle monumentale.

L'arbitrage "impartial" comporte lui aussi des risques de faille, comme l'illustre le cas peu connu du Dr Helena Wachslicht-Rodbard. Spécialiste du diabète, elle cherchait comment les molécules d'insuline s'attachent respectivement aux cellules sanguines des personnes saines et des diabétiques. Ses travaux aboutirent à la rédaction d'un article sur les anomalies des récepteurs

d'insuline dans les cellules sanguines des patients atteints d'anorexie. Confiante en ses résultats, elle soumit son rapport pour publication au prestigieux *New England Journal of Medicine*.

Trois mois plus tard, le manuscrit lui fut rendu, refusé pour avoir soulevé trop d'avis contradictoires. Ce que le Dr Rodbard ne savait pas, c'est que l'expert choisi était le Pr Philip Felig, chef du service des recherches en endocrinologie à la faculté de médecine de Yale, dont un adjoint, Vijay R. Soman, poursuivait justement les mêmes recherches. Le Dr Felig avait transmis l'article à Soman "pour arbitrage" alors qu'il aurait dû en faire lui-même la critique. Le Dr Soman en fit une photocopie et rendit l'original assorti d'une opinion négative, que le Pr Felig retourna à la revue signée de son nom.

C'est alors que les recherches de Soman s'accéléchèrent et, un mois plus tard, il soumettait ses conclusions à une autre revue de grande réputation, l'*American Journal of Medicine*. L'article, co-signé par le Pr Felig, qui faisait partie du comité de rédaction, fut envoyé pour arbitrage au Pr J. Roth, chercheur au NIH, qui le soumit à son tour à l'arbitrage de son adjoint... le Dr Rodbard. On imagine la stupéfaction de celle-ci quand elle retrouva jusqu'à des phrases entières de ses propres travaux dans le manuscrit de Soman. Pour sa défense, ce dernier avoua seulement qu'il s'était aidé du premier article, « parce qu'il possédait mal la langue anglaise ».

Le plagiat fut reconnu bien des mois plus tard, et une enquête montra en outre que le Dr Soman avait falsifié les résultats de ses propres expériences de laboratoire pour accorder ses conclusions avec celles bien étayées du Dr Rodbard. Le Dr Soman est retourné dans son pays, avec un impressionnant dossier de publications, et le Dr Felig, éclaboussé un temps par l'affaire, retrouva son poste un moment perdu à Yale. Autant pour l'efficacité de l'arbitrage !

La troisième barrière à la fraude semble la plus difficilement surmontable, encore qu'il soit rare que des chercheurs soient suffisamment motivés et disposent du temps et des moyens pour reproduire l'expérience décrite par leurs collègues, pour une vérification qui ne leur vaudra rien. De plus, les récompenses, dans le domaine des sciences, vont aux travaux originaux, remarque Nicholas Wade. Si un chercheur refait l'expérience d'un autre, c'est en général pour améliorer ou affiner le résultat. Quand il ne réussit pas, il faut avant tout qu'il vérifie que la faute ne lui en incombe pas.

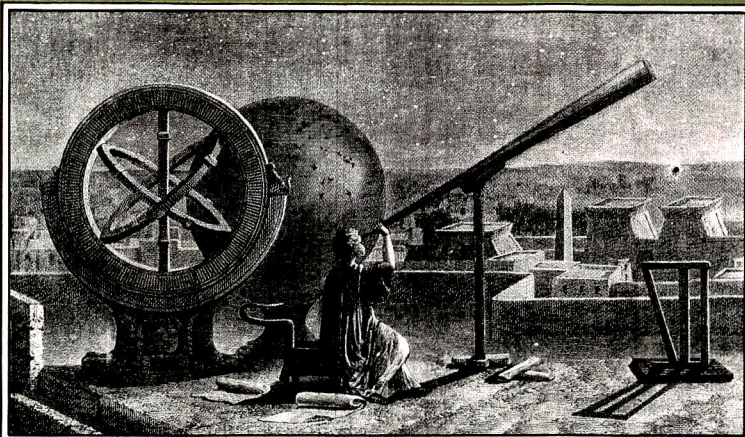
Le cas de Mark Spector démontre la fragilité de ce troisième garde-fou. Efraïm Racker, chercheur de réputation internationale, frappé de l'habileté expérimentale de cet étudiant de 24 ans, lui avait confié la tâche de purifier un enzyme (l'ATPase du sodium-potassium) qui intervient dans le métabolisme de la membrane des cellules. Le Pr Racker pensait, comme plusieurs de



ses collègues, que cet enzyme perdait de son efficacité dans certaines cellules cancéreuses. Spector le "vérifia" rapidement, détermina comment l'enzyme devenait inefficace dans les seules cellules tumorales, et identifia quatre autres enzymes (des kinases) qui se modifiaient les uns après les autres, en cascade, pour influencer sur le premier

l'autorité de Racker, biochimiste de renom ; elle fut publiée dans un article de la revue *Science* en juillet 1981, et connut un formidable intérêt. Personne n'alla vérifier ; mieux, de nombreux chercheurs partirent des données expérimentales de Spector pour leurs propres recherches et l'invitèrent même, comme étant le plus habile

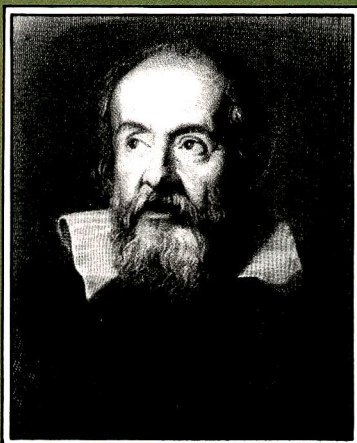
## PTOLÉMÉE, MENDEL, ET MÊME NEWTON !



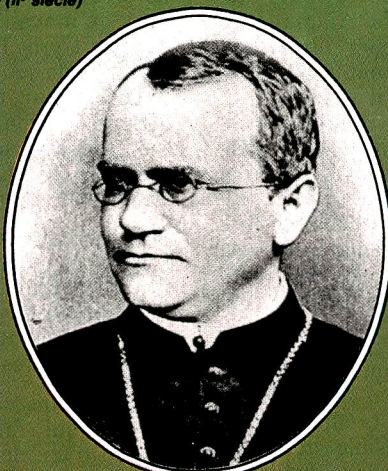
Hipparque (II<sup>e</sup> siècle)



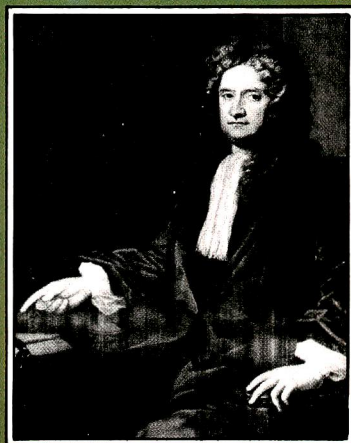
Claude Ptolémée (90-168)



Galileo Galilei (1564-1642)



Gregori Mendel (1822-1884)



Isaac Newton (1642-1727)

**La tricherie scientifique ne date pas d'aujourd'hui.** Ainsi, Ptolémée, "le plus grand astronome de l'Antiquité", prétendait rapporter ses propres observations alors qu'il les calculait d'après les théories d'Hipparque ; Galilée, fondateur de la dynamique et "premier véritable expérimentateur", reconnu lui-même avoir décrit des expériences qu'il n'avait pas réalisées ; Mendel, le père de la génétique moderne, a publié, pour soutenir sa théorie sur la transmission des caractères héréditaires, des chiffres trop beaux pour être vrais ; le grand Newton lui-même est soupçonné d'avoir "ajusté" les résultats de ses expériences.

enzyme (ATPase) dans les cellules cancéreuses. Enfin, pour couronner le tout, Spector "montra" que certaines kinases de la cascade étaient les produits de gènes portés par des virus cancérigènes.

Comme par miracle, les pièces du puzzle s'emboîtaient pour former une théorie cohérente sur l'origine de certains cancers, et soutenue par

d'entre tous, à venir purifier dans leurs laboratoires leurs propres kinases. Ses expériences réussissaient tellement bien !

Un jour, cependant, le Pr Volker Vogt, virologue à la même université Cornell, préféra tenter l'expérience non pas avec l'aide, mais avec le matériel de Spector. Il constate alors que les plaques de gélatine utilisées pour l'électrophorèse

(migration différentielle de substances sous l'effet d'un champ électrique) contenaient de l'iode radio-actif qui modifiait à volonté les protéines pré-sélectionnées pour leur poids moléculaire. L'expérience était préparée de telle façon qu'elle ne pouvait rater !

Donc, il n'existe pas de garantie absolue. La révélation d'une fraude est souvent due au hasard. D'autres exemples montrent que le tricheur audacieux, astucieux et connaissant bien les règles du jeu peut aller très loin dans la mystification. C'est aujourd'hui le cas, rendu célèbre par la presse, d'Elias A. K. Alsabti, champion hors catégorie du plagiat scientifique.

Alsabti, soi-disant apparenté à la famille royale de Jordanie (il est irakien), fit sa première "découverte" alors qu'il était encore étudiant à la faculté de médecine de Basra : une nouvelle technique pour le dépistage de certains cancers. Elle lui ouvrit les portes de l'université de Bagdad. Il reçut des fonds pour y créer un laboratoire, qu'il nomma en l'honneur du parti politique au pouvoir : *Al-Baath Specific Protein Reference Unit*.

Il quitta l'Irak précipitamment quand on découvrit qu'il faisait payer des assurés sociaux pour son test de dépistage, et se retrouva au Centre médical du roi Hussein, à Amman, en Jordanie, qu'il quitta en 1977 pour les États-Unis. Il fit des stages non rémunérés dans plusieurs centres de recherche où il se présentait au bluff, et dont il se faisait régulièrement chasser pour incompetence. Mais il put ainsi établir un curriculum vitae intéressant. Entre-temps, ce chercheur qui ne trouvait rien avait publié une soixantaine d'articles, belle performance à son âge, mais tous des plagats, plus ou moins fidèles. William Broad le dénonça dans *Science* et il fut mis à l'index aux USA. Peut-être publie-t-il encore ailleurs.

L'aventure n'est pas si étonnante, il y a au moins 8 000 revues médicales dans le monde, et il serait impossible de vérifier leur crédibilité une à une. Il serait presque impossible aussi de vérifier si un article a été publié deux fois sous des titres et des signatures différentes. On est bien obligé pour l'instant de faire confiance aux auteurs et au bon sens de leurs arbitres.

La pratique très répandue de la "multi-signature" rallonge aussi impunément bien des curriculums, et des listes de publications. Une co-signature peut être imposée "par le haut" : c'est le cas des patrons qui rajoutent leur nom en fin, parfois en tête de la liste de leurs collaborateurs ayant réalisé le travail, mais ce peut être aussi un inconnu qui souhaite une co-signature de poids pour sa publication. Wade et Broad citent ainsi la revue *Blood* (sang), qui reçut d'un chercheur célèbre l'injonction indignée de retirer son nom de la liste des signataires : il n'avait rencontré l'auteur de l'article que quelques instants dans un ascenseur. Parfois justice se fait.

Ainsi Jocelyn Bell, étudiante en astronomie, est aujourd'hui connue pour être le véritable auteur de l'importante découverte des pulsars (une catégorie d'étoiles qui émettent régulièrement des ondes radio), alors que ce fut le chef du groupe de radio-astronomie de Cambridge qui reçut pour cette importante découverte le prix Nobel de physique en 1974. Le jury de Stockholm avait désigné le seul premier signataire, au-dessus du nom de l'élève...

Quelles causes trouve-t-on le plus souvent à l'origine des fraudes ?

- Les vices du système scientifique lui-même où, pour justifier des fonds considérables qu'il a reçus pour tel ou tel projet, un chef de laboratoire est souvent tenté de "simplifier" ses travaux dans le bon sens, afin de présenter des résultats en temps opportun et d'obtenir d'autres fonds pour permettre à son laboratoire de continuer à fonctionner ; c'est peut-être l'une des causes les plus récentes.

- La volonté de démontrer un a priori. Tel chercheur a l'intime conviction que tel phénomène a pour cause tel mécanisme ; il gauchira donc ses résultats avec une mauvaise foi parfois inconsciente. Ce fut peut-être le cas de Summerlin, l'auteur du travail sur les greffes de peau de souris, dont il s'avéra, quelques années plus tard, qu'il avait vu juste. Mais ce fut aussi le cas de Sir Cyril Burt, qui falsifia sciemment les résultats de ses études sur l'hérédité de l'intelligence, pour démontrer que l'intelligence est affaire de groupes ethniques, et de Morton, qui falsifia aussi ses travaux sur les volumes crâniens, pour démontrer que les Noirs et les Esquimaux sont moins intelligents.

- L'escroquerie caractérisée : c'est le cas de sous-fifres universitaires qui ont envie du prestige des chercheurs, qui aiment bien travailler dans des laboratoires et qui n'ont ni génie, ni qualités, et qui "piquent" donc simplement dans les travaux des autres.

- Enfin, une certaine indécatesse mêlée de vanité, qui fait qu'un patron revendique un travail d'un élève, simplement parce qu'il est le patron, ou qui fait encore qu'on "oublie" de rendre hommage à un tiers, trop modeste pour se défendre.

Fraudes et abus de pouvoirs se multiplient, mais, demande l'historien Daryl E. Chubin, du Georgia Institute of Technology, sont-ils, toutes proportions gardées, plus fréquents que par le passé ? On dit volontiers que les chercheurs contemporains représentent à eux seuls 90 % du total de tous ceux qui vécurent à travers les âges, il est bien normal que les fraudeurs paraissent bien plus nombreux. Simplement, il est vrai que la fraude a toujours existé, vrai aussi que le contexte des recherches a évolué. La Société se nourrit de plus en plus de la Science. D'où l'urgence de contrôler la qualité de cette nourriture.

**Jean FERRARA ■**



## DEVENEZ VOTRE PROPRE PATRON

Maintenant, vous pouvez également vous établir à votre compte et réussir avec une petite entreprise lucrative, bien à vous. Les **meilleurs créneaux d'affaires** qui ont le plus de chances de succès sont publiés dans les dossiers « idées lucratives » (7<sup>e</sup> année), la seule publication pour le créateur d'entreprise éditée en plusieurs pays d'Europe, en trois langues (français, allemand, hollandais).

Vous trouverez tous les chiffres, indications et informations dans des études de marché complètes, avec beaucoup de conseils, adresses, jamais publiés auparavant. La totalité des informations est fondée sur des recherches dans des entreprises performantes, elle est de plus vérifiée par des experts. Un grand nombre de spécialistes sont en permanence à la recherche, à l'étranger (Europe, U.S.A.), de **nouvelles idées d'affaires**. Vous pouvez profiter des meilleures opportunités publiées sous forme de concepts d'entreprises (études de marché). Chaque dossier contient tous les éléments que vous devez connaître afin de réussir. Aucune formation spéciale n'est requise.

Vous y trouverez entre autres :

- **Le capital de démarrage** - ce que vous devez prévoir,
- **Le bénéfice** - ce que vous pouvez espérer en réalité,
- **Le personnel** - comment trouver de bons collaborateurs,
- **L'emplacement** - où s'installer, les loyers,
- **Les fournisseurs** - les meilleures sources d'approvisionnement,
- **La publicité** - des idées bon marché qui rapportent gros,
- **Les clients** - comment acquérir une clientèle fidèle,
- **Les prix, la situation du marché, le potentiel de croissance...**

... et beaucoup d'autres détails importants et nécessaires afin d'exploiter votre affaire avec un maximum de **chances de réussite**.

De nombreux lecteurs ont déjà réalisé avec beaucoup de succès des idées publiées. Exemples : M.A. Khadir de Poissy (78) gagne plus de 25 000 F en bénéfice/mois grâce aux indications d'un concept d'entreprise. M.B. Mey de Grillon (84) était au chômage, après six mois depuis la création de son affaire, son revenu mensuel s'élève déjà à presque 10 000 F.

Vous pouvez également faire de bonnes affaires en mettant en pratique et en exploitant les concepts d'entreprises « idées lucratives » (7<sup>e</sup> année).

### UNE SÉLECTION DES MEILLEURES IDÉES PARUES :

- Vente par Correspondance ● Agence de Distribution de Prospectus
- Entretien de Parkings ● Centre de Copies ● Portraits à l'Huile
- Centre de Tennis et de Squash ● Télé-Portraits ● Institut de Bronzage
- Réparation sur Vinyl ● Nettoyage de Gouttières ● Import/Export
- Magasins d'Ordinateurs ● Organisateur de Séminaires ● Décapage de Meubles ● Magasins Bonsai ● Commerce Ambulant ● Magasin Vidéo
- Éditions de Cassettes ● Centre de Copie-Couleur ● Boutique de Thé
- Restaurant « Spécial-Salades » ● Cinéaste Vidéo ● Boutique « Jus Naturels » ● Centre Anti-Tabac ● Agence de Gardiennage à Domicile
- Agence Matrimoniale par Vidéo... etc. Un grand nombre d'activités ne demandant qu'un capital de démarrage réduit, à partir de 5 000 F, d'autres peuvent être exploitées en annexe à votre activité principale.

Toutes les études sont présentées avec des illustrations, des tableaux, des comptes prévisionnels et des descriptions détaillées. Le répertoire complet avec les résumés de plus de 60 études, est à votre disposition. Demandez de suite, sans engagement de votre part, et à **titre gratuit**, les « RÉSUMÉS GRATUITS SVS » aux :

**ÉDITIONS SELZ** - B.P. 266 - 1, Place du Lycée  
68005 COLMAR CEDEX

Tél. (89) 24.04.64 (3 lignes groupées)

## Changez vos rencontres!



Désormais, rencontrez des partenaires dont le caractère, l'affectivité et même la sexualité seront complémentaires des vôtres. C'est la chance fantastique que vous offre ION.

Le monde change. Changez aussi votre façon de découvrir celle que vous cherchez pour la vie.

Votre questionnaire vous attend. Demandez-le vite !

Ce progrès scientifique est l'œuvre d'une équipe de psychographologues expérimentés. Démontré par un succès de 30 ans, il a été diffusé spontanément plus de 300 fois par la Presse, à la Radio et à la Télévision.



## Ion International

DEPUIS 1950 : PARIS - BRUXELLES - GENÈVE

**BON GRATUIT**



**Veillez m'envoyer gratuitement et sans engagement, sous pli cacheté et neutre, mon questionnaire et votre brochure de 24 pages en couleurs "Pour un Couple Nouveau".**

M., Mme, Mlle .....

Prénom ..... Age .....

Adresse .....

■ **ION FRANCE** (SV 92) - 94, rue Saint-Lazare, 75009 PARIS - Tél. 526.70.85 +

■ **ION RHONE-ALPES** (SVR 92) - 35, av. Rockefeller, 69003 LYON - Tél. 854.25.44

■ **ION MIDI-AQUITAINE** (SVM 92) - 31, allée Demoiselles, 31400 TOULOUSE - Tél. 53.25.95

■ **ION BELGIQUE** (SVB 92) - Rue du Marché-aux-Herbes 105, Boîte 21 - 1000 BRUXELLES - Tél. 511.74.30

■ **ION SUISSE** (SVS 92) - 10, rue Petitot, 1211 GENEVE-11 Tél. (022) 21.75.01



# GROS PLAN SUR LES TANKS SOUS-MARINS SOVIÉTIQUES

*C'est par dérision que l'on qualifie encore de fantômes les engins sous-marins détectés au large de la Scandinavie : on en connaît actuellement le détail, et leurs incursions semblent très inquiétantes. Paradoxe : l'URSS aurait fait exprès de les laisser repérer, par manœuvre d'intimidation.*

● Selon les déclarations faites par le général Lerheim devant l'amirauté d'Oslo, c'est par centaines que se comptent les incursions soviétiques détectées depuis 1969 en eaux norvégiennes et suédoises. La commission Anderson (M. Sven Anderson fut pendant vingt ans ministre social-démocrate de la Défense et des Affaires étrangères en Suède) admet qu'elles furent longtemps gardées sous silence, d'une part pour ne pas informer l'URSS des moyens de détection et des contre-mesures disponibles, d'autre part pour laisser

tobre 1981, ils récidivèrent en avril, juin et octobre 1982. Pourquoi, alors que ces actions leur aliènent les sympathies que pourrait avoir en pays scandinaves leur projet de dénucléarisation de l'Europe du Nord ?

Une explication redoutable est envisagée. Elle entre dans les scénarios stratégiques au chapitre des guerres limitées n'entraînant pas le heurt frontal avec les États-Unis. Coïncées dans les glaces de Mourmansk, les forces navales de l'URSS auraient de grandes difficultés pour se déployer en Atlan-

ximité des grands ports de Suède et de Norvège, et que les forces soviétiques exigent le droit de passage, sans quoi...

Une telle menace aurait un poids énorme sur une opinion publique sensibilisée, avertie depuis des années des activités sous-marines soviétiques près des bases navales de la Baltique et dans les fjords atlantiques.

On se souviendrait que les experts du département nucléaire de l'Institut scientifique suédois de la défense furent formels : ils avaient enregistré des radiations d'uranium 238 à bord de l'*U137*, qui transportait vraisemblablement des torpilles ou mines nucléaires en octobre 1981, à proximité de la base navale de Karlskrona.

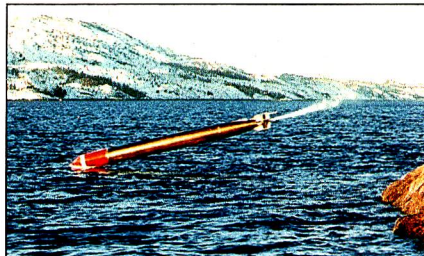
Un tel plan est-il réalisable ? S'il ne nous appartient pas d'en juger la crédibilité géopolitique, il ne présente techniquement aucune difficulté insurmontable.

Depuis une quinzaine d'années, l'URSS a construit en effet de nombreux sous-marins de poche et véhicules submersibles. Les plus récents sont le *Skat* et l'*Argus*, ce dernier mis en œuvre par le *Witjas*, nouveau bâtiment spécialisé dans les interventions sous-marines. L'URSS, qui n'a pas connu que des succès en la matière, s'est aussi adressée à des firmes étrangères. Elle a adopté les très performants *Pisces*, de l'International Hydrodynamics (Vancouver, Canada). En France, Leonid Brejnev en personne visita la Comex, dont l'URSS a adopté le modèle *SM358* porte-plongeurs.

En décembre 1977 eut lieu au Havre la cérémonie de réception par



Le missile "Penguin MK-2", éjecté ici d'un patrouilleur norvégien, équipera 15 bâtiments de cette classe dans la Marine royale suédoise.



Le missile norvégien "Terne", utilisé contre les intrus sous-marins.

les intrus s'enhardir suffisamment afin de mieux discerner leur tactique et leurs intentions.

Or, il semble que les Soviétiques aient, justement, voulu que soit connue leur activité en eaux scandinaves car, après la provocante aventure de l'*U137* (*Whiskey*), échoué en zone militaire suédoise en oc-

tique-Nord. Comme les Allemands en 1940, les Russes en cas de conflit voudraient contrôler les côtes de la Norvège et y accéder à travers la Suède.

Hypothèse d'école : l'URSS fait savoir à Stockholm et à Oslo que des mines nucléaires ont été mises en place sur les fonds marins à pro-

les autorités soviétiques du *Specsudno I*, navire de 2 200 t conçu par l'Institut français du pétrole, utilisant un ancrage dynamique et pourvu d'installations et moyens permettant à des équipes de plongeurs de travailler en saturation jusqu'à une profondeur de 250 m.

Témoin de l'intérêt soutenu des



Soviétiques pour les recherches en eaux profondes, pacifiques ou non, le fait que la presse soviétique ait félicité W. Arseni et W. Kondrabajew, qui se sont distingués au cours de plongées de travail par - 240 m, en région circumpolaire voisine de Mourmansk.

C'est en 1970 que M. V. Kostin, vice-ministre soviétique pour les métaux non ferreux, décida de lancer un programme d'exploitation des gisements de minerais de titane et de zirconium en mer Baltique. Comme à cette époque les industries japonaise et britannique mettaient au point les prototypes d'engins destinés à l'exploitation minière

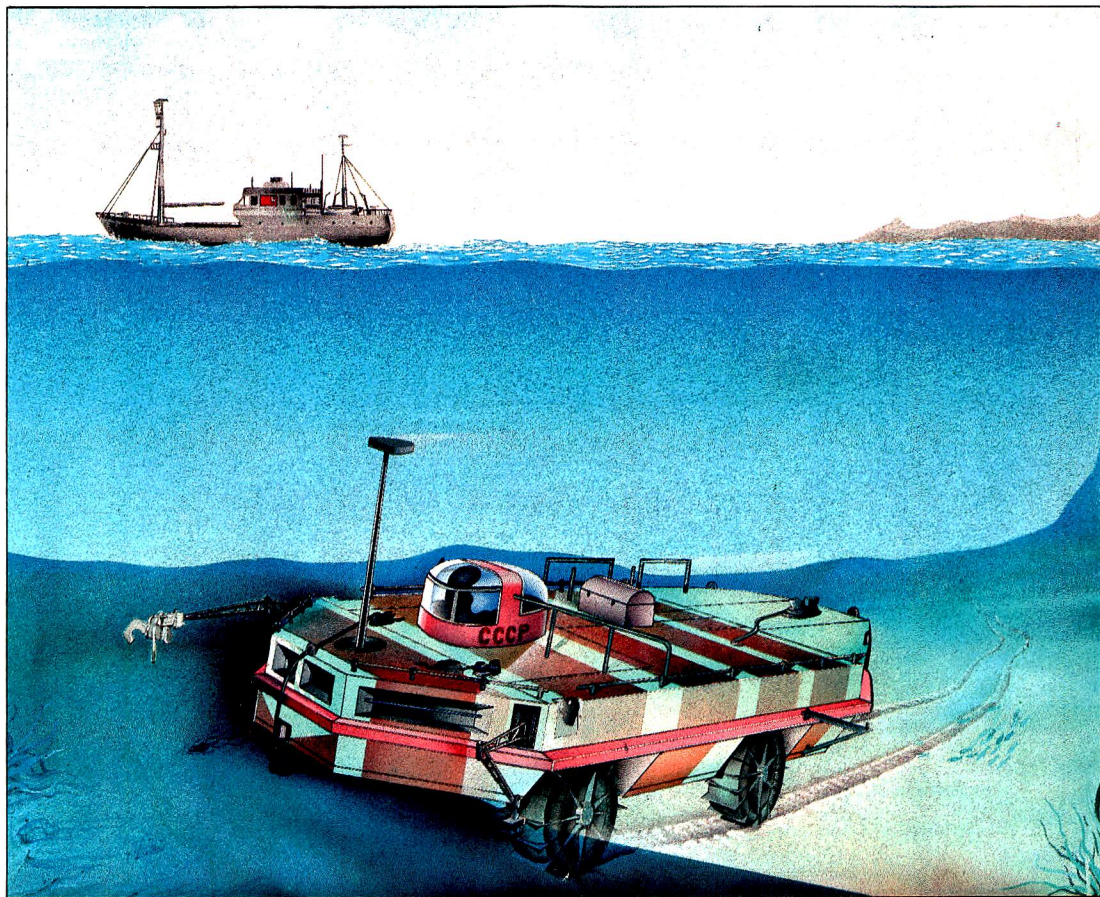
foreuses), et une équipe de plongeurs placée en caisson pressurisé, avec sas, qui pouvait opérer des sorties au fond. L'engin roulant travaillait avec assistance d'un navire de surface fournissant l'énergie par câble, ou de façon autonome en fonctionnant sur stock de batteries.

Les traces relevées par les Suédois sur les fonds où ont eu lieu des incursions donnent à penser que les Russes disposent d'engins dérivés de ce modèle.

Les Suédois, qui ne disposaient jusqu'ici que de mines et charges de profondeur classiques, ont maintenant deux nouvelles armes anti-sous-marines :

défense, la marine suédoise aurait utilisé la mine *Malin* contre l'un des intrus repérés dans Harfjården ; fixée à la coque, elle permit de suivre le sous-marin jusqu'à ce qu'un plongeur en sorte pour la détacher. Si l'ordre avait été de couler ou endommager le sous-marin, l'opération aurait probablement été réalisée sans problème. De toutes manières, ces "médecines douces" sont dépassées. La Marine royale suédoise a accéléré le programme des "Jägeren" type *Hugin* : quinze patrouilleurs rapides de 150 t armés de *Penguin MK-2*.

« Nous avons aussi, nous déclarait le commandant Jarl Ellsen,



Pour construire l'un de leurs véhicules d'exploration sous-marine, les Soviétiques se sont vraisemblablement inspirés du "bulldozer des fonds", de la firme britannique Cammell Laird.

subaquatique, les experts soviétiques s'y intéressèrent vivement. Il s'agissait de véhicules du genre bulldozer se déplaçant sur les fonds. Le modèle de la firme Cammell Laird, de 50 t transportait un équipage, logé en habitacle à pression atmosphérique, disposant d'un puissant équipement (bras manipulateurs,

- La mine magnétique *Malin*, qui adhère à la coque et émet des signaux permettant de repérer le sous-marin.

- La mini-charge sous-marine *Elma*, qui perce un trou suffisamment large dans la coque d'un sous-marin pour le forcer à remonter.

Selon la *Revue internationale de*

un nouveau missile fabriqué par Bofors et Saab, le *Robot 15*. Il est meilleur que l'*Exocet*. Après tout, il ne faut pas oublier que la famille Nobel était suédoise et qu'elle n'a pas inventé que la dynamite mais aussi les torpilles guidées, il y a plus de cent ans. »

Jean-Albert FOËX ■



## informations commerciales

Le nouveau shampoing **CLEAR** est vraiment efficace contre les pellicules. Très agréable à utiliser, il laisse de beaux cheveux, souples, brillants et faciles à coiffer.

*En vente dans les grandes surfaces.*  
Prix indicatif : 11 F à 13 F.

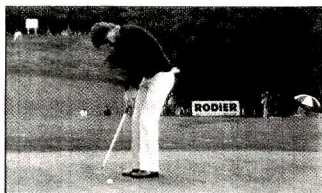
ELIDA GIBBS  
22 rue de Marignan 75008 Paris  
Tél : 261.50.04



## RODIER

sédait de plus en plus.

Aujourd'hui, après la réussite de RODIER femme, RODIER axe son développement sur les magasins franchisés RODIER monsieur. De plus, pour la 2e année consécutive, RODIER habille le golf, et en 1983, il est l'habilleur officiel de toutes les compétitions de prestige.



300 personnes employées dans les 3 usines de la lainière de Roubaix, 11 autres unités de production réparties dans le monde, 5 millions de vêtements vendus chaque année,

cette ascension remarquable porte un nom : la volonté.

L'objectif de RODIER : offrir des articles bien étudiés, bien finis, d'un bon rapport qualité/prix. Une mode facile à porter, élégante en toutes circonstances.

*Relations presse RODIER :*  
(Golf) 256.11.70

## RASOIR PHILIPS :

PHILIPS lance un nouveau rasoir conçu pour l'auto. Un adaptateur permet de la brancher sur la prise allume-cigare (batterie de 12 volts).

Son prix : 270 F.

*Information presse PHILIPS*  
50 av. Montaigne 75380 Paris  
cedex 08 - Tél : 256.88.00



## votre avenir dépend de vous



Pour préparer votre avenir, apprendre un métier, vous perfectionner ou vous recycler : un moyen souple, pratique et efficace **ECS**

Des cours par correspondance adaptés à votre rythme, à votre niveau et à vos aspirations pour choisir un métier selon vos goûts. Préparation à de nombreux CAP, BP et BTS.

● **FONCTIONNARIAT** : la stabilité et la sécurité de l'emploi au service de l'Etat et des Collectivités locales : PIT, SNCF, emplois communaux, etc.

● **COMPTABILITE - GESTION** : vous aimez les chiffres et les raisonnements logiques... orientez-vous vers un métier sûr, salarié ou indépendant (comptable, expert-comptable).

● **ELECTRONIQUE** : un secteur de pointe où les techniciens sont très recherchés et bien payés.

● **ELECTRICITE** : artisan, technicien, ingénieur : des carrières diversifiées pour tous les niveaux.

● **DROIT** : commercial, privé ou spécialisé : une activité qui requiert le goût des recherches, de l'organisation et de la rigueur de pensée.

● **BÂTIMENT ET T.P.** : des situations variées, de la conception en bureau d'études à la direction de chantiers à l'étranger.

● **TOPOGRAPHIE** : en plein air, un travail de technicien ayant le sens de la précision et de l'organisation.

● **AUTOMOBILE** : secteur actif et en pleine expansion si la mécanique et l'électricité vous intéressent.

● **SANTÉ et SOCIAL** : vous voulez être utile et vous consacrer aux autres... préparez l'admission aux Ecoles spécialisées (infirmière, puéricultrice, ergothérapeute, etc...).

● **CULTURE GENERALE** : français, math, sciences, langues, etc... pour perfectionnement personnel ou préparation aux examens.

L'ECOLE CHEZ SOI : une haute qualification dans les domaines de l'enseignement professionnel à distance, une solide réputation de sérieux et de compétence, la possibilité de commencer les études à tout moment même en cours d'année, un travail personnel à votre rythme, des possibilités de paiement échelonné, des conseils pédagogiques gratuits sans limitation (par courrier ou téléphone), la possibilité de regroupements périodiques, le bénéfice de la formation continue, etc...

## ECS L'ECOLE CHEZ SOI

ENSEIGNEMENT PRIVE A DISTANCE

(fondée par L. Eyrolles)

soumis au contrôle pédagogique de l'Etat  
1, rue Thénard - 75240 PARIS CEDEX 05 - Tél. (1) 634.21.99  
(inscriptions même en cours d'année)

**BON** pour recevoir GRATUITEMENT et sans engagement une documentation complète (étranger, joindre 25 F en coupons internat.) à envoyer à ECS, 1 rue Thénard 75240 PARIS CEDEX 05

secteur choisi :

NOM (Majusc.)

Adresse compl.

Code post.

Prénom

VILLE

SV 208



# PRÉVISIONS MÉTÉO : 5 JOURS EN 1983, 10 EN L'AN 2000

*Ordinateurs et satellites se conjuguent pour étendre l'un des plus formidables marchés commerciaux, celui de la prévision du temps. Un marché si riche que l'entreprise privée le dispute aux États. Mais les progrès dans la prévision du temps semblent devoir se heurter, à la fin du siècle, à la limite ultime de 10 jours. En effet, il est douteux qu'on puisse un jour savoir tout ce qui fait le beau et le mauvais temps.*





● Prévoir le temps qu'il fera n'intéresse pas seulement les vacanciers, ni la navigation maritime ou aérienne; cela présente aussi un intérêt économique considérable dans nombre de domaines. Pour l'agriculture, bien sûr : les récoltes d'une année entière sont à la merci des vicissitudes météorologiques, depuis les gelées tardives jusqu'aux averses de grêle, en passant, comme on l'a vu cette année, par des inondations catastrophiques. A l'inverse, certaines années sont caractérisées par des conditions climatiques exceptionnellement favorables. Les rendements oscillent ainsi entre 30 % en plus ou en moins par rapport à la moyenne, soit un rapport du simple au double entre une bonne et une mauvaise année. Les cours des produits agricoles se ressentent de ces variations, parfois à l'échelle mondiale.

Parmi les autres activités humaines qui subissent les caprices du ciel, on peut citer les industries et les commerces liés au tourisme, les entreprises de travaux publics (le planning des chantiers peut être affecté par un mauvais temps durable), et la production d'énergie. Un grand froid persistant provoque une forte demande d'électricité, qui peut disjoindre le réseau, comme on l'a vu en France il n'y a pas si longtemps. Une sécheresse prononcée vide en partie les lacs de retenue, réduisant la production hydroélectrique.

L'importance des intérêts en jeu fait que l'élaboration de prévisions fiables est une des demandes les plus pressantes auxquelles la science est mise en demeure de répondre. Elle a suscité également, par-dessus la tête des services publics, un véritable marché privé du pronostic météorologique, dont le moins qu'on puisse dire est que ses clients prennent un certain risque.

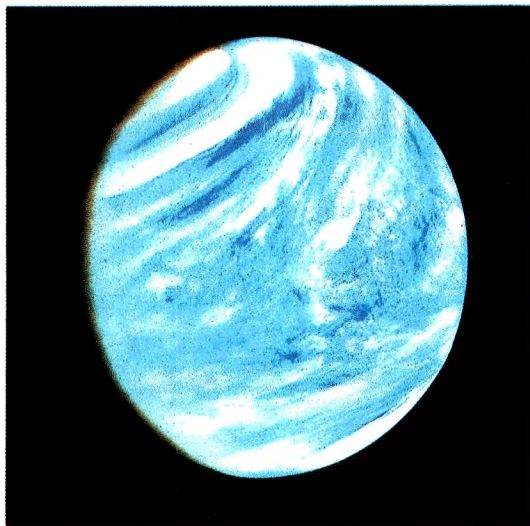
Personne ne soupçonne plus les météorologistes de se fier en secret aux évolutions d'une grenouille dans son bocal. Depuis une vingtaine d'années surtout, grâce à la multiplication des stations d'observation et à l'usage des ordinateurs, leurs méthodes se sont considérablement affinées. D'une prévision sur 48 heures on est passé à une prévision sur cinq jours, avec l'espoir d'arriver à dix jours à la fin du siècle, essentiellement grâce à de meilleurs modèles des phénomènes atmosphériques et aux progrès de l'informatique. Mais il semble difficile qu'on aille au-delà. Or si l'aéronautique et la navigation maritime se contentent de bonnes prévisions à court terme, la plupart des autres utilisateurs déplorent que, à une époque où les astrophysiciens nous disent quel sera l'état du Soleil dans cinq milliards d'années, les météorologistes ne se risquent guère à prédire le temps qu'il fera dans cinq semaines...

Pour comprendre la difficulté des prévisions à long terme, il faut déjà connaître la méthode des prévisions à court terme. La première démarche consiste à collecter une masse de mesures effectuées par des stations aussi nombreuses et dispersées que possible, sur des paramètres qui décrivent l'état de l'atmosphère à un instant donné.

## LE CYCLE DE L'EAU



Sur les 1 360 millions de km<sup>3</sup> d'eau qu'il y a sur la Terre, 97 % se trouvent dans les océans, 2,14 % dans les calottes glaciaires, 0,33 % dans les lacs ou les rivières, et 0,1 % seulement dans l'atmosphère, le reste étant contenu dans le sous-sol. 84 % de l'eau présente dans l'atmosphère proviennent de l'évaporation des océans sous l'effet de l'énergie solaire, les 16 % restants résultant de l'évaporation de l'eau des sols, des végétaux et des êtres vivants (voir dessin, flèches vertes). La condensation de cette vapeur d'eau forme les nuages, donnant ainsi naissance aux précipitations (pluies, neige ou grêle), qui retournent finalement à la mer au bout de 37 000 ans, par l'intermédiaire des fleuves (flèches bleues). Le cycle hydrologique joue un rôle prépondérant dans le transfert de l'énergie thermique d'un point à l'autre de la planète, car l'évaporation s'accompagne aussi

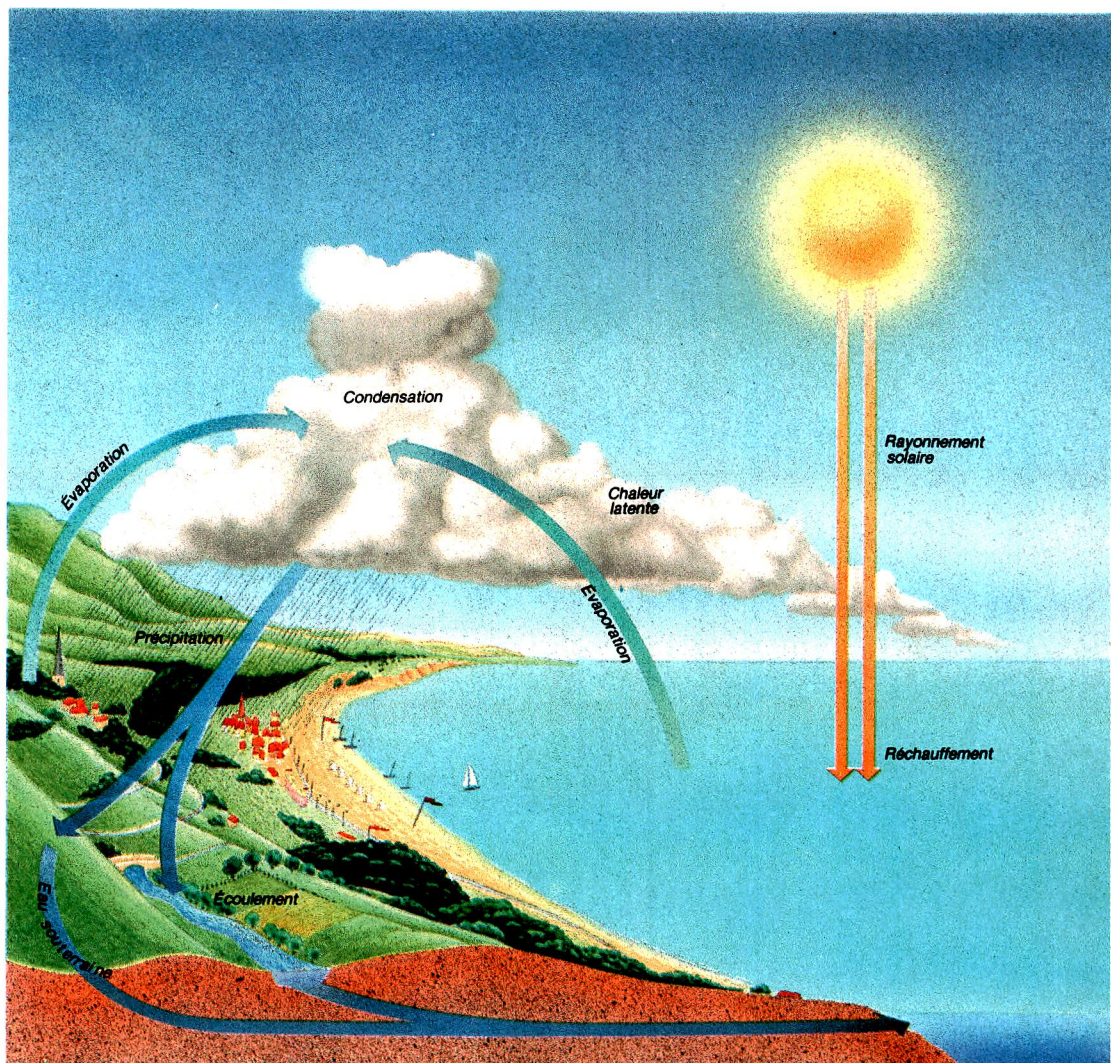


d'absorption et de dégagement de chaleur. Sur Vénus (photo ci-contre), où il n'y a pas d'eau, la circulation

Les principaux paramètres sont la pression, la température, l'hygrométrie (degré d'humidité), la vitesse et la direction du vent.

- La température et le degré hygrométrique conditionnent la formation des nuages.
- La pression permet de tracer les isobares (lignes d'égale pression) qui délimiteront les zones d'anticyclones (hautes pressions) et les dépressions, dont dépendent la force et la direction du vent.
- La vitesse du vent sera d'autant plus élevée que le gradient de pression est plus fort. Le gradient est la variation de la pression par unité de distance; il dépend donc de la différence de pression entre l'anticyclone et la dépression, ainsi que de la distance qui les sépare.





atmosphérique est beaucoup plus simple, dans la mesure où elle n'est pas constamment perturbée,

comme sur terre, par la présence de la vapeur d'eau qui modifie les échanges thermiques.

Anticyclone et dépression sont en quelque sorte le relief invisible de l'atmosphère. L'air s'écoulera avec d'autant plus de force du sommet vers le bassin qu'ils seront plus rapprochés et la dénivellation plus importante. Quant à la direction du vent, elle est régie par la loi de Buys-Ballot : dans l'hémisphère nord, le vent tourne autour des anticyclones dans le sens des aiguilles d'une montre, et en sens inverse autour des dépressions, en faisant un angle d'environ 30° avec les isobares, de manière à s'éloigner des anticyclones et à pénétrer dans les dépressions.

A ces mesures classiques s'ajoutent celles de l'intensité du rayonnement solaire et du rapport entre le rayonnement émis et le rayonnement absorbé par l'atmosphère terrestre. Les transferts d'énergie entre l'atmosphère d'une part, le

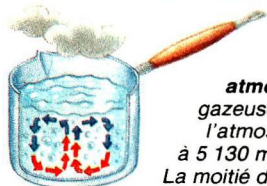
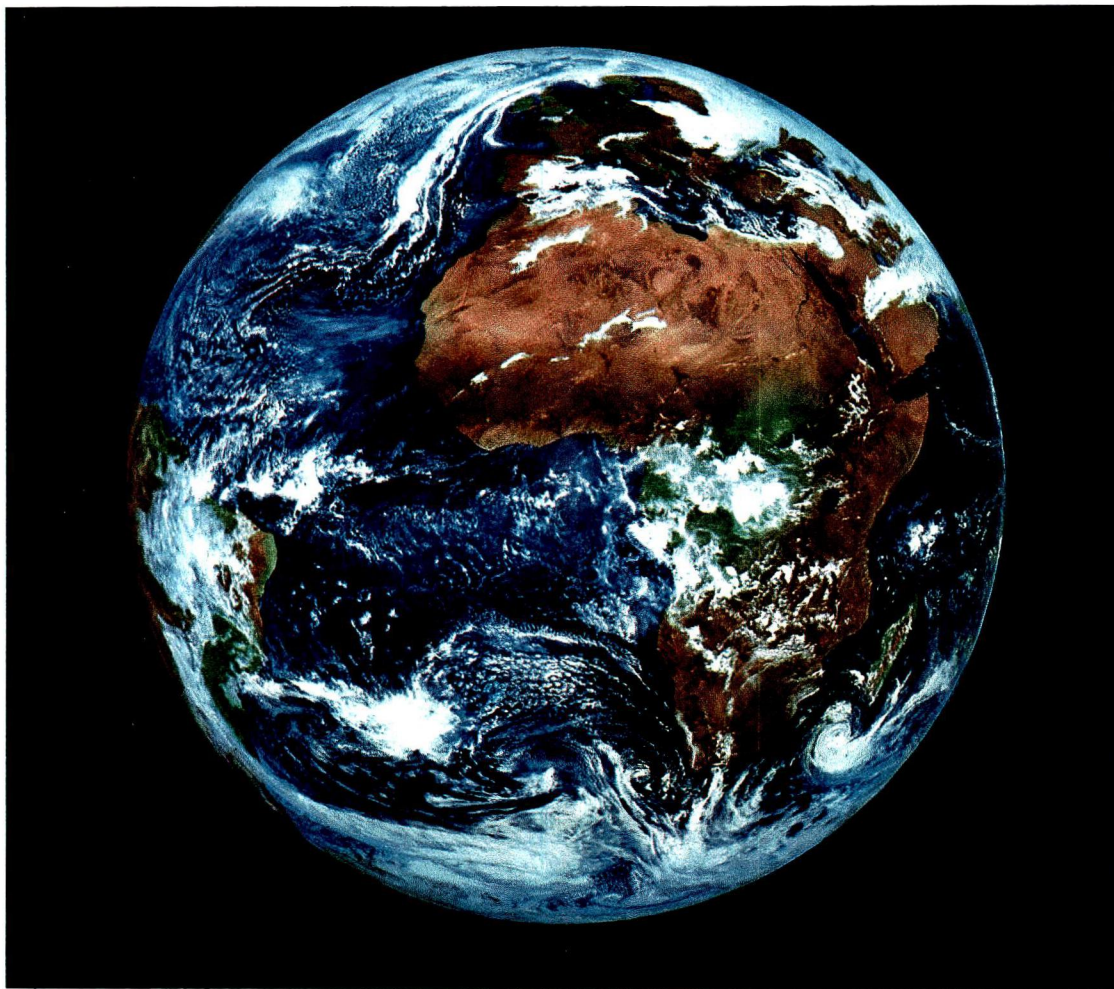
sol ou la surface de l'océan d'autre part, influent fortement sur le déplacement des masses d'air. Quelques stations, en petit nombre, effectuent des observations en altitude, à l'aide de ballons-sondes équipés d'émetteurs. Ces radio-sondes emportent généralement jusqu'à 30 km d'altitude un baromètre, un hygromètre et un thermomètre.

L'atmosphère véritablement "météorologique", c'est la troposphère, qui ne dépasse guère en moyenne 12 km d'altitude, si bien que "le temps qu'il fait", en définitive, se situe dans un espace à deux dimensions, si on le compare à la surface de notre planète. D'où l'importance des accidents du relief.

Au total, il existe actuellement à travers le monde quelque 19 000 stations et observatoires

(suite du texte p. 46)





**Les mécanismes qui régissent les phénomènes atmosphériques.** Mince pellicule gazeuse enveloppant notre planète, l'atmosphère a une masse estimée à 5 130 millions de millions de tonnes.

La moitié de cette masse, dans laquelle évoluent les masses nuageuses (zones blanches sur la **photo 1** ci-dessus), est localisée en dessous de 5,5 km d'altitude. Le Soleil, seule source d'énergie importante agissant sur cette masse (chaque mètre carré de l'atmosphère reçoit 343 watts), est donc responsable des mouvements et phénomènes atmosphériques.

Par suite de sa variation de densité, l'air monte ou descend suivant qu'il est chaud ou froid (**dessin 2**). Ainsi, les masses d'air équatoriales s'élèvent en altitude, puis remontent vers les régions de latitude supérieure (haute pression ou anticyclone), où elles se refroidissent ; elles entament alors une descente vers la surface, après un parcours de quelques milliers de kilomètres, au niveau du 30° parallèle. Inversement, l'air des régions polaires descend vers les latitudes moyennes, jusque vers le 60° parallèle, où il se réchauffe. Entre les deux, évolue une cellule intermédiaire, dite cellule de convection.

Ces cellules, au nombre de six pour l'ensemble de la Terre, sont appelées ceintures de Hadley, du nom du

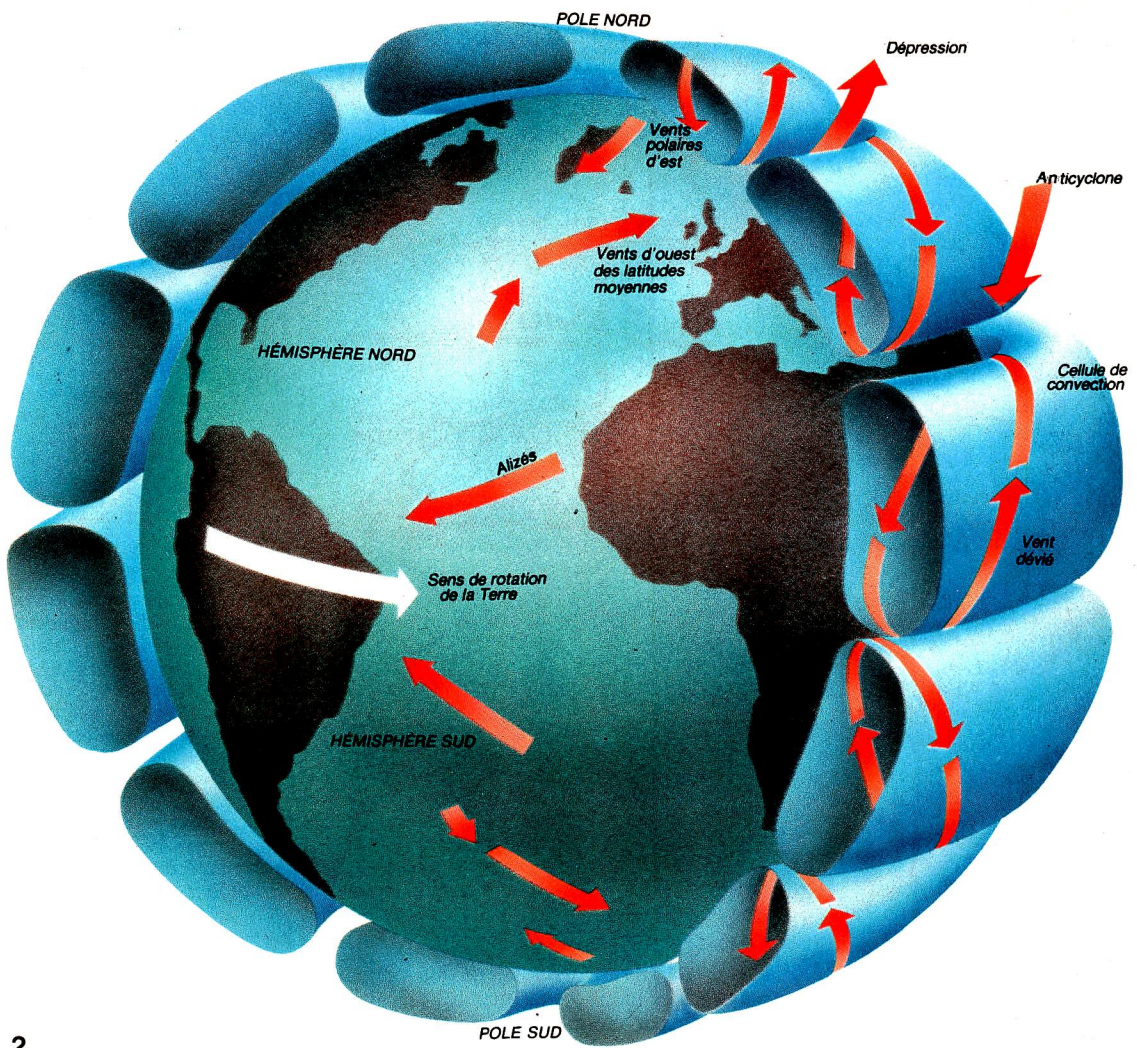
physicien anglais qui décrit le premier les grands mouvements atmosphériques. Si la Terre était immobile ou en rotation lente (comme Vénus), les ceintures de Hadley auraient une forme parfaite, décrivant un mouvement nord-sud ou sud-nord. Mais la rotation relativement rapide de notre planète crée une force centrifuge, dite force de Coriolis, qui trouble le système et entraîne une déviation vers l'est.

Les vents, au sein de chaque cellule, sont alors déviés parallèlement à l'équateur et, à la zone de jonction entre deux cellules, circulent des vents dominants : alizés d'est au niveau des régions tropicales, vents d'ouest aux latitudes moyennes, et vents d'est pour les régions du cercle polaire.

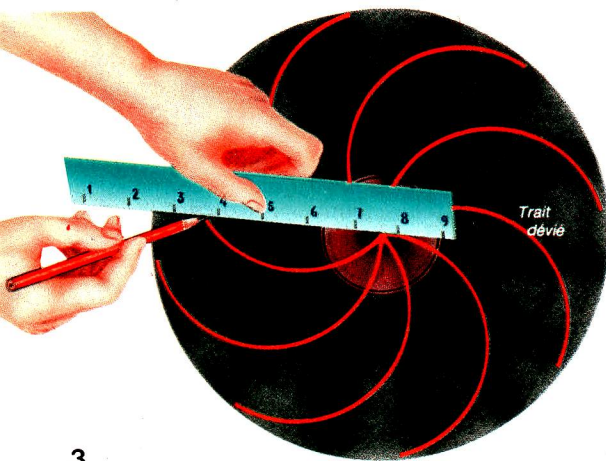
**L'effet Coriolis : les vents de l'hémisphère boréal déviés par la rotation de la Terre.** Cet effet qui porte le nom du savant qui l'a découvert au XIX<sup>e</sup> siècle, peut être illustré par un disque tournant sur une platine (**3**). Si l'on tourne le plateau dans le sens des aiguilles d'une montre, et que l'on tente de tracer une ligne droite allant du centre de rotation (figurant le pôle nord) au bord du disque (l'équateur), on peut constater que ce trait est incurvé vers la droite. Cela tient à la différence de la vitesse de rotation au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'axe.

Dans l'hémisphère nord, la circulation des masses d'air est affectée d'un même effet : en hiver par exemple,

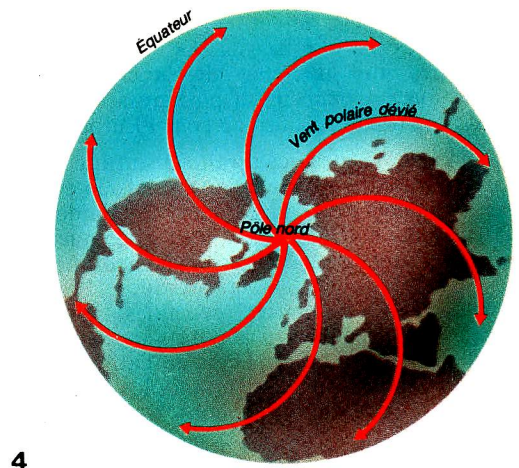




2



3



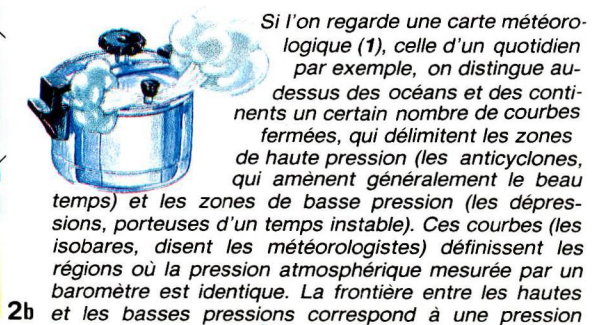
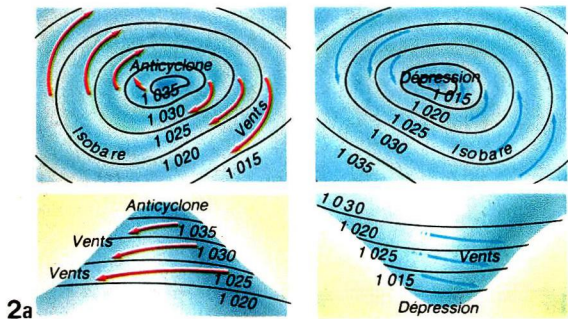
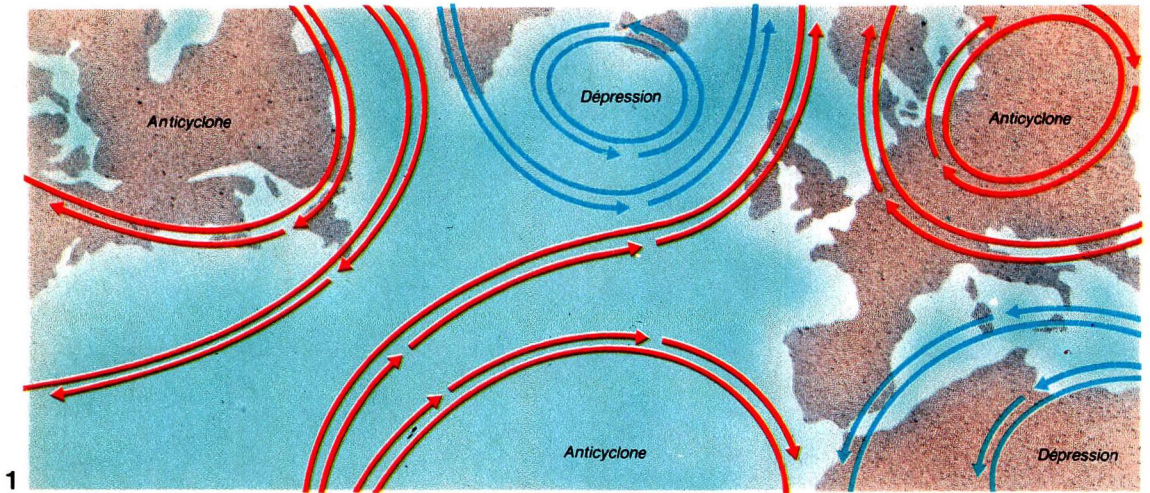
4

l'air froid, qui nous arrive de l'est, provient en fait directement des régions polaires. Si un observateur situé au-dessus du pôle nord pouvait visualiser le

mouvement des masses d'air, il verrait alors des lignes spirales semblables à celles figurant sur le dessin ci-dessus (4).



# LE JEU DES BASSES ET DES HAUTES PRESSIONS...



(suite de la page 43)

météorologiques, situés pour la plupart dans l'hémisphère nord et concentrés en des zones bien délimitées. Si bien que les huit dixièmes de la surface de la planète ne sont pratiquement pas couverts par les mesures météorologiques, car les satellites artificiels, à cet égard, ne sauraient remplacer les stations au sol. Or, c'est le plus souvent des huit dixièmes de superficie non contrôlés que proviennent les plus grosses perturbations (de l'océan Atlantique pour l'Europe).

La collecte de mesures serait sans utilité si on ne la traitait selon un modèle de prévision établi à partir des lois de la mécanique des fluides et de la thermodynamique. C'est à ce stade que des ordinateurs très performants deviennent nécessaires pour traiter rapidement (presque en "temps réel") la masse de données recueillies. A partir des valeurs disponibles à un instant donné, le modèle permet de définir l'état de l'atmosphère dans des périodes futures, d'autant plus éloignées qu'on pousse le calcul plus avant.

Malheureusement, comme nous l'avons vu, ces mesures ne sont pas complètes ; de plus, elles ne sont pas d'une très grande précision. Surtout, elles ne prennent pas en compte tous les facteurs qui agissent sur l'atmosphère : d'abord parce qu'ils sont trop nombreux et que l'ordinateur serait vite saturé de données, ensuite parce que

nous ne les connaissons pas tous ! Le relief, la nature des terrains, la température de l'océan ont une influence évidente.

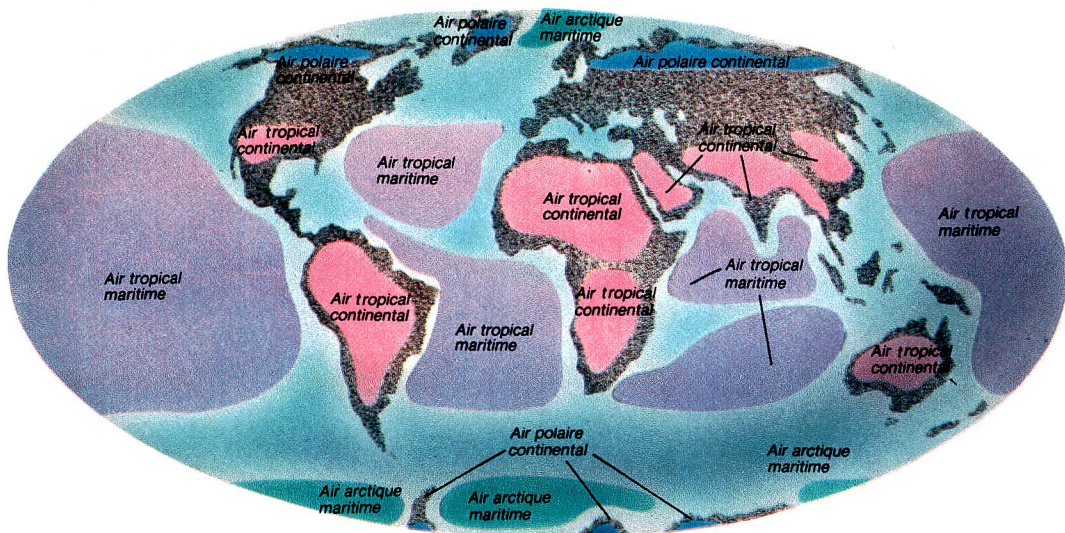
Mais des prévisions vraiment fines devraient inclure un trop grand nombre de paramètres. Résultat : lentement d'abord, puis de plus en plus vite à mesure qu'on s'éloigne de l'instant initial, la divergence ira s'aggravant entre la situation théorique établie d'après le modèle et la situation réelle. Une dépression peut se combler plus vite que prévu, un anticyclone dévier de sa route, un "marais" barométrique (pression stationnaire durable, comme celle qu'on a connue en France au début de l'été) peut se former sans qu'on sache vraiment pourquoi.

Et puis, ne l'oublions pas, l'atmosphère n'est pas un système physique fermé, un champ clos dans lequel le temps se répète suivant un cycle établi. C'est au contraire un système ouvert, dans lequel on ne rencontre jamais deux fois exactement les mêmes conditions.

Pour accroître la portée de leurs prévisions, les météorologistes disposent de trois moyens : augmenter le nombre des stations de mesures ; augmenter la puissance des ordinateurs ; enfin recenser de façon plus exhaustive les facteurs qui peuvent modifier le temps.

(suite du texte page 48)





3

## ... DILATE ET CONTRACTE LES MASSES D'AIR...

atmosphérique standard de 1 013 millibars (760 mm de mercure), qui sert de référence.

Les mouvements du vent au sein des anticyclones et des dépressions se dirigent toujours de la haute vers la basse pression, mais cette circulation est modifiée par l'effet Coriolis (voir encadré p. 44). Dans la zone où les vents d'ouest sont dominants (entre 30 et 60° de latitude nord), les anticyclones suivent une trajectoire générale d'ouest en est et alternent avec les dépressions. Dans l'hémisphère nord, le vent tourne autour d'un anticyclone dans le sens des aiguilles d'une montre et en sens inverse dans le cas d'une dépression (d'une formation à l'autre il décrit une trajectoire en S).

Les vents, comme nous l'avons vu, se dirigent toujours des anticyclones vers les dépressions, ce qui se comprend quand on sait que l'atmosphère est un fluide et que son "écoulement" s'effectue donc de façon analogue à celui de l'eau. Ainsi, l'air s'écoule de la haute pression vers la basse pression, tout comme l'eau qui dévalerait les flancs d'une colline (2a). Arrivé dans la dépression (2b) il suit une trajectoire spiralee, comme l'eau aspirée par le siphon d'une baignoire, car le mouvement de rotation de la Terre imprime un mouvement tournant à l'air qui s'écoule (force de Coriolis).

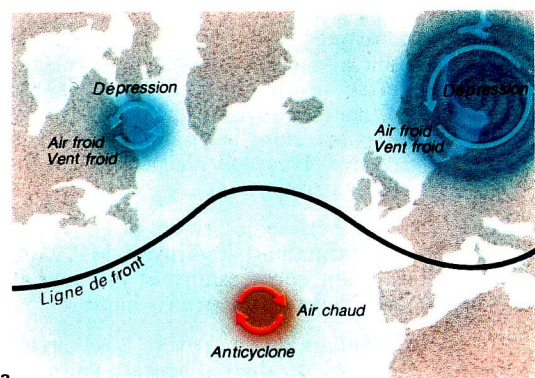
Un autre facteur détermine le temps : les masses d'air, définies par la classification de Köppen, la plus généralement admise, et que nous avons regroupées sur la carte ci-dessus (3) : l'air polaire continental (sec) ou maritime (humide) ; l'air arctique continental ou maritime ; et l'air tropical continental ou maritime.

Le temps qu'il fait est donc conditionné par les positions respectives des anticyclones et des dépressions, qui favorisent ou répriment l'expansion d'une masse d'air au-dessus d'un territoire donné. Qu'une dépression se creuse, et les vents vont souffler en tempête ; qu'un anticyclone se renforce, et les perturbations vont se trouver repoussées.

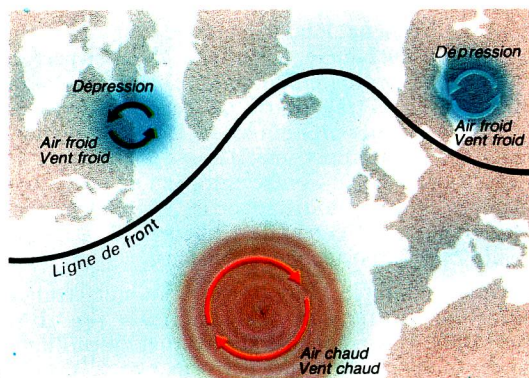
Dans le premier exemple que nous avons illustré ici (4a), l'anticyclone des Açores a perdu de sa vigueur tandis que la dépression d'Islande s'est creusée, générant un courant perturbé qui circule plus bas en latitude et attaque de plein fouet l'Europe occidentale (à l'exception de l'Espagne, qui reste sous l'influence de l'anticyclone).

Dans le second (4b), par contre, on voit que l'anticyclone des Açores s'est élargi, repoussant vers le nord les deux dépressions qui stagnent habituellement sur l'Islande et la Scandinavie. C'est donc du beau temps pour la France et, d'une façon générale, pour toute l'Europe occidentale, y compris les îles britanniques.

## ... ET FAIT LE CHAUD ET LE FROID EN FRANCE



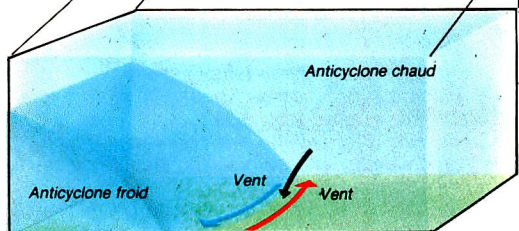
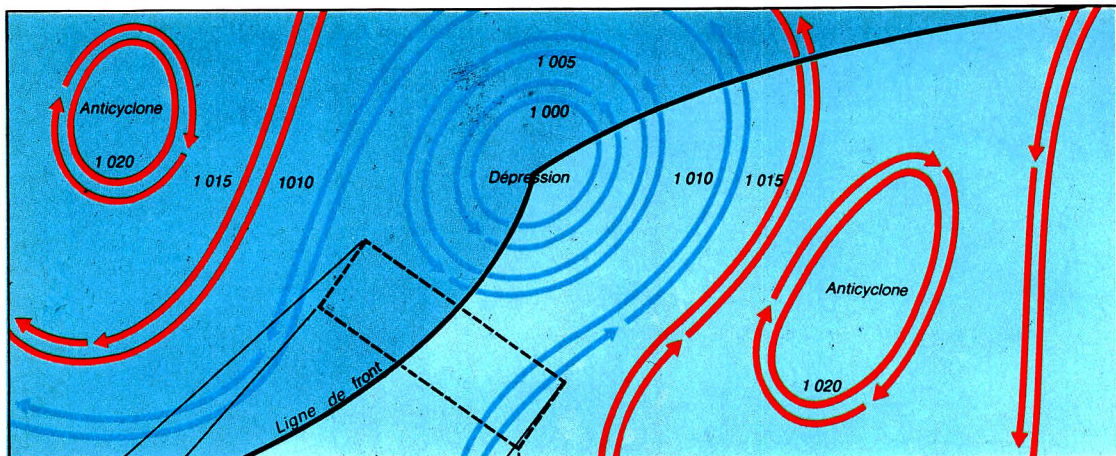
4a



4b



## LE TEMPS DU JOUR DÉPEND THÉORIQUEMENT DE LA RENCONTRE DE



Les isobares sont des lignes que l'on forme en joignant, sur une carte météo, les points pour lesquels la pression atmosphérique est identique (voir encadré p. 46). C'est ainsi que l'on voit se délimiter anticyclones (en rouge sur le dessin ci-dessus) et dépressions (en bleu). Lorsque l'on a une dépression coincée entre deux anticyclones (l'un froid, l'autre chaud), la ligne qui sépare ces deux masses d'air de température différente s'appelle un front et passe généralement par le milieu de la dépression (notons que les fronts se forment toujours à la périphérie des anticyclones, et entre deux masses d'air de température différente).

(suite de la page 46)

Le nombre des stations ne peut guère être accru de façon significative. Même si les économies réalisées grâce aux prévisions de la météo représentent une trentaine de fois les quelque six milliards de francs que coûte (pour l'ensemble des pays intéressés) l'établissement de ces prévisions, peu d'États sont disposés à multiplier l'effectif de leurs stations. Certes, les satellites assurent une couverture globale et, en plus des photographies, ils transmettent des mesures, mais seulement en ce qui concerne la température et la vitesse des vents, et avec une précision moindre que celle des stations au sol ou des radio-sondes.

C'est donc sur les ordinateurs que porte actuellement l'effort principal. Une certaine compétition s'est engagée entre les États-Unis et l'Europe. En 1979, on a inauguré à Reading, dans la banlieue londonienne, le plus puissant ordinateur du monde, le Cray 1. Il est si performant qu'un ordinateur auxiliaire, le Cyber 175, lui dégrossit le travail afin qu'il ne perde pas de temps en calculs préliminaires. Dès les premiers mois de 1980, après une période de rodage, le Cray 1 a permis au Centre européen de prévisions météorologiques de distancer le NMC (National Meteorological Center) de 12 heures (à précision égale) dans la portée des prévisions.

Aujourd'hui, le Cray 1 a atteint une avance de 36 heures sur son rival américain (un IBM 360/105). Il est capable d'effectuer 50 millions d'opérations par seconde, performance nécessaire

pour traiter les quelque 80 millions de bits (unités binaires d'information) reçues quotidiennement, qui impliquent 500 milliards d'opérations ! A Reading, on ne craint pas maintenant de publier des prévisions à échéance de dix jours. Mais cela ne signifie pas qu'on puisse vraiment prédire le temps qu'il fera de façon précise jusqu'à cette échéance : les prévisions sont très bonnes jusqu'au cinquième jour, mais commencent à se dégrader sérieusement au huitième jour.

En avril dernier, les Américains se sont équipés d'un Cyber 205, aussi puissant que le Cray 1, avec lequel ils comptent faire mieux que les Européens en affinant leurs modèles mathématiques et physiques de prévision. Déjà Kikuro Miyakoda et son groupe du laboratoire géodynamique de physique des fluides, à Princeton, ont réussi à reconstituer après coup le temps de janvier 1977 sur l'Amérique du Nord en partant des relevés effectués le 1<sup>er</sup> janvier. Mais, de l'avis général, cette prévision à trente jours, réalisée *a posteriori* et restée unique, n'est pas encore significative. L'exploit n'a pu être renouvelé pour d'autres périodes.

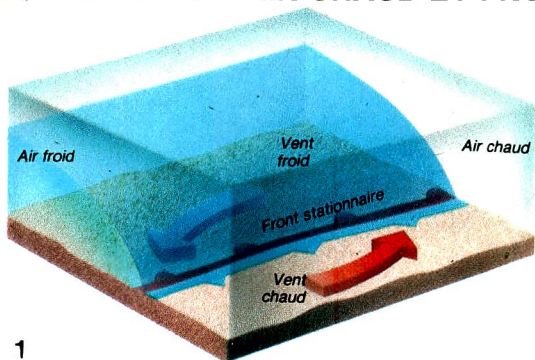
Les Européens, eux, ne désarment pas et visent déjà un nouvel ordinateur, le Cray X-MP, cinq fois plus performant que son aîné, et qui devrait être installé au début de l'année prochaine.

Il n'est pas douteux qu'on arrivera à repousser encore de quelques dizaines d'heures, voire de

(suite du texte page 50)

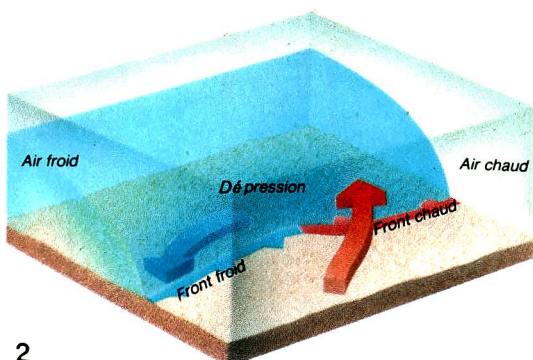


# DEUX MASSES D'AIR CHAUD ET FROID



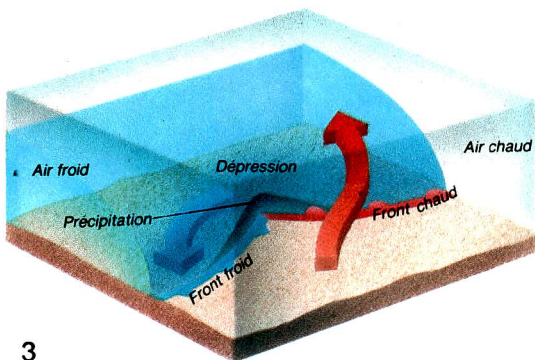
1

1. Le cycle de vie d'une dépression débute toujours le long d'un front. On assiste ici à la formation d'un front stationnaire, car l'air chaud venu du sud s'est trouvé bloqué par l'air froid.



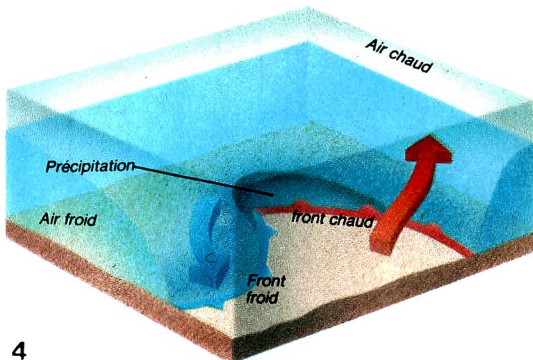
2

2. Mises en rotation par la force de Coriolis, les deux masses d'air qui se trouvent en conflit, délimitées par des fronts froid et chaud, tournent autour d'une dépression qui se creuse.



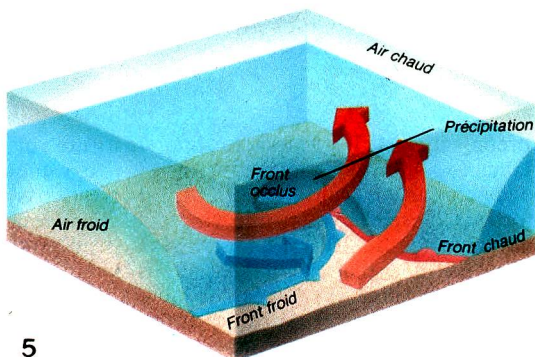
3

3. En mouvement ascendant vers la masse d'air froid, l'air chaud chargé d'humidité se refroidit. Il s'ensuit une condensation (nuages) et des précipitations (pluie). Entre temps le front froid a débordé la masse d'air chaud, qui l'envahit.



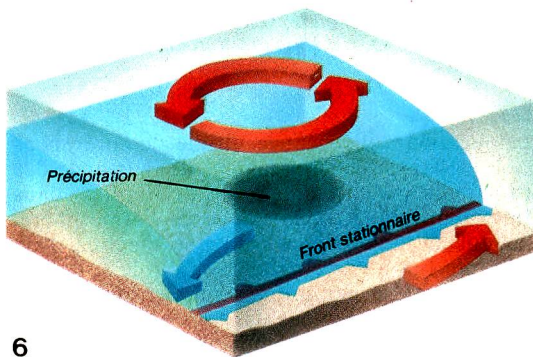
4

4. L'air chaud étant comprimé au fur et à mesure de l'avance du front froid, les éléments se déchainent ; cela se traduit par une augmentation de la force du vent et de la pluviosité. Les précipitations s'étalent tout le long des deux fronts.



5

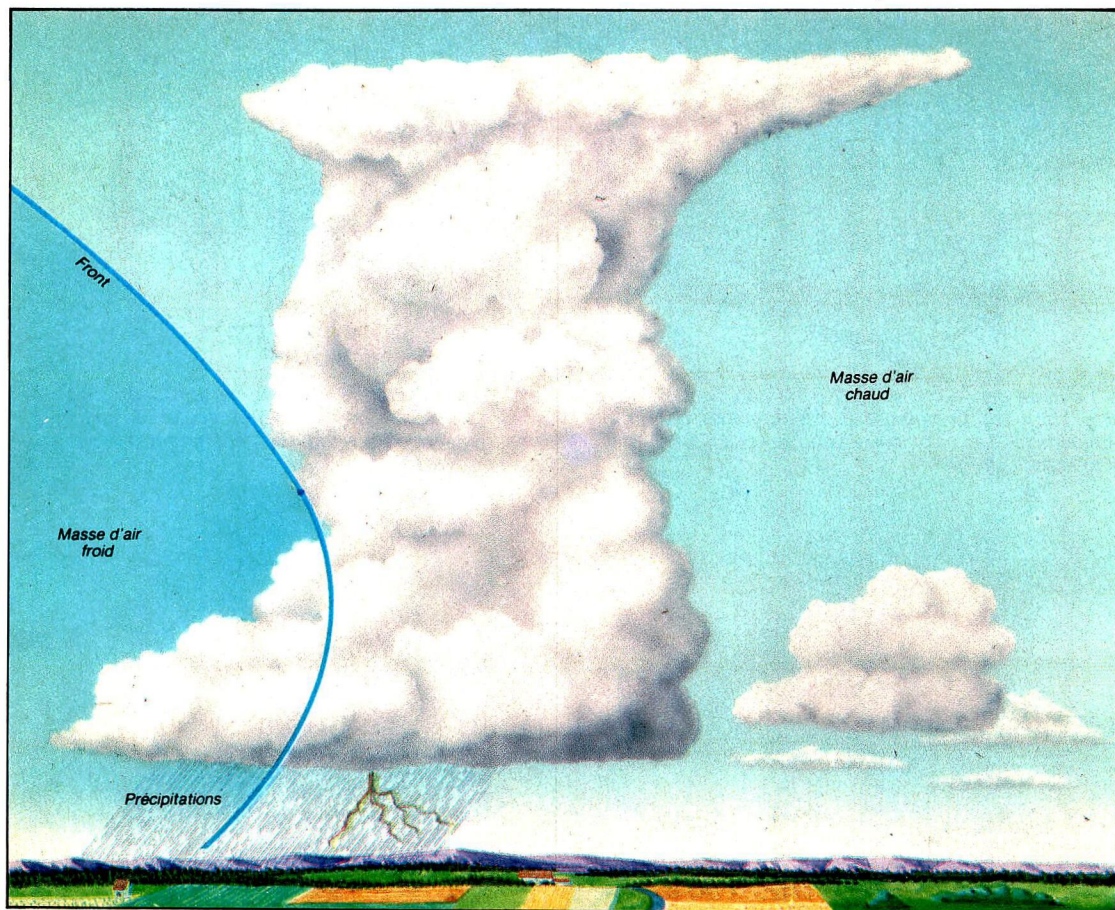
5. La masse d'air chaud est littéralement soulevée par la poussée du front froid. Coupée de sa source, elle s'élève en altitude pour former un front "occlus", qui n'existe qu'en altitude (le phénomène peut être aussi bien local qu'à l'échelle d'un continent).



6

6. Complètement isolé, le front chaud disparaît. L'humidité restante se trouve cependant déversée sur une zone limitée, puis la tempête s'apaise. Mais un front stationnaire s'est reformé et donnera naissance à une nouvelle perturbation.





## Qu'est-ce qu'un front ?

Les fronts correspondent au point de rencontre de deux masses d'air de température différente qui, du fait de cette différence, n'ont pas la même densité et ne peuvent donc pas se mélanger. La masse d'air la plus froide l'emporte toujours sur la masse d'air la plus chaude, soit parce qu'elle la soulève en s'immiscant par-dessous (front froid), soit parce que

la masse d'air chaud glisse d'elle-même par-dessus (front chaud).

Si le front ne se déplace pas, il est dit "stationnaire". Dans le cas d'un front froid, l'air chaud se trouve repoussé par l'air froid. Dans le cas d'un front chaud, c'est l'air froid qui recule. A la limite entre deux masses d'air, c'est-à-dire au passage d'un front, on assiste toujours au développement de nuages apportant du mauvais temps, c'est-à-dire des précipitations abondantes.

(suite de la page 48)

quelques jours, l'échéance ultime des prévisions fiables. Mais si l'accroissement de puissance des ordinateurs ne présente pas de limites dans l'immédiat, notre connaissance de l'atmosphère, elle, touche aux siennes. Or, une machine trop puissante finira par être sous-employée si l'on ne multiplie pas le nombre des relevés tout autour de la Terre, notamment dans les régions encore très délaissées comme l'hémisphère sud.

Actuellement les modèles découpent l'atmosphère en parallélépipèdes de base carrée de 200 km de côté, sur 2 km de hauteur. Sur 263 630 de ces volumes d'atmosphère, un grand nombre ne contiennent encore aucun point de mesure. Selon le géophysicien américain Edward

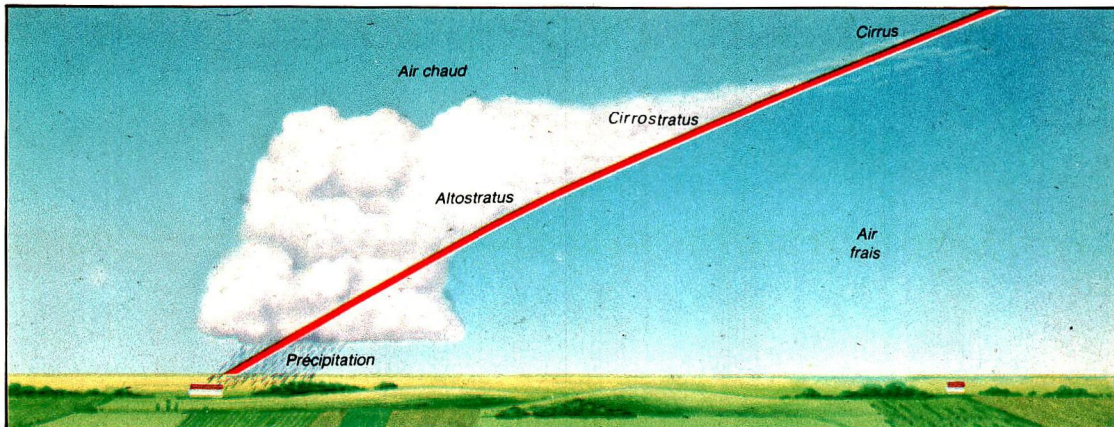
Lorenz, du MIT (Massachusetts Institute of Technology), on pourrait arriver assez vite à une bonne prévision sur 7 jours, et il n'est pas utopique d'espérer, d'ici une vingtaine d'années, une échéance de 10 à 12 jours. Mais il ne sera guère possible d'aller au-delà, en raison de la divergence exponentielle née de l'inévitable imprécision des mesures et, surtout, du nombre quasi infini des paramètres qui devraient être pris en considération.

Une bonne part des progrès récents provient justement de ce qu'on a inclus dans le modèle des paramètres jusqu'ici ignorés, tels l'orographie (c'est-à-dire le relief) et le transfert de l'énergie stockée dans l'atmosphère. L'eau qui s'évapore

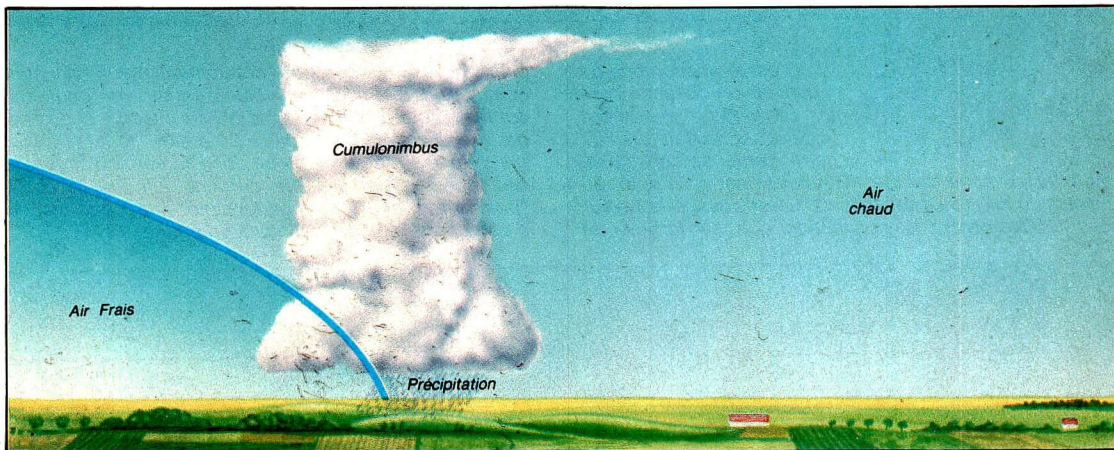
(suite du texte page 53)



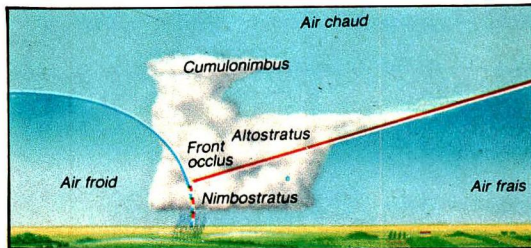
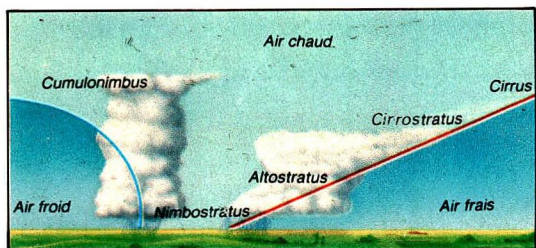
## CHAUD ET L'AIR FROID



**Le chaud entre dans le froid.** L'air chaud, lorsqu'il est soulevé au-dessus d'une masse d'air froid, provoque l'apparition de nuages stratiformes en couches plus ou moins épaisses, parce que l'élévation de l'air (donc son refroidissement) est lente. L'ordre de formation de ces nuages est le suivant : stratus, nimbostratus, altostratus, cirrostratus (voir encadré p. 54). Les précipitations sont abondantes au début, surtout sous les nimbostratus, puis décroissent et disparaissent. Si l'on a affaire à une masse d'air chaud particulièrement instable, se développent alors des cumulo-nimbus générateurs d'orages et de fortes averses. Les fronts chauds se déplacent à 25 km/h.



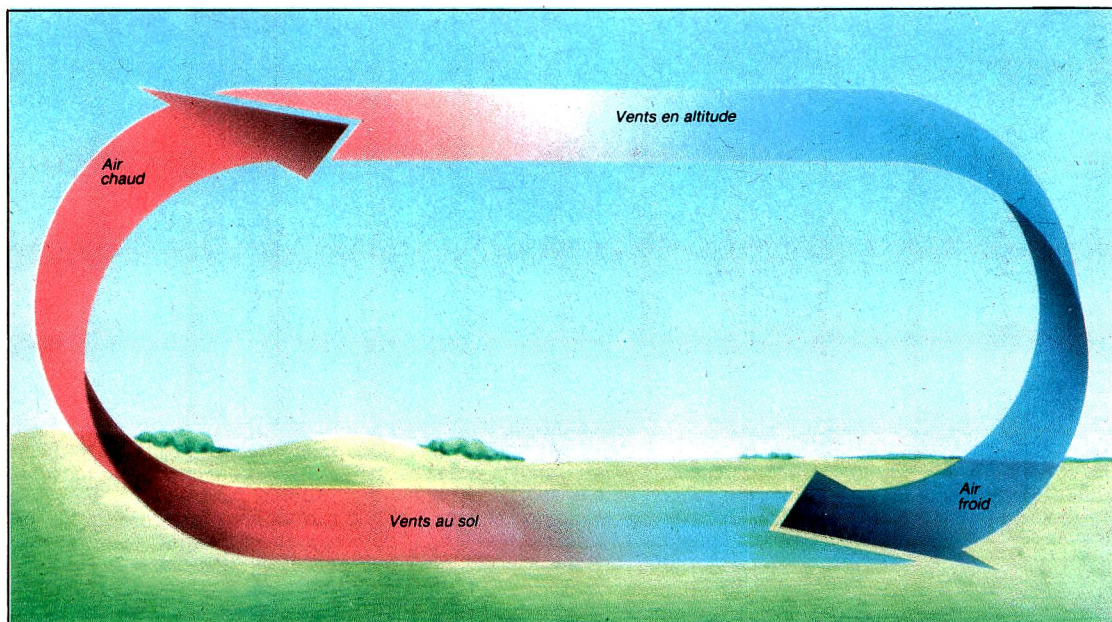
**Le froid entre dans le chaud.** L'air froid qui s'immisce avec force sous une masse d'air chaud le fait sous un angle assez important : le refroidissement de l'air chaud qui s'élève est donc rapide, et donne naissance à des nuages cumuliformes épais ; du fait de cette forte pente, le mauvais temps est peu durable, d'autant que les fronts froids se déplacent assez rapidement (40 km/h). Les fronts froids hivernaux sont encore plus rapides, car la pression de l'air froid y est plus forte.



**Froid et froid se rencontrent : un front occlus se forme.** Ce phénomène se produit lorsqu'un front froid rejoint un front chaud qu'il suivait de près. La masse d'air chaud se trouve alors soulevée, tandis que les deux masses d'air froid autrefois séparées se rejoignent. On a donc une occlusion, qui peut être froide ou chaude suivant que l'air des deux masses qui se sont rejointes se trouve en arrière ou en avant ; à la zone de jonction se forment des altostratus, qui donnent d'abondantes précipitations.

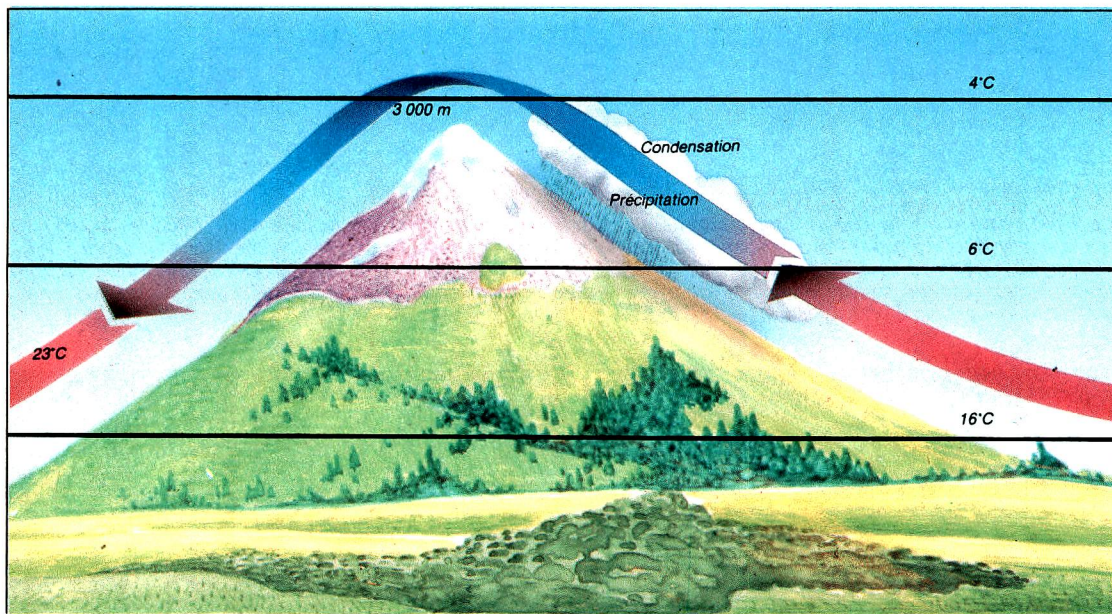


## COMMENT SE FORMENT LES NUAGES ?



C'est le phénomène de convection qui est à l'origine des vents et des brises locales, et qui fait que l'air chaud monte, se déplace en altitude (en sens inverse du mouvement qu'il avait au niveau du sol), puis redescend. C'est aussi à la faveur des mouvements de convection que se forment la

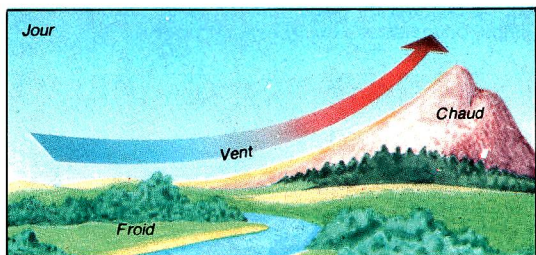
plupart des nuages, et notamment ceux du type cumulus. L'air froid, à volume égal, ne peut pas contenir autant d'humidité que l'air chaud : 5 g d'eau par mètre cube à 0 °C contre 30 g à 30 °C. L'air chaud qui s'élève et se refroidit doit donc libérer son trop-plein de vapeur d'eau à une certaine altitude, c'est le "point de rosée". La condensation de cette vapeur d'eau donne alors naissance à un nuage.



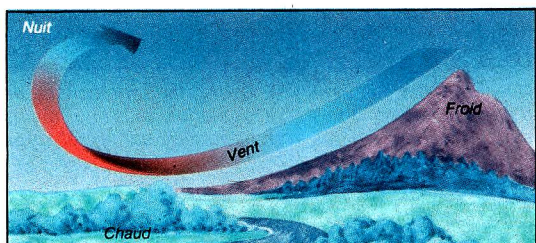
Des nuages peuvent aussi se former par refroidissement adiabatique, lorsque l'air monte sur le versant d'une montagne poussé par la brise venue de la vallée. Le refroidissement est alors d'environ 1° pour 100 mètres d'élévation. Il arrive donc un moment où la température atteint le "point de rosée", faisant ainsi

apparaître la vapeur d'eau qui va donner naissance au nuage. Continuant son ascension vers le sommet, le flux d'air se refroidit en se détendant. Lorsqu'il redescend vers le sol, il se comprime à nouveau et se réchauffe, pour arriver au sol avec une température supérieure à celle de départ.

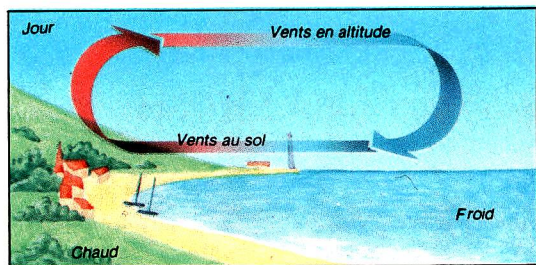




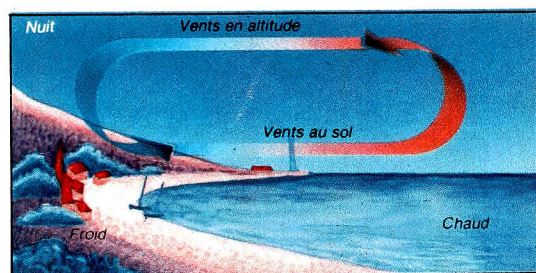
**Brise de montagne (le jour).** La montagne absorbe plus rapidement la chaleur du Soleil que la vallée. Un déplacement d'air s'effectue donc des vallées vers les sommets.



**Brise de montagne (la nuit).** La montagne perd plus rapidement la chaleur emmagasinée et la circulation du vent s'inverse donc pour aller du froid vers le chaud : une brise descend alors à flanc de montagne vers la vallée.



**Brise de mer (le jour).** Sous le Soleil, le sol se réchauffe plus vite que l'eau, qui demande plus de temps pour absorber le même nombre de calories. L'air chaud s'élève donc au-dessus de la Terre, remplacé par de l'air frais venu de la mer, ce qui crée un vent dans le sens mer-terre.



**Brise de terre (la nuit).** L'eau, par contre, a la propriété de conserver longtemps les calories qu'elle a emmagasinées. La nuit, elle reste donc plus chaude que la terre, qui, elle, s'est refroidie dès le coucher du soleil. Le vent s'inverse alors pour souffler dans le sens terre-mer.

de l'océan pour se transformer en nuages, puis retombe plus loin en précipitations, déplace à chaque fois une quantité considérable d'énergie.

De toute façon, il restera des phénomènes imprévisibles, comme les éruptions volcaniques. Hubert Lamb, fondateur d'un laboratoire britannique de recherche climatique, a été le premier à étudier les effets des cendres volcaniques. Il a inventé une unité, la DVI (*dust veil index*), pour mesurer la pollution engendrée par la retombée dans l'atmosphère des gaz et des poussières éjectés par les volcans jusque dans la stratosphère. L'éruption du Krakatoa, en 1883, a reçu par définition l'indice 1 000 ; c'est la plus puissante que l'on ait enregistrée depuis celle du Santorin, dans l'île méditerranéenne de Théra, voici quelque 35 siècles. Trois ans plus tard, la contribution du Krakatoa était encore de 100 DVI, c'est-à-dire celle du mont Saint-Helens en 1980, juste après son éruption. L'examen des indices DVI depuis le début du XIX<sup>e</sup> siècle montre une nette corrélation entre l'activité volcanique et les températures moyennes à la surface du globe, les années riches en éruptions se traduisant par des étés frais et humides aux latitudes un peu plus élevées que celles des volcans en question.

Les cendres, et surtout les particules de soufre, provoquent une absorption du rayonnement solaire infrarouge au niveau de la basse stratosphère, entre 15 et 35 km environ. Il y a donc réchauffement de celle-ci, mais refroidissement de la couche sous-jacente, la troposphère, et par conséquent une baisse de température au niveau du sol. Les poussières volcaniques, en retombant, bien plus tard, dans la troposphère, peuvent alors jouer le rôle de noyaux de condensation et entraîner une pluviosité accrue. Le Saint-Helens a éjecté ainsi 200 000 t de soufre sous forme de fines particules qui se sont dispersées pour former deux ceintures autour de la Terre. Ces particules ont même fait plusieurs fois le tour du globe, en 16 à 70 jours suivant leur altitude.

Plus perturbant encore que le mont Saint-Helens semble avoir été le volcan mexicain El Chichon, après son éruption d'avril 1982. A mesure que son nuage s'étendait vers l'est tout en se dispersant en latitude, la température moyenne de l'hémisphère nord s'est abaissée, tandis que la température de la stratosphère grimpait de 3°. C'est le plus fort réchauffement enregistré depuis le début des mesures de ce type, en 1958. Il apparaît de plus en plus, une quinzaine de mois après le début de l'éruption, qu'El Chichon perturbera la climatologie de l'hémisphère nord plus que n'importe quel volcan depuis le Krakatoa, il y a juste un siècle. Cela tient à ce qu'il a largué une quantité considérable de gaz sulfureux, qui se sont convertis en gouttelettes d'acide sulfurique, comme dans les nuages de Vénus. Or ces gouttelettes bloquent le rayonnement solaire plus efficacement que les cendres.

Les effets météorologiques des éruptions volcaniques, on le voit, sont complexes, variés et encore mal cernés. Il y a en outre de grandes



## APPRENEZ À RECONNAÎTRE LES NUAGES

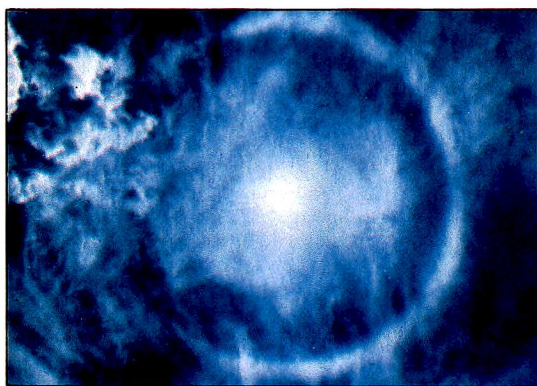
Les nuages sont constitués de très fines gouttelettes d'eau et de cristaux de glace, maintenus en suspension par une légère turbulence. Bien qu'il en existe d'innombrables variétés, on les classe en 10 espèces.



**Cirrus** (altitude 6 à 12 km). Ils se présentent sous forme de filaments blancs, étirés, qui affaiblissent à peine l'éclat du Soleil. Ils annoncent d'une façon générale l'arrivée d'un front chaud.



**Cirrocumulus** (altitude 5 à 7 km). Ils sont constitués d'une multitude de granules blancs plus ou moins soudés qui, en général, vont apparaître sur le ciel après le passage des cirrus.



**Cirrostratus** (altitude 4 à 10 km). Voile laiteux laissant passer la lumière de la Lune ou du Soleil, mais en provoquant des halos. Ils s'associent souvent aux cirrus et cirrocumulus.



**Altostratus** (altitude 1,5 à 6,5 km). Galets gris présentant des ombres propres. Ce sont des éléments de 5° de large qui s'ordonnent en file et ne donnent lieu à aucune précipitation.



**Altostratus** (altitude 1,5 à 6,5 km). Nappe gris-bleu striée, laissant voir le Soleil comme à travers un verre dépoli. Ces nuages apportent pluie ou neige, selon la température.



**Stratus** (altitude 1 à 2 km). Couche grise uniforme, correspondant à un brouillard en altitude et qui donne de la bruine (ces nuages sont plus épais en été qu'en hiver).



différences d'action d'une éruption à l'autre, suivant la nature du nuage de cendres. Il n'en reste pas moins que les spécialistes ont pris conscience de l'importance des manifestations volcaniques pour les prévisions à long terme. Les experts réunis en mai dernier à Genève, dans le cadre du IX<sup>e</sup> congrès de l'Organisation météorologique mondiale, ont préconisé la mise sur pied d'une campagne, globale de surveillance des éruptions en rapport avec le climat. Peut-être pourrions-nous encore gagner alors quelques jours dans la prévision du temps. Mais à quel prix ?

En attendant, pour satisfaire leur besoin têtue de connaître le temps qu'il fera plusieurs semaines, voire plusieurs mois à l'avance, bon nombre d'utilisateurs (agriculteurs, limonadiers, marchands d'articles pour touristes) se tournent vers des prévisionnistes privés. Le drame est que si certains de ces derniers, compétents et techniquement bien outillés, font de leur mieux pour satisfaire leurs clients sur la base de prévisions empiriques et statistiques, d'autres ne sont que des charlatans qui vendent fort cher leurs ser-

vices sans garantie de succès. Le mouvement a commencé il y a assez longtemps déjà aux États-Unis, où prospèrent une centaine de bureaux météorologiques privés, dont le chiffre d'affaires global dépasse le milliard de dollars. Les grosses exploitations agricoles, c'est évident, sont prêtes à consacrer un assez important budget à la prévision météo afin d'optimiser le calendrier des semailles, des plantations et des récoltes, compte tenu des répercussions qu'auront sur la production aussi bien une vague de froid qu'une vague de sécheresse.

Ces météorologistes privés sont donc intéressés au plus haut point par les satellites spécialisés que l'administration Reagan propose à la vente. Pour 300 millions de dollars (environ 2 milliards de francs) la NOAA (National Oceanographic and Atmospheric Administration), c'est-à-dire la Météo nationale américaine, est prête à vendre trois de ses satellites de météorologie et un d'observation de la Terre, en orbite depuis quelques années déjà. Cette décision — qui n'a

(suite du texte page 56)



**Nimbostratus** (altitude 2 à 8 km). Ils revêtent l'aspect d'une masse sombre aux bords déchiquetés. Dérivant des altostratus, ces nuages donnent de la pluie ou de la neige suivant la saison.



**Stratocumulus** (altitude 0,5 à 3,5 km). Dalles gris-clair avec des parties plus sombres disposées régulièrement. Ces nuages ne donnent lieu à aucune précipitation.



**Cumulus** (altitude 0,5 à 4 km). Balles de coton blanches, sombres dans leur partie inférieure, ressemblant souvent à un chou-fleur. Ce sont des nuages de beau temps.



**Cumulonimbus** (altitude 0,5 à 18 km). Volutes boursouflées, très sombres à la base. Ces nuages dérivent des cumulus et sont plutôt porteurs d'averses violentes de pluie ou de grêle.



## ANATOMIE D'UN NUAGE



Un nuage d'orage (*cumulonimbus*) est une énorme masse de vapeur d'eau au sein de laquelle se développent de violents courants ascendants (flèches rouges). Les gouttelettes d'eau prennent donc de l'altitude, se refroidissent et gèlent, donnant naissance à des grêlons qui continuent de grossir si le mouvement ascendant se poursuit (c'est

pourquoi l'on voit souvent des grêlons formés de plusieurs couches, à la manière des pelures d'oignon). Ayant atteint un poids supérieur à la force ascensionnelle des courants du nuage, les grêlons tombent ensuite vers le sol en provoquant ces averses si redoutées des agriculteurs (flèches vertes).

A l'intérieur de ces nuages orageux existent de fortes charges d'électricité statique. Entre deux zones de charges contraires jaillissent des décharges électriques (éclairs), analogues à celles qui se produisent entre les deux armatures d'un condensateur à air suffisamment chargé. Elles peuvent se produire entre la base et le sommet du nuage, entre deux nuages, ou entre un nuage et le sol. L'onde de choc provoquée par le passage de l'éclair dans l'air produit le bruit caractéristique du tonnerre. Le développement d'un nuage d'orage s'effectue en trois stades parfaitement reconnaissables :

**1. Stade cumulus.** Un *cumulus humilis* ou *mediocris*, tout à fait inoffensif, grossit pour devenir *cumulus congestus*, boursofflé et plus volumineux. Des courants ascendants commencent à se développer, atteignant 7 000 mètres d'altitude. Cette transformation dure en général 10 mn.

**2. Stade de maturité.** L'ascendance se poursuit jusqu'à 12 000 m, et provoque l'apparition d'averses de pluie ou de grêle. Durant cette phase, qui dure environ 20 mn, se déclenchent les éclairs orageux.

**3. Stade terminal.** Il intervient dès que le nuage est soumis uniquement à des courants descendants qui le réchauffent. Les averses cessent, tandis que les vents en altitude étalent les cristaux du sommet pour former une "enclume" de glace caractéristique. Cette phase dure environ 30 mn.

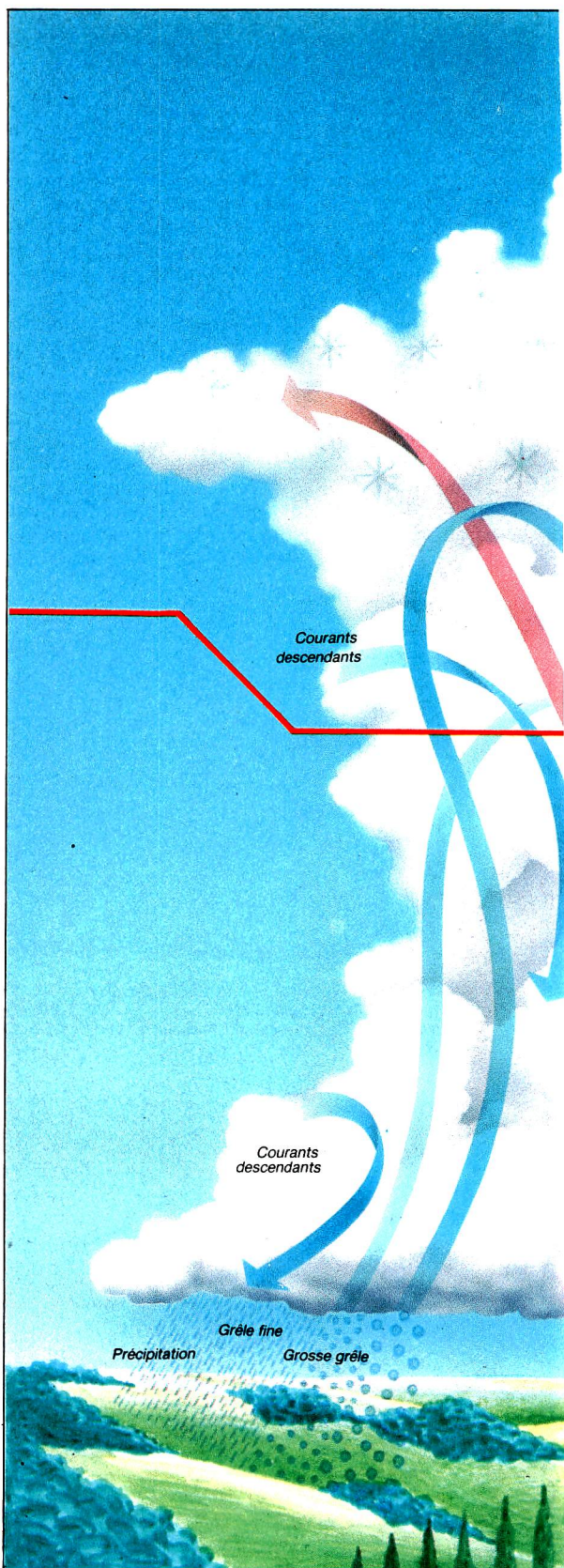
(suite de la page 55)

toutefois pas encore reçu l'approbation du Congrès — marque un tournant dans l'exploitation de l'espace, car elle pourrait conduire rapidement à une privatisation des satellites utilitaires, déjà amorcée, aux États-Unis, avec les satellites de télécommunications à usage national.

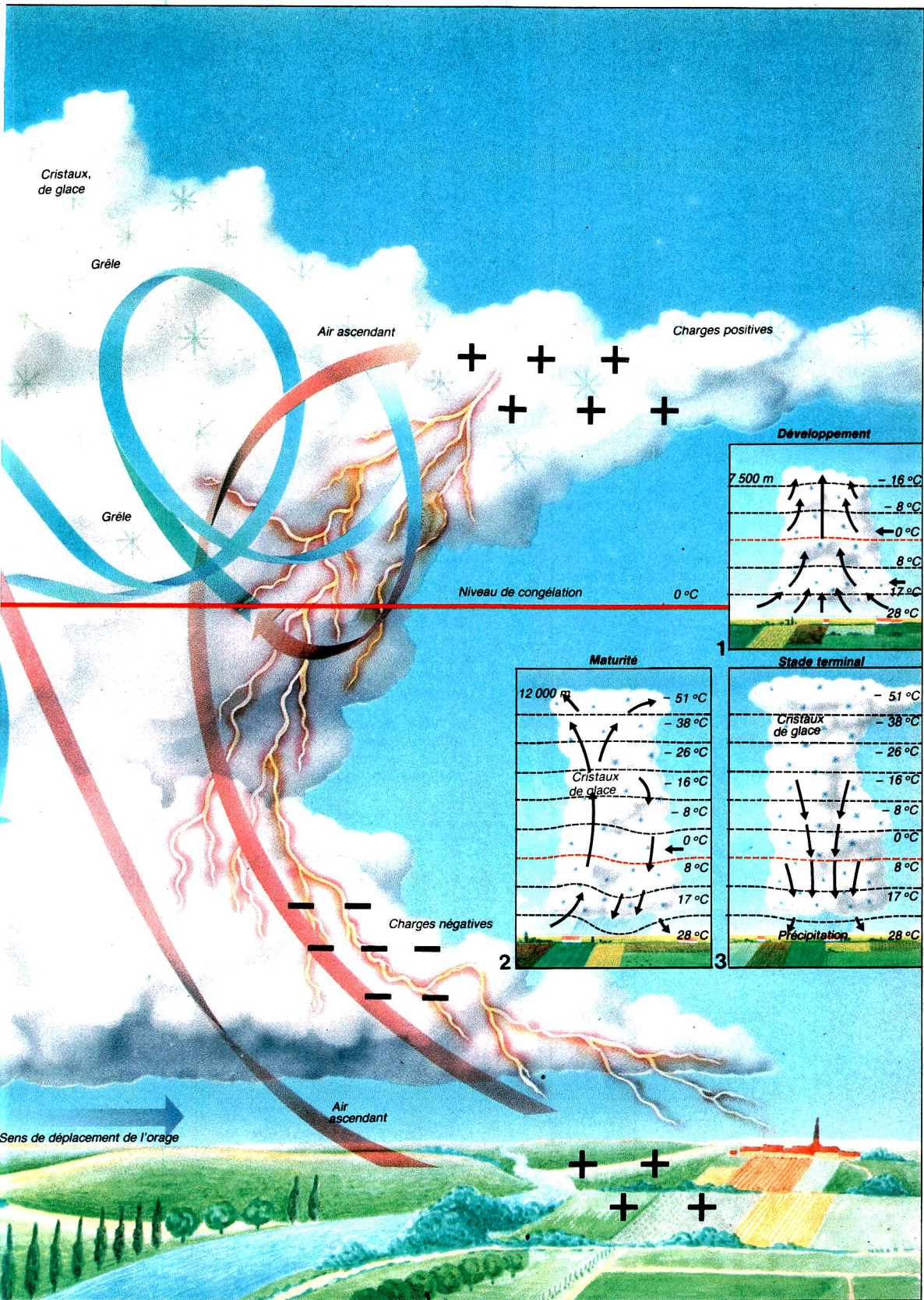
En France, sans attendre le lancement de nos satellites de télédétection *Spot* (le premier partira en 1984), s'est constituée la société Spotimage, qui groupe le CNES, l'Institut géographique national, le Bureau de recherches géologiques et minières, l'Institut français du pétrole et quelques grandes banques. Spotimage, qui possède des filiales à l'étranger, proposera à qui en voudra des clichés à haute définition de la surface terrestre. Elle prévoit d'en vendre jusqu'à 100 000 par an, dont un tiers pour la prospection pétrolière et minière, 20 % pour la cartographie et 20 % également pour l'agriculture.

C'est d'ailleurs la détection qui a déclenché le

(suite du texte page 60)

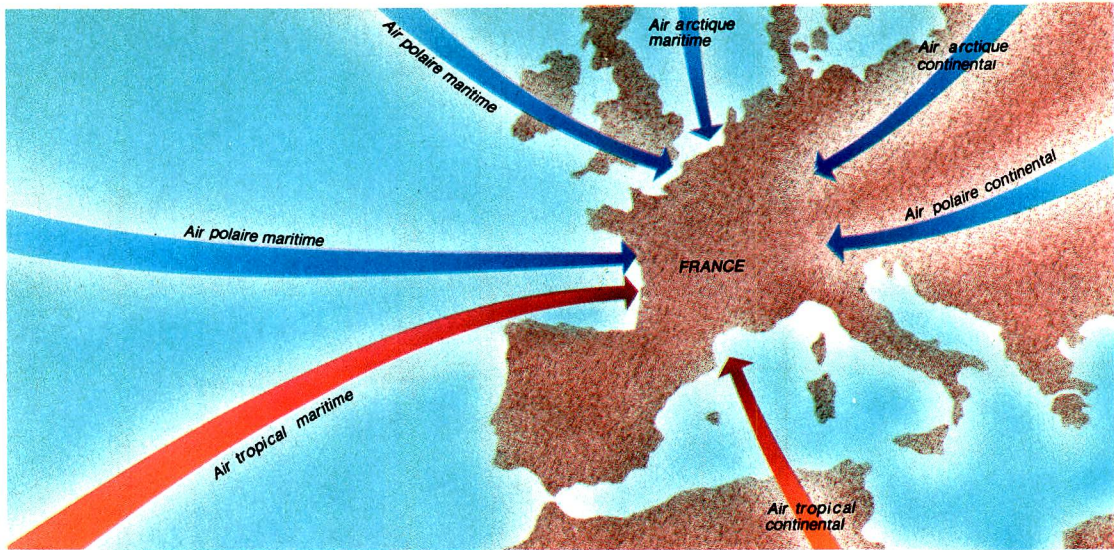








PRÉVOYEZ VOUS-MÊME VOTRE MÉTÉO (LOCALE)



Le temps qu'il fait en France est déterminé par l'influence de 5 grands types de masse d'air :

**Arctique.** Vent du nord. Pluie ou neige, parfois des orages. Bonne visibilité.

**Polaire maritime.** Vent d'ouest ou nord-ouest. Temps frais et humide. Averses et brouillards fréquents en hiver.

**Tropical maritime.** Vent de sud-ouest. Mauvais temps en hiver, avec bruine. Assez beau en été, chaud et humide.

**Tropical continental.** Vent de sud ou sud-est. Beau temps, chaud et sec. Dans le ciel : quelques stratocumulus et altocumulus.

**Polaire continental.** Vent d'est ou de nord-est.

La consultation de la carte météorologique de la télévision, ou de votre quotidien habituel, vous donnera la position respective des dépressions et anticyclones qui déterminent la présence de telle ou telle masse d'air au-dessus de notre territoire.

Ceci dit, pour une prévision locale et à court terme, deux éléments essentiels sont à prendre en compte : la direction du vent et la tendance du baromètre. En vous aidant des quatre tableaux ci-dessous et ci-contre, valables pour la France, vous pourrez déterminer à court terme le temps qu'il fera, selon la saison, en fonction des deux éléments précités.

Si vous voulez aller plus loin, vous pouvez vous constituer une petite station météo pour effectuer au jour le jour des observations locales qui vous aideront dans vos prévisions (voir page 60).

TEMPS DU PRINTEMPS					
DIRECTION DU VENT	NORD	EST ET NORD-EST	SUD ET SUD-EST	SUD-OUEST	OUEST ET NORD-OUEST
BAROMÈTRE					
BEAU FIXE	Beau ou assez beau : journées chaudes ; nuits fraîches ; gelées matinales.	Beau ou assez beau : journées douces ou assez chaudes ; nuits fraîches ; gelées possibles.	Beau ou assez beau : journées chaudes ; nuits fraîches.	Beau ; assez chaud.	Beau : assez chaud dans la journée ; frais la nuit ; gelées possibles au petit matin.
VARIABLE EN HAUSSE	Ondées ou giboulées ; température fraîche	Giboulées ; journées fraîches ; nuits froides ; gelées à craindre.	Assez beau ou ondées orageuses ; journées chaudes ; nuits un peu fraîches.	Ondées ou averses ; température douce	Nuageux, avec ondées possibles ; giboulées en montagne ; temps frais.
VARIABLE EN BAISSSE	Ondées ou giboulées ; température fraîche	Ondées ou giboulées avec vent ; temps frais	Pluie ou averses avec un peu de vent ; temps doux.	Pluie et vent assez fort ; temps doux.	Ondées en plaine ; giboulées en montagne ; temps frais.
PLUIE OU VENT	Pluie ou neige avec vent ; température basse.	Ondées, giboulées ou averses orageuses ; neige en montagne ; vent faible ou modéré ; température basse.	Pluie et vent assez fort ; température douce.	Pluie et vent assez fort ; température douce.	Pluie en plaine ; neige en montagne ; temps frais.



TEMPS DE L'ÉTÉ					
DIRECTION DU VENT BAROMÈTRE	NORD	EST ET NORD-EST	SUD ET SUD-EST	SUD-OUEST	OUEST ET NORD-OUEST
BEAU FIXE	Beau ou assez beau : journées chaudes ; nuits fraîches.	Beau : journées chaudes ; nuits fraîches.	Beau, mais orages possibles ; très chaud le jour ; chaud la nuit.	Beau ou très beau ; chaud ou très chaud.	Beau : chaud dans la journée ; assez frais la nuit.
VARIABLE EN HAUSSE	Assez beau, ondées possibles ; assez chaud	Beau ou assez beau, avec parfois averses orageuses ; chaud ou assez chaud le jour, nuits fraîches.	Beau, avec pos- sibilité d'averses orageuses ; chaud.	Beau, ondées orageuses possi- bles ; assez chaud.	Assez beau, mais ondées possibles en montagne ; tem- pérature douce.
VARIABLE EN BAISSÉ	Ondées ou averses ora- geuses ; tempé- rature douce.	Pluies orageuses ; température douce.	Temps lourd et orages avec averses ; chaud.	Temps lourd et orages possi- bles ; assez chaud.	Ondées et aver- ses avec un peu de vent ; température douce.
PLUIE OU VENT	Pluie et vent ; température douce.	Pluies orageuses avec un peu de vent ; temps lourd et humide.	Averses ora- geuses et vents violents ; chaud et humide.	Orages et averses orageuses ; assez chaud.	Pluie à tendance orageuse avec vent ; doux et humide.

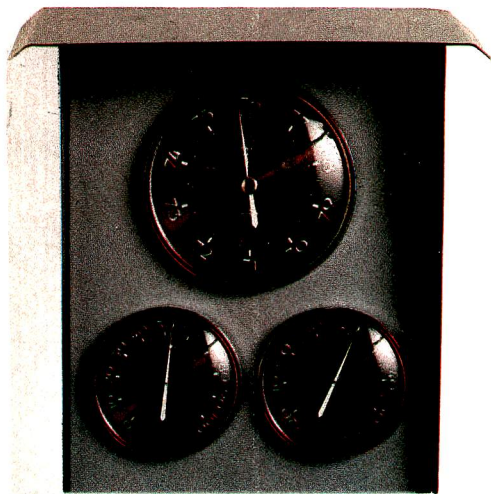
TEMPS DE L'AUTOMNE					
DIRECTION DU VENT BAROMÈTRE	NORD	EST ET NORD-EST	SUD ET SUD-EST	SUD-OUEST	OUEST ET NORD-OUEST
BEAU FIXE	Beau ou assez beau : chaud le jour ; gelées à craindre la nuit.	Beau ou assez beau ; chaleur modérée ; gelées à craindre.	Beau ou assez beau : assez chaud le jour ; frais la nuit ; gelées possibles.	Beau : chaud ou assez chaud le jour ; nuits fraîches.	Beau ou modé- rément nuageux ; chaleur modérée le jour ; nuits fraîches ; gelées à craindre.
VARIABLE EN HAUSSE	Ondées locales ; température fraîche.	Assez beau, avec possibilité d'ondées ; frais le jour et gelées locales.	Nuages modérés ; ondées et éclair- cies ; assez chaud.	Ondées locales et vents faibles ; température douce	Assez beau, avec ondées locales et giboulées en montagne ; température douce parfois un peu fraîche.
VARIABLE EN BAISSÉ	Averses ; temps frais.	Ondées en plaine ; giboulées en montagne ;	Nuageux, avec pluies éparses et vent modéré ; temps doux	Pluie possible ; vent modéré ; température douce.	Ondées en plaine ; giboulées en montagne ; vent faible ; temps frais.
PLUIE OU VENT	Averses de pluie ou de neige ; temps froid et température en baisse.	Averses orageuses et vent modéré ; temps frais.	Pluie et parfois averses orageuses avec vents assez forts ; température douce.	Pluie et vent fort ; temps doux et humide.	Fortes pluies et vent fort ; bourrasques de neige en montagne ; temps frais.

TEMPS DE L'HIVER					
DIRECTION DU VENT BAROMÈTRE	NORD	EST ET NORD-EST	SUD ET SUD-EST	SUD-OUEST	OUEST ET NORD-OUEST
BEAU FIXE	Beau, avec ten- dence à la brume et au brouillard ; tem- pérature fraîche.	Beau ou assez beau, un peu brumeux ; journées froides et gelées nocturnes.	Beau ou assez beau, parfois brumeux ; tem- pérature modérée le jour ; nuits froides ; gelées possibles.	Beau ou assez beau ; brumes ; température douce ou assez douce le jour, gelées nocturnes.	Beau et un peu brumeux ; tem- pérature modérée le jour ; fortes gelées la nuit.
VARIABLE EN HAUSSE	Assez beau ; giboulées en montagne ; froid.	Temps brumeux ; giboulées ou neige ; froid.	Assez beau à modérément nua- geux, avec ondées possibles ; tem- pérature douce.	Quelques nua- ges ; ondées ; température fraîche.	Modérément nua- geux ; giboulées en montagne ; froid.
VARIABLE EN BAISSÉ	Neige ou gibou- lées ; froid.	Neige ou gibou- lées ; froid.	Pluie possible, avec vent fort ; température douce.	Pluie ou neige avec vent ; température douce.	Giboulées d'u neige ; froid.
PLUIE OU VENT	Neige et vent parfois violent ; froid.	Giboulées, neige possible ; vent modéré à assez fort ; froid.	Pluie ou neige fondue, avec vents forts ; temps assez froid, parfois doux.	Pluie ou neige avec vent vio- lent ; température douce	Pluie et bour- rasques, ou neige ; froid.



## FAITES VOTRE PROPRE STATION MÉTÉO

Il ne peut y avoir de prévision météorologique possible sans observation. Si vous voulez établir des prévisions locales sérieuses, il faut vous doter d'un minimum d'instrumentation afin d'établir des relevés quotidiens que vous corroborez avec les informations fournies par la chronique météorologique de votre journal. Les instruments présentés ici vous seront vite indispensables :



**Le baromètre** : sa fonction est de mesurer la pression atmosphérique, qui varie suivant le déplacement des anticyclones et des dépressions. Ce qui est important, en fait, ce n'est pas la pression elle-même (d'autant que peu de baromètres sont correctement étalonnés !), mais ses variations : sens et amplitude. Une chute rapide, par exemple, annonce une tempête alors qu'une chute lente annonce un mauvais temps durable.

(suite de la page 56)

mouvement de privatisation aux États-Unis, l'administration Reagan ayant décidé de transférer à une entreprise privée l'exploitation du dernier-né de la série *Landsat*, dont la plupart des informations étaient destinées à des clients payants. L'entreprise la plus intéressée est la Comsat, qui possède déjà une chaîne de satellites de télécommunications et projette de créer une filiale spécialisée, Earthstar, pour concurrencer Spotimage.

C'est la Comsat qui a demandé que soient inclus dans la privatisation les satellites météo de la NOAA. L'affaire n'est pas encore conclue. Elle provoque une vive réaction des sociétés de consommateurs, qui craignent que soit menacée la notion de service public pour les prévisions météorologiques. Si l'organisme fédéral perd les moyens d'établir ses prévisions comme par le passé, le simple citoyen devra-t-il payer des organismes privés pour connaître le temps qu'il fera demain ?

Quant à l'Agence spatiale européenne, elle a pour l'instant placé deux satellites météo sur orbite géostationnaire (*Météosat 1* et 2) et elle a décidé, le 23 mars dernier, de créer une organisation européenne spécifique, baptisée Eumetsat. Mais cette organisation, qui dispose d'un budget de 2,5 milliards de francs pour le lancement de trois satellites qui lui seront propres, n'a pas le caractère d'une firme privée. Les

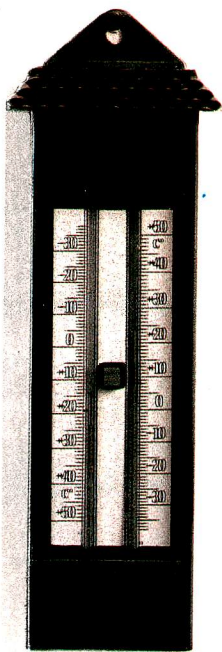


**L'anémomètre et la girouette** indiquent la vitesse et la direction du vent. La vitesse n'est pas d'une grande utilité pour effectuer des prévisions, et se mesure difficilement car le vent est rarement régulier. Par contre, sa direction est importante pour déterminer le type de masse d'air auquel on a affaire, et la direction de l'anticyclone (ou de la dépression) le plus proche.

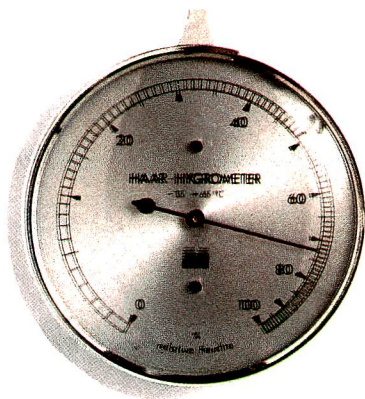
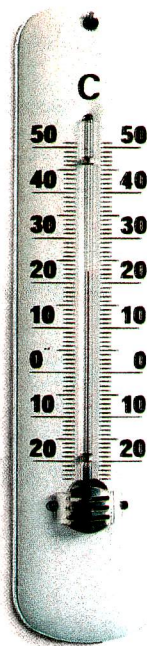
**Le pluviomètre** (non représenté ici) : ce récipient gradué vous permettra d'évaluer la hauteur quotidienne des pluies.

bureaux de prévisions météorologiques privés, en Europe, ne sont actuellement pas plus d'une dizaine. La plupart des demandeurs préfèrent se contenter des prévisions officielles, bien qu'elles soient à court terme.

Il existe pourtant des clients — et non des moindres — pour ces officines privées. L'une d'elles proposait récemment, pour 30 000 F, une prévision sur un an pour l'une des trois zones en France (Nord, Sud-Est ou Sud-Ouest), et pour 5 000 F de plus, une prévision particulière pour une ville ou un point à l'intérieur de la zone. Pour affirmer le caractère "scientifique" de son pro-



**Le thermomètre maxima/minima.** Il n'a pas véritablement d'utilité pour la prévision, mais c'est néanmoins un instrument météorologique important, que vous devez de posséder. Il permet en effet de suivre l'évolution des températures, de comparer les températures d'une année sur l'autre, de connaître la date de la première et de la dernière gelée dans l'année, etc. A placer au nord, à l'ombre et à l'abri des rayons directs du Soleil.



**Le thermomètre simple.** Utilisé tel quel, il permet seulement une mesure de la température instantanée. Celle-ci sera intéressante à comparer avec la température psychrométrique, qui permet de déterminer le degré d'humidité de l'air ; cela vous dispense alors de disposer d'un hygromètre. Il faut pour cela entourer le réservoir d'alcool ou de mercure d'un coton humide, et faire tourner le thermomètre à grande vitesse au bout d'une ficelle. Le déplacement d'air entraîne l'évaporation de l'eau et donc un refroidissement, d'autant plus important que l'air est sec. Si les deux températures sont identiques, c'est que l'air est saturé, avec une hygrométrie de 100 %. Le degré hygrométrique se calcule en divisant les quantités de vapeur d'eau saturante correspondant aux températures mesurées :  $H = \text{quantité de vapeur pour la température du psychromètre} / \text{quantité de vapeur pour la température de l'air sec}$ .

Température	0 °C	Quantité de vapeur	4,83 g/m <sup>3</sup>
	5 °	saturante	6,81
	10 °	correspondante	9,37
	15 °		12,75
	20 °		17,20
	25 °		22,82
	30 °		30,08

Exemple, pour 20 °C dans l'air sec et 15 °C au thermomètre humide :  $H = 12,75/17,20 = 0,74$ , soit 74 %. Pour les valeurs intermédiaires, il suffit d'interpoler.

duit, le bureau en question souligne qu'il utilise, outre les archives de la Météo, les données relatives à la position de la Lune par rapport à la Terre et au Soleil.

De leur côté, les spécialistes de la Météorologie nationale rappellent qu'en dépit des croyances populaires, on n'a jamais décelé une influence quelconque des phases de la Lune sur les variations climatiques ! Mais il se dépense aussi beaucoup d'argent chez les astrologues et les voyantes. Pourquoi la météo privée n'en prendrait-elle pas sa part ?

**Pierre KOHLER** ■

## ADRESSES UTILES

### Pour vous procurer le matériel :

● Devaux-Chevet, 35, rue de Rivoli, 75004 Paris, tél. : 887.89.09.

● Cerf, 20, quai de la Mégisserie, 75001 Paris, tél. : 233.54.42.

### Pour vous informer :

● Météorologie nationale, 2, avenue Rapp, 75007 Paris, tél. : 555.95.02.

### Bibliographie

● "La terre, les eaux, l'atmosphère", par le Bureau des longitudes, Éditions Dunod/Gauthier-Villars.

● "Fera-t-il beau demain ?", publié par le CNRS et le Centre Georges-Pompidou.

● "Comprendre, interpréter, appliquer la météorologie", par P. Devuyst, Eyrolle.

● "Météo, vents, nuages et tempêtes", par J. Bessemoulin et R. Clausse, Éditions Maritimes et d'outre-mer.

● "Les nuages et la prévision du temps", par C. Keidel, Nathan.

● "Comprendre la météo", par P. Kohler, Hachette.

● "Prévoir le temps en 10 leçons", par P. Kohler, Hachette.

● "Météorologie marine", par R. Mayencon, Éditions Maritimes et d'outre-mer.

● "Le temps qu'il fera", Météo/Glénans, Le Seuil.

● "Quel temps va-t-il faire ?", par A. Watts, Hatier.

● "Éléments de météorologie", par P. Queney, Masson.

● "Les Nuages" tome 1 (nuages et météores) et tome 2 (systèmes nuageux), Météorologie nationale.



# La pureté de l'Or.



*De l'or est née une bière rare, Gold, la bière spéciale de Kanterbräu, chef-d'œuvre de finesse et de pureté.*

## **GOLD. La bière en Or de Kanterbräu.**



## RECHERCHE

### HÉMATOLOGIE

#### SOCIOLOGIE DU SANG

● Un chapitre que le Pr Jean Bernard eût pu ajouter à son livre *le Sang et l'histoire* (dont nous avons rendu compte dans notre n° 789) est celui de la sociologie des groupes sanguins, s'il avait disposé des travaux originaux sur la question que vient de publier *Nature*.

Deux généticiens, J. A. Beardmore et F. Karimi-Booshehri, ont eu l'idée d'étudier la répartition des groupes sanguins selon le groupe social et la provenance géographique. Il en ressort qu'il y a une plus forte proportion de certains groupes sanguins par groupes sociaux et géographiques que les lois du hasard ne l'expliquent.

Effectués sur la base de 10 000 échantillons sanguins et selon la méthode de classification ABO, ces travaux indiquent tout d'abord que le groupe sanguin A est celui des classes sociales les plus favorisées : dans les 5 groupes d'immigrants et de natifs du sud-ouest de l'Angleterre considérés, il représente respectivement 55 %, 68 % et 70,69 % dans les 3 groupes de revenus sociaux supérieurs, et seulement 40,85 % et 40,61 dans les 2 groupes de revenus inférieurs.

Première constatation, il y a au moins un rapport entre le groupe sanguin A et le revenu, qui reste évidemment à établir. Tous les autres échantillonnages régionaux indiquent le même rapport.

En revanche, les taux du groupe sanguin B, moins fréquent, tendent à croître en fonction inverse du revenu : chez les natifs du Yorkshire, par exemple, il représente 3,66 % des individus étudiés de revenu le plus élevé et 9,58 % de ceux de revenu inférieur.

Or, ce rapport inverse n'était pas évident de prime abord ; on eût pu,

par exemple, trouver une répartition aléatoire des groupes AB, B et O ; ce n'est pas le cas. Le groupe B aussi semble lié à certains facteurs sociaux.

C'est également le cas du groupe O ou zéro : il progresse dans tous les échantillonnages régionaux en fonction inverse du revenu. Par exemple, de 22,42 % chez les natifs du sud-ouest de l'Angleterre de revenu le plus élevé, il passe à 48,12 % chez ceux de revenu inférieur, et chez les natifs du Yorkshire, il passe de 30,49 % pour le revenu le plus élevé à 49,92 pour le revenu le moins élevé.

Le phénomène semble international, puisque, parmi les immigrants du Sud-Ouest, il passe de 34,05 % à 47,16 %, et pour ceux du Yorkshire, de 37,42 % à 45,80 %.

Des travaux précurseurs, effectués au Chili, avaient déjà relevé qu'il y avait dans les cliniques privées de ce pays 10 % de patients du

groupe A de plus que dans les hôpitaux ; mais les statistiques, qui remontent à 1977, avaient été jugées non significatives, étant donné que la majeure partie des couches sociales chiliennes inférieures est de souche indienne, et que le groupe sanguin O domine à 95 % chez les Indiens, ce qui ne faisait que confirmer une répartition ethnogéographique, déjà connue, mais ne révélait pas forcément une répartition socio-économique particulière.

Les travaux que nous venons d'indiquer révèlent bien, eux, cette dernière répartition. Reste donc à l'expliquer, puis à déterminer s'il y a aussi des différences plus fondamentales, par exemple physiologiques, attachées à certains groupes sanguins. C'est évidemment l'opinion du Pr Hans Eysenck, qui croit, lui, à une composante héréditaire de l'intelligence. Ce qui voudrait dire que la vie est plus dure pour les gens qui ne sont pas du groupe A...

### MÉDECINE

#### LES MACAQUES AUSSI SE FONT DU MAUVAIS SANG

● Prenez des macaques et soumettez-les à un régime alimentaire pauvre en graisses et en cholestérol. Puis soumettez-les en plus à un stress "social", par exemple en les plaçant avec d'autres animaux querelleurs qui leur font la vie noire. Sacrifiez les macaques et analysez leurs artères, en mesurant leurs épaisseurs et le nombre de plaques athéromateuses, puisque c'est de cela qu'il s'agit : au bout de 21 mois, les pauvres animaux stressés auront développé une athérosclérose dont n'aura pas souffert un groupe témoin, placé dans des

conditions normales et soumis à un régime alimentaire pourtant riche en graisses et en cholestérol. Tels sont les résultats obtenus par six chercheurs américains. L'extrapolation à l'homme est évidente : le stress est bien un facteur d'athérosclérose et, partant, d'accidents cardio-vasculaires. Comment ? On ne le sait pas. On peut regretter les animaux sacrifiés ; l'expérience aura au moins permis de vérifier une donnée que l'on ne connaissait qu'intuitivement, sur la base de travaux statistiques et symptomatiques.



## MAIS POURQUOI DONC L'HOMME A-T-IL BOUDÉ LES AMÉRIQUES ?

● Des fossiles d'animaux terrestres, une mite et des invertébrés ressemblant aux araignées et mille-pattes actuels, tous superbement conservés, ont été découverts dans l'État de New York, à Gilboa. Les analyses de datation ont montré qu'ils avaient plus de 38 millions d'années.

Leur préservation est si remarquable que l'on peut même reconnaître les organes sensoriels ainsi que les appendices buccaux qui sont de type carnivore pour tous ces "insectes", sauf pour la mite qui semble être une forme éteinte de l'espèce actuelle qui infeste les placards...

Découvreurs heureux, les Drs Bonomo et Grierson, de l'université d'État de New York, à Binghamton, cherchaient d'ailleurs des fossiles de plantes éteintes, et non des insectes.

Le Dr W. D. Ian Rolfe, de l'université de Glasgow, en Écosse, pense que cette découverte va bouleverser certaines notions sur l'apparition de la vie terrestre sur notre planète. Il est vrai que d'autres fossiles très ressemblants avaient été trouvés en Écosse en 1910, vieux de 400 millions d'années, mais ils étaient bien moins complexes que ceux de Gilboa et semblaient "conçus" pour un habitat semi-aquatique, tandis que les fossiles américains sont parfaitement adaptés à la vie aérienne.

Or, pour les partisans de l'évolution par paliers progressifs, cette découverte montre que la transition de la vie aquatique à la vie aérienne s'est faite il y a bien plus de 400 millions d'années. Sinon un tel perfectionnement n'aurait pas encore pu exister à peine 20 millions d'années plus tard.

Cette découverte est agaçante ; elle épaissit un des mystères les plus tenaces de la préhistoire : pourquoi ne trouve-t-on pas aux États-Unis d'ossements d'homme préhistorique qui ait plus de 10 000 ans ? L'abondance de matériel paléontologique et archéologique qui règne dans les deux Amériques ne rend cette absence que plus flagrante.

Au XIX<sup>e</sup> siècle, tandis que se succédaient les découvertes en Europe, en Afrique et en Asie, les chercheurs se sont un peu désintéressés des Amériques, pensant sans doute qu'il était paradoxal de chercher les origines de l'homme dans

le Nouveau Monde. Mais peu à peu, des amateurs, puis des professionnels, mirent au jour des silex taillés en biface, des pointes de javalots mêlées à des ossements d'animaux, tous les signes enfin de la présence d'un homme de type néanderthalien, sauf l'homme lui-même. Dans la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle, on a tout de même trouvé quelques ossements, mais aucun ne dépasse en âge une dizaine de milliers d'années, tandis que certains des outils, notamment en Amérique du Sud, en ont près de 40 000.

Il semble donc que ce soit autour de cette date que l'homme a fait son apparition pour la première fois aux Amériques. Si l'on accepte l'hypothèse que l'homme est originaire de l'ancien monde, et c'est la seule hypothèse actuellement, la migration n'aurait pu se produire que par le détroit de Béring qui sépare la Sibérie et l'Alaska. Ailleurs, l'homme se serait heurté aux grandes étendues infranchissables de l'Atlantique et du Pacifique. Or, à cette époque, la Terre subissait une période de glaciation, appelée glaciation de Würm, les glaciers avaient subi une nouvelle phase d'extension et le niveau de la mer avait baissé. En conséquence, un vaste isthme aplati se dressait entre les deux continents. Cette bande de terre était alors recouverte d'une toundra accueillante ou paissaient bisons, mammouths et mastodontes, un gibier de choix pour le Néanderthalien et qui lui aurait permis d'atteindre le Nouveau Monde il y a 70 000 ans. Malheureusement le climat de la Sibérie orientale, déjà rude de nos jours, interdisait tout accès à cet isthme, et l'on pense que l'homme a dû attendre un adoucissement climatique pour aborder l'Amérique.

Les "émigrants" colonisèrent certainement d'abord le nord-ouest des États-Unis avant de descendre lentement vers le sud, s'adaptant progressivement aux nouvelles conditions climatiques. Il y eut au moins trois vagues successives, les derniers étant les Esquimaux, il y a à peine 2 000 ans. Mais les outils vieux de plus de 35 000 ans trouvés à Muaco, au Venezuela, sont déjà sensiblement différents de ceux qu'on a trouvés en Europe et qui doivent avoir le même âge, ce qui prouve que ces hommes avaient eu le temps de s'adapter au Nouveau Monde.

On trouve des traces de leur passage (outils, ossements d'animaux tués, voire manifestations artistiques) tout au long de la côte ouest des États-Unis, dans le centre, au Mexique et en Amérique du Sud. Mais à part quelques exemples d'ossements humains dans le Dakota, le Minnesota, au Chili et à Lagoa Santo, au Brésil, l'homme préhistorique est resté aux Amériques aussi discret que le Yeti.

Cela semble bizarre. Les autres peuples primitifs enterraient leurs morts ou les jetaient parmi les débris. Même si l'on prête à ces premiers Américains une aversion instinctive pour la mort, on devrait trouver le squelette de quelque chasseur accidentellement resté dans le même tas que ceux des animaux, ses victimes.

On ne peut parler d'un gigantesque séisme qui aurait tout emporté, ou de conditions climatiques inadéquates pour la conservation des os, puisque la grande richesse en squelettes de mammifères de la vallée du Yukon, en Alaska, par exemple, et cette nouvelle découverte d'un des plus vieux fossiles animaux prouvent le contraire.

Peut-être, contrairement à leurs congénères de l'ancien monde, brûlaient-ils leurs morts au lieu de les enterrer, mais nous devrions au moins trouver quelques fragments d'os calcinés pour supporter cette hypothèse. Après plus de cent ans de paléontologie, le mystère reste entier. On attend toujours que l'"homme de New York" aille rejoindre dans la galerie des ancêtres l'homme de Java et l'homme de Cro-Magnon, et l'on se demande qui, le premier, en cherchant des fossiles d'insectes par exemple, mettra un terme à la plus passionnante et mystérieuse des "chasses à l'homme".

● ● **Minoxidil** : nous avons reçu un courrier exceptionnellement abondant concernant ce médicament qui aurait des effets sur la repousse des cheveux. Nous informons nos lecteurs qu'il n'est pas commercialisé en France, et qu'il est fabriqué aux États-Unis par les laboratoires Upjohn. Il n'existe pas non plus d'équivalent de sa molécule en pharmacologie française. Que les nombreux lecteurs qui nous ont écrit et à qui nous n'avons pas répondu veuillent bien trouver ici la réponse à leur question.

## L'ASPECT LE PLUS PRÉCIS DE LA MÉTAPHYSIQUE...

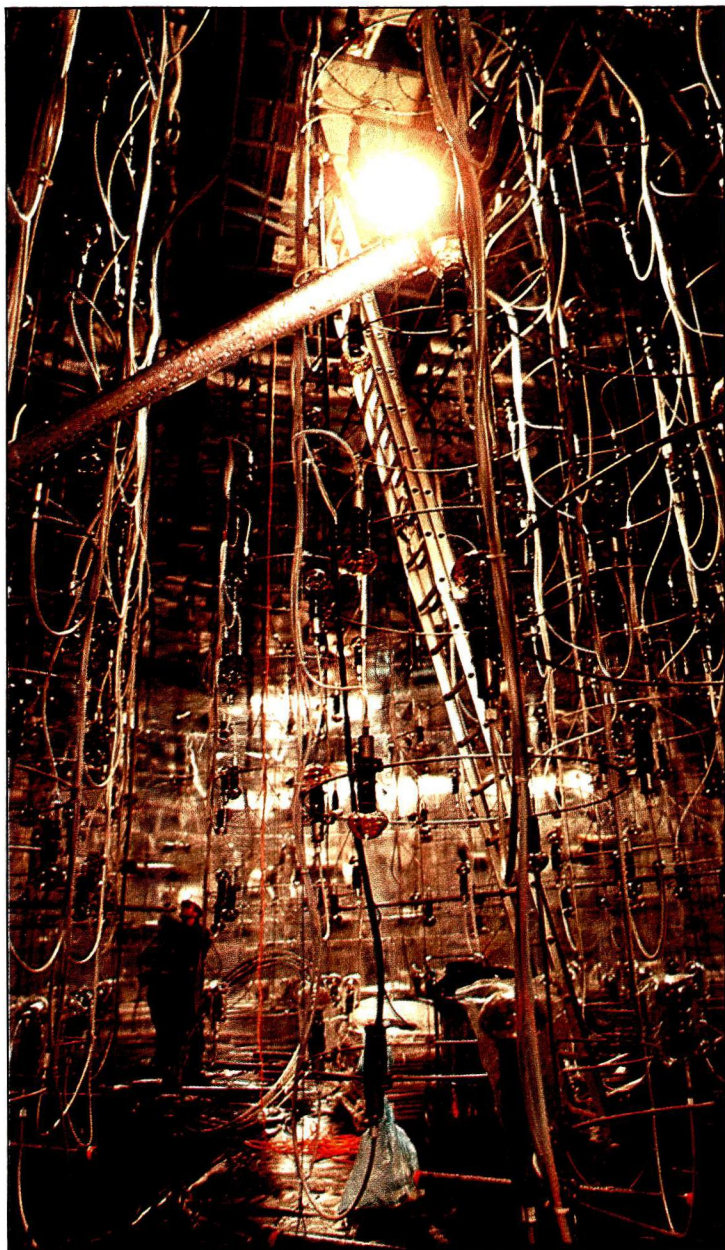
● Cette installation rutilante représente une chambre de pompes funèbres unique au monde. Constituée de câbles d'alimentation de 2 400 photomultiplicateurs, au centre d'une cuve remplie de 8 t d'eau, au fond de la mine d'argent King, près de Salt Lake City, aux États-Unis, elle est l'une des quatre gigantesques installations de ce genre montées dans le monde pour détecter un événement aussi infime qu'extraordinaire, quasiment rien, la désintégration d'un proton. A sa "mort", celui-ci donnera un positron et un méson-pi.

Mais la lueur bleuâtre de l'effet Cerenkov qui se produira alors, et que les détecteurs sont chargés de décoder, aura des répercussions immenses. La fuite ultra-rapide du méson-pi, qui suscitera cette lueur, signera pour les physiciens le passage de l'âme d'un proton. Or, on croyait le proton immortel.

De la physique, on atteint les frontières de la métaphysique, puisque la mortalité du proton indique la finitude du temps quand il ne restera plus de matière. Que restera-t-il alors ? Les physiciens n'en savent rien. Peut-être que l'un d'entre eux développera, mais sans fatras espérons-le, les conséquences cosmologiques et philosophiques de cette mort considérable. En attendant, ils ont bien assez à faire à tirer des conséquences plus physiennes de cette mort.

En observant successivement les particules  $W^+$ ,  $W^-$  et  $Z^0$  (plus généralement appelées "bosons intermédiaires" — voir notre article p. 18), les physiciens du CERN ont confirmé l'origine commune de deux des quatre forces fondamentales qui régissent notre Univers : la force faible (responsable de certaines formes de radioactivité) et la force électromagnétique. Ce que les théoriciens de la physique attendent maintenant, c'est une preuve de la désintégration du proton (d'ores et déjà, un certain nombre d'événements ont été observés qui tendraient à la prouver) ; et non seulement une preuve, mais aussi une valeur correcte de sa durée de vie. Estimée jusqu'ici à  $10^{30}$  ans, des résultats récents rendent les physiciens plus circonspects : elle pourrait être supérieure à  $10^{31}$  ans. A cette échelle, un facteur 10 semble peu important, mais il pourrait bouleverser les théories jusque-là proposées.

L'enjeu est de taille, car, avec la preuve de la désintégration du proton, c'est un pas de plus qui sera



fait vers la voie de la grande unification ; la force forte et la force électrofaible n'en feraient plus qu'une. C'est pour cette raison que de gigantesques détecteurs ont été construits, un peu partout dans le monde. On voit ici une photo du détecteur de la mine d'argent du King. Dans les 800 tonnes d'eau que contiendra le détecteur, il y a environ  $10^{32}$  protons, ce qui signifie la probabilité d'observer entre 100 et 1 000 désintégrations par an.

●● Greffe de cellules surrénales sur le cerveau : effectuée en Suède, elle visait à assurer au cerveau un dosage permanent de la dopamine qui permet de contrôler la maladie de Parkinson. La L-Dopa administrée à ces malades n'était pas toujours efficace. Les expériences préliminaires avaient réussi sur l'animal, mais certains médecins trouvent que les Suédois ont été un peu vite. La preuve : la greffe a échoué.



## PANIQUE AU SIDA : EN FRANCE AUSSI...

● L'épidémie de SIDA, ou syndrome d'immunodéficience acquise, maladie que nous avons été les premiers à signaler, et qui n'a que tout récemment retenu l'attention de la grande presse, en France tout au moins, déclenche actuellement une panique dont on n'avait pas connu de précédent depuis longtemps ; même la redoutable épidémie de maladie des légionnaires, à Philadelphie, puis à New York, n'avait pas déclenché pareille appréhension, surtout à l'échelon national.

Étant donné que ce syndrome atteint surtout des homosexuels, étant donné aussi qu'il semble contagieux, dans une mesure que l'on ne connaît pas précisément, lors d'une émission sur une chaîne de télévision à San Francisco, à la mi-juin, les techniciens ont refusé de s'approcher des homosexuels interviewés sur le plateau ; les interviewés ont dû s'exprimer par téléphone, à partir d'une pièce voisine ! Dans plusieurs villes, les services d'ordre exigent de porter des masques anti-contagion et des gants pour traiter avec des homosexuels et, dans les prisons, les homosexuels sont pratiquement réduits aux isolats, aucun prisonnier ne voulant partager sa cellule avec eux. On a même vu, à Coronado, en Californie, des pompiers refuser les cours de secourisme, de peur que le mannequin utilisé pour les exercices de bouche-à-bouche ne leur communique la maladie.

Ce genre d'excès a peut-être quelque utilité, puisque le secrétaire d'État à la Santé des États-Unis, M<sup>rs</sup> Margaret Heckler, a déclaré devant une réunion de maires américains que le SIDA était devenu une des priorités de son département. En attendant, les autorités sanitaires de diverses villes rappellent au public que le SIDA ne peut être contracté que par contact sexuel ou par transfusion sanguine, et l'avertissement vaut peut-être aussi pour la France, où l'on enregistre déjà une cinquantaine de cas.

Toutefois, il ne semble pas qu'en France les mesures prises pour combattre le mal aient la même ampleur, sans doute parce que le SIDA n'a pas encore pris les proportions américaines. Alors que M<sup>rs</sup> Heckler propose de faire monter le budget consacré aux recherches de 12 à 26 millions de dollars, il semble que les Centres français de transfusion sanguine se proposent, pour le moment, de refuser le don du sang d'homosexuels, ainsi

que de sujets ayant plusieurs partenaires sexuels ou ayant séjourné dans des pays d'Afrique occidentale.

Il convient de rappeler qu'une part appréciable des malades américains du SIDA ne sont pas homosexuels et qu'il semble qu'en plus des rapports sexuels ou homosexuels et des transfusions de sang infecté, il y ait une autre cause de contamination, encore à déterminer. En Afrique occidentale, ce ne sont ni l'homosexualité, ni les transfusions qui semblent à incriminer ; pourtant, c'est dans cette région du monde que l'on a d'abord identifié l'une des manifestations du SIDA, le cancer de Kaposi, sarcome qui semble dû à un virus parent du virus d'Epstein-Barr, et agent du lymphome de Baskitt, localisé, lui aussi, le plus souvent en Afrique.

Actuellement, les recherches des médecins américains portent sur un type rare de virus, dit HTLV, responsable d'une forme de leucémie, qui a été retrouvé dans les ganglions de victimes du SIDA. Il n'est toutefois pas établi formellement que l'infection par ce virus soit la cause, et non la conséquence du SIDA. Il s'agit d'un rétrovirus, c'est-à-dire d'un virus à ARN contenant de la transcriptase reverse, qui permet de faire copier par la cellule infectée l'ADN qui reproduit son ARN. Les rétrovirus sont responsables d'un certain nombre de maladies humaines, et ce sont même les seuls connus qui déclenchent des maladies. Ce qui tendrait à confirmer qu'ils sont bien la cause du SIDA, c'est qu'ils ne sont transmissibles, justement, que par contact sexuel ou transfusion sanguine, comme le SIDA.

En dépit des 56 cas et 15 morts qui y ont déjà été enregistrés, la France a témoigné jusqu'ici d'une certaine désinvolture à l'égard du SIDA, comme s'il s'agissait d'une maladie exotique. L'affaire de l'Institut Pasteur Productions est venue rappeler qu'il existe désormais une solidarité internationale, jusque dans le domaine des infections.

En effet, pour avoir réalisé tout un lot de vaccin contre l'hépatite B avec du plasma importé des États-Unis, donc a priori suspect d'être contaminé par l'agent du SIDA, et pour n'en avoir pas dûment informé ses clients, pour n'avoir pas aussi réalisé ses essais sur 2 chimpanzés, comme le prévoit le protocole, l'IPP se trouve actuellement dans une situation déplaisante.

Autriche, Allemagne et Belgique

ont vigoureusement protesté. Et, ce que l'on n'a pas assez dit, à notre connaissance, c'est que le plasma risque bien d'avoir été prélevé sur des sujets atteints du SIDA, puisque provenant de sujets contaminés par le virus de l'hépatite B. Or, justement, les sujets infectés par ce virus sont, à l'exception du personnel hospitalier, le plus souvent des homosexuels et des drogués, c'est-à-dire le groupe de population le plus vulnérable au SIDA...

Ne lit-on donc pas la presse scientifique à l'IPP ? Le SIDA inquiète le monde médical depuis 1981. Or, l'IPP a acheté du plasma américain jusqu'en janvier 1983, comme s'il ignorait tout des risques attachés à ce plasma...

## NEUROLOGIE

### LES GUILLOTINÉS Y VOYAIENT-ILS ENCORE ?

● L'abolition de la peine de mort, votée une deuxième fois à Strasbourg par l'Assemblée européenne, permet de se pencher avec un peu moins de répulsion sur un problème qui a donné bien des frissons dans les décennies passées : les guillotins y voyaient-ils encore, une fois la tête dans le panier ?

Notre confrère *Panorama du Médecin* a rapporté récemment les travaux du Dr Évrard, médecin des prisons de Beauvais en 1870 et 1879 : afin de vérifier les histoires de têtes de décapités qui se morداient dans le panier, ou de fonds de sacs rongés par les dents des suppliciés, Évrard se fit livrer la tête du dénommé Prunier, condamné pour avoir assassiné une vieille femme, sitôt après l'exécution, c'est-à-dire entre 4'30" et 5' après. En compagnie de collègues qui servaient de témoins, Évrard cria son nom au décapité, en approchant sa bouche aussi près que possible du conduit auditif de feu Prunier ; il lui pinça la peau des joues, lui introduisit dans les narines un pinceau imbibé d'ammoniaque concentré, lui cautérisa la conjonctive avec un crayon au nitrate d'argent et lui plaça une bougie devant les yeux grands ouverts. Il n'eut aucune preuve, fût-elle la plus mince, de la persistance d'une sensibilité quelconque du supplicié.

La vérification était macabre, mais elle mit fin pour un temps aux légendes. Puis, comme celles-ci ont la vie dure, on les vit reparaitre. Mais la preuve est faite : la guillotine tuait sur le champ.



## LES PERCE-OREILLES SONT DE BONNES MÈRES



● Les soins apportés à l'élevage des jeunes sont très caractéristiques des insectes "sociaux" (abeilles, guêpes, fourmis), mais exceptionnels chez les insectes solitaires, à l'exception des bousiers, des blattes, par exemple ; cependant c'est certainement chez les forficules, connus aussi sous le nom de perce-oreilles, que ce comportement a été le mieux étudié.

Il existe de nombreuses espèces de forficules, mais leur comportement, en ce qui intéresse la perpétuation de l'espèce, est assez semblable, et cela dès la rencontre pré-nuptiale. Quand un mâle aborde une femelle, généralement au hasard, si la femelle est réceptive, elle s'arrête et accepte la cour du mâle ; sinon, elle fuit. La cour commence par des tapotements d'antennes, mais très vite, le mâle utilise les pinces qui lui valent son nom ; il stimule ainsi la femelle et l'amène à accepter l'accouplement.

Ces amours sont brèves : de deux à trente minutes. La femelle peut s'accoupler plusieurs fois en acceptant même différents partenaires. Puis, subitement, le comportement de celle-ci se modifie ; elle s'isole, cesse de s'alimenter et commence à creuser un terrier. Celui-ci, très simple et peu profond, est rapidement terminé et la ponte peut commencer. En général, tous les œufs sont pondus dans une seule journée ; il y en a entre cinquante et cent.

Contrairement à la plupart des autres insectes solitaires, la femelle reste auprès de ses œufs ; elle les remue, les transporte, les étale et les remet en tas, mais sur-

tout, elle les lèche constamment.

Expérimentalement, on a montré l'importance de ces soins pour l'espèce : des œufs isolés sont en effet très vulnérables à différents champignons parasites, et ils n'ont qu'un très faible pourcentage de survie.

Par ailleurs, ce comportement parental n'existe que chez des femelles venant de pondre. En dehors de cette période, un perce-oreille femelle mis en présence d'œufs de sa propre espèce, non seulement ne les soigne pas mais encore les mange sans aucune « inhibition ».

Après l'éclosion, les contacts entre les femelles et les larves sont très nombreux, mais on ne sait pas toujours très bien à quoi ils corres-

pondent. Contrairement à ce qu'on connaît chez les insectes sociaux, les contacts buccaux ne semblent pas être accompagnés d'échanges de nourriture.

Quatre jours après l'éclosion se produit un phénomène important : l'ouverture du terrier. La femelle reprend la chasse aux proies habituelles (ou la récolte pour les espèces à prédominance herbivore).

Les espèces carnivores, en particulier, partagent cette nourriture avec les larves. Cependant, cette participation de la mère ne semble pas obligatoire. Chez une espèce au moins, certaines larves s'émancipent dès l'ouverture du terrier et parviennent à se nourrir par leurs propres moyens. Cette variabilité du comportement chez un insecte mérite d'être notée.

Le comportement des forficules n'est pas absolument uniforme ; des différences apparaissent à mesure que les études progressent. On connaît ainsi une espèce dont les femelles acceptent de se réunir à plusieurs pour s'occuper de leur progéniture ; un pas vers la sociabilité ! Dans une autre espèce, pour des raisons inconnues, la femelle meurt au moment de l'éclosion des larves, qui doivent ainsi faire seules leurs premiers pas dans la vie.

Néanmoins, le schéma général reste le même, caractérisé par cette tendance des femelles à ne pas abandonner leurs œufs, voire leurs larves, ce que beaucoup interprètent comme une première étape vers l'état social qui culmine chez l'abeille, la fourmi ou le termite.

## MÉDECINE

### DU RÔLE DES TAPIS SUR LA SANTÉ

● Nous avons rapporté il y a quelque mois (S & V n° 782) les conclusions de médecins américains sur un rapport entre la maladie de Kawasaki, qui atteint les jeunes enfants, et l'utilisation des shampooings pour moquettes. Comme on pouvait s'y attendre, l'affaire a été reprise par d'autres chercheurs qui concluent que ce ne sont pas les shampooings pour moquettes qui sont en cause, mais les infestations des tapis par des bactéries et des insectes minuscules, qui déclenchent chez diverses personnes, et notamment les enfants, qui sont beaucoup plus en contact que les autres avec les tapis, une augmentation des taux d'immuno-

globulines E et G (IgE et IgG). Or, il semble qu'il y ait un rapport entre des taux anormaux d'IgG, en particulier, et la maladie en question, qui se caractérise par une fièvre élevée, chez les enfants de moins de cinq ans.

Ce sont donc les tapis, véritables pièges à microbes, qui sont en question. Et peut-être aussi un certain manque d'hygiène : les gens qui ne se lavent pas assez souvent, perdent des squames de peau, qui tombent sur les tapis et qui font les délices de certains agents qui pullulent dans ces textiles. La meilleure prévention consisterait donc à passer l'aspirateur plus souvent et à se laver davantage...



## UN OVULE QUI CROÎT SANS ÊTRE FÉCONDÉ...

● ...Cela s'appelle la parthénogénèse. Il en existe quelques cas chez les vertébrés inférieurs, mais on n'a jamais encore vu un être humain normal naître d'un ovule non fécondé. Des débuts de développement parthénogénétique ont pourtant été mis en évidence par cinq chercheurs britanniques d'Édimbourg (cf. *Nature*, vol 303, 26 mai 83).

Deux sur onze embryons obtenus par fertilisation *in vitro*, c'est-à-dire en éprouvette (et destinés à la réimplantation sur des femmes stériles), étaient haploïdes, c'est-à-dire comportant seulement  $n$  chromosomes, au lieu de  $2n$ . Ils s'étaient développés jusqu'à atteindre 8 cellules, c'est-à-dire qu'ils avaient subi trois divisions, ou mitoses, stade auquel se fait normalement l'implantation. Ces œufs auraient donc été implantés, si on ne les avait pas contrôlés. Ils avaient pourtant été normalement fécondés, mais la fécondation n'avait pas réussi.

La communication de *Nature* se limite pour l'essentiel à la description de la méthode d'observation grâce à laquelle l'anomalie a été détectée. Méthode complexe, qui met en jeu plusieurs réactions chimiques et la fluorimétrie, afin d'établir le caryotype.

Ce qui est plus frappant, c'est que les chercheurs n'avaient prélevé que trois ovules présumés fécondés sur les onze, et que deux d'entre eux, soit 66 % de l'échantillon, étaient haploïdes. L'intérêt de ce travail est qu'il explique d'abord pourquoi toutes les fertilisations *in vitro* et les implantations qui s'ensuivent n'aboutissent pas, et aussi pourquoi certaines femmes restent longtemps stériles ; il semblerait que l'élimination d'œocytes haploïdes, qui sont évidemment non viables, soit plus fréquente qu'on l'a cru.

La viabilité d'individus à cellules autosomes (c'est ainsi qu'on les appelle quand elles sont produites par mitose simple) est reconnue : une certaine proportion de dindes, par exemple, est constituée de cellules autosomes (et tout à fait comestibles !). Mais on ignore pourquoi, fondamentalement, cela n'est pas possible chez les mammifères. Reste à établir des faits encore inconnus et plus fondamentaux, dont le plus important est la mitose spontanée d'un ovule non fécondé. Est-elle activée quand même par le spermatozoïde, en dehors de la fécondation ? Le spermatozoïde

est-il détruit lors de la fécondation, et pourquoi ? Et finalement, jusqu'à quel stade un embryon haploïde peut-il se développer ? Nos chercheurs ont entrepris leurs examens après trois mitoses, mais peut-être plusieurs autres mitoses pourraient-elles suivre ; et dans ce cas, jusqu'où ?...

## GÉOLOGIE

### LA CHINE S'ÉRODE

● Un sixième de la superficie de la Chine est atteint par l'érosion, et ces quinze dernières années, la superficie des zones désertiques a augmenté de 27 000 km<sup>2</sup>.

L'érosion hydraulique joue un rôle important, puisqu'on estime que près de deux milliards et demi de tonnes de terre sont ainsi arrachés chaque année et qu'une grande partie va se déposer au fond de la mer. Mais dans des zones arides, en particulier en Mongolie intérieure, c'est le vent qui joue le rôle le plus important.

Pour tenter d'enrayer ce désastre, les autorités chinoises viennent de prendre un certain nombre de mesures rigoureuses qui interdisent la culture et le défrichement dans les zones sensibles, en attendant qu'on ait mis au point des techniques permettant de concilier la mise en valeur et la lutte contre l'érosion.

Dans le même temps, un gigantesque programme de reboisement vient d'être mis en œuvre, contrastant avec les déboisements inconsidérés qui ont été encouragés pendant la révolution culturelle.

Comme toujours en Chine, cette décision se traduit par la mise en cause de l'ensemble de la population et on a ainsi décidé que « tous les Chinois âgés de plus de onze ans devaient planter de 3 à 5 arbres par an ». Au cours des six premiers mois de 1982, 23 millions d'hectares auraient été ainsi reboisés.

● ● **Enfin, un véritable effet de la vitamine C : elle restaure chez l'homme la mobilité des spermatozoïdes, ce qui donne au sperme plus de fluidité. La "découverte", faite à l'université du Texas, confirme une pratique vieille de vingt ans, qui consistait à conseiller la vitaminothérapie C aux hommes souffrant d'azoospermie...**

## LA SIBÉRIE PRÉSENTÉE À

● Les spécialistes soviétiques ont boudé, paradoxalement, le colloque international sur la Sibérie organisé fin mai par l'Institut d'études slaves de Paris. Pourtant, si les chercheurs de nombreux pays réunis à cette occasion n'ont guère été complaisants, ils ont communiqué des informations et des études difficilement accessibles sur cette région du monde.

Ainsi, de vastes zones de la Sibérie sont gravement polluées : la zone occidentale, par exemple, produit journalièrement 5,5 millions de barils de pétrole et 0,5 milliard de m<sup>3</sup> de gaz, qui laissent des "traces" dans la toundra et la taiga, milieux fragiles. Z. Wolfson, de l'université hébraïque de Jérusalem, estime que 14 % du milliard de km<sup>2</sup> où sont exploités les 50 000 puits raccordés à 30 000 km de tubes dans la région occidentale de la Sibérie sont irrémédiablement pollués, soit par les fuites de pétrole, soit par les marques indélébiles, gelées dans le sol, des 50 000 engins de traction qui évoluent dans cette région.

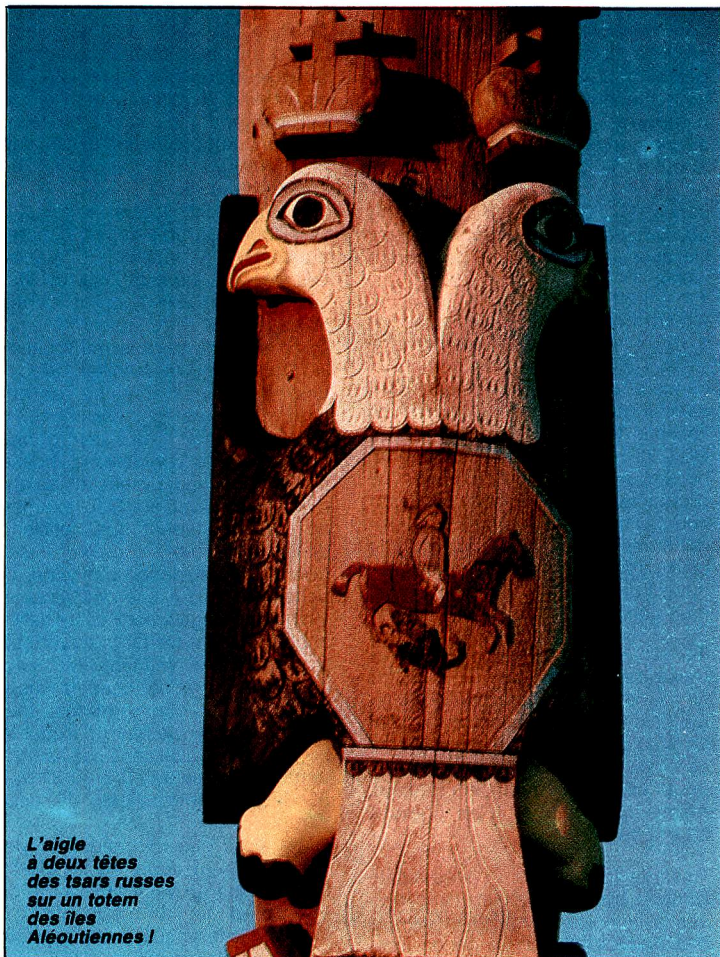
Du fait de la basse température du sol (- 5 °C en moyenne sur l'année), les bactéries qui habituellement dégradent le pétrole issu des puits, ne le font pratiquement pas. Résultat : plusieurs centaines de rivières et de lacs sont perturbés ainsi que la faune et la flore dans une bande de 300 km au large des côtes de l'océan Arctique.

La Sibérie est pour les Soviétiques la terre par excellence des grands travaux : la nature s'y prête. Si l'on reparle actuellement du projet de détournement des grands fleuves vers l'Asie centrale, il en est un dont certains spécialistes cherchent la véritable utilité : serait-ce la construction par des milliers de "volontaires enthousiastes" de la branche nord du Transsibérien, de Irkoutsk au Pacifique, sur plus de 3 000 km dans une région de taiga secouée de tremblements de terre ? M. J. M. Broekmeyer, de l'université d'Amsterdam, s'appuyant sur la littérature officielle ou spécialisée soviétique, relève qu'avant 1974 on ne trouve aucune trace de ce gigantesque projet, ce qui est bizarre dans ce pays régi par une stricte planification, et laisse penser qu'il a été totalement improvisé.

La justification économique offerte après coup pour la construction du BAM (c'est le nom de ce nouveau tronçon du Transsibérien) ne semble pas non plus évidente : la présence perpétuelle de tremblements de terre dans la région d'Udokan



## PARIS... SANS LES SOVIÉTIQUES



*L'aigle à deux têtes des tsars russes sur un totem des îles Aléoutiennes !*

rend plus difficile qu'on ne le pense l'édification de vastes complexes d'extraction du cuivre. Par ailleurs, le charbon extrait de la Yakoutie du Sud et le fer de l'Aldan peuvent parfaitement être transportés vers les ports du Pacifique sur le tronçon du Transsibérien existant.

Enfin, sur le plan stratégique, J. M. Broekmeyer estime que le BAM, en passant par endroits à 300 km plus au nord que le Transsibérien traditionnel qui longe la frontière chinoise, est tout aussi vulnérable que lui, surtout à l'ère des fusées.

Alors, pourquoi avoir construit le BAM ? Pour la gloire personnelle de L. I. Brejnev ? Ce n'est sans doute pas un hasard si l'annonce de la décision de la construction de ce nouveau tronçon du Transsibérien a été faite par L. I. Brejnev lui-même le jour du 20<sup>e</sup> anniversaire de la conquête des terres vierges, à laquelle Khrouchtchev avait attaché

son nom. Chaque règne doit être marqué par une réalisation magnifiquement, même si la justification économique n'est pas évidente.

Les multiples aspects de l'histoire de la Sibérie ont été évoqués au colloque. Qui se souvient aujourd'hui que l'Alaska, prolongement naturel de la Sibérie et 49<sup>e</sup> Etat américain, fut partie intégrante de l'Empire russe de 1741, date de sa découverte par Vitus Béring, à sa vente aux Américains par le tsar Alexandre II en 1867 ? Même si l'Alaska est aujourd'hui un Etat à part entière des États-Unis, il y a subsisté d'importantes traces de la présence russe.

A la suite d'un long séjour dans les îles Aléoutiennes, M. Oleg Kobtzeff, du Centre de recherches sur l'histoire des Slaves à l'université de Paris I, a montré qu'une partie importante de la population aléoute avait repris à son compte la religion orthodoxe ainsi qu'un certain

nombre de traditions et coutumes apportées par les marchands de fourrures et les missionnaires russes au XVIII<sup>e</sup> siècle. Cette réalité actuelle des Aléoutes, des Indiens athabaskas et, dans une certaine mesure, des Esquimaux youpiqs, s'explique par un phénomène assez curieux d'acculturation : s'ils ont effectivement détruit les croyances des populations locales et notamment le chamanisme, les premiers missionnaires russes ont néanmoins respecté la langue et bon nombre de coutumes. Lorsque l'Amérique russe, comme on l'appelait alors, fut vendue aux États-Unis, il ne restait aux populations locales que ce que leur avaient appris les Russes, c'est-à-dire l'orthodoxie et les coutumes russes, pour résister à la pression très forte des missions protestantes qui se mirent alors à déferler sur l'Alaska. Les missionnaires protestants, plutôt ségrégationnistes, exigeaient des indigènes une implacable assimilation aux valeurs socio-culturelles des Blancs nord-américains. Dans la mesure où les Russes avaient, partiellement du moins, respecté la langue et les coutumes locales, les populations de l'Alaska se raccrochèrent aux valeurs qu'ils leur avaient enseignées dans les villages et les tribus pour résister aux Nord-Américains. C'est pourquoi aujourd'hui on trouve dans les îles Aléoutiennes et le long des fleuves de l'Alaska, des familles portant des noms bien russes, des femmes qui portent le dimanche des *sarafan* comme des *kolkhoziennes* de la Volga, des églises avec des iconostases peints au XVIII<sup>e</sup> siècle au fin fond de la Russie, ou encore des totems comportant parmi les motifs sculptés des ancêtres l'aigle bicéphale de la Russie impériale !

Plus inquiétante a été la communication faite par Mrs Cagnat et Jan, rappelant le danger offert par le vide sibérien. Alors que d'un côté de la frontière soviéto-chinoise on trouve quelque 250 millions de personnes, de l'autre il n'y a que 30 millions de Soviétiques. Actuellement, plus d'une centaine de missiles SS-20 sont basés près de Toms, de Tchita et de Khabarovsk. 600 000 soldats bien armés gardent la frontière sur laquelle il ne se passe pas d'incidents graves. En sera-t-il toujours ainsi ? Assurément tous les congressistes furent d'accord pour considérer que l'avenir du monde passe aussi par la Sibérie.



## L'ANTI-CANCÉREUX LE PLUS NATUREL...

Découverte qui, pour le moment, semble devoir faire date : l'apparition d'un cancer déclenche la production d'une protéine antagoniste. Signée de George B. Todaro, de l'université de Bethesda (Maryland, USA), elle semble devoir faire date, selon la formule un peu paradoxale utilisée plus haut, parce que si l'on injecte des doses massives de cette protéine dans des cultures de cellules cancéreuses, elles retournent à la normale. La protéine en question a été appelée "oncostatine" (ce qui n'est pas faire preuve d'un grand génie néologique...).

Tout l'intérêt de la découverte réside dans le caractère massif de l'injection : apparemment, l'organisme ne fabrique pas assez d'oncostatine. On peut prendre des paris sans grand risque : l'ingénierie génétique va se lancer à corps perdu dans la production d'oncostatine. On peut même dire la méthode : on prélèvera le gène humain qui en déclenche la synthèse et on le greffera à une *Escherichia coli*, la bactérie de service (à laquelle il faudra un jour élever un monument, tant ses services pour la cause de l'humanité sont grands), et la bactérie fabriquera de l'oncostatine.

Todaro, qui avait été le premier avec Heubner, en 1969, à supposer que le cancer est provoqué par des gènes normaux que des virus, des radiations ou des substances toxiques ont déréglé, a aussi expliqué le mode d'action de l'oncostatine. Quand un cancer se déclenche, il entraîne deux phénomènes : d'abord il produit une sorte d'hormone de "décroissance", l'alpha-fœto-protéine, qui contribue à différencier les cellules, c'est-à-

dire à supprimer leur spécificité ; ce sont des cellules qui retombent en enfance, comme au début de la gestation du fœtus : elles peuvent théoriquement se changer en n'importe quelles cellules (osseuses, nerveuses, conjonctives, etc.). Ensuite, il produit, ou plutôt fait produire, une hormone de croissance, le TGF (pour *Transforming Growth Factor*), qui assure la prolifération des cellules différenciées.

Ce sont là des points certains : on a retrouvé et l'alpha-fœto-protéine et le TGF dans de très nombreux cancers, et la preuve de la responsabilité du TGF est faite : quand on l'injecte dans des cellules normales, elles deviennent cancéreuses. On ne sait pas très bien comment est produit le TGF, qui ressemble beaucoup à l'hormone somatotrope, produite par l'hypophyse, mais on sait bien en revanche comment est produite l'oncostatine : par activation d'un gène spécial de la cellule.

Todaro explique donc le phénomène des métastases : le TGF, qui circule d'une cellule à l'autre, semble être l'agent principal de la contamination. C'est pourquoi un cancer des bronches, par exemple, peut essaimer dans le cerveau, même après que le foyer primaire ait été détruit.

Réserve importante : l'oncostatine ramène bien les cellules cancéreuses à la normale, mais ne semble pas pouvoir corriger le gène détraqué ; donc la cellule reste potentiellement cancéreuse. Il est donc beaucoup trop tôt pour dire si des injections d'oncostatine guériront le cancer une fois pour toutes, ou bien s'il faudra en faire toute la vie.

## ... ET LE PLUS POLLUANT

Le sulfate d'hydrazine sert à propulser les fusées, à tuer les insectes et à nettoyer les chaudières. Apparemment, ce serait aussi un correcteur du métabolisme. C'est en 1969 que le Dr Joseph Gold, directeur du Syracuse Cancer Research Institute, s'y intéressa pour la première fois, non en tant qu'agent anticancéreux, mais en tant que médicament capable de corriger la cachexie qui menace les cancéreux (le cancer entraîne chez certaines victimes, en particulier, un trouble du métabolisme du glucose). Or, le sulfate d'hydrazine, pour des raisons que l'on s'efforce actuel-

lement de comprendre, corrige le métabolisme dans le bon sens : on a rapporté à la dernière réunion de l'American Society of Clinical Oncology que 180 mg par jour de cette substance permettent un rétablissement appréciable du métabolisme du glucose.

Là encore, il faut être réservé, car le sulfate d'hydrazine n'est pas efficace à tous les coups : sur 41 patients cancéreux émaciés, 18 seulement ont gagné au traitement et cessé de maigrir, et 5 ont repris un peu de poids. Donc, cela représente quelque 40 % du succès ; c'est déjà appréciable.

## TALC TOXIQUE AU VIETNAM

● Plus de 700 enfants vietnamiens ont été victimes d'une mystérieuse maladie hémorragique dont on vient d'identifier la cause : du talc contenant de la warfarine, un puissant anticoagulant utilisé dans des produits raticides. 177 des enfants sont morts.

C'est un toxicologue français, le Dr Gilbert Martin-Boyger, directeur du Centre des maladies contagieuses et des intoxications accidentelles de l'INSERM, qui a identifié la cause de cette épidémie ayant commencé dans trois maternités à Hô Chi Minh-Ville en juillet 1981.

Les médecins auraient observé chez plusieurs enfants âgés de quelques mois des symptômes inhabituels de convulsions, bosses sur la tête, hématomas et saignements inexplicables. Des examens de sang révélèrent une déficience de prothrombine, protéine essentielle à la coagulation sanguine. On pensa d'abord à une déficience en vitamine K, également essentielle à la coagulation. De fait, l'administration de cette vitamine fut suivie d'une amélioration chez la moitié environ des enfants traités. Mais on ne comprenait pas pourquoi les autres ne réagissaient pas au traitement. En septembre 1981, sur 90 enfants hospitalisés, 42 décédèrent.

C'est alors que les médecins vietnamiens firent appel au Dr Martin-Boyger, qui arriva à Hô Chi Minh-Ville à la fin de septembre, et entreprit une enquête qui révéla un seul facteur commun chez tous les enfants atteints : une poudre de talc, fabriquée au Vietnam. De retour à Paris, il en fit faire l'analyse au laboratoire de toxicologie de la police : les échantillons contenaient de l' $\alpha$ -phényl-B-acétyl-éthyl-4-hydro-xy coumarine, autrement dit de la warfarine.

Ce poison tue les rats qui le consomment en provoquant des hémorragies internes. Le produit est parfois utilisé chez l'homme par voie orale pour éviter des troubles pouvant être provoqués par la coagulation (par exemple lors d'une intervention chirurgicale). Mais on n'avait jamais observé son action au travers de la peau.

Une enquête au Vietnam mena à la découverte dans une fabrique d'une tonne de matière première servant à la fabrication du talc, contenant 10 % de warfarine. Le directeur de la fabrique a été arrêté et on tente de déterminer l'origine de cette contamination.

## REPRODUCTION DANS L'ESPACE : LES RAYONS COSMIQUES CONTRACEPTIFS

● L'information restera longtemps invérifiable : selon un médecin allemand, le Dr Guido Mutke, de Munich, qui l'a déclaré au Congrès de la Société allemande de médecine dans l'espace, qui s'est tenu à Fuerstenfeldbruck sur le thème de « la femme dans l'espace », les Soviétiques auraient tenté de faire "réaliser" le premier bébé spatial par la cosmonaute Savitskaïa et un partenaire inconnu, lors de la visite de 5 jours rendue par celle-ci à l'équipage soviétique de *Salout 7*, fin août 82. L'expérience aurait échoué.

Il y a lieu d'accueillir cette nouvelle avec beaucoup de réserve : les médecins soviétiques se sont toujours prononcés contre de telles expériences, du moins officiellement. Les aléas de la conception humaine dans l'espace semblent assez grands, à en juger par ce que l'on sait des effets des ions cosmiques lourds sur les œufs d'une variété de petite crevette envoyée dans l'espace, *Artemia salina* : l'œuf meurt ou, dans les meilleurs cas, se développe mal.

Par ailleurs, on ne sait pas quels seraient les effets de l'apesanteur sur le développement de l'œuf humain ; en effet, celle-ci joue un certain rôle sur la symétrie des œufs de plusieurs espèces, et il est possible qu'elle le joue aussi sur l'œuf humain. Si cette symétrie était désorganisée dans l'espace, le fœtus courrait peut-être le risque d'anomalies graves. Les deux facteurs que voilà, rayons cosmiques et apesanteur, pourraient provoquer des malformations monstrueuses, et les médecins soviétiques le savent certainement aussi bien que les autres.

A moins que des recherches inconnues en Occident aient amené les Soviétiques à penser que l'œuf fécondé ne court pas de grands risques ou pas de risques du tout, ce qui est encore possible.

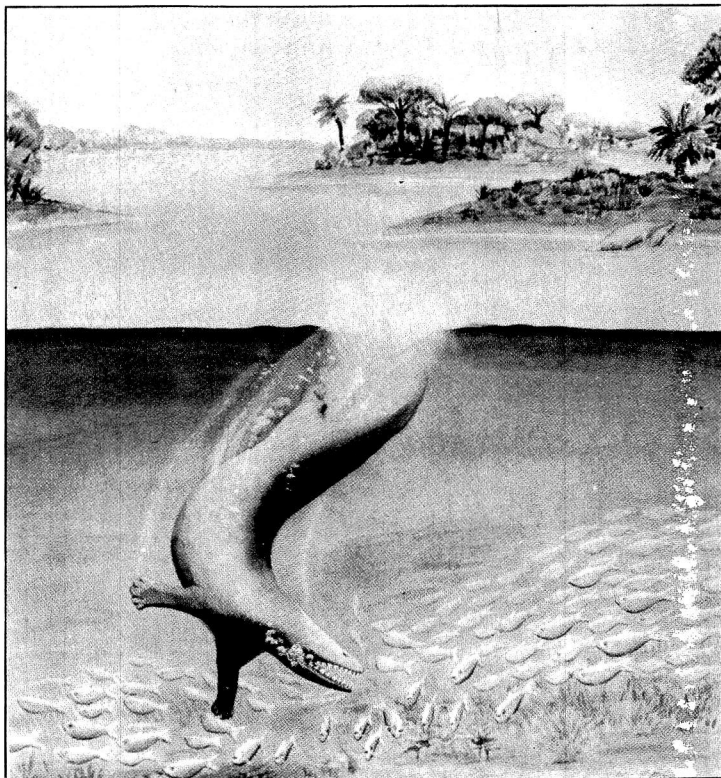
●● Un squelette d'homme de Néanderthal découvert en Égypte, dans le désert Libyque. On n'a retrouvé qu'environ 150 squelettes de cette époque. Celui-ci, vieux de 60 à 80 000 ans, est actuellement analysé au Smithsonian Institute, à Washington.

## LES BALEINES VIVAIENT AUTREFOIS SUR TERRE

● Des fragments fossiles datant de 45 à 50 millions d'années (Eocène) au Pakistan et au pied de l'Himalaya, indiquent que les baleines vivaient autrefois sur la terre ferme. Elles étaient d'abord carnivores, et vivaient sur les bords de la mer de Téthys, qui isolait le Pakistan et l'Inde du reste de l'Asie ; comme il y avait beaucoup de pois-

son dans l'eau, elles s'aventurèrent en mer et s'y accoutumèrent.

Les fragments d'oreilles internes retrouvés indiquent que les premières baleines n'avaient pas des oreilles adaptées à l'eau et ne pouvaient pas plonger ; l'adaptation de leur système auditif à l'eau ne s'est faite que beaucoup plus tard, entraînant la disparition du tympan.



Le Pakicetus, ancêtre terrien des baleines, selon une reconstitution paléontologique.

## BACTÉRIOLOGIE

### LE COUP BAS DU STAPHYLOCOQUE DORÉ

● Le staphylocoque doré est particulièrement redoutable, parce qu'il est capable de provoquer, outre des septicémies, des chocs toxiques graves, voir mortels (voir S & V n° 782, « L'énigme des quatre épidémies américaines »). Le choc toxique est dû à la sécrétion de toxines. Or, des prélèvements de staphylocoques effectués sur des victimes de chocs toxiques indiquent que ces germes possèdent un fragment d'ADN viral que les autres souches n'ont pas. C'est-à-dire qu'ils portent

en eux un virus ou bactériophage qui, lui, déclenche la production de toxines par la bactérie.

C'est un coup bas du staphylocoque doré, mais c'est aussi la preuve qu'il existe une nouvelle variété de ce staphylocoque et que tout change sans arrêt dans le monde des microbes. Reste à savoir pourquoi cette variété-là est apparue aux États-Unis et pourquoi elle attaque surtout les femmes, qu'elles utilisent ou non des tampons vaginaux. ■



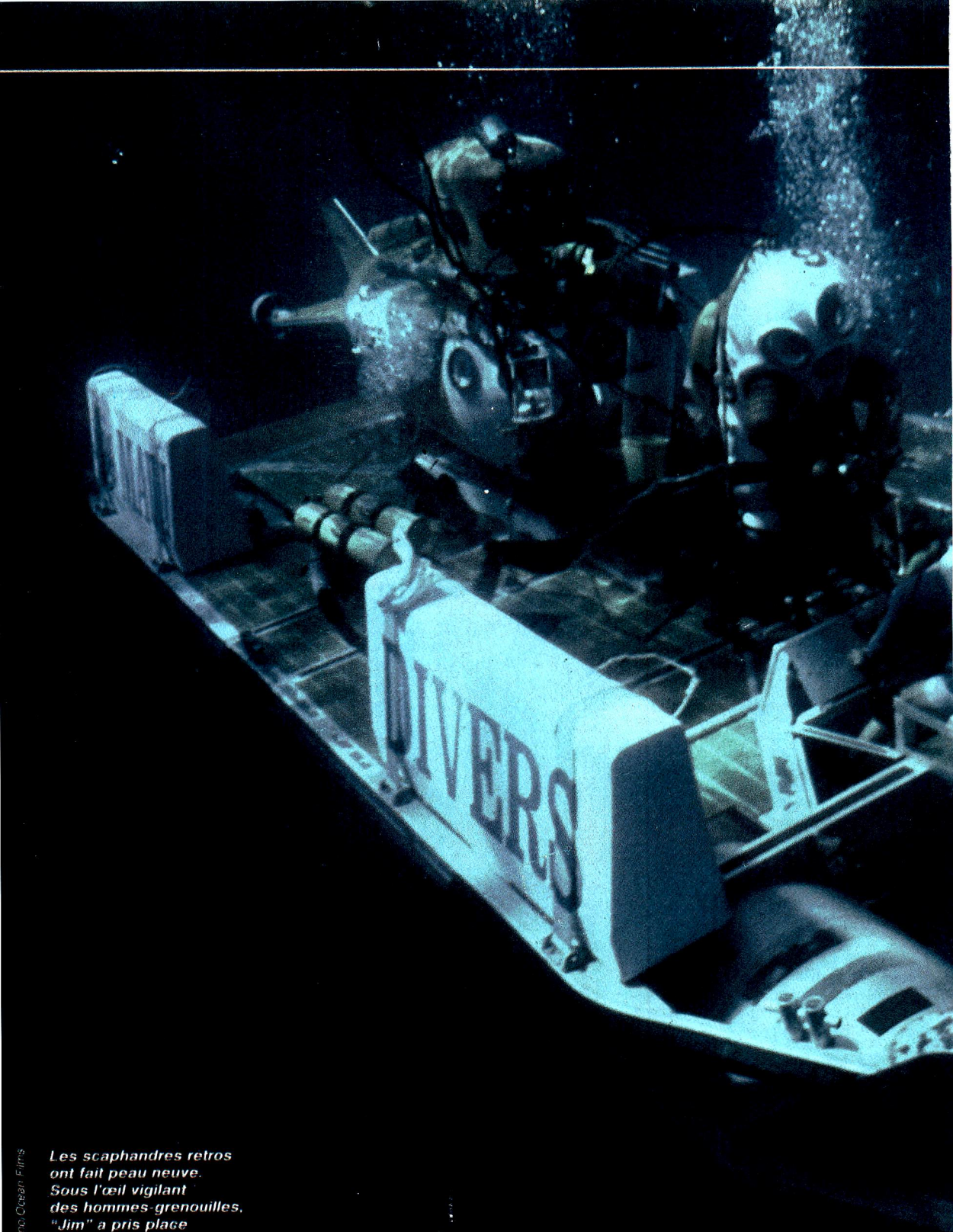


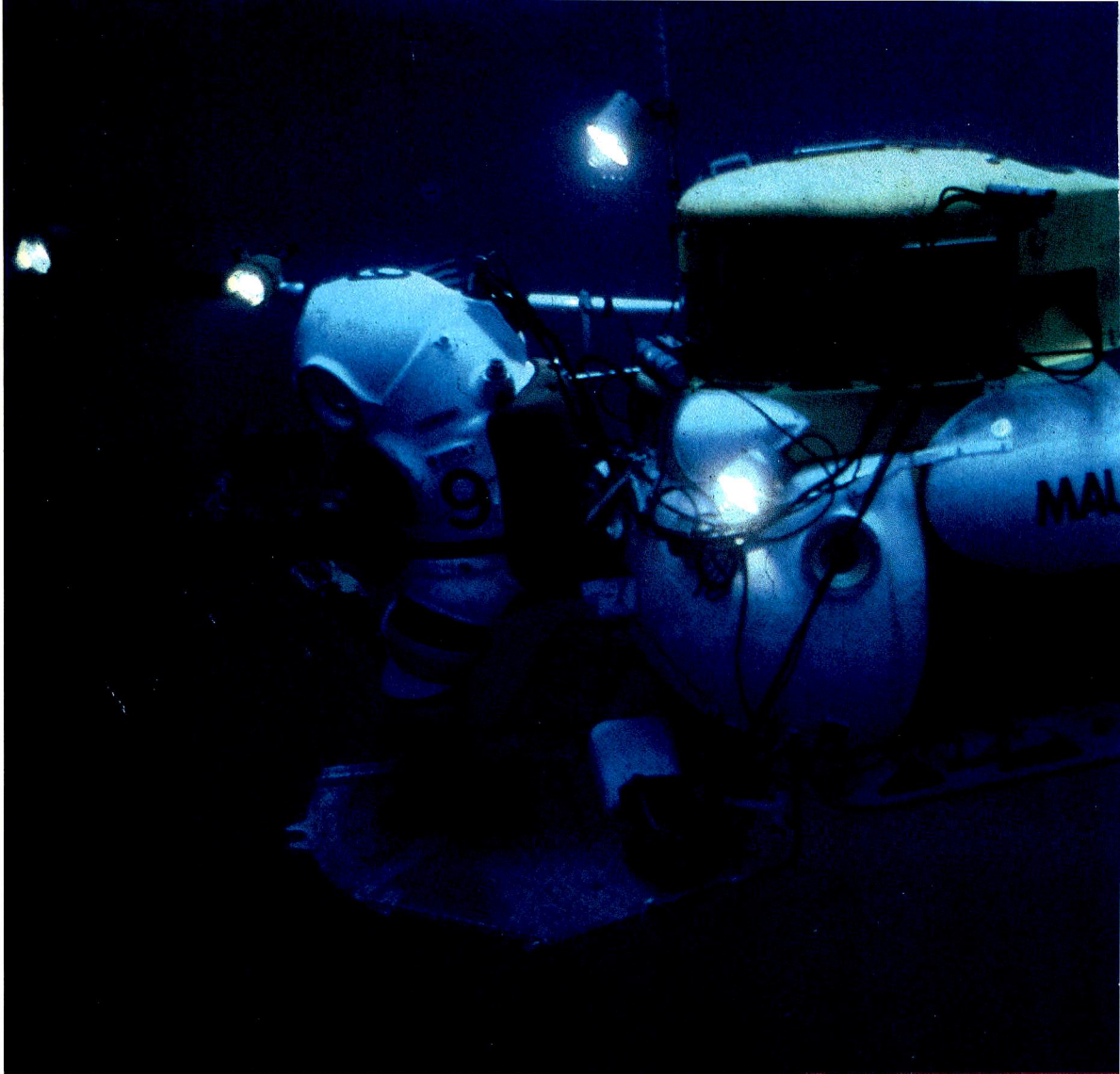
Photo F. Romano Ocean Films

Les scaphandres retros  
ont fait peau neuve.  
Sous l'œil vigilant  
des hommes-grenouilles,  
"Jim" a pris place  
sur le véhicule  
de transport  
qui le descendra,  
à moins 300 m,  
au large des îles Hawai.

## **Les nouveaux instruments du pouvoir bleu**

*On a pu croire un temps que les "hommes-grenouilles" resteraient les maîtres du monde du silence. Mais cette hégémonie est maintenant compromise car, pour conquérir les fonds marins, il existe trois méthodes, trois matériels, trois doctrines : on utilise toujours le scaphandre autonome ; l'usage des robots se développe ; mais c'est surtout le vieux "pieds-lourds" qui revient en force.*





Le submersible américain Star II promène ici le scaphandre "Jim", à l'intérieur duquel se trouve le plongeur. Cette opération a pour but de tester la résistance de l'homme et du matériel, qui sont parfois mis à rude épreuve, puisque les nouveaux

## LE TRAVAIL SOUS LA MER N'A PAS DE PRIX

Si les coûts de la plongée industrielle sont difficiles à évaluer, il est également presque impossible de comparer les prix de revient des différentes méthodes : plongée à pression atmosphérique, à pression ambiante et utilisation de robots.

Les principaux utilisateurs étant les compagnies pétrolières exploitant les gisements sous-marins, les décisions de l'OPEP ont une influence directe sur les investissements qui justifient et rentabilisent les recherches expérimentales.

Les cours du baril étant en ce moment aléatoires, les sociétés qui ont mis au point les nouveaux équipements que nous mentionnons dans notre article refusent de donner des précisions sur les prix de vente de leurs matériels. En matière de technologie de pointe, la concurrence est âpre, et les contrats se négocient à l'unité.

L'étude comparée des coûts des méthodes de plongée est difficile pour les raisons suivantes.

- D'une part, l'utilisation de la pression atmosphérique, de la pression ambiante ou des robots obéit à des objectifs précis, et les types d'intervention que permettent ces techniques ne sont pas substituables : les robots ont essentiellement pour mission la surveillance des installations et ne peuvent que rarement effectuer eux-mêmes les réparations. Le retour des méthodes de plongée sous habitacle "dur" est encore trop expérimental pour être comparé aux méthodes de plongée sous pression ambiante.

- Ces diverses techniques, d'autre part, font appel à une infrastructure variée, chère et complexe. Elle change considérablement avec le lieu, la profondeur et le type d'intervention.

D'une façon générale, le coût d'un bateau de surface, à partir duquel s'effectue une intervention, est de l'ordre de 20 000 dollars/jour (150 000 FF) et ce, pour un travail à 150 m de fond sous pression ambiante. Mais ce montant peut atteindre 35 à 40 000 dol-



modèles de scaphandres à pression atmosphérique peuvent descendre jusqu'à 600 m de profondeur.

lars/jour, comme ce fut le cas en février 1982 pour une soudure faite à pression ambiante par la COMEX (profondeur 187 m). En tenant compte du reste du matériel (tourrelle, coût des hommes, compressions et décompressions, coût des mélanges gazeux, etc.), le prix de revient total d'une plongée à pression ambiante à 150 m de fond serait, très approximativement, de 30 à 40 000 dollars/jour (200 000 à 300 000 FF). Sous pression atmosphérique, le coût serait approximativement de 10 % moins élevé.

● Enfin, l'efficacité des robots pour les opérations de surveillance est très réelle et devrait alléger d'environ 30 % les coûts d'exploitation des sociétés qui les utilisent. Mais ils ne peuvent effectuer les grosses réparations qui nécessitent une intervention humaine. Loin de s'opposer, les trois techniques dont disposent les nouveaux travailleurs de la mer se complètent. Mais il semble, cependant, que nous assistions à la fin du règne du scaphandre autonome.

■ Avec la découverte, il y a quarante ans, du scaphandre autonome à détenteur, expérimenté par J.-Y. Cousteau de l'ingénieur Émile Gagnan, l'homme devient "poisson". Il peut évoluer sous l'eau, à l'aise dans un milieu étranger et parfois hostile.

En 1979, Jacques le Chuiton, médecin chef des services médico-physiologiques de la Marine nationale nous disait : "Actuellement, nous sommes opérationnels jusqu'à 400 m. De 400 à 500 m, pour la plongée humaine, il ne s'agit que d'une lisière fréquentable." Et le 16 juin de cette



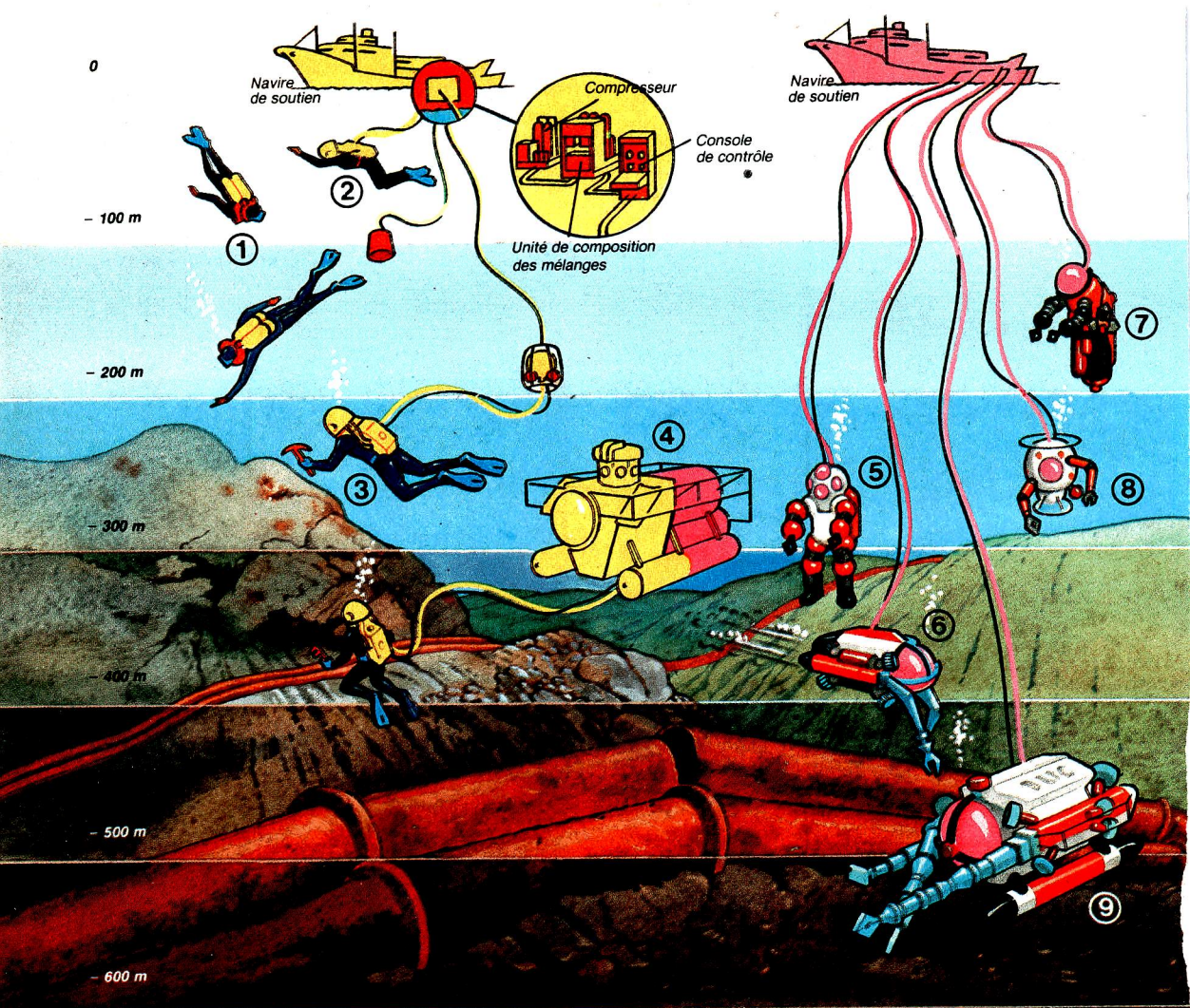
500 kilos à moins de 600 m : l'habileté du Wasp Inspector saura-t-elle défier celle des champions du Rubik's cube.

année, deux plongeurs français ont effectué, pour la première fois au monde, un séjour de travail d'une heure et demie à la profondeur fictive de 610 m ; la décompression, commencée le 17 juin, s'est achevée le 9 juillet. Mais ces chiffres optimistes se basent sur des records expérimentaux ; pour un travail effectif sur des chantiers de longue durée ils doivent être modérés. Disons que l'homme peut travailler à saturation<sup>(1)</sup> jusqu'à 200 ou 300 m.

(suite du texte page 00)

(1) La pression croît avec la profondeur ; elle est de 1 kg par cm<sup>2</sup> en surface (pression atmosphérique), et augmente en plongée d'environ 1 kg/cm<sup>2</sup> tous les 10 m. Dans les plongées à saturation, l'organisme des plongeurs est pressurisé en caisson, afin de permettre le travail à la profondeur désirée. A la fin du séjour, la décompression, qui peut durer des journées entières, est effectuée dans les mêmes conditions que la pressurisation. Cette méthode permet d'accomplir des travaux de longue durée à de grandes profondeurs, en diminuant considérablement les risques créés par des compressions et de décompressions successives, et en économisant beaucoup le temps des plongeurs.





(suite de la page 75)

Cette limite pratique paraît actuellement infranchissable au plongeur autonome. C'est pourquoi, à la surprise de beaucoup, on assiste aujourd'hui au retour du vieux "pieds-lourds". Certaines compagnies d'ingénierie maritime se lancent en effet dans la fabrication de ces scaphandres "rétros". Mais ils n'ont en commun avec leurs lointains ancêtres que leur principe : permettre à l'homme, dans son abri rigide, de travailler sous l'eau à la simple pression atmosphérique. Les nouveaux modèles, très sophistiqués, auraient peut-être permis à Tintin de découvrir plus vite le "trésor de Rackham le Rouge".

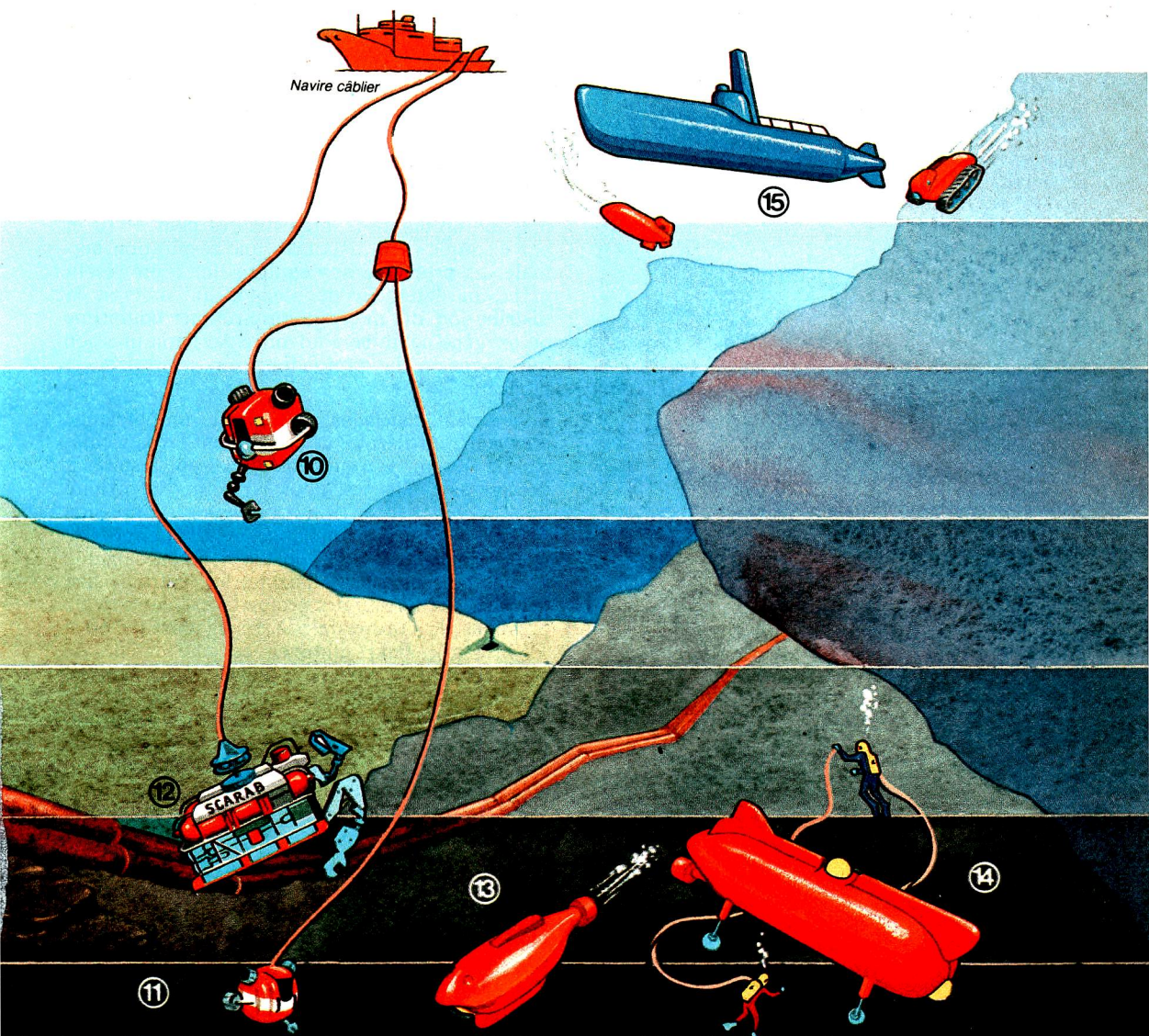
Il n'est pas inutile, en période estivale et avant de faire l'inventaire des moyens dont disposent aujourd'hui les travailleurs de la mer, de rappeler les contraintes de la plongée à "pression ambiante", c'est-à-dire celle où se trouve le plongeur autonome et à laquelle s'ajustent automatiquement aussi bien son équipement que son

## SE JETER À L'EAU SANS PERDRE

Pour exploiter les fonds marins, les plongeurs utilisent trois méthodes : la plongée à pression ambiante, la plongée à pression atmosphérique et les robots.

**Plongée à pression ambiante** (en jaune sur le dessin). L'homme, muni de sa réserve de gaz, peut évoluer librement : c'est la plongée en "autonome" (1). Le mélange respiré est délivré à la pression qui s'exerce à la profondeur où évolue le plongeur. L'utilisation de l'air comprimé (oxygène-azote) ne permet guère de descendre sans risques au-delà de 80 mètres, mais grâce à des mélanges (oxygène-hélium notamment), l'homme pourra travailler par 300 mètres de profondeur. Au-delà, l'utilisation prolongée de mélanges gazeux à pression ambiante devient dangereuse pour l'organisme. Mais la plongée en autonome a un inconvénient : la réserve de gaz emportée par le plongeur est limitée. Des tourelles étendent les possibilités de ces types de plongées : l'homme peut recevoir les gaz à partir de la surface, soit directement (2), soit indirectement (3). Dans ce dernier cas, le mélange transite par la tourelle à laquelle le plongeur reste relié par le "narghilé", tuyau alimentant sa respiration. Avant de remonter en surface, il gagnera la tourelle où commen-





## LE SOUFFLE : TROIS TECHNIQUES POUR L'EXPLOITATION DES OCÉANS

cera la décompression. On voit donc que, si l'homme est toujours à la pression ambiante, il a perdu son autonomie.

**Plongée à pression atmosphérique** (en rose). Elle présente 2 avantages : le plongeur, enfermé dans un scaphandre rigide, n'est plus soumis aux problèmes de décompression. En outre, il pourra travailler sous l'eau bien au-delà de 300 mètres (jusqu'à 600 m) avec une autonomie respiratoire, selon la fatigue, qui pourra dépasser 70 heures. Ces appareils ont plus ou moins forme humaine (5-6-7-8). Du scaphandre articulé au sous-marin monoplace il n'y a qu'un pas : le microsubmersible Mantis (9) est muni de bras télécommandés qui peuvent manipuler jusqu'à 12 outils différents.

Notons qu'il existe des appareils mixtes, faisant appel aux deux techniques de plongée humaine (pression atmosphérique et pression ambiante) : ce sont les sous-marins "crache-plongeurs" (4). Le pilote est maintenu à la pression atmosphérique, mais un compartiment pressurisé permet aux plongeurs de sortir, à la pression ambiante cette fois. Des sorties de courte durée peuvent être effectuées entre - 300 et - 400 m.

**Robots** (en orange). Parfois l'homme peut se passer

de descendre au fond. Pour les travaux de surveillance et de réparation sommaires, il se fait remplacer par des robots. Manipulés depuis la surface, ces engins peuvent descendre à plus de 2 000 m. C'est le cas des RCV 125 et 250 (10-11), des moins encombrants et des plus performants, qui peuvent travailler 24 h sur 24. Le Scarab américain a bénéficié, lui, des derniers développements en matière hydraulique, acoustique, électronique et télévisuelle (12).

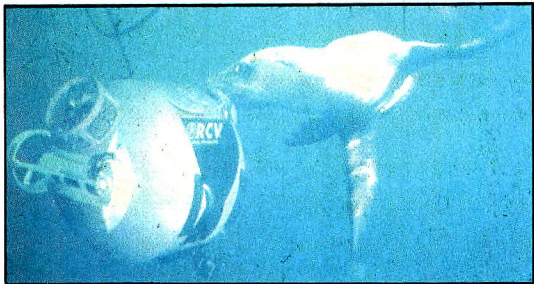
Grâce au SM97, la France disposera bientôt d'un engin capable d'explorer 97 % du volume des océans (13), c'est-à-dire de plonger jusqu'à - 6 000 m. Le projet Argyronète (14) devrait également permettre à notre pays d'effectuer une percée technologique significative. Sous-marin "crache-plongeur", il pourra opérer par 6 000 mètres de fond avec des moyens et une autonomie sans précédent.

En novembre dernier, des sous-marins soviétiques ont été signalés près des côtes suédoises. Ces submersibles (15) en contenaient des plus petits dont on a retrouvé les traces sur les fonds : un petit sous-marin dans un grand sous-marin, n'est-ce pas le principe de la poupée russe ?



## RCV 225 et RCV 150 : GROS ŒIL ET GROS BRAS SOUS-MARINS

Petit véhicule télécommandé très miniaturisé (66 cm de large pour 51 cm de haut), le RCV 225, conçu et fabriqué par Hydro-Products de San Diego (Californie),



obtient d'emblée des résultats spectaculaires. Il localisa et inspecta, par exemple, en 60 heures de travail, 9 têtes de puits dans le détroit de Bass en Australie. L'année précédente, ce travail avait demandé 10 mois à des plongeurs. Le RCV 225 est uniquement destiné à l'inspection télévisuelle. C'est une sorte de "gros œil" évoluant dans les profondeurs au bout d'un long nerf optique. Son ombilical assure le fonctionnement :

- de quatre moteurs électriques, lui procurant 4 degrés de liberté en translation (avant-arrière, gauche-droite, haut-bas), plus quatre degrés de rotation en azimut ;

- de l'éclairage par lampes tungstène-halogène ;

- d'une caméra de télévision spécialement conçue pour les très faibles niveaux de lumière.

Sur le bateau de support, l'opérateur peut positionner le véhicule avec précision à l'aide d'un simple "manche à balai". Des commandes asservies assurent le maintien automatique de la profondeur et du cap. L'image de télévision est "annotée" : l'opérateur peut lire sur l'écran la profondeur du robot, le cap et l'angle d'observation en site de la caméra.

Nettement plus volumineux, le grand frère RCV 150 possède les mêmes attributs, un éclairage plus puissant et fournit des informations beaucoup plus nombreuses (angles de tangage et de roulis, nombre et



direction des boucles du câble ombilical). Mais surtout, le RCV 150 peut manœuvrer 10 outils et possède un bras manipulateur de 4 degrés de liberté, capable de prendre en charge jusqu'à 50 kg.

Un emploi accessoire des RCV montre leur fiabilité : l'inspection des réservoirs de stockage de pétrole, sans qu'il soit nécessaire de les vider.

Les RCV sont descendus dans l'eau au bout d'un câble armé, dans une cage de protection. Ils en sortent quand ils ont atteint la profondeur désirée, qui peut atteindre 2 000 m.

(suite de la page 76)

organisme. Elles sont de deux ordres : mécaniques et chimiques.

**Contraintes mécaniques.** La pression augmente avec la profondeur, et il doit y avoir équilibre entre l'extérieur et l'intérieur de l'organisme. Si le plongeur utilise de l'air comprimé, par exemple, ce mélange doit être distribué aux poumons à la pression ambiante (2 atmosphères pour - 10 m par exemple) afin d'assurer une respiration normale. Le problème de l'équilibre a été résolu grâce au détendeur de plongée qui asservit la distribution du mélange respiré (air comprimé ou oxygène combiné à un autre gaz) à la pression qui règne à la profondeur où se trouve le plongeur.

**Contraintes chimiques.** L'air est un mélange d'oxygène et d'azote, et ces gaz ont la particularité de devenir toxiques lorsqu'ils sont respirés à des pressions élevées. Pour supprimer la toxicité de l'oxygène, il suffit de diminuer sa pression partielle<sup>(2)</sup> dans le mélange. Cela permet de rester en deçà du seuil de toxicité neurologique propre à ce gaz. Mais l'azote, lui, entraîne une narcose, ou "ivresse des profondeurs", à partir de pressions de l'ordre de 5 à 10 kg/cm<sup>2</sup> (- 60 à - 110 m). Pour éliminer ce phénomène on remplace l'azote par un ou plusieurs gaz neutres, plus légers (l'hélium par exemple). Mais il faut noter que le mélange oxygène-hélium devient lui-même toxique, du fait de l'hélium, à partir de 300 m de fond ; il provoque ce qu'il est convenu d'appeler le "syndrome nerveux des hautes pressions" (SNHP), caractérisé par des troubles tant moteurs que psychiques.

Mais les problèmes de pression et de toxicité résolus, il reste encore à surmonter une dernière difficulté : c'est la remontée en surface. L'obstacle tient, ici, à une propriété commune à tous les gaz : la dissolution.

L'organisme humain est un milieu semi-poreux ; les gaz s'y dissolvent, et la quantité de gaz dissous sera proportionnelle à la pression, mais aussi à la durée de la plongée. Lors du retour à la pression atmosphérique, ces gaz dissous vont s'échapper de l'organisme. S'ils sortent lentement, ils repassent naturellement, comme les autres gaz respiratoires, par les poumons. Mais si la remontée est trop rapide, les gaz dissous atteignent un seuil de "sursaturation critique" : ils passent brutalement de la forme dissoute à la forme gazeuse. Ces bulles formées dans les tissus et les vaisseaux sanguins sont à l'origine d'embolies qui peuvent être mortelles. Il faut donc régler la vitesse de la remontée de telle sorte qu'il n'y ait pas apparition de bulles dans l'organisme. C'est le but des fameux "paliers" de décompression.

Ce sont les limites de cette plongée autonome qui favorisent la percée de la plongée à la simple

(2) La pression partielle d'un gaz est égale à la multiplication de la pression absolue du mélange par le pourcentage, en volume, du gaz considéré. A la pression atmosphérique, par exemple, la pression partielle de l'oxygène de l'air est de 1 kg × 21 %, soit 0,21 kg/cm<sup>2</sup>.



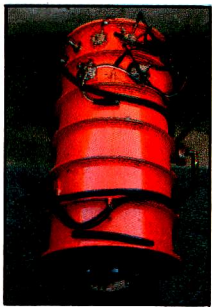
## LE "NAUTILUS" S'APPELLE "ARGYRONÈTE"



L'"argyronète", c'est une araignée qui, pour vivre sous l'eau, emprisonne une bulle d'air dans la cloche de soie qu'elle a tissée. Mais c'est aussi le nom du projet développé par le commandant Cousteau en 1966 : une maison sous la mer, mobile et parfaitement autonome permettant à 6 hommes d'équipage et à 4 plongeurs de vivre et travailler sous les océans par 600 ou 700 m de fonds.

Le projet fut abandonné, car on ne disposait pas à l'époque de ressources énergétiques suffisantes pour satisfaire aux exigences d'autonomie. On menaça un temps d'envoyer à la casse l'infrastructure déjà construite, mais elle attend toujours patiemment son heure depuis 15 ans sous un hangar de la COMEX à Marseille (voir photo ci-dessus). Car on possède maintenant les moyens de mener à terme le projet.

Le "bidon" rouge ci-dessous est en fait un moteur Stirling, de conception suédoise. Il développe à lui seul plus d'énergie que les 40 tonnes de batteries, initialement prévues par Cousteau pour équiper l'engin. Dans son principe, il fonctionne un peu comme un moteur diesel, régénérant une partie de l'énergie qu'il consomme. Grâce à ces moteurs et aux piles à combustible, voire à l'énergie nucléaire, la France disposera en 1985 des ressources énergétiques qui permettront de réaliser le rêve fou du "vieux" Cousteau qui était aussi celui de Jules Verne avec son Nautilus.



L'engin, comme son homonyme l'araignée, pourra reposer au fond sur ses pattes. Il sera composé de deux compartiments : l'un à pression atmosphérique abritera le pilote et l'équipage ; l'autre permettra aux plongeurs de sortir et de travailler à saturation. L'autonomie sera de 2 à 3 semaines sans navire de surface, pour un poids total voisin de 300 tonnes.

Dans un premier temps l'Argyronète permettra d'expérimenter en vraie grandeur les nouvelles ressources énergétiques dont il disposera. Ensuite, les études, la prospection, les travaux de recherche sous-marine pourront commencer.

La France, avec cette "maison" sous-marine, prendra une avance technologique certaine face aux nombreux concurrents étrangers : américains, anglais et norvégiens. Un atout de taille dans cette révolution qui vient du fond des mers. Une révolution d'hommes, mais aussi de robots, une révolution couleur bleue.

pression atmosphérique sous habitacle dur. Le plongeur, protégé par une carapace rigide, n'aura plus à supporter les effets pathologiques des mélanges gazeux respirés à haute pression (effets encore mal connus et insuffisamment maîtrisés par les chercheurs). Il ne sera pas soumis non plus aux contraintes de la décompression. L'homme pourra ainsi travailler jusqu'à 500 ou 600 m de profondeur, et rentrer chez lui le soir. Au-delà, les robots et les engins inhabitables prennent le relais.

Après avoir fait le point sur ces trois techniques : plongée à saturation, plongée à pression atmosphérique et robotisation, nous pourrions évoquer également les submersibles de pénétration profonde et certains engins à vocation spéciale.

**Plongée humaine sous pression ambiante.** Levons tout d'abord une ambiguïté : il ne faut pas confondre la plongée à pression ambiante et la plongée en autonome. Car si tout plongeur en scaphandre autonome est soumis à la pression ambiante, tout plongeur à pression ambiante n'est pas nécessairement autonome. Limité à - 80 m quand il plonge à l'air comprimé et à - 300 m quand il utilise son mélange oxygène-hélium, le plongeur en autonome a toujours des réserves de gaz limitées. Les contraintes de temps et de sécurité nécessitent souvent l'utilisation d'une importante logistique. Des tourelles étendent les possibilités des plongeurs qui, alors, perdent leur autonomie. Porteuses de réserves de gaz, elles sont reliées à la surface par un cordon ombilical qui dispense lumière, chaleur et téléphone. Elles possèdent un compartiment pressurisable et servent d'ascenseur ; elles descendent les opérateurs à la profondeur voulue et leur offrent un abri sûr à proximité du lieu de travail. Mais surtout, elles suppriment les paliers puisque la décompression peut commencer dès que les plongeurs ont regagné et verrouillé la tourelle.

Courant le long des câbles qui relient la tourelle à la surface, un faisceau de lignes et de tuyaux (ombilical) permet, en plus des liaisons énergétiques, téléphoniques et TV, de recevoir parfois les gaz directement à partir de la surface. Ces câbles sont également des guides antigiratoires qui empêchent la tourelle de tourner sur elle-même. Sorti de cette tourelle, le plongeur lui reste relié par le "narguilé", tuyau qui apporte le mélange respiré, et par les câbles du réchauffeur et du téléphone sous-marin. On voit donc que, bien qu'étant à pression ambiante, il n'est plus autonome. Ces systèmes ont fait leurs preuves et restent à la base du développement des exploitations de pétrole sous-marin.

**Nouveau.** Des essais d'appareils individuels sophistiqués sont en cours. Les Américains proposent un appareil à mélange et circuit fermé, permettant la plongée autonome à 200 m pendant 2 heures ; deux réservoirs renferment les gaz dont un régulateur électronique compose le mélange, qui se fait dans un réceptacle circulaire appelé "faux poumon", et alimente ensuite la respiration du plongeur.

(suite du texte p. 151)



# La couleur locale au secours de la lavande

*Boudée par les consommateurs qui préfèrent des parfums plus exotiques, concurrencée sur son propre terrain par des clones vendus meilleur marché, la lavande va mal. L'apparition d'une Appellation d'origine contrôlée et les nouvelles techniques d'exploitation vont-elles sauver ce fleuron des régions provençales ?*

■ Assimilés pour toujours au paysage de la Haute-Provence, au milieu des oliviers et des amandiers, endormis au soleil ou à l'air sec, les larges sillons bombés aux couleurs bleu-violet des champs de lavande n'évoquent plus aujourd'hui pour certains que l'odeur des vacances. L'Institut géographique national (IGN) en a fait le thème visuel de sa dernière campagne de publicité : « Vos vacances sont dans les cartes IGN. » Pourtant la lavande mérite mieux que ce rôle de fleur-objet.

Essayons d'abord de mieux la définir. La lavande appartient à la famille des Labiées. Les principales espèces de cette famille sont recherchées pour les essences contenues dans leurs poils sécréteurs : thym, menthe, sauge, origan, etc.

**En France, il y a trois espèces de lavande sauvage.** Toutes poussent dans le Midi, aiment le soleil et les terres légères, découvertes et caillouteuses. Mais il faut bien les distinguer. Surtout que le mélange de deux d'entre elles donne naissance à des individus, les lavandins, au parfum indigne de la lavande.

- L'une des espèces n'est citée que pour mémoire par les spécialistes. C'est la lavande stoechade, *Lavandula stoechas*, abondante dans les terrains non calcaires et bien drainés du bassin méditerranéen, mais non cultivée.

- La plus connue, celle qui a donné sa réputation à la plante, est la lavande officinale, ou vraie (*Lavandula angustifolia* ou *L. vera*). La cueillette de la lavande vraie en montagne s'est développée entre 1890 et 1914, puis sa culture s'est généralisée dans les années 1920. C'est elle qui, par distillation des épis fleuris, donne l'huile essentielle appelée essence de lavande. C'est pour elle qu'un décret a institué, le 14 décembre 1981, une appellation d'origine contrôlée (AOC) "huile

essentielle (ou essence) de lavande de Haute-Provence".

Cette décision a trois buts :

1. éviter la confusion entre lavandes et lavandins, nuisible aux premières ;
2. bien différencier les lavandes à usage domestique des lavandes utilisées par l'industrie ;
3. revaloriser l'image de marque de la lavande dans l'esprit du consommateur.

La lavande vraie ne pousse en général qu'entre 800 et 1 200 mètres, parfois jusqu'à 1 500 mètres. Mais au nord des Préalpes de Provence, son territoire d'élection, elle peut pousser dès 600 mètres. C'est pourquoi M. Vinot, expert désigné par le ministère de l'Agriculture pour la détermination de la zone "AOC", a inclus dans cette appellation les communes de la Drôme situées à partir de 600 mètres d'altitude.

L'hétérogénéité des terrains, des altitudes, des expositions, de l'hydrographie et des microclimats des Préalpes, a sélectionné de très nombreux types intermédiaires entre deux formes extrêmes de lavande vraie, la *fragans*, trapue, à hampes florales courtes, et la *delphinensis*, au port élancé et dont les hampes florales sont allongées. La diversité de ces formes et leur juxtaposition composent une mosaïque naturelle : individualisées et modelées par "l'esprit du lieu", des petites populations se sont formées donnant chacune un "cru" spécifique, essence complexe d'odeur très fine et délicate. Dans une même localité et à une même altitude, l'exposition peut non seulement modifier les caractères de l'essence, mais permettre ou interdire la culture de la lavande. Ainsi, dans telle commune située à 750 mètres d'altitude, l'adret (exposition sud) décourage-t-il toute culture. L'ubac (exposition nord) abrite par contre des hectares de lavande, dont les plantes vivent de 7 à 10 ans. La Drôme

est le plus gros département producteur d'essence de lavande vraie ou fine (environ 40 %), suivie par le Vaucluse (30 %), les Alpes de Haute-Provence (16 %), les Hautes-Alpes (7 %), l'Ardèche et le Lot (7 %).

● La troisième espèce est l'aspic (*Lavandula latifolia* pour les botanistes). Beaucoup plus homogène, elle se développe sous des expositions chaudes ou en basse altitude (jusqu'à 600 mètres environ) dans le sud des Alpes ; elle est abondante dans les garrigues du Languedoc, mais son pays de prédilection est l'Espagne. L'essence d'aspic, riche en camphre, est peu utilisée en France ; cette senteur n'y est pour l'instant l'objet d'aucune mode.

Malheureusement pour l'économie de mon-

production, les lavandins sont cultivés dans la Drôme, le Vaucluse, le Gard, l'Ardèche et les Hautes-Alpes.

Un champ de lavandin se distingue aisément d'un champ de lavande. La lavande fine est cultivée à partir de semis de graines de fleurs sauvages locales. De ce fait, diverses populations y sont représentées (d'où le nom "lavande de populations" donné à la lavande fine). Le champ — nommé baïassière autrefois lorsque la lavande y poussait spontanément — présente donc des touffes très hétérogènes, différant les unes des autres par leur développement, par la couleur de leurs sépales (formant le calice) ou de leurs pétales (formant la corolle), la forme de leur épi, sans oublier bien sûr le parfum qu'elles dégagent.



Quelques jours après la récolte, ces fleurs de lavande seront parties en... essence parfumée.

tagne, ces deux dernières espèces, aspic et lavande fine, ont établi des liens entre elles. Car la lavande est une plante à fécondation croisée : les abeilles transportent le pollen des fleurs d'une plante au pistil des fleurs de l'autre. Ainsi sont apparues sur les aires de végétation où la lavande fine et l'aspic se rejoignaient, des hybrides aux formes variables, les lavandins. Ils sont cultivés aujourd'hui de façon intensive le long de la Durance jusqu'aux plateaux du Vaucluse et d'Albion d'un côté, vers ceux de Puimichel et de Valensole de l'autre. Hormis les Alpes de Haute-Provence, qui totalisent près de la moitié de la

Au contraire, le lavandin, stérile, est reproduit par boutures. Les types les plus intéressants ont été sélectionnés et fixés par ce mode de reproduction asexué. Ils ont donné naissance aux clones cultivés, Super, Abrial, Grosso, etc., dont les touffes sont beaucoup plus fournies que celles de la lavande. Les rendements s'en ressentent : 14 à 16 kilos d'essence par hectare pour la lavande de population, contre 60 à 100 kilos pour les lavandins Abrial et Super, 100 à 160 pour le Grosso... Les rendements les plus faibles des lavandins se rencontrent en altitude.

Le lavandin façonne le paysage par ses beaux



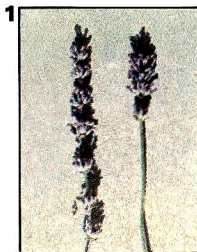
alignements symétriques. Sa luxuriance florale dessine une mer bleue dont l'éclat éblouit les mois de juillet et d'août. Quelques amandiers, les fleurs jaune vif des genêts, les épis couleur paille du blé dur et de l'avoine avant la moisson complètent le paysage.

Pourtant, derrière ce cadre idyllique, se jouent en coulisses d'âpres querelles pour l'écoulement de la production. Les différences entre lavande et lavandin, entre populations et clones, n'ont pas en effet qu'un intérêt scientifique : leur concurrence est, depuis 1975, lourde d'enjeux économiques qu'il va falloir préciser. Disons déjà, pour fixer les idées, que les économistes chiffrent la lavande à environ 5 000 hectares de cultures, 800 producteurs et 80 tonnes d'essence produites, et le lavandin à environ 15 000 hectares,

deux robinets, l'un en haut, l'autre en bas. L'essence, plus légère que l'eau, est alors soutirée de la partie haute de l'essencier. On obtient ainsi 0,8 à 1,2 kg d'essence pour 100 kg de fleurs fraîches de lavande (rendement moyen à la distillation : 0,9 %). Le rendement du lavandin est plus élevé : 1,7 % à 2 % pour le Super, 2,6 % à 3 % pour l'Abrial, 3 à 4 % pour le Grosso.

La distillation à la vapeur d'eau est le procédé le plus utilisé, bien que la finesse du parfum soit un peu malmenée par la température élevée de l'opération. La distillation, pratique ancienne, se fait encore de façon très artisanale. Mais des efforts de modernisation apparaissent : M. Chailan, conseiller agricole des Alpes de Haute-Provence, a essayé l'été dernier un système de broyage des tiges fleuries (ensilage) et de distilla-

## LA LAVANDE...



**La lavande vraie** : une mosaïque d'espèces sauvages, dont les deux formes extrêmes (1) sont la *fragans*, trapue, à hampes florales courtes, et la *delphinensis*, au port élancé et à hampes allongées. Les champs de lavande vraie (2) sont ainsi de petites « populations » très hétérogènes ayant chacune une essence, un « cru », spécifique de sa région.

4 000 producteurs et 1 000 tonnes d'essence.

Mais suivons d'abord la production des essences de lavande. La récolte démarre vers la seconde quinzaine de juillet et s'étale, selon l'altitude et le lieu de la culture, jusqu'à la mi-août. Les plantes récoltées mécaniquement sont laissées pendant deux à quatre jours sur le sol pour sécher ; elles perdent alors malheureusement un peu de leurs parfums les plus volatils. Puis elles sont acheminées vers les distilleries. Installées dans des exploitations ou sur le bord des routes, ce sont des petites plates-formes de ciment où la récolte est déchargée. Le dispositif pour la distillation des huiles essentielles s'appelle un alambic. Le corps de l'alambic reçoit la charge végétale, tiges et hampes florales en l'occurrence. Il est constitué d'une cuve appelée vase. Il y a en général deux vases par plate-forme, d'une capacité de 3 000 à 6 000 litres chacun. Une chaudière envoie de la vapeur d'eau à travers le vase, qui entraîne l'essence. Les vapeurs d'eau et d'essence traversent un col de cygne et sont refroidies dans un serpentin où passe un courant d'eau froide. L'eau et l'essence sont alors recueillies dans un récipient, l'essencier, ou « vase florentin », doté de

tion en continu. Son objectif principal est de diminuer la main-d'œuvre : 8 personnes sont actuellement employées de 10 à 12 heures par jour pendant un mois et demi pour un alambic distillant 20 tonnes d'essence environ par mois. La technique a été satisfaisante, mais son application nécessiterait des investissements pour renouveler le matériel actuel ; or, la « crise » n'encourage pas de telles démarches.

Un autre objectif est d'utiliser les pailles de lavande distillées, actuellement rejetées aux deux tiers, le dernier tiers étant utilisé pour alimenter le foyer de la chaudière de l'alambic. 20 000 tonnes de paille sont brûlées en décharge chaque année après leur distillation. Le CEDER (Centre d'expérimentation et de documentation sur les énergies renouvelables) a publié en septembre dernier une synthèse des différentes possibilités de valorisation de cette paille, imputrescible et riche en substances bactéricides et fongicides.

Une société suisse a également déposé le brevet d'un nouvel appareillage ne rappelant en rien les alambics d'autrefois : il utilise le procédé inverse de la distillation, la diffusion. La vapeur est injectée à travers le végétal de haut en bas



et atteint immédiatement la zone de refroidissement où elle se condense. Le col de cygne est ici inutile, et l'encombrement du système s'en trouve réduit: Ce procédé de diffusion consomme de la vapeur à basse pression et permet des économies de temps, de vapeur, de main-d'œuvre, etc. L'amélioration de la qualité et du rendement en essences sera-t-elle suffisamment convaincante pour décider les Provençaux à changer le matériel? C'est à eux de le dire, mais là aussi, l'investissement est lourd.

Actuellement, si l'on veut produire un parfum plus fidèle, on utilise un autre procédé, l'extraction : on trempe les plantes dans un solvant (hexane, benzène) qui dissout les principes odorants et les cires. La pâte obtenue après évaporation du solvant est la "concrète". Les cires

l'essence de lavande sont utilisés pour la confection de parfums dont la note finale est lavandée ; 90 % entrent dans les parfums dont la note finale n'est pas lavandée. Et même pour les premiers, les essences sont toujours associées à d'autres produits aromatiques, naturels ou synthétiques. Les compositions sont ensuite adjointes aux autres constituants de la formule : alcool pour un parfum, tripolyphosphate, sulfate, perborate de soude... pour une lessive. La composition parfumée représente en général 15 à 20 % d'un parfum, 4 à 8 % d'une eau de toilette, 0,2 à 1 % d'un produit cosmétique et 0,15 à 3 % d'une lessive.

Ces compositions parfumées sont surtout utilisées par des multinationales du parfum et des produits cosmétiques, des détergents, des produits d'entretien : L'Oréal, Colgate, Lever, Proc-

## ... ET LE LAVANDIN



**Le lavandin** est issu d'un croisement naturel entre lavande vraie et lavande aspic. La sélection a permis d'obtenir de nombreux clones (1 - de g. à dr. Super, Abrial, Teston, 3370, 4170, Grosso, Sumian) à rendements en essence très supérieurs à ceux de la lavande vraie. Les champs de lavandin (2) se reconnaissent à leurs alignements symétriques.

peuvent être éliminées par un second traitement à froid et à l'alcool ne dissolvant que le parfum. Après filtration des cires et évaporation de l'alcool, on obtient alors l'"absolue", cette quintessence de l'odeur qui est soluble dans l'alcool. 100 kg de tiges fleuries de lavande produisent 2 kg de "concrète" dont on pourra tirer 1 kg d'"absolue" liquide... 1 à 2 % de la production de lavande et lavandin sont ainsi réservés pour la "concrète" et l'"absolue". Le matériel d'équipement nécessaire pour l'extraction est très lourd. Aussi, plus chère que l'essence (environ 110 F contre 40 F/kg pour le lavandin Grosso, 200 F contre 160 F/kg pour la lavande), la "concrète" est-elle réservée aux produits destinés à la parfumerie de luxe. Mais l'essence "concrète" et l'"absolue" ne sont pas les termes finaux de la transformation des fleurs. La lavande entre aussi dans la composition de parfums variés et le lavandin intervient dans le secteur des savons, des détergents et des produits d'entretien.

Les essences entrent dans la fabrication de mélanges complexes faits d'extraits naturels de plantes et de produits de synthèse, appelés compositions. Fait étonnant : 10 % seulement de

ter et Gamble... M. Lalande, directeur commercial des établissements Reynaud implantés depuis 1898 dans une vallée de la Haute-Provence, à Montbrun-les-Bains, le souligne : « 85 % à 90 % de la production française se consomment hors de France et les 15 % qui s'y écoulent sont destinés à des clients dont 80 % sont en dernier lieu des multinationales. »

Ainsi, du cultivateur au consommateur, la filière de la lavande et du lavandin est complexe : le producteur vend ses fleurs à la coopérative ou au négociant qui les distille et vend les crus sous forme d'essences pures ou de mélanges appelés communelles. Ils peuvent aussi proposer les compositions de leur fabrication aux entreprises de Grasse, la capitale voisine du parfum, à des courtiers ou à d'autres négociants, qui les revendent aux multinationales.

Un des plus gros problèmes des producteurs est l'incohérence du marché. Depuis six ans, des stocks d'essence de lavande fine ne trouvaient pas à s'écouler. Il a fallu, en désespoir de cause, les brûler après les récoltes de 1980 et 1981. Il existe pourtant un courant permanent d'importation des pays de l'Est (URSS, Bulgarie) représentant



environ 60 tonnes par an. Injustice, s'indignent les producteurs français. La lavande importée a tourné autour de 115 F le kg en 1982, alors que le prix d'objectif (non atteint pendant la campagne !) de la lavande française était de 160 F, et que son coût de production est estimé entre 180 et 250 F le kg. Selon les industriels, ces échanges avec les pays de l'Est sont quasi obligatoires dans la mesure où ils entrent dans un système de compensations qui ressemble fort à la version moderne du troc antique. L'achat de ces essences permet en contrepartie à la France de leur exporter de la parfumerie fine, des produits chimiques, etc. Encore les producteurs se plieraient-ils à la dure loi du marché si la qualité était la même. Mais la lavande importée est une lavande clonale, sélectionnée et multipliée par boutures comme le lavandin. Alors que la Provence s'honore de cultiver encore en majorité des lavandes de population dont le faible rendement (15 kg d'essence en moyenne par hectare) garantit la qualité.

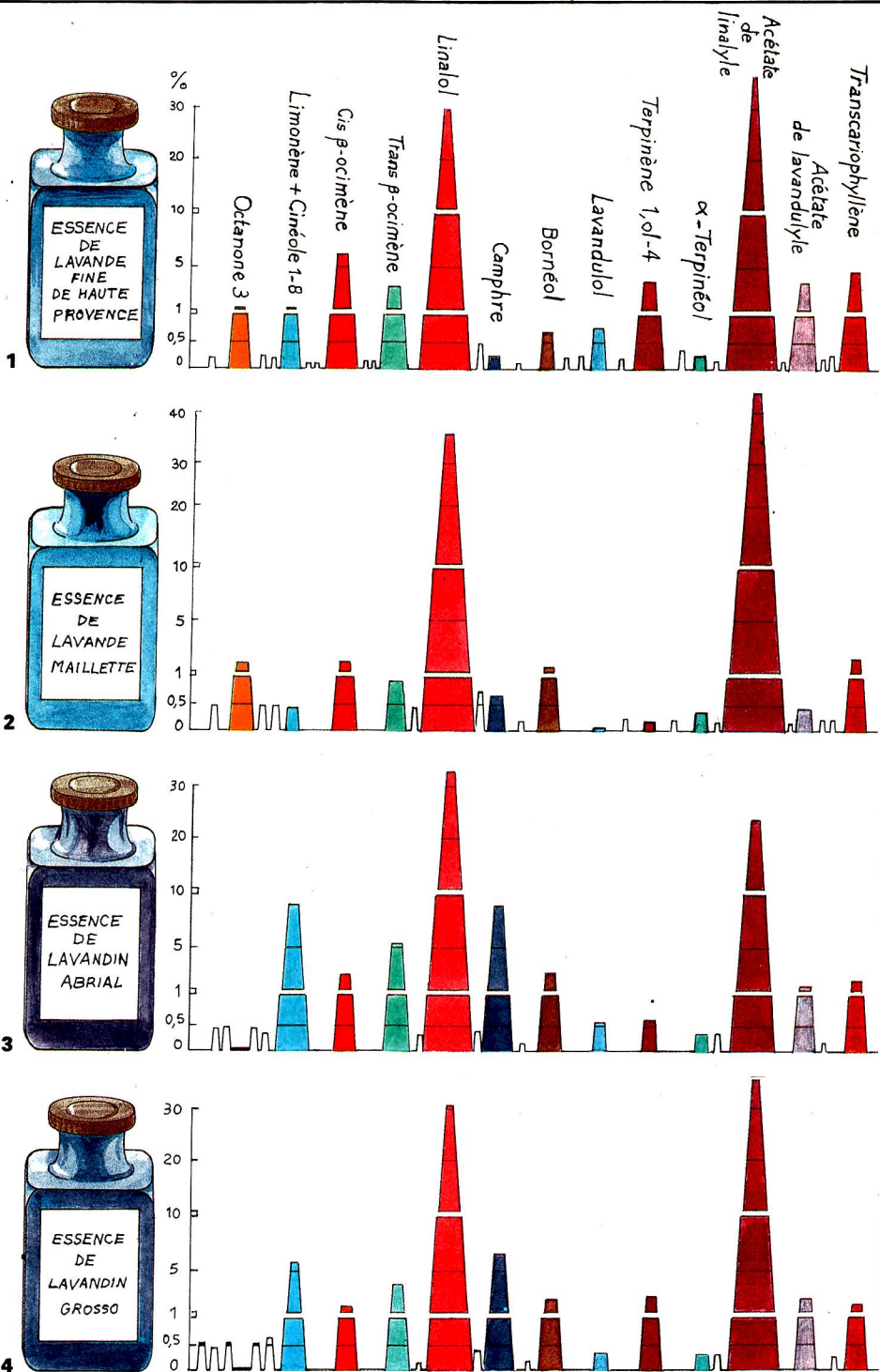
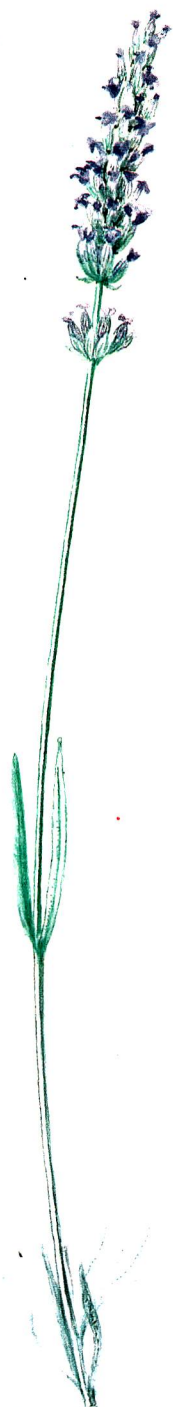
Il faut pourtant être honnête : les agriculteurs français ont, eux aussi, essayé de cultiver des clones de lavande vraie : la "Maillette", le "A 58", la "Matheronne"... Mais en plaine, leur rendement de 30 à 40 kg par hectare n'en fait pas la culture la plus rentable. Et en montagne, les clones donnent une qualité d'essence moins nuancée que les populations sauvages. La différence se retrouve dans les prix, puisque la Maillette n'est payée que 100 F par kilo d'essence... Quoi qu'il en soit, pour sauvegarder la production de ces populations spécifiques à la montagne sèche, le décret a exclu les clones de l'AOC et a limité les rendements à 25 kg d'essence par hectare. A la manière de n'importe quel vin AOC.

Mais la création de cette appellation contrôlée soulève une question : comment distinguer, lorsqu'on n'en connaît pas la provenance, une lavande fine de population d'une lavande clonale ?

En plus d'un examen olfactif, effectué par une commission d'agrément, l'essence de lavande de Haute-Provence devra répondre à des normes physico-chimiques instituées par le décret de 1981. Sa teneur en camphre doit être inférieure ou égale à 0,5 % (le lavandin dépassant ce chiffre), sa teneur en esters, exprimée en acétate de linalyle, devant être comprise entre 42 et 50 %. Un arrêté définit la méthode à suivre par les laboratoires pour différencier avec plus de précision les deux types de lavande. Elle repose sur la chromatographie en phase gazeuse sur colonne capillaire : c'est une méthode analytique de séparation des corps en mélange. Ces corps, propulsés par un gaz mobile, cheminent le long d'une colonne fixe d'environ 0,2 mm de diamètre et plusieurs dizaines de mètres de longueur, cette colonne manifestant vis-à-vis de chacun de ces corps des différences d'affinité. Le résultat de l'analyse est un profil chromatographique dessinant une courbe émaillée de pics, chaque pic représentant le temps de rétention sur la colonne d'un ou plusieurs des composants de l'essence analysée (voir encadré ci-contre). Toute la diffi-

## A CHAQUE ESSENCE SON PROFIL

Pour attribuer une appellation d'origine contrôlée (AOC) à une essence de lavande, il faut pouvoir en connaître très précisément les composants. On utilise pour cela une méthode très fine de séparation, la chromatographie en phase gazeuse. Son principe : injecter l'essence à travers un produit spécial qui en freine la progression à des degrés variant d'un constituant à l'autre, pour permettre leur sortie un à un en vue de leur analyse. L'opération se déroule comme suit. L'échantillon est introduit dans un appareil très automatisé, le chromatographe. Une petite quantité d'essence (de l'ordre du microlitre) est vaporisée dans la chambre d'injection de l'appareil. Un gaz vecteur circule à une pression donnée dans la colonne du chromatographe pour y véhiculer la vapeur d'essence. On utilise à cet effet un gaz pur inerte, pour éviter toute altération de la composition de l'échantillon par réaction chimique avec l'un ou l'autre des solutés (ou composants). Les colonnes classiques ont un diamètre en général compris entre 3 et 6 mm, pour des longueurs allant jusqu'à une dizaine de mètres. Elles contiennent une poudre imprégnée de liquide appelée "phase stationnaire". Celle-ci résiste à la progression de l'essence vaporisée, un peu comme un filtre de cigarette face à la fumée du tabac. Pas de réaction chimique là non plus. De plus, et surtout, cette résistance est différente d'un constituant à l'autre. Résultat : à la sortie de la colonne, les constituants intacts de l'essence arrivent séparés, les uns après les autres. Là, un détecteur permet d'en calculer le pourcentage dans l'essence analysée. Le plus souvent, il s'agit d'un détecteur à ionisation de flamme : le gaz vecteur étant inerte, c'est le soluté vaporisé qui, seul, est ionisé dans la flamme. La quantité d'électricité qui circule entre les deux électrodes du détecteur est ainsi proportionnelle à la quantité de soluté qui a traversé la flamme. Un enregistreur couplé au dispositif trace sur une imprimante un graphe avec des pics : le chromatogramme. Chaque pic représente un soluté (plus ou moins pur) de l'essence analysée, et la surface du pic est proportionnelle au pourcentage du soluté correspondant dans l'essence. Un calculateur relié au chromatographe permet de lire immédiatement ce pourcentage. De gauche à droite de notre dessin, les pics correspondent à des constituants de moins en moins volatils, et de plus en plus freinés par la colonne. Une bonne séparation des constituants dépend de plusieurs paramètres : nature et longueur de la colonne, pression et vitesse du gaz vecteur, etc. Aussi, pour éviter les pics composites, autrement dit pour obtenir une séparation maximale des composants en solution dans l'essence, il faut utiliser successivement deux colonnes au moins, et préférer aux colonnes classiques, des colonnes capillaires, plus fines (0,2 mm) et plus longues. Les essences de lavande sont bien connues, elles ont chacune leur chromatogramme d'identité. Les pics sont identifiés par comparaison avec des chromatogrammes-étalons, chaque constituant ayant son équivalent en produit de synthèse pur. Paradoxalement, pour détecter les coupes d'essences naturelles par des produits de synthèse, ou les assemblages d'essences, les petits pics, qui décèlent de très faibles quantités de substances, sont souvent plus utiles que les grands pics. Les diagrammes ci-contre ont été dessinés à partir des chromatogrammes de 4 essences différentes : une lavande fine de Haute-Provence (1) (celle qui est protégée par l'AOC), une lavande clonale type Maillette (2), un lavandin type Abrial (3) et un lavandin type Grosso (4), analysées par les établissements Reynaud. Seuls les constituants les plus caractéristiques ont été représentés. On retrouve les différences des teneurs



en camphre et à un moindre degré en bornéol, faible chez les lavandes, forte chez les lavandins, surtout l'Abrial. La lavande fine de population (sauvage) est bien caractérisée par un rapport  $\beta$ -ocimène cis sur  $\beta$ -ocimène trans voisin de 2, une teneur en lavandulol comprise entre 0,5 et 1 %, une teneur en acétate de lavandulyle supérieure à 3,5 % et une teneur en

$\alpha$ -terpinéol inférieure à 0,5 %. Le chromatographe n'a malheureusement pas séparé le limonène et le cinéole 1-8. Pourtant, ce dernier constituant fait partie des huit corps retenus pour déterminer une lavande fine d'appellation contrôlée, et dont les teneurs doivent rester à l'intérieur des fourchettes caractéristiques (0,2 à 0,8 pour le cinéole 1-8).



culté est de trouver la colonne séparant au mieux les constituants. Des discussions entre les partenaires concernés sur le choix de la méthode à mettre en œuvre et sur le nombre de pics significatifs à prendre en compte ont ralenti la sortie de l'arrêté.

En juin dernier, la Commission générale d'unification des méthodes d'analyses retenait, pour les Laboratoires agréés de la répression des fraudes, outre le camphre, huit corps caractéristiques : le lavandulol, l'acétate de lavandulyle, les  $\beta$ -ocymène trans et  $\beta$ -ocymène cis, l'octanone 3, l' $\alpha$ -terpinéol, le terpinène 1-ol-4, et le cinéole 1-8. Trois rapports sont également normalisés :  $\beta$ -ocimène cis/ $\beta$ -ocimène trans,  $\beta$ -ocimène trans/octanone 3, enfin linalol + acétate de linalyle/lavandulol + acétate de lavandulyle. Les fourchettes à l'intérieur desquelles doivent se situer les valeurs de ces rapports et celles des teneurs des huit composants caractéristiques ont elles aussi été arrêtées par l'administration après



**Le marché de la fleur de lavande.** La fleur mondée (nettoyée et séparée des tiges) est vendue 23 F le kilo environ. Sa production est essentiellement localisée autour de Mevouillon, superbe site de la Drôme (photo ci-dessus). Mais cela ne représente que 150 à 200 tonnes des quelque 80 000 tonnes de fleurs de lavande qui, elles, seront distillées. Quant au marché de la fleur sur tige, qui se développe depuis un an, la production n'atteint même pas la tonne.

molt discussions entre les professionnels. Le profane peut rester sceptique sur la validité des paramètres autres que l'origine, le parfum et le rendement pour reconnaître une lavande AOC, mais ... fraude oblige.

Pour les savons courants et les détergents, qui requièrent un parfum agressif pour masquer les odeurs, et un coût de revient limité, le lavandin se substitue à la lavande fine. Entre les deux, les différences chimiques sont plus marquées qu'entre divers types de lavande. Mais chaque clone de lavandin a ses particularités : le Super a une note olfactive assez proche de la lavande, mais il est

trop riche en esters ; le Grosso est pauvre en cinéole et en camphre. Pour cette raison — ou est-ce parce qu'on en produit trop (875 sur 1 200 tonnes en 1981, ramenées à 600 t sur 1 000 t en 1982) ? — il est boudé par les industriels. Ils préfèrent utiliser l'Abrial, plus camphré. Mais celui-ci dépérit, du fait d'une maladie attribuée à un micro-organisme du type mycoplasme qu'on soupçonne d'être véhiculé par un insecte, la cicadelle (*Hyalesthes obsoletus*), abondant sur les racines des lavandins malades, dont les touffes jaunissent et se dessèchent. Du coup, le prix du Grosso est passé à 40 F le kilo, le Super à 50 F et l'Abrial à 65 F. Surtout que les difficultés du lavandin sont aggravées par l'utilisation de produits de synthèse dont le prix (40 à 50 F) ne dépasse celui du Grosso que depuis deux ans.

Tout cela ressemble pour les producteurs à un cercle vicieux : la crise de la lavande est accentuée par la surproduction de lavandin, secteur lui-même menacé par les produits de synthèse. Ceux-ci forment une liste de 800 produits, savoureuse à force d'ingratitude. Dans l'annuaire des parfumeurs, l'acétate de bornyle reproduit en effet l'odeur des aiguilles de pin, le diméthyl-octanyle celle de la rosée un peu verte, et le diméthyl-nonylecétone celle de la rue (la plante aromatique, bien sûr...).

Mais la guerre faite aux produits de synthèse est peut-être une fausse guerre dans la mesure où la formule d'un parfum, et a fortiori celle d'un savon ou d'une lessive, n'est jamais totalement naturelle. Selon les parfumeurs, les notes florales fraîches appréciées dans l'essence de lavande sont des notes "de tête", peu persistantes ; par contre, les notes les plus tenaces, généralement plus herbacées, doivent être corrigées par des produits de synthèse ou naturels pour être plus agréables et plus "proches" du parfum naturel.

Quoi qu'il en soit, le lavandin n'a pas dit son dernier mot. La Chambre d'agriculture de la Drôme et celle des Alpes de Haute-Provence s'efforcent de diffuser des nouveaux clones, résistants et adaptés à chaque type de marché ; et l'INRA développe une technique de sélection par croisements des lavandins rendus fertiles par doublements chromosomiques.

Mais le véritable "fautif" de cette crise des lavandes est peut-être moins le produit de synthèse ou le clone que le consommateur lui-même. Il a tourné le dos à la "note" lavande : celle-ci est jugée vieillotte et évoque plus la propreté du linge que le parfum. Avec un budget publicitaire équivalent, un adoucisseur de linge à étiquette "fraîcheur" a même connu une diffusion beaucoup plus rapide sur le marché que son homologue à étiquette "lavande".

Pour les producteurs, il est en tous cas urgent de redorer le blason de la lavande. L'époque est révolue où un stock d'essence de lavande représentait un coffre-fort pour son propriétaire. La culture ne persiste depuis trois ans qu'à coups de subventions. Devant l'importance de la crise, l'accroissement des stocks et la chute du revenu des

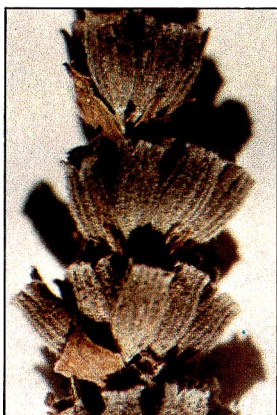


producteurs, la conférence annuelle de décembre 1980 a décidé de faire intervenir le Fonds d'orientation et de régulation des marchés agricoles (FORMA) qui a distribué pendant l'année 1981 une aide de 13,5 millions de francs, soit 25 % du chiffre d'affaires à la production du secteur lavande-lavandin de cette année-là (53 millions de francs) ! Les producteurs de lavande ont reçu 400 F par hectare, 800 F lorsqu'ils étaient organisés ; le secteur coopératif, qui prend en charge environ 30 % de la production de lavandin et 40 % de celle de la lavande, a donc été encouragé. A la conférence annuelle de 1981, une

produit de synthèse que dans les produits naturels régionaux dont les prix peuvent toujours flamber. De plus cette taxation toucherait de très nombreuses industries n'ayant rien à voir avec la lavande, et qui utilisent aussi des produits de synthèse.

De même des mesures pénalisant les importations risqueraient de se retourner contre leurs bénéficiaires : la France est en effet la plaque tournante des échanges de lavande et de lavandin. Elle importe presque toute la lavande mondiale et elle en exporte la majorité mêlée à sa production. Elle n'a donc aucun intérêt à perdre

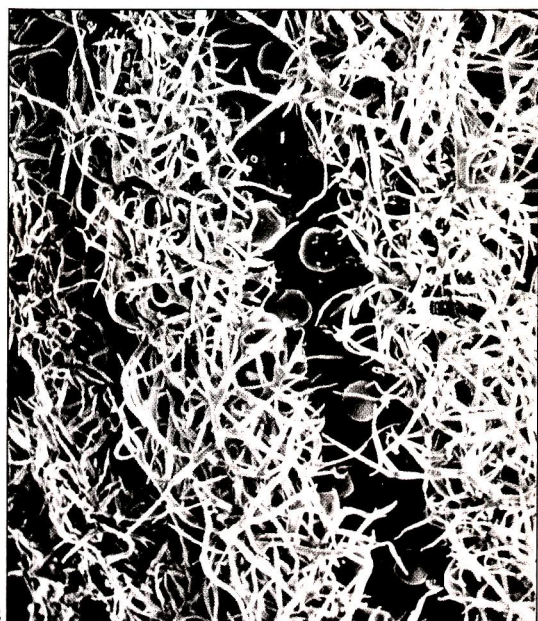
## LA LAVANDE, PLANTE À PARFUM



Après la floraison (1) des épis de lavande et de lavandin, les corolles (pétales) tombent ; il ne reste que les

2

calices (sépales). L'essence de lavande est sécrétée par des poils situés sur les feuilles, la tige, la corolle, mais essentiellement sur le calice. Celui-ci a une forme tubulaire, nervurée. Sur les nervures en relief, un feutrage de poils protecteurs ralentit l'évaporation de l'eau. C'est un exemple de l'adaptation des plantes xérophiles (qui peuvent vivre dans les lieux secs) à leur milieu. Les points brillants visibles dans les sillons sont les poils sécréteurs (2). Grossis au microscope électronique à balayage, les poils protecteurs apparaissent ramifiés. On voit, dans un sillon entre deux nervures, les poils sécréteurs renflés en glandes (3). Ce sont en fait des protubérances de l'épiderme du calice composées de une à douze cellules. L'essence s'accumule entre la paroi des cellules et la cuticule qui recouvre l'épiderme de la glande. Le laboratoire de biologie végétale de l'université de St-Étienne, dirigé par M. Perrin, utilise aussi dans ses recherches sur la lavande un



3

microscope électronique à transmission, qui "voit", à l'intérieur des cellules, les organites cellulaires qui participent à la sécrétion des essences (ce sont sans doute des organites communs à toutes les cellules). Les résultats de ces recherches pourraient conduire les sélectionneurs à ajouter un nouveau paramètre à leurs critères de choix des variétés à cultiver ; l'abondance de ces glandes dans les sillons des calices.

nouvelle aide de 9 millions de francs a été décidée et les producteurs de lavandin ont touché, pour la première fois en 1982, une aide au revenu de 250 F par hectare. Mais ces décisions ne peuvent être qu'exceptionnelles.

Faut-il pour autant instaurer des mesures protectionnistes : taxation des produits de synthèse, réglementation des importations ? A l'exception de quelques producteurs, personne ou presque ne croit à l'efficacité de la première mesure. L'industriel fixant d'avance le prix de revient de son produit, et en particulier celui de la composition parfumée, il aura toujours plus confiance dans le

le contrôle d'un marché dont le bénéfice irait immédiatement à d'autres (la Hollande, par exemple).

Par contre, certaines interventions ont eu des conséquences utiles à la défense de la lavande. Jusqu'en janvier 1982, la douane ne différenciait pas dans ses statistiques la lavande du lavandin. Le Comité économique lavande lavandin (CELL), émanation du secteur coopératif, a réussi à modifier cet état de fait, en accord avec les producteurs aussi bien qu'avec les industriels. Il a ainsi relevé ce paradoxe croustillant : nous avons exporté, en 1982, 280 tonnes d'essences de

(suite du texte p. 153)



**DONNEZ UN COUP DE  
POUCE A VOTRE RASAGE**

**SCHICK**  
**SUPER II PLUS**

- ★ Deux lames pour raser de très près en douceur.
- ★ Un Bouton Rince-Lames pour éjecter les poils du rasoir.

Seules à bénéficier du Bouton Rince-Lames, les lames **SCHICK SUPER II PLUS** s'adaptent à tous les rasoirs standard à 2 lames.

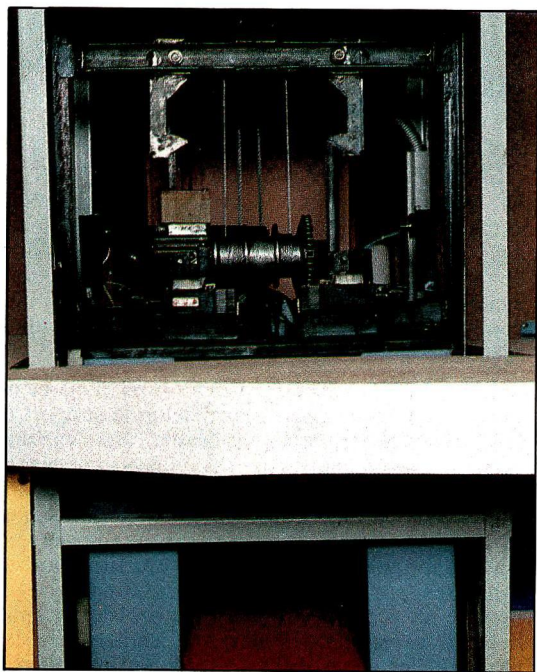


**LE BOUTON RINCE-LAMES: PARCE QU'UN  
RASOIR TOUJOURS PROPRE RASE TOUJOURS MIEUX.**



# Petites et grandes inventions en quête de marchés

*300 petites et grandes inventions ont été présentées à Paris, lors de la Semaine internationale de l'invention ; du système qui libère automatiquement les passagers en cas de panne d'ascenseur au téléviseur système d'alarme, Science & Vie a sélectionné les plus intéressantes.*



## **SÉCURITÉ : FINI LE SYNDROME DE LA PANNE D'ASCENSEUR**

■ Si les ascensoristes ont réussi à réduire au minimum le risque de chute des cabines, ils n'avaient pas encore réglé cet autre problème : la libération rapide et automatique des passagers, en cas de panne (mécanique ou électrique) comme en cas d'incendie. Pour la seule région parisienne, 10 à 12 000 personnes restent ainsi

chaque année bloquées dans un ascenseur, entre deux étages. Cette mésaventure est arrivée à l'inventeur du système ISA (Installation de sécurité pour ascenseurs), mis au point pour l'étude technique, la faisabilité et le coût en collaboration avec un bureau d'ingénierie.

Lorsqu'une panne survient, le système amène la cabine d'ascenseur sans aucune intervention des passagers (qui peuvent ainsi être des enfants, des personnes âgées, des handicapés) au niveau de l'étage inférieur, où elle se stabilise. La sortie peut alors s'effectuer de manière absolument naturelle, sans effort ni risque.

Le déclenchement du système ISA est assuré par l'interruption du courant électrique alimentant l'ascenseur. Des électro-aimants font alors jaillir de puissantes butées latérales, tandis que la cabine est désaccouplée de son étrier porteur. Contenu dans cet étrier, un treuil à ressort libère doucement ses câbles, et laisse lentement descendre la cabine sous son propre poids, freinée par butées. L'ascenseur vient se stabiliser à l'étage inférieur, les butées latérales étant alors bloquées par des cales. L'ensemble du système ne fait ainsi appel qu'à la mécanique et à l'électro-magnétisme. Le réarmement du dispositif s'effectue par l'intermédiaire d'un simple bouton : un moto-réducteur, agissant de manière synchrone avec le treuil, ramène l'étrier vers la cabine jusqu'à la position de réaccouplement.

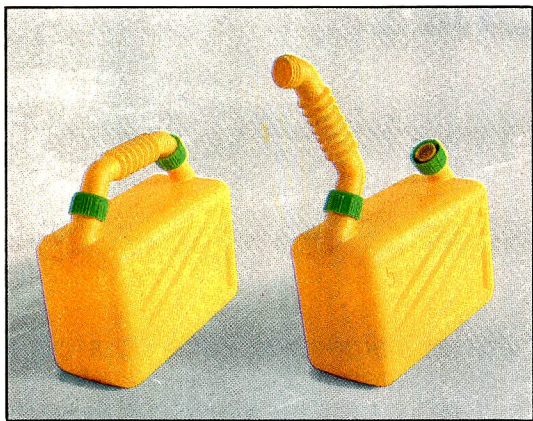
Point important : le système ISA, qui est breveté en France, en Europe et aux États-Unis, est une installation simple, peu encombrante, que l'on peut adapter à la très grande majorité des ascenseurs. D'après ses promoteurs, son coût (15 à 18 000 F) n'excède pas le montant des frais annuels d'entretien d'un ascenseur.

(Antoine Sérina, 4, rue Cavallotti, 75018 Paris.)



## **ACCESSOIRES AUTOMOBILES : UN JERRYCAN PROPRE ET PARFAITEMENT ÉTANCHE**

■ Le jerrycan est un produit parfaitement simple et sur lequel il n'y avait apparemment plus rien à inventer. Une étude de marché a pourtant montré que les utilisateurs n'étaient pas



satisfaits : d'une part parce que le contact avec l'essence est désagréable ; d'autre part parce que la quasi-totalité de ces bidons-réservoirs-verseurs ne sont pas parfaitement étanches : peu ou prou, ils fuient.

De cette étude de marché est né le "Jerutyle" : un bidon dont le bec verseur sert aussi de poignée et évite de se salir les mains. Plusieurs avantages : la propreté ; la possibilité d'orienter à volonté le bec verseur ; la suppression du "glou-glou" et de toute fuite : le bec verseur constitue aussi une chambre de décompression pour les gaz et empêche le bidon de gonfler, en cas de forte chaleur.

(En cours de commercialisation : société Jerutyle, 21, rue de l'Espérance, 59100 Roubaix.)

## **MICRO-INFORMATIQUE : COMMENT ÉCONOMISER L'ÉNERGIE DÈS LA CONSTRUCTION**

■ Aboutissement de plusieurs années de recherches menées par le Centre d'énergétique de l'école supérieure des Mines de Paris, ce logiciel est conçu pour les architectes et les techniciens qui veulent bâtir mieux : concevoir un habitat de qualité sans oublier les problèmes d'économie d'énergie. Il permet en effet aux professionnels de la construction d'améliorer la qualité de leurs projets, tout en leur faisant gagner un temps précieux (et donc coûteux).

Un micro-ordinateur peut, à l'aide de ce logiciel, calculer les performances techniques des divers projets et indiquer, pour chaque mois d'une année de référence : les déperditions énergétiques ; les performances d'une éventuelle instal-

lation d'eau chaude sanitaire solaire ; les besoins en énergie. Tout cela, compte tenu des apports solaires récupérés tant par les systèmes passifs (vitrages, serres, murs-capteurs), que par les systèmes actifs (à circulation d'air ou d'eau). Bref, il évalue les besoins en kWh d'énergie auxiliaire nécessaire tant pour l'eau chaude que pour le chauffage.

Ces résultats sont obtenus à partir de données météorologiques, pré-enregistrées pour un certain nombre de sites, entrées manuellement pour les autres. Les effets de masque sont pris en compte, qu'ils soient intégrés au bâtiment (auvent, balcon, etc.), ou lointains (relief, bâtiment voisin, etc.).

Les professionnels de la construction peuvent alors comparer les diverses variantes d'un même projet, trouver les solutions les meilleures et, en tout cas, choisir en connaissance de cause. Un intérêt de ce logiciel est sa souplesse d'utilisation : conçu pour être accessible aux non-informaticiens, il ne demande que quelques heures d'apprentissage. L'entrée des données, leur modification, l'accès aux différentes séquences de calcul, la correction des erreurs éventuelles sont effectués en mode conversationnel, sans codage particulier.

(Logiciel CASAMO, ARMINES-Énergétiques, M. Pergent, 60, bd Saint-Michel, 75272 Paris Cedex 06.)

## **ENVIRONNEMENT : LE REVÊTEMENT ANTI-ADHÉRENCE QUI PROTÈGE ET NETTOIE**

■ A base de liants acryliques, ce produit, comme une peinture, protège de la rouille et de l'abrasion les surfaces qu'il recouvre. Mais comme des éléments répulsifs (solvants) y sont également incorporés, il présente une qualité complémentaire : c'est un revêtement anti-adhérence.

D'application aisée (pinceau ou pistolet) et de préparation rapide (sur place, selon le support et la surface à traiter), insensible aux vapeurs acides, à la chaleur, aux ultraviolets, convenant à tous les supports (béton, verre, métal, plastique, etc.), ce nouveau revêtement facilite ainsi le décollage des affiches sauvages, qui ne peuvent y adhérer ; permet d'éliminer les graffiti et autres salissures par un nettoyage très simple (léger raclage ou projection d'eau sous pression) ; améliore le carénage des bateaux souillés par les algues et les coquillages ; retarde enfin la dégradation des bâtiments grâce à ses propriétés hydrofuges. Il intéresse donc aussi bien les municipalités et les collectivités que l'industrie et les particuliers.

Après nettoyage des supports souillés, il est inutile de renouveler l'application du film protecteur : il conserve intactes toutes ses propriétés pendant plusieurs années. La commercialisation est envisagée pour la fin de l'année.

(Claude Bourit, 2, avenue Robert-Schuman, 86000 Poitiers.)



## MARINE : UNE ANCRE ENFIN EFFICACE

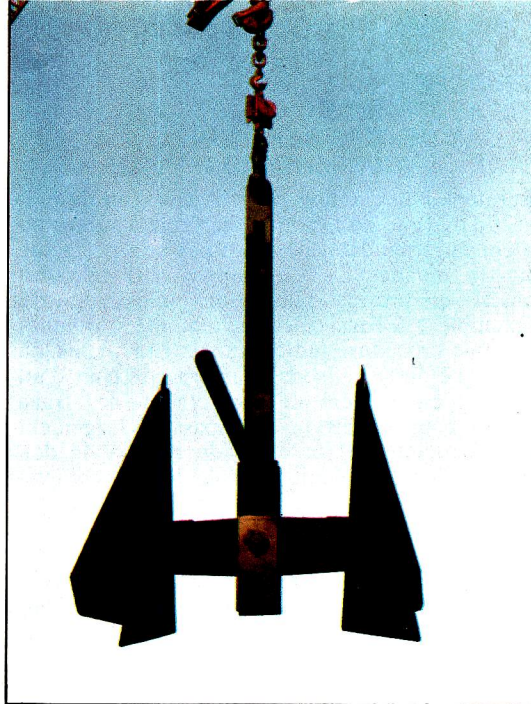
■ L'étude scientifique des ancrs marines avait jusqu'ici été négligée. En cas d'accidents de tankers, qui surviennent le plus souvent le long des côtes et par vents violents rendant tout remorquage impossible, les commandants cherchent en vain à immobiliser leurs navires : les ancrs actuelles servent davantage à tirer la chaîne hors de l'écubier qu'à pénétrer dans le sol.

Cette nouvelle ancre, l'AMK, aujourd'hui fabriquée par un chantier naval, a été mise au point par un inventeur indépendant qui a travaillé le sujet pendant... 21 ans : « J'ai découvert 18 critères faisant la qualité d'une ancre. La difficulté : inventer une ancre qui pénètre tous les types de sol — vase, galets, calcaire, etc. Une ancre, c'est une clé de haute précision, le sol étant une serrure compliquée. »

Pour l'essentiel, l'ancre AMK est composée de deux dièdres fermés, symétriques par rapport à la verge, l'un convexe, l'autre concave, présentant des angles d'attaque différents. Un bras oscillant autour de l'extrémité de la verge les relie et force l'un des deux socs à pénétrer dans le sol, même sur fond dur.

Des essais comparatifs officiels ont prouvé la supériorité incontestable de cette nouvelle ancre dont un exemplaire de 6 tonnes a résisté à une puissance de 87 tonnes, soit un coefficient supérieur à 14 (alors que ce coefficient se situe entre 3 et 10, pour les meilleures ancrs actuelles).

Un problème cependant : l'ancre AMK est un



dispositif tellement nouveau qu'il n'entre pas dans les normes actuelles et que les organismes d'homologation font, de ce fait, la sourde oreille... Cela n'a tout de même pas empêché EDF d'en commander 12 exemplaires pour immobiliser la barge qui va poser un câble électrique de 2 000 mégawatts entre la France (Calais) et la Grande-Bretagne (Folkestone).

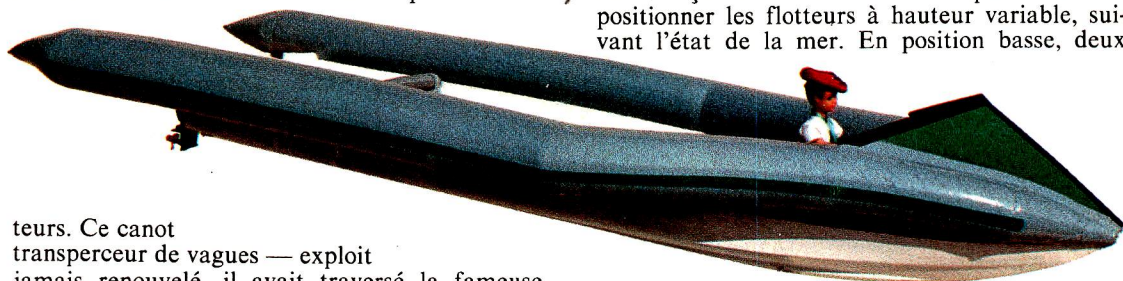
(Ateliers et Chantiers de la Perrière, 8, bd Abbé-le-Cam, 56100 Lorient.)

## SAUVETAGE EN MER : UN GRAND CANOT PLIABLE POUR TRANSPERCER LES VAGUES

■ Il vient d'être mis au point par la société qui, il y a une vingtaine d'années, avait inventé le canot semi-rigide à coque stratifiée dont les bordures concaves sont surmontées par des flot-

sorte de très grande planche de wind-surf, avec amortisseurs intercalés, en constitue le fond.

Elle peut être fixée sous la coque, à demeure ou de façon amovible. Des vérins permettent de positionner les flotteurs à hauteur variable, suivant l'état de la mer. En position basse, deux



teurs. Ce canot

transperceur de vagues — exploite

jamais renouvelé, il avait traversé la fameuse barre d'Étel un jour de tempête — est si efficace qu'il avait été surnommé *Espadon* par les nageurs de combat.

Le nouvel *Espadon*, lui, a une double originalité : il est géant (20 m de long sur 6 m de large) et reste aisément remorquable sur route à 90 km/h (alors que tout canot dépassant 2,50 m de large n'a pas le droit d'être remorqué). C'est que ce canot est le seul semi-rigide repliable. Une

hydrofoils latéraux canalisent vers la poule une veine d'air dont le volume est suffisant pour soulever le bateau. Transportables rapidement, mis en œuvre instantanément quel que soit l'état de la mer, ils peuvent même traverser d'énormes vagues de type hawaïen, se déplaçant sur l'eau à plus de 100 km/h.

(Éts Ge ges Hennebutte, 43, av. Foch, 64200 Biarritz.)



**SERVICES :  
UNE ASSURANCE  
EN CAS DE CONTREFAÇON  
ET DE CONCURRENCE DÉLOYALE**

■ Intenter une action pour contrefaçon de brevet, de marque de fabrique, de droit d'auteur ou de concurrence déloyale, n'est pas à la portée de tout le monde. La Compagnie nationale des conseils en brevets d'invention indique, à titre d'exemple : « Tous ceux qui ont été impliqués dans une procédure judiciaire aux États-Unis, ou ont risqué de l'être, sont effarés par le coût d'un procès : en matière de contrefaçon, les frais, surtout pour un étranger, dépassent largement 100 000 dollars, et la barre du million de dollars a déjà été franchie dans des litiges complexes opposant, il est vrai, des sociétés multinationales. »

Qui oserait, qui pourrait, s'engager dans une telle partie de poker ? La seule solution consisterait-elle à se laisser piller sans rien dire ? Pas tout à fait : un groupe d'assurances, FASO France, vient en effet de créer un type de contrat, garanti par la Lloyd's de Londres, qui couvre les frais engagés pour la poursuite, ou la défense, d'une action visant à faire respecter les droits de propriété industrielle et intellectuelle ; qu'il s'agisse d'une création de céramique, d'un accord de licence, d'un programme d'ordinateur, d'un composant de voiture, d'un nouveau jouet, d'un sigle déposé, ou d'un roman original.

Montant des garanties : de cent mille francs minimum à un million de francs maximum par sinistre, avec une limite de dix millions de francs par année. L'assuré a le choix entre trois couvertures territoriales : France seule, monde à l'exclusion des États-Unis et du Canada, monde entier. Évidemment, le montant des primes est à la hauteur du risque encouru. Il est étudié cas par cas, mais ne descend pas en dessous de 5 000 F par an pour un inventeur indépendant. Pour les entreprises, il est basé sur leur chiffre d'affaires total : de 0,045 % à 0,1125 % du C.A.

(Faso France, place de la Mairie, BP 82, 13743 Vitrolle Cedex.)

**CHIMIE :  
UN SOLVANT  
SANS  
PÉTROLE**

■ Ce solvant-nettoyant très puissant permet d'économiser les produits pétroliers et de supprimer les risques liés à leur usage puisqu'ils sont toxiques, inflammables, non bio-dégradables et explosifs dans certaines conditions d'emploi. Il est exempt de soude caustique, de potasse, d'acides, de trichloréthylène, de méthanol, de benzène et d'acétone, et se contente d'eau courante pour éliminer peintures à huile, vernis, encres grasses, huile, mazout, etc.

Le "Fluid X" est un mélange de solvants minéraux et organiques dont les actions se complètent et s'équilibrent grâce à l'incorporation

**J'AI AUSSI ÉTÉ INTÉRESSÉ PAR...**

**Le nouveau piston** réduisant les frottements internes des moteurs thermiques (essence ou diesel). Il permet d'obtenir sur tous ces moteurs plus de puissance, notamment à bas régime, plus de fiabilité et une diminution sensible des consommations (carburant et lubrifiant). Absence de calamine, étanchéité aux gaz, étanchéité à l'huile, sont ses atouts maîtres. Par surcroît, cette nouvelle technique ne nécessite aucune modification de l'architecture des moteurs existants, pas plus que de l'outil qui les fabrique.

(MAD-France, 18 rue Charles Inffroit, 93100, Montreuil-sous-Bois.)

**Le "bouquineur"**, une solution simple, efficace et élégante à un vieux problème : comment lire confortablement, allongé ou assis, tous les formats de livres ou revues, et quel qu'en soit le poids. Ce porte-livres, assimilable au coussin, est réalisé en mousse de polyuréthane souple et légère, floquée de velours de nylon. Deux coloris : bleu nuit ou bordeaux (les couleurs diffèrent ici car il s'agit du prototype). Commercialisé à la rentrée par la Redoute et France Loisirs, et dès maintenant disponible (125 F franco de port) par correspondance auprès de la société qui l'a conçu.

(CVD, Le Crot-du-Lac-Montillot, 89660 Chatel-Censoir.)



**Le support de scie**, pour scies de chantiers ou à bûches classiques à cadre en bois, permet de travailler en maintenant l'outil verticalement entre les jambes. Le bois étant pris à deux mains, la fatigue est moindre et la précision meilleure. En cas de sciage traditionnel, le bois étant posé sur un chevalet, la masse du support fait pénétrer plus rapidement la lame dans les rondins.

(André Launier, 43 Bd du Montparnasse, 75006 Paris.)

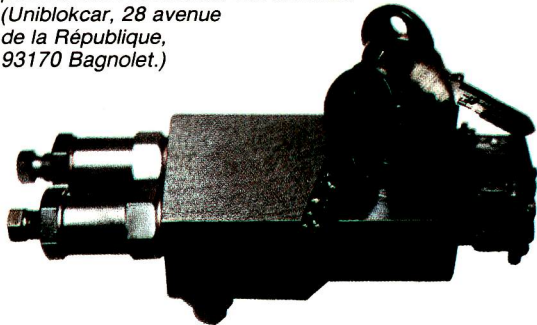
**Le "gyropage"**. Cet appareil portatif et silencieux est destiné aux musiciens : il tourne les pages de leur partition en laissant leurs mains libres — et ce dans les deux sens. Les pianistes actionnent l'appareil à l'aide d'un genou qu'ils écartent à droite ou à gauche, les autres musiciens en appuyant sur l'une ou l'autre des pédales. Une courte impulsion suffit pour que la page pivote complètement dans le sens désiré. Pas d'installation électrique nécessaire : le "gyropage" est alimenté par des piles cylindriques de basse tension, 4 à 6 volts.

(Roger Pidoux, 62 rue Victor Hugo, 92270 Bois-Colombes.)



**L'antivol hydraulique**, pour voitures ou camions, qui, d'un tour de clé, bloque les freins, sur deux ou quatre roues. Le même dispositif peut simultanément éliminer le circuit électrique, figer l'embrayage au point mort et déclencher un signal d'alarme. Un concurrent sérieux pour les dispositifs de dissuasion, improprement appelés antivol, qui ne réagissent que lorsqu'on ouvre porte, coffre ou capot et ne découragent que les petits voleurs, pas les "professionnels" : ceux qui savent parfaitement neutraliser ces alarmes.

(Uniblokar, 28 avenue de la République, 93170 Bagnolet.)



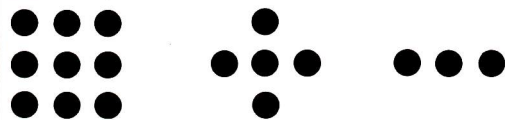
**Le système qui permet aux aveugles d'identifier les couleurs** et donc de percevoir les dangers, les poisons, les produits corrosifs ou inflammables, les médicaments, les détergents, etc. L'identification des couleurs se fait au moyen de symboles en relief. Trois couleurs de base : 4 carrés pour le jaune, 4 croix pour le magenta (rouge), 4 tirets pour le cyan (bleu). La combinaison de ces symboles permet de renseigner sur toute la gamme des couleurs. Par exemple le vert sera représenté par 4 carrés plus 4 croix, le gris par un carré plus un tiret, le noir, résultat des trois couleurs de base, par 4 carrés, 4 croix et 4 traits. Ce système a été reconnu par l'Organisation nationale des aveugles espagnols.

(V. Carrasco Martinez, c/o Poeta Zorrilla, 17-8ª Paterna, Valence, Espagne.)

Les symboles de base...



... Et leur adaptation en braille



**Le chevalet de tronçonnage.** Équipé d'une tronçonneuse, il permet de débiter sans fatigue des bûches d'un mètre en morceaux de petite taille. Sa fonction est double : poser les bûches à couper et les immobiliser par l'intermédiaire d'une griffe actionnée au pied, d'une part ; d'autre part, recevoir et guider en translation verticale la tronçonneuse, qui n'est donc plus à tenir en permanence à bout de bras.

(Ets Émile Bach, 57330 Roussy-le-Village.)

**Le garage mobile télescopique**, que l'on déploie seulement lorsque l'on veut abriter sa voiture, pour la protéger du soleil, de la pluie, du givre, de la poussière, ou du vandalisme. Trois modules en polyester armé de fibres de verre (pas de risque d'incendie) s'emboîtent les uns dans les autres. Il suffit de les déplier au moment de l'utilisation. L'ensemble reste d'un encombrement réduit (2,10 m de large, 1,70 m de long et 1,80 m de haut), la surface au sol ne dépassant pas celle d'une place de parking. Le poids total est inférieur à 250 kg : le garage peut se déplacer facilement lors du déménagement de propriétaires. Commercialisation à partir du mois de septembre (prix envisagé : environ 18 000 F TTC, le parking posé).

(Ets Robert, Pocancy, 51130 Vertus.)

**Le patin à glace et à roulettes.** Inventé par un Suisse désireux d'utiliser ses patins toute l'année, cet accessoire permet de transformer les patins à glace de l'hiver en patins à roulettes pour la belle saison — et vice versa. Il s'agit d'une pièce métallique ou plastique,

munie d'une gorge où se glisse la lame du patin à glace et qui est équipée de 6 roues. Selon l'inventeur, la forme de ces roues, d'épaisseur variable, permet en outre de reproduire assez fidèlement le type de mouvements qu'effectuent les patineurs sur glace.

(Ernst Schütz, Adlikerstrasse 79, 8105 Regensdorf, Suisse.)



**La télévision qui donne l'alarme.** Équipée d'un système à ultrasons, ou à infrarouge, elle se met à sonner dès que l'on s'approche d'elle, afin d'éviter que les enfants ne s'abiment les yeux en se postant trop près de l'écran. Ce même système peut servir d'antivol, la sonnerie se déclenchant si, en l'absence des habitants, un intrus passe devant l'écran...

(M. Chi Chen Ho, 302-5 Min Chuan Road, Tai-Chung, Taiwan, République de Chine.)





d'un agent mouillant, dispersant, émulsionnant et non conducteur, et d'un autre agent détergent (dispersant également) non conducteur. Cette composition pratiquement anhydre est émulsionnable avec l'eau en toutes proportions. La réaction alcool + eau, provoquant une élévation de température, est l'une des clés de son efficacité. Le produit reçoit en outre en cours de fabrication un traitement électromagnétique particulier.

Spécialement conçu pour le nettoyage des pinceaux, rouleaux à peinture, pistolets et récipients pour peintres, le produit conserve en leur état initial les poils des pinceaux. Il permet aussi, par simple trempage plus ou moins prolongé, de récupérer les pinceaux durcis par la peinture. Le Fluid X agit tout seul ; il suffit, ensuite, de rincer les outils à l'eau courante. Appliqué avec une éponge humide, il forme un lait nettoyant efficace pour détacher ou raviver les surfaces peintes, métalliques, plastiques, simili-cuir, polyesters, les sols, murs, carrelages, voitures, etc., le pourcentage en eau variant avec le type de surface. La commercialisation, destinée à la clientèle du bricolage, doit intervenir courant septembre (prix du bidon d'un litre : 49,25 F).

(Produits chimiques Gety, 24, rue Pierre-Curie, 93360 Neuilly-Plaisance.)

### **GÉOTHERMIE : LE ROBINET DE JARDIN QUI NE GÈLE PLUS**



■ Les essais ont été effectués par moins 26 degrés. D'un côté un dispositif témoin composé d'un robinet et d'une tuyauterie normale remplie d'eau, recouverte d'une gaine isolante en mousse de néoprène de huit millimètres d'épaisseur. De l'autre, le robinet antigel : même robinet, même tuyauterie, même isolation par une gaine de mousse de néoprène de même épaisseur, mais la tuyauterie est prolongée, en plus, par une colonne de cuivre de 1 m de long plongeant dans le sous-sol.

Résultats après huit jours : le dispositif témoin est givré et plein de glace, sous la mousse isolante sa colonne "éclatée" présente une déchirure de 3 cm<sup>2</sup> ainsi que diverses boursouflures ; au contraire, l'installation antigel n'est ni glacée, ni givrée, et fournit de l'eau instantanément dès l'ouverture du robinet.

Explication : la géothermie. La colonne de cuivre d'un mètre, prolongeant la tuyauterie classique, est équipée en son extrémité d'un échangeur captant les calories du sous-sol. A l'intérieur de cette colonne : un tube (rempli de fréon). Absorbant la chaleur du sol, le fréon liquide s'évapore ; devenu moins dense, il monte dans la tuyauterie, réchauffe l'eau qui l'entoure et donc les parties exposées au froid, qui, ainsi, n'atteignent pas le point de gel ; en se refroidissant, le gaz se condense et redescend pour capter de nouvelles calories ; et ainsi de suite en un circuit perpétuel et parfaitement gratuit : il ne consomme d'autre énergie que celle que lui fournit la terre.

Agriculteurs et éleveurs sont les premiers intéressés, mais aussi les propriétaires de résidences secondaires, les campings, les gestionnaires d'autoroutes pour les aires de repos, etc., qui pourront ainsi, une fois pour toutes, éliminer le risque de gel et les problèmes de réparation qu'il entraîne.

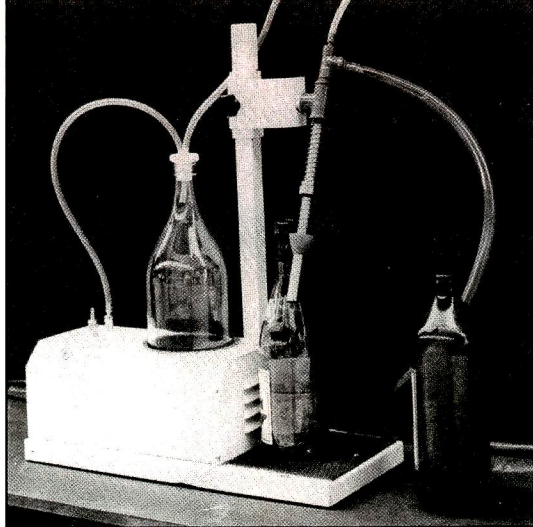
(Invention de Paul et Philippe Pershon, lieu-dit "Le Rey", 33430 Bazas. Commercialisation : Aquitaine Service Ménage, Route de Marmande, 33190, La Réole. Prix public : 550 à 650 F.)

### **AGRO-ALIMENTAIRE : L'APPAREIL QUI REMPLIT AUTOMATIQUEMENT TOUTES LES BOUTEILLES**

■ Ce petit appareil aux usages multiples (particuliers, magasins, entreprises agricoles, laboratoires, pharmacies, cafés, écoles, industries chimiques, pharmaceutiques et de parfumerie, etc.) met en bouteille, quelles que soient leurs formes et leurs capacités, des liquides en tout genre, très rapidement (une bouteille de vin ou d'huile d'une capacité moyenne de 750 centilitres est remplie en 5 secondes), sans aucun effort et en évitant tout gâchis : tous les flacons sont remplis au même niveau, fixé d'avance, sans que le liquide déborde ou soit secoué.

Il peut fonctionner loin de la source de prélèvement : sa pompe peut aspirer le liquide jusqu'à 50 mètres de distance alors que les capacités





d'une pompe normale ne dépassent pas 8 mètres. Le récipient d'où l'on prélève le liquide (par exemple une dame-jeanne) peut ne pas être surélevé par rapport à l'appareil, qui peut même se trouver à un niveau inférieur. Enfin le "Vino-live" — c'est son nom — présente des dimensions extrêmement réduites : on peut le placer n'importe où et le déplacer comme tout petit appareil électroménager.

Son coût limité, sa consommation modeste de courant électrique, ses vastes possibilités d'emploi (il peut aussi faire le vide ou générer de l'air comprimé), en font un appareil qui s'adresse non seulement aux petites industries et aux collectivités mais aussi au grand public.

(Sorelec, La Motte-Saint-Euverte, BP 11, 45800 Saint-Jean-de-Braye.)

## ÉLECTROMÉNAGER : LE PREMIER BANC DE MESURE AUTOMATIQUE

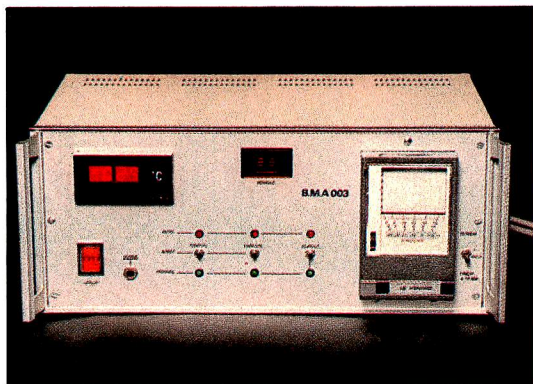
■ Le "BMA" — banc de mesure automatisé — est le premier appareil qui permet le contrôle et le dépannage de tout matériel électroménager : machine à laver, lave-vaisselle, réfrigérateur, congélateur, four, cuisinière, etc. Destiné aux ateliers de services après-vente, il a été conçu par une société de la profession afin de résoudre ses propres problèmes.

Les services après-vente en électroménager sont en effet particulièrement démunis : dans le

complément, un analyseur de température à mémoire affiche les températures atteintes par l'appareil contrôlé.

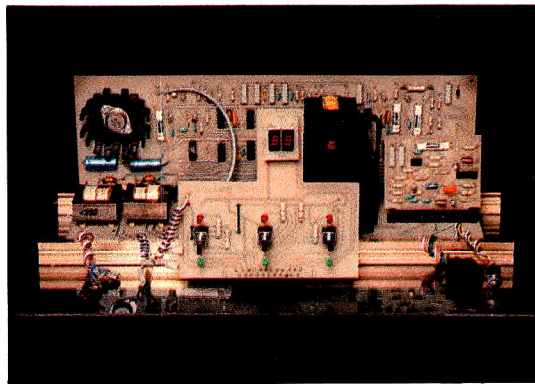
Le BMA assure donc un contrôle parfait, permettant la localisation de défauts ou de pannes intermittentes, ainsi que l'établissement d'un devis de réparation, avec une économie fantastique de temps et d'argent, puisqu'il évite la mobilisation permanente d'un technicien.

Sa mise en route est simple : l'appareil est muni de deux câbles, l'un équipé d'une fiche



meilleur des cas, actuellement, le contrôle des appareils est assuré par un ampèremètre fixé sur un tableau. Or aucun technicien ne peut rester pendant des heures à surveiller cet instrument et, par surcroît, ce moyen reste trop simpliste pour assurer un contrôle sérieux.

Le BMA détecte, analyse et enregistre automatiquement les signaux ampèremétriques issus des appareils électroménagers et restitue, sous forme de bande d'enregistrement, tous les paramètres nécessaires au contrôle ou à la localisation très précise des pannes ou des défauts. Cette bande, dont la lecture est extrêmement simple, est une véritable radiographie des appareils. En



mêle plus terre à raccordement au secteur, l'autre d'une fiche femelle plus terre à raccorder à la fiche secteur de l'appareil à contrôler. Une fois le dépannage effectué, une bande d'enregistrement final, remise au client, prouve la réussite de l'intervention et la qualité du service après-vente.

La société qui a mis au point le BMA, actuellement commercialisé en petite série pour 10 500 F HT, recherche un partenaire européen spécialisé dans la mesure.

(Éts Le Henand, 10-12, rue de la Ribellerie, 45300 Pithiviers.)

**Gérard MORICE ■**



**Le bien-être a sa banque.**



### **L'avenir.**

L'avenir, c'est important, surtout quand on crée une famille. La Société Générale vous aide à le construire : argent disponible vite et partout, relevés réguliers, épargne protégée, projets les plus sérieux préparés en douceur. Venez nous en parler.

 **SOCIÉTÉ GÉNÉRALE**



## INDUSTRIE

### ENVIRONNEMENT

#### *Mouche tsé-tsé : l'éradication semble possible*



■ La trypanosomiose, ou maladie du sommeil, menace à nouveau toute l'Afrique équatoriale — 10 millions de km<sup>2</sup> entre le 15° degré de latitude nord et le 21° degré de longitude sud, dont 70 %, soit une superficie à peu près égale à celle de l'Australie, sont constitués de terres cultivables. « Beaucoup de foyers considérés comme éteints se sont réactivés, indique l'Organisation mondiale de la santé (OMS), et les manifestations épidémiques relevées au cours des deux dernières années sont la preuve que cette maladie revient en force. »

Les méthodes jusqu'ici employées contre la mouche tsé-tsé : déforestation à grande échelle pour créer des zones mortes entre la mouche et les habitations, destruction de la faune qui "abrite" les foyers de parasites, emploi massif de pesticides, n'ont, dans le meilleur des cas, permis qu'un répit de très courte durée. Dans le pire, elles ont été à l'encontre du but recherché. L'OMS constate ainsi dans un récent document : « Dans le passé, la lutte contre la mouche tsé-tsé en Afrique de l'Est reposait sur le défrichement généralisé ou sélectif des forêts galeries. De grands animaux sauvages ont été éliminés systématiquement, ce qui affamait la mouche », et donc la rendait plus agressive à l'égard des hommes ou du bétail.

Aujourd'hui, un nouvel espoir apparaît : la stérilisation des tsé-tsé

mâles par radiations nucléaires, selon une méthode mise au point dans un laboratoire entomologique de Seibersdorf par l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA). Principe : rendre inféconds les mâles, puis les relâcher dans des zones où la population de tsé-tsé aura été préalablement éclaircie par des insecticides. Beaucoup

recueilli dans un abattoir, désinfecté par radiation, réfrigéré pour son transport et son stockage, réchauffé enfin au moment voulu, où il se retrouve alors aussi "excellent" qu'à l'état frais. Restait la question de l'épiderme : le sang est placé dans un récipient fermé par une membrane tendue de silicium qui simule parfaitement la peau.



plus nombreux que les mâles sauvages, les mâles stériles s'accoupleront à des femelles sexuellement normales qui ne pourront plus procréer. Après plusieurs générations, et des apports répétés de mâles stériles, les insectes sauvages disparaîtront.

L'un des problèmes les plus importants à résoudre pour le laboratoire entomologique de l'AIEA, a été celui de l'alimentation de la mouche tsé-tsé en captivité : celle-ci ne se nourrit en effet que de sang frais et en piquant l'épiderme. Le sang est

Cette nouvelle méthode est actuellement testée au Nigeria sur un territoire de 1 500 km<sup>2</sup>, où la réserve d'insectes du laboratoire de Vom, dans la province des Plateaux, est de 100 000 femelles fertiles, de quoi produire 10 000 mâles inféconds toutes les semaines.

On sait déjà qu'elle est efficace (les insectes stérilisés ne diffèrent en rien des insectes sauvages) et dans quelles conditions. Par exemple, le danger existait qu'en lâchant des effectifs nombreux, on aboutisse, pendant un premier temps du



moins, à créer beaucoup plus de vecteurs actifs de la maladie du sommeil. Raison pour laquelle on lâche des adultes et non des larves : les mouches tsé-tsé ont en effet beaucoup plus de chances de devenir victimes de la maladie si leur premier repas est pris sur du sang infecté. Or dès qu'elles sont écloses, les larves ont besoin d'une quantité substantielle de sang, alors qu'on fournit aux adultes, avant de les libérer, une pleine lampée de sang stérilisé.

Les études portent actuellement sur le coût et l'économie du projet d'une part, sur le moyen le plus efficace et le moins nuisible pour l'environnement de diminuer la densité des mouches sauvages avant de libérer les mâles stérilisés d'autre part. Elles seront terminées à la fin de 1984 et le Nigeria pourrait alors entreprendre d'assainir et de mettre en valeur un territoire de 120 000 km<sup>2</sup>.

## AGRONOMIE

### Des granulés d'engrais à base de fientes de poules

■ Comment se débarrasser des fientes des poules pondeuses confinées en élevage ? Un éleveur de volailles australien a résolu le problème de façon efficace et économique : il les transforme en granulés d'engrais.

On savait déjà que la fiente était très fertilisante, mais d'une utilisation délicate : difficile à traiter parce que variable en consistance et en humidité, et si forte qu'elle risque de brûler les plantes. Par contre, séchée, stérilisée pour détruire les éléments pathogènes et les graines d'herbe, et réduite en granulés, ses inconvénients disparaissent et elle conserve toute ses qualités nutritives.

Avantages de ces granulés : ils se répandent aisément par des moyens mécaniques ; ils se transportent facilement et peuvent être stockés longtemps, pourvu que ce soit au sec ; leurs constituants se diffusent lentement ; enfin, s'ils conviennent à tous les produits (des avocats aux fraises) et à tous les sols, leur action est particulièrement favorable pour les terrains légers et sableux, dont ils augmentent la capacité de rétention d'eau. Ce qui explique l'intérêt particulier que leur portent les pays arabes et en particulier ceux de la région du Golfe.

## BUREAU

### 780 taux de réduction sur un photocopieur

■ En matière de photocopie, la firme japonaise Minolta a acquis en quelques années une solide réputation pour la finesse de reproduction de ses appareils.

Elle la doit en partie à la poudre alimentant ses copieurs (le toner), particulièrement fine et constituée de particules magnétiques enrobées de plastique. Tous les appareils l'utilisant sont équipés d'un système de distribution exploi-

comptabilité analytique, etc.).

La mémoire conserve les formats standard pré-réglés. Cette partie non volatile est précieuse pour passer, sans recherche, de la réduction à l'agrandissement. La mémoire enregistre et conserve aussi les taux choisis par l'opérateur lorsqu'il utilise les 4 touches de sélection pré-réglables pour ses besoins spécifiques, cette partie s'effaçant ou servant à volonté. La mémoire conserve encore les ordres

donnés d'alimentation

en papier ordinaire

dans le cas,

par exemple,

où l'on

souhaite obtenir

des copies

de même

format à partir

d'originaux de formats

différents. Elle vérifie

que tout a bien été

effectué 60 secondes après l'achèvement d'un cycle copie (système d'exposition, taux d'agrandissement/réduction, sélection du papier, système de tri des copies, etc.) ; elle conserve toutes les instructions précédemment reçues si l'opérateur interrompt un premier cycle pour obtenir de nouvelles copies soumises à de nouvelles données : dès la fin de cette interruption, le copieur reprend le cycle interrompu. Enfin, en cas de panne ou d'incident quelconque, la mémoire conserve les données : le cycle programmé reprend dès que l'ensemble du système a été remis en état de marche.

Le copieur EP 450 Z utilise bien entendu le papier ordinaire et d'autres supports comme le film (il permet 25 copies par minute dans le format A4). Il peut être livré dans une version simple (prix 32 500 F HT), avec alimentation semi-automatique des documents (39 500 F) ou en version automatique avec trieuse (42 500 F).



tant cette finesse appelée "Micro-toning".

Aujourd'hui, Minolta lance sur le marché un nouveau copieur, l'EP 450 Z, faisant appel à ce système. Il se caractérise, en outre, par la présence d'un objectif zoom qui permet, par variation de la focale, de réduire ou d'agrandir le document à copier. Ce modèle est compact (70 x 40 x 62 cm ; 73 kg), et c'est la première fois qu'un tel appareil utilise un zoom. Des touches pré-réglées permettent d'obtenir un agrandissement ou deux réductions standard. L'opérateur peut, en plus, programmer dans une échelle de reproduction des rapports de 0,640 x à 1,420 x dans 4 formats de papier (A3 à A6). Ce sont ainsi 780 taux d'agrandissement ou de réduction qui sont possibles.

La plupart des fonctions sont automatisées, mais l'utilisateur peut toujours intervenir : un microprocesseur contrôle toutes les opérations et une mémoire permet à l'utilisateur de programmer le travail à exécuter ; en particulier, le copieur note et conserve (malgré les pannes ou incidents de secteur) le nombre de copies effectuées depuis la première mise en service (fonction utile pour des calculs statistiques, une

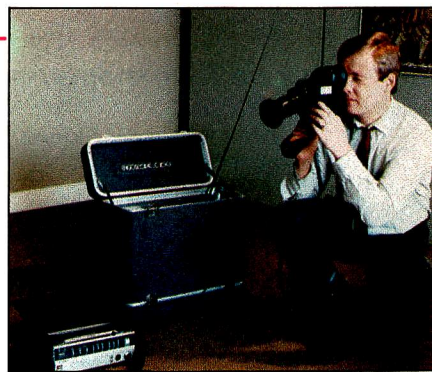
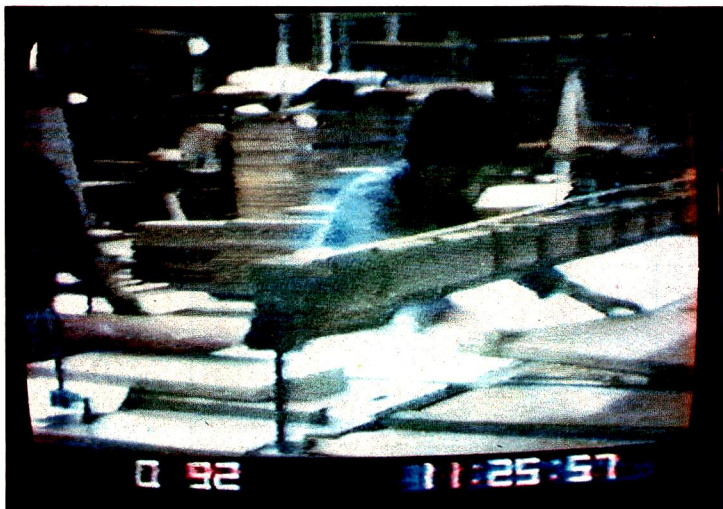
■ ■ Un système de surveillance incendie à infrarouge protégera la forêt landaise 24 heures sur 24, quelles que soient les conditions climatiques. Scrutant en permanence les zones protégées, il transmettra automatiquement la direction et l'importance du sinistre à un poste central, installé à Mont-de-Marsan, qui pourra ainsi diriger rationnellement les secours. Coût : 13 200 000 francs, investis sur deux ans.



## L'appareil qui mesure la pénibilité des efforts

■ Destiné à tous ceux qui ont besoin de procéder à une étude approfondie et précise de l'influence d'une tâche sur le système cardiovasculaire (médecins du travail, ergonomes, experts médicaux, etc.), cet appareil, l'Ergoscope C 100, affiche simultanément sur écran vidéo : la fréquence car-

diaque, un repère horaire et l'image du sujet exécutant un travail (photo ci-dessous). Le tout est enregistré sur magnétoscope, ce qui permet des examens approfondis différés. Portable et doté d'une autonomie d'une heure, l'Ergoscope C 100 est équipé d'un dispositif de télémétrie qui le rend opérationnel jusqu'à



300 m, ce qui permet l'étude d'un sujet en mouvement et laisse ce dernier totalement indépendant du système de mesure.

Le système se compose d'une caméra couleur et d'un magnétoscope, pour l'enregistrement des films ; du même magnétoscope et d'un écran vidéo classique, pour l'examen des films (ces appareils correspondant à ceux déjà diffusés dans le grand public) ; d'un émetteur associé à des électrodes d'électrocardiographie, pour la prise de l'information cardiaque ; enfin, de l'Ergoscope C 100 lui-même (photo ci-dessus), pour l'intégration des signaux cardiaques et le transfert des images vidéo.

## PHOTO

### Un objectif médical à flash annulaire

■ D'une façon générale en photographie médicale (chirurgie, stomatologie, ophtalmologie) et parfois en photographie scientifique ou technique, lorsque le rendu exact des couleurs est essentiel, il est nécessaire d'éliminer les ombres. De ce point de vue, le flash électronique annulaire apporte une solution satisfaisante et très pratique. Son tube lumineux étant circulaire et doté d'un diffuseur, il permet en effet un éclairage uniforme.

La firme japonaise Yashica vient de lancer un objectif de 100 mm comportant un tel flash annulaire intégré. Il permet de photographier jusqu'au rapport de grossissement 1/1 et émet une lumière identique à celle du jour. Le flash produit une lumière diffuse qui, même dirigée vers l'œil, ne gêne pas le patient. Une lampe pilote incorporée facilite les opérations de cadrage et de mise au point.

L'énergie est fournie par un boîtier d'accumulateurs auxiliaire, relié au flash par un cordon. La bague des distances est couplée au dia-

phragme et le règle automatiquement en fonction du rapport de grossissement (quand celui-ci s'élève, il faut une plus grande ouverture).



L'ouverture maximale est de 1 : 4.

Cet objectif se monte sur les appareils reflex Yashica et Contax. Il est également possible d'utiliser le boîtier Contax Preview à dos Polaroid pour obtenir des documents immédiats. Conçu pour le marché médical, le 100 mm Yashica peut être utilisé dans tous les domaines de la photomacrographie.

Prix : 6 500 F environ.

■ ■ **"Marchexport"** est une association (loi de 1901) qui veut permettre aux industriels français de mieux opérer sur les marchés publics étrangers. Elle est constituée par la Chambre de commerce et d'industrie de Paris, la Caisse centrale des marchés de l'État, des banques et diverses organisations professionnelles. Première initiative, la publication d'un guide, "Vendre sur le marché public ouest-allemand" : contexte et environnement des marchés ; conseils aux entreprises sur la stratégie d'approche ; renseignements pratiques ; adresses et textes réglementaires (296 pages 16 x 24, 500 F TTC franco de port ; Marchexport, 11, rue Hamelin, 75783, Paris cedex 16).

■ ■ **Dentifrice anti-tabac** mis au point par un médecin canadien qui évalue à 85 % l'efficacité de son produit. Ce dentifrice, une solution à saveur de menthe, dont les éléments de base sont des sels minéraux, agit au niveau des glandes salivaires et des papilles gustatives pour rendre le goût du tabac exécrable. En dix jours, affirme le médecin canadien, le temps d'utiliser une bouteille de son produit, on peut s'arrêter de fumer.



## Devis de déménagements informatisés

■ Les devis de déménagement sont jusqu'ici établis à partir d'estimations très approximatives, établies "à vue de nez" par les inspecteurs chargés de visiter maisons et appartements. Afin de rationaliser, d'accélérer et de moraliser cette opération, l'Institut technique du déménagement (77, avenue Jean-Lolive, 93106 Montreuil) a mis au point sur un matériel Hewlett-Packard, autonome et portable dans un attaché-case, un programme informatique permettant de réaliser sur place, chez le client, un devis ferme et définitif. Ce devis est chiffré en 5 postes : traction (véhicules + kilométrage); main-d'œuvre; matériel fourni; assurances; TVA.

Les données sont mises en mémoire sur des cartes magnétiques. Un module lecteur de cartes-unité centrale assure le calcul des prestations. Une imprimante thermique édite enfin les résultats obtenus.

Deux avantages pour le client : une estimation immédiate, précise et sans surprise; un devis clairement chiffré qui permet la comparaison.

Une quarantaine d'entreprises sont actuellement équipées de ce "micro pocket system", dont l'utilisation devrait se généraliser. Finis alors les cubages fantaisistes et les délais d'attente pour obtenir un devis, par ailleurs rarement chiffré poste par poste, mais le plus souvent forfaitaire.

Le système mis au point par l'Institut technique du déménagement coûte environ 20 000 F (matériel, programme et une journée de formation compris). Des programmes complémentaires permettent en outre l'impression en langues étrangères, ainsi que la gestion des budgets de l'entreprise de déménagement (comptabilité, amortissements financiers et comptables, inventaires, etc.).

## INVENTION

### Science & Vie au service des inventeurs (suite)

■ Notre initiative visant à instaurer une collaboration active et mutuellement profitable entre nos lecteurs inventeurs et innovateurs et les établissements d'enseignement technique, fait tache d'huile.

C'est de Seine-et-Marne (Melun) que nous vient ce mois-ci la proposition que nous avons le plaisir de publier :

« Nous sommes tout particulièrement heureux de profiter de votre rubrique pour vous faire part des possibilités fort intéressantes que peuvent présenter pour les petites et moyennes entreprises, mais aussi pour les inventeurs indépendants se recommandant de votre revue, les sections de techniciens supérieurs "bureau d'études" et "mécanique-automatisme" que nous possédons au lycée technique de Melun.

« Ces sections travaillent sur des thèmes industriels (par exemple pompe solaire, manipulateur, matériel agricole, etc.) qui représentent environ 200 heures d'études par élève (3 élèves par thème en moyenne), l'aboutissement étant la fabrication d'un prototype.

« Nous recherchons tout inventeur ou toute entreprise innovatrice désirent profiter de ce potentiel de con-

ception, de recherche et de mise au point pour entreprendre avec eux des études complètes, dans les domaines les plus divers.

« Des entreprises très connues nous accordent déjà leur confiance et nous voudrions étendre encore davantage ce type de collaboration qui est pour nous la voie de l'avenir.

« Adressez toutes vos suggestions à : Lycée technique de Melun, sections techniciens supérieurs bureaux d'études et mécanique-automatisme, rue Édouard-Branly, 77011 Melun Cedex.

« Merci à *Science & Vie* et à tous les innovateurs qui nous jugeront dignes de leur confiance. »

Toujours à suivre : nous continuerons, bien sûr, à publier toute nouvelle proposition d'assistance technique au bénéfice des inventeurs que les établissements, professeurs ou organismes voudront bien faire parvenir au service « Invention-Innovation » de *Science & Vie*.

En quelques mois, nous l'espérons, les inventeurs de chaque région française auront ainsi, à proximité, la possibilité de se faire appuyer et de sortir de cet anonymat et de ce désintérêt qui sont encore trop souvent leur lot.

## INVENTION

### Appel à tous les inventeurs, innovateurs et créateurs

■ Nombre d'inventions françaises, ne trouvant pas preneur auprès d'industriels nationaux, finissent à l'étranger. Tous ces "marchés à saisir" par les industriels français, se transforment ainsi en marchés perdus, en occasions manquées. Cela entraîne trois conséquences néfastes :

- le découragement des inventeurs français ;
- le déficit de notre balance "brevets et licences", dont on s'alarme tant auprès du ministère de l'Industrie et de la Recherche que de celui du Commerce extérieur ;
- à terme, un appauvrissement de notre tissu économique productif et un déficit commercial accru, car ces inventions françaises qui partent pour l'étranger nous reviennent inmanquablement sous la forme de produits finis et commercialisés avec une forte valeur ajoutée, que nous sommes contraints d'importer.

En contrepoint "des marchés à saisir" que nous présentons tous les mois aux industriels français, nous préparons un recensement des occasions manquées, inventions, produits et procédés français qui, pour déboucher et trouver une exploitation, ont été — sont — condamnés à partir à l'étranger.

Nous faisons appel aux inventeurs et aux firmes à qui pareille aventure-mésaventure est arrivée. Qu'ils veuillent bien nous contacter et nous exposer leur cas en écrivant au service "Invention-innovation" de *Science & Vie*.

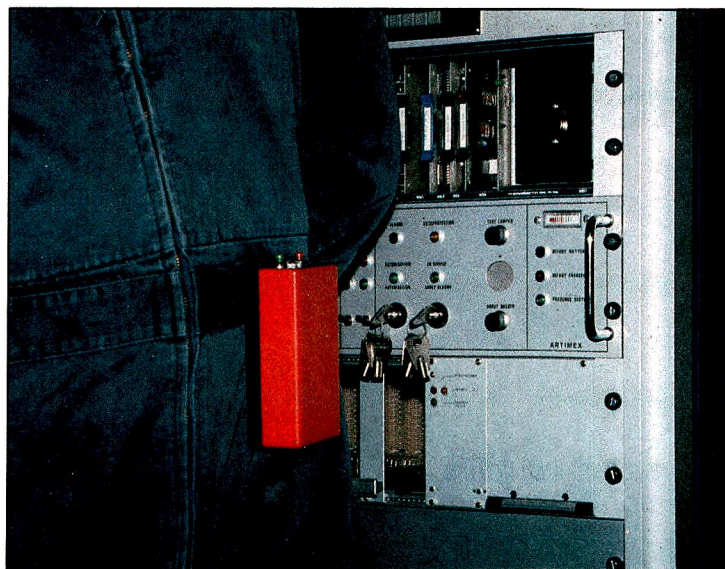
Nous les remercions à l'avance pour ce travail qui pourra être utile à d'autres innovateurs et à toute l'économie française.

### ■ Construction informatique.

Un logiciel conçu par la firme française EIBA, de Montpellier, et disponible sur le mini-ordinateur Wang 2200, permet de réaliser automatiquement les métrés, d'étudier les variantes de la construction et de rédiger plus facilement les dossiers d'appels d'offres et devis quantitatifs et d'estimation. Le chantier ouvert, ce même logiciel assure le suivi des travaux et la gestion financière. Aucune connaissance informatique particulière n'est requise (Wang France, Tour Gallieni 1, 78-80, avenue Gallieni, 93174 Bagnolet cedex).



## Alerte automatique en cas d'accident



■ Le SIAD 345 — système individuel d'alerte à distance — veille à chaque instant sur la sécurité des personnes travaillant en postes isolés, qu'ils soient fixes ou mobiles. Version civile d'un dispositif utilisé depuis deux ans par la Défense nationale, le SIAD 345 comprend un mini-émetteur portatif (à la ceinture ou dans la poche) : il ne mesure que 120 × 65 × 40 mm et

pèse à peine 200 grammes. Utilisant des liaisons radio codées et d'une portée de 300 m, cet émetteur permet d'avertir le poste de surveillance, où se trouve le récepteur, de tout accident : chute, électrocution, intoxication, asphyxie, agression, etc. Un seul récepteur peut être raccordé à 4 096 émetteurs. Si la distance émetteur-récepteur est supé-

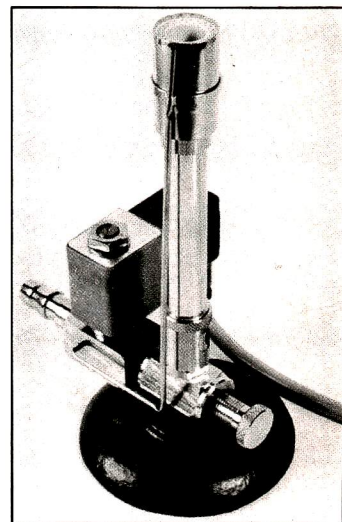
rieure à 300 m, des récepteurs-relais transmettent les informations au poste de surveillance central. Prix d'un ensemble complet (émetteur, récepteur, bloc chargeur, batteries) : 13 500 F HT, un émetteur seul coûtant 3 750 F. L'installation est effectuée par la firme distributrice : Société commerciale de promotion, Tour commerciale de Rosny II, avenue du Général-de-Gaulle, 93118 Rosny-sous-Bois Cedex.

## LABORATOIRES

### Brûleurs anti-gaspillage

■ Conçus par une entreprise néerlandaise, ces brûleurs de laboratoire (bec Bunsen, bec Tecla et micro-bec ; alimentation par gaz naturel, butane ou propane) permettent de réaliser d'importantes économies de gaz par rapport aux brûleurs traditionnels, ainsi que d'éviter la surchauffe des laboratoires.

Principe : une veilleuse n'allume la flamme principale que lorsqu'on en a besoin. Ceci grâce à une valve électromagnétique qui est reliée à un interrupteur à commande à pied par un cordon souple de 2 m. Cet interrupteur est lui-même relié au



secteur par un autre cordon à fiche mâle.

Avantage complémentaire : dans la mesure où les mains restent libres pendant le travail, ce nouveau type de brûleur est particulièrement adapté aux laboratoires bactériologiques et virologiques.

(Hartwijk Medische Techniek, Koningstraat 50, 2351 PJ Leiderdorp, Pays-Bas). ■

## RÉCUPÉRATION

### De l'énergie avec les ordures

■ C'est le but que s'est fixé la société Valorga, qui s'apprête à une première mondiale avec l'installation à Voiron (Isère) d'une usine de méthanisation des ordures ménagères. Cette unité de 400 cm<sup>3</sup> devrait démarrer avant la fin de l'année, traiter 8 000 tonnes d'ordures ménagères par an et fournir 1 200 à 2 000 m<sup>3</sup> de gaz par jour. L'optimisme du projet est fondé sur le fonctionnement, depuis mars 1982, d'un prototype industriel dans la banlieue de Montpellier. Le rendement de ce prototype de 8 m<sup>3</sup> est de 5 m<sup>3</sup> de gaz par m<sup>3</sup> de cuverie et par jour, avec des pointes à 7 m<sup>3</sup> sur des ordures fraîches. Il est de 4 m<sup>3</sup> sur des ordures préfermentées en tas, à l'air. Le maintien à la température de 35 °C environ du digesteur, où stationnent environ douze jours les ordures en anaérobiose, devrait consom-

mer environ 10 % du gaz produit. L'originalité du procédé tient à sa capacité à produire du gaz en continu à partir des déchets concentrés. Les ordures, après un tri grossier, arrivent à 60 % environ de matière sèche et leur concentration est ramenée à 30-35 %. A ce taux, la digestion en continu est une technique révolutionnaire car elle ne concernait jusqu'alors que des effluents à 4-5 % (maximum 12 %) de matières sèches, une concentration plus élevée risquant de bloquer la fermentation.

Le savoir-faire de Valorga couronne trois ans de recherches avec le concours de M. Ducelier, ingénieur agronome spécialiste de la méthanisation, M. Pavia, de l'Université des Sciences et Techniques de Montpellier, et le bureau d'études CARENE (Coopérative architecture, énergie, environnement).



# PHOTOGRAPHIEZ LES ASTRES EN COULEURS



*Une nouvelle génération de films en couleurs est née, avec des émulsions plus sensibles, plus fines. Ce sont là des qualités que vont apprécier les amateurs d'astrophotographie. Voici les possibilités qu'elles apportent en simplifiant les prises de vue en couleurs des corps célestes les plus lointains.*

► Les amateurs d'astrophotographie seront particulièrement comblés cette année. En effet l'arrivée d'une nouvelle génération de films polychromes ayant à la fois une haute sensibilité et une granulation fine <sup>(1)</sup> va ouvrir largement à la couleur la photographie de sujets aussi difficiles que les planètes lointaines, les étoiles, les nébuleuses ou les galaxies. Car l'astronomie est l'un des derniers domaines scientifiques qui n'ait pas encore été vraiment conquis par la photo en couleurs, faute de films suffisamment sensibles et fins.

Les progrès qui ont été accomplis dans la fabrication des émulsions polychromes après la guerre de 1939-1945 n'ont été pleinement bénéfiques qu'en photo ordinaire. Ils sont restés insuffisants en astrophotographie. Pour le comprendre et pour apprécier la portée des progrès actuels il est nécessaire que nous nous arrêtions quelque peu sur les notions de sensibilité et de granulation des émulsions en relation avec les problèmes que pose la photo des corps célestes et plus particulièrement du ciel profond.

Le manque de sensibilité des films, tout d'abord, oblige à des poses de plusieurs minutes à plusieurs heures pour compenser l'extrême faiblesse de la lumière de l'espace nocturne. A la vérité, d'ailleurs, c'est moins cet allongement du temps d'exposition, auquel les astronomes sont habitués, qui constitue l'obstacle à la photo en couleurs que l'impossibilité d'obtenir des couleurs satisfaisantes dans ces conditions de prise de vue. Lorsque la pose augmente, en effet, les films ordinaires, en noir et blanc comme en

couleurs, présentent tous un même défaut que l'on appelle défaut de réciprocité, ou écarts à la loi de réciprocité, ou encore effet Schwarzschild (du nom de l'astronome qui le mit en évidence en 1899). Selon cette loi, le noircissement d'une surface sensible exposée est proportionnel à la quantité de lumière qu'elle a reçue, autrement dit, au nombre de photons qui atteignent et pénètrent les grains d'halogénure d'argent de l'émulsion. Il n'est pas dans notre propos d'entrer ici dans le détail de ce phénomène photochimique ; indiquons simplement que dans certaines conditions il se produit une perte d'intégration de ces photons dans les grains d'halogénure, qui fait que la loi de réciprocité ne joue plus. C'est le cas lorsque les photons sont trop peu nombreux à cause de l'extrême pauvreté de la lumière.

La plupart des émulsions ordinaires ne sont pas influencées par le défaut de réciprocité lorsque les durées d'exposition se situent entre 1/1 000 et 1/10 s. Ainsi, dans les mêmes conditions d'éclairage, le résultat obtenu à 1/125 s de pose avec une ouverture de diaphragme à f 2 sera le même qu'à 1/60 s avec f 2,8, ou 1/30 s avec f 4, ou encore 1/15 s avec f 5,6. Théoriquement, selon cette même progression, à une ouverture f 16 correspondrait une pose de 1 s. Mais à partir de 1 s (temps de pose couramment utilisé en astrophotographie nocturne), la réciprocité jusqu'ici observée fait souvent défaut ; et pour obtenir un noircissement correct à f 16, on augmente la durée d'exposition pour laisser agir plus longtemps la lumière sur l'émulsion. Par exemple, pour ses films noir et blanc Panatomic X, Plus X et Tri X, Kodak indique qu'il faut poser 2 s lorsque le temps d'exposition théorique est d'une seconde (il est possible, également, de garder le temps

(1) Sur les nouveaux films en couleurs et leurs essais, voir *Science & Vie* n° 789 de juin 1983.



La galaxie Andromède M31  
photographiée avec  
le télescope Celestron 8, 10 2 000 mm  
Un tel sujet nécessite  
une pose de l'ordre de 2 heures, avec un film  
3M Color 1000 ou Kodacolor VR 1000  
• Ca contre, une éclipse de Lune  
photographiée avec le même appareil  
et une pose de l'ordre de 3 secondes,  
sur film inversable couleur de 200 24° ISO.



# DÉFINITION DES FILMS NOIR ET BLANC ET COULEUR (KODAK)

GROUPE	TYPE	FILM	SENSIBILITÉ (ISO)	POUVOIR RÉSOLVANT (lignes/mm)		GRANULARITÉ ( $\times 10^{-3}$ )	OBSERVATIONS
				Avec mire de contraste 100 : 1	Avec mire de contraste 1,6 : 1		
Faible sensibilité, grain ultrafin	Noir et blanc	Microfilm Kodak Infocapture AHU 1454	25/15°	500	160	10	Conçu pour la microcopie. Convient pour photo Soleil
		Eastman positif grain fin		200	100	8,4	Conçu pour le tirage de diapositives
		Panatomic X	32/16°	200	100	8,5	Panchromatique. Convient pour le Soleil et la Lune
	Couleur	Photomicrographie	16/13°	200	100	9	Conçu pour la photomicrographie. Convient pour Soleil, Lune et planètes
		Kodachrome 25	25/15°	100	50	9	Convient pour Soleil et Lune
		Kodachrome 64	64/19°	100	50	10	Convient pour Soleil, Lune, planètes et étoiles (ce dernier cas avec télescope).
Sensibilité moyenne, grain fin	Noir et blanc	Plus X Pan	125/22°	120	90	9,5	Convient pour Lune et planètes
		Tri X Pan professionnel	320/26°	100	32	14	Convient pour planètes étoiles et comètes
		Verichrome Pan	125/22°	100	50	20	Convient pour Lune et planètes
		Plaque 127		200		13	Plaques spéciales pour astronomie (Panchromatique)
	Couleur	Ektachrome 64	64/19°	125	50	12	Même usage que Kodachrome 64
		Ektachrome 200	200/24°	125	50	13	Convient pour Lune, planètes et étoiles
		Kodacolor II	100/21°	100	50	6	Ancien film
		Vericolor II-S	100/21°	80	40	6	En plan-films et 24 x 36
Haute sensibilité, grain moyen ou gros	Noir et blanc	Tri X Pan	400/27°	100	50	17	Usage général
		Royal X Pan	1 250/32°	65	30	32	Format 6 x 6. Convient pour corps célestes peu lumineux
		Recording 2475	1 000/31°	63	25	33	Format 24 x 36. Convient pour corps célestes peu lumineux
	Couleur	Ektachrome 400	400/27°	80	40	17	Inversible d'usage général
		Kodacolor 400	400/27°	63	40	14	Négatif. Convient pour Lune et planètes

(suite de la page 102)

d'une seconde en ouvrant le diaphragme d'une division afin de doubler la quantité de lumière impressionnant le film durant cette seconde); Kodak indique ensuite que, pour un temps de pose théorique de 10 s, le temps de pose à utiliser effectivement doit être de 40 s (ou bien le diaphragme doit être ouvert de 2 divisions); pour 100 s, le temps de pose doit être multiplié par 8 (ce qui correspond à une ouverture de 3 diaphragmes).

En astrophotographie noir et blanc, ce défaut de réciprocité est déjà gênant car il oblige à prolonger sensiblement les temps de pose (on ne peut guère jouer sur le diaphragme qui est généralement utilisé à grande ouverture ou qui n'existe pas si l'objectif est un télescope). En couleurs, il pose des problèmes qui restent souvent insolubles, surtout pour les amateurs qui ne

possèdent pas les équipements nécessaires pour contrôler le comportement de l'émulsion. En effet, un film en couleurs comporte 3 couches, respectivement sensibles au vert, au rouge et au bleu, et le défaut de réciprocité est différent selon les couches, cette différence variant d'ailleurs avec divers facteurs comme la fabrication de l'émulsion, son âge, sa température d'utilisation.

L'équilibre de sensibilité des 3 couches étant modifié, l'une d'elles se trouve favorisée et produit une dominante colorée. Un filtre de couleur complémentaire est alors nécessaire au moment de la prise de vue pour éliminer cette dominante. Il importe donc de déterminer expérimentalement le filtrage optimal puisque le défaut de réciprocité n'est pas constant. Cette opération se fait à partir de données de base fournies par le fabricant de films. Fuji, par exemple, préco-



# ÉVOLUTION DES FILMS COULEUR FUJI ET KODAK\*

TYPE	FILMS DISPONIBLES JUSQU'EN 1977				1977-JUIN 1983				FILMS LANCÉS EN 1983			
	FILMS	Sensibi- lité (ISO)	Pouvoir résolvant (1 000 : 1)	Granula- rité ( $\times 10^{-3}$ )	FILMS	Sensibi- lité	Pouvoir résolvant	Granula- rité	FILMS	Sensibi- lité	Pouvoir résolvant	Granula- rité
FILMS INVERSIBLES	Kodachrome II	25/15°	90	10	Kodachrome 25	25/15°	100	9				
	Kodachrome X	64/19°	80	12	Kodachrome 64	64/19°	100	10				
	Ektachrome X	64/19°	80	13	Ektachrome 64	64/19°	125	12				
	Fujichrome R100	100/21°	non publié	non publié	Fujichrome 100	100/21°	100	13	Fujichrome 1 000	100/21°	125	11
	Ektachrome HS jour	160/23°	50	15	Ektachrome 200	200/24°	125	13				
					Ektachrome 400	400/27°	80	17				
					Fujichrome 400	400/27°						
FILMS NÉGATIFS	Kodacolor II	80/19°	80	7	Kodacolor II	100/21°	100	6	Kodacolor VR 100	100/21°		
	Fujicolor II	100/21°	non publié	5					Fujicolor HR 100	100/21°		
									Kodacolor VR 200	200/24°		
					Kodacolor 400	400/27°	63	14	Kodacolor VR 400	400/27°		
					Fujicolor 400	400/27°	70	7	Fujicolor HR 400	400/27°	90	6
									Kodacolor VR 1 000	1 000/31°	80	15

(\*) Les deux firmes ont adopté les mêmes méthodes de mesure pour déterminer le pouvoir résolvant et la granularité, ce qui autorise une comparaison. Toutefois divers facteurs peuvent faire varier quelque peu les résultats. Il importe donc de ne pas leur attribuer une valeur absolue.

nise des compensations pour le Fujichrome 100 (film inversible de 100/21° ISO) au-delà d'une seconde de pose : à 10 s, il faut utiliser un filtre cyan de densité 05 (tout en ouvrant le diaphragme d'une division ou en doublant le temps de pose) ; à 100 secondes, le filtrage cyan passe à une densité double (soit 10), le diaphragme devant alors être ouvert de 1 1/3 division (ou le temps d'exposition triplé).

Si la variation des paramètres en jeu rend délicate la détermination du filtrage optimal, les difficultés s'aggravent avec l'augmentation du temps de pose qui, en couleur, empêche très vite l'utilisation du film. Pour réduire cet obstacle, certains fabricants proposent, depuis quelques années, des appareils de prise de vue avec une chambre de réfrigération. Nous avons déjà vu que la température est l'un des facteurs qui agit sur l'écart à la loi de réciprocité. Celui-ci diminue en même temps que la température dans le cas des prises de vue en faible lumière (2). La photographie est ainsi possible sans augmentation du temps de pose. Le refroidissement de la surface sensible est obtenu par de la glace carbonique placée dans une chambre contre le support du film. La sensibilité nominale de

l'émulsion se trouve alors un peu réduite, mais cette perte est largement compensée par l'absence ou la faiblesse de l'écart de réciprocité et, de la sorte, par l'absence d'augmentation du temps de pose. En couleurs, le gain est d'autant plus grand que l'absence du défaut de réciprocité concerne les 3 couches et que l'équilibre des couleurs n'est plus rompu. Il n'y a donc plus de correction par filtre.

Le procédé est surtout intéressant pour les films très sensibles (200/24° ISO et plus). Ainsi, avec l'Ektachrome 400, de 400/27° ISO, observe-t-on une légère perte de la sensibilité nominale qui passe à 300/25° ISO, mais celle-ci est ensuite conservée durant des poses d'une demi-heure ou parfois même plus (sans filtrage).

La prise de vue avec un film maintenu à basse température, bien connue des observatoires, est maintenant à la portée des amateurs avertis, la firme américaine Celestron (représentée en France par la société Médas, à Vichy), ayant conçu un appareil avec chambre à froid — la Cold Camera Celestron — qui se monte sur ses télescopes nos 8 à 14 (télescopes qui, nous le verrons plus loin, sont parmi les plus utilisés par les amateurs).

L'emploi de cette chambre, il faut l'indiquer, oblige l'amateur à développer lui-même ses films car ceux-ci ne peuvent être chargés dans la chambre que par petits fragments et non en bobines de 20 ou de 36 poses. Il faut donc employer

(2) Il en serait autrement en lumière très intense, par exemple au flash électronique. Mais cette hypothèse ne se présente pas en astrophotographie.



des émulsions comme les Ektachrome 200 et 400, l'Agfachrome 200 ou le Fujichrome 400.

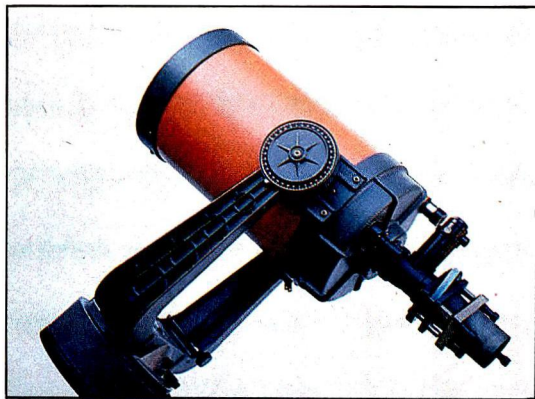
Second obstacle à l'utilisation de la couleur en astrophotographie, la définition insuffisante des émulsions trichromes et tout particulièrement les plus sensibles. Cette mauvaise définition, plus importante qu'en noir et blanc, est due pour une grande part à la structure en 3 couches principales de l'émulsion, couches qui permettent d'obtenir l'image du rouge, l'image du vert et l'image du bleu. Cette structure favorise la diffusion de la lumière, une partie des photons devant traverser une ou deux couches avant d'atteindre la couche qui doit les recevoir.

Un rôle important dans la perte de définition est également joué par le grain de l'émulsion. Dans les films classiques, il est d'autant plus gros que la sensibilité est élevée. Ce grain, toutefois, n'est pas directement perceptible. Même lorsqu'on agrandit un fragment de photo en couleurs, ce que l'on voit est une granulation aux

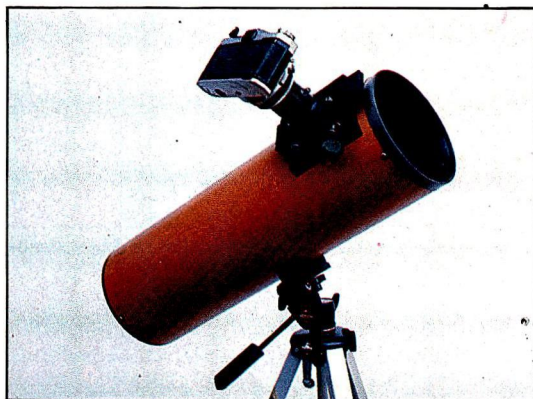
- fine : granularité 22 à 26 ;
- très fine : granularité 16 à 21 ;
- extrêmement fine : granularité 6 à 15 ;
- micro-fine : granularité inférieure à 6.

Une émulsion en couleurs particulièrement fine comme le Kodachrome 25 possède une granularité de 9. Dans sa version antérieure (Kodachrome II d'avant 1977), ce film était presque aussi fin avec une granularité de 10. Le progrès a été beaucoup plus important avec les films très sensibles. Ainsi l'Ektachrome HS d'avant 1977 (sensibilité de 160/23° ISO) avait-il une granularité de 15 ; le nouvel Ektachrome 200 (de 200/24° ISO) n'a plus qu'une granularité de 13. Le lecteur trouvera d'autres exemples de cette évolution dans nos tableaux (voir pages 106 et 107).

Observons maintenant que la granularité ne suffit pas, seule, à rendre compte de la finesse d'une émulsion. Il faut encore prendre en consi-



La chambre froide « Cold Camera » équipant le télescope Celestron 8, 10/2 000 mm.



Le capteur de comète Celstron, équipé d'un appareil photo de format 24 x 36.

contours assez imprécis due à la superposition de matière sur plusieurs couches et au fait qu'en couleurs, l'émulsion développée ne comporte plus de grains d'argent mais seulement des amas de colorants. La granulation apparaît ainsi comme une notion partiellement subjective, assez imprécise et par conséquent difficilement utilisable pour caractériser une émulsion. Aussi les fabricants ont-ils cherché à la rendre mesurable, ce qu'ils font aujourd'hui par des méthodes sensimétriques standardisées. Ils ont ainsi créé la granularité, qui définit la granulation par un nombre présenté sous la forme  $x \times 10^{-3}$ , mais dont on ne donne, en pratique, que la valeur variable  $x$ . Plus la granulation est importante, plus le nombre exprimant la granularité est grand. Selon une échelle proposée par Kodak et adoptée par plusieurs fabricants, les émulsions se classent selon leur granulation en :

- très grosse : granularité supérieure à 44 ;
- assez grosse : granularité 35 à 44 ;
- moyenne : granularité 27 à 34 ;

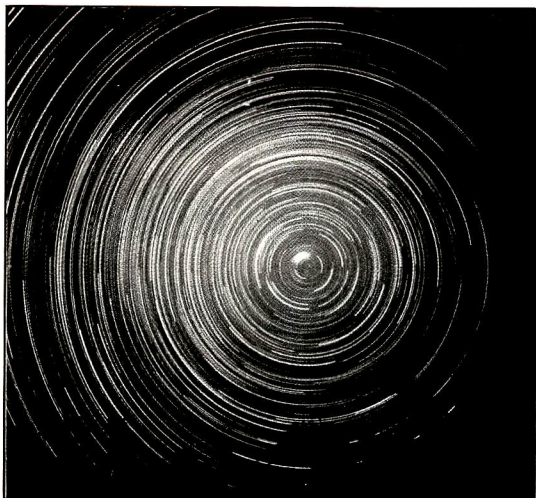
dération un autre élément, son pouvoir résolvant, qui détermine son aptitude à enregistrer les plus fins détails d'un sujet.

Le pouvoir résolvant se définit par le nombre de paires de lignes (en schématisant, une noire et une blanche) que l'émulsion peut séparer par millimètre. Pour déterminer ce pouvoir résolvant, on utilise le film dans des conditions précises pour reproduire une mire comportant les éléments de lignes noires et blanches. Le résultat est variable si les données de l'essai ne sont pas rigoureusement constantes. En particulier, le contraste de la mire joue un rôle important. Kodak et d'autres fabricants donnent le pouvoir résolvant de leurs films pour des mires de contraste 1 000 : 1 et 1,6 : 1 (donc pour un haut et un faible contraste).

Nos tableaux (pages 104 et 105) montrent l'évolution des émulsions vers des pouvoirs résolvants sans cesse améliorés. Ainsi l'Ektachrome HS qui avait un pouvoir de résolution de 50 lignes par millimètre (avec mire 1000 : 1) est-il passé à 125 lignes par millimètre avec l'Ektachrome



## COMMENT EMPÊCHER LES ÉTOILES DE "BOUGER"

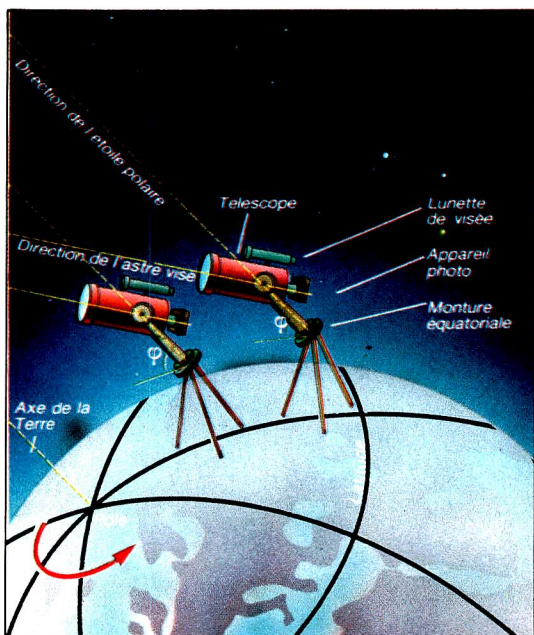


Lorsque l'on photographie un corps céleste, la faiblesse de la lumière qui nous en parvient oblige souvent à des poses longues. Pour compenser le mouvement de rotation de la Terre et obtenir que l'image de chaque étoile se forme toujours sur le même point de la pellicule, on utilise une monture équatoriale (voir dessin ci-contre). Celle-ci possède un "axe polaire" que l'on doit pointer vers l'étoile polaire (c'est-à-dire parallèlement à l'axe de rotation de la Terre) et autour duquel on fait tourner, à la main ou avec un moteur, l'ensemble lunette + appareil photo à la même vitesse que la Terre ( $360^\circ$  en 23 h 56 min 4 s), mais en sens inverse. Cette surprenante photo de la voûte céleste a été obtenue avec l'objectif orienté vers l'étoile polaire et une pose de 4 heures sans faire usage de la monture équatoriale : une fantaisie astronomique à vous faire tourner la tête !

Comment aligner l'axe polaire de la lunette sur la polaire ? Il suffit d'incliner celui-ci sur l'horizon d'un

angle égal à l'angle correspondant à la latitude du lieu d'observation, que l'on peut trouver en consultant un atlas. On constatera, si l'on déplace la lunette d'une ville à l'autre, que cet angle ( $\varphi$ ) augmente au fur et à mesure que l'on se rapproche du nord (il est de  $0^\circ$  à l'équateur et de  $90^\circ$  au pôle).

L'équatorial peut être fixé à demeure, ce qui est préférable lorsqu'il faut assurer l'entraînement d'un équipement lourd (lunette ou télescope de plus de 1 000 mm, chambre photographique de grand format). Pour un objectif de moins de 1 000 mm et un appareil  $24 \times 36$ , un équatorial portatif est suffisant.



chrome 200, en 1977. C'est une résolution supérieure à celle du Kodachrome 25 pourtant réputé comme étant le film qui possède la meilleure définition. En fait, c'est ici qu'apparaît l'association du pouvoir résolvant avec la granularité. Le Kodachrome reste bien un film de grande définition, avec une résolution de 100 lignes par millimètre et une granularité de 9. L'Ektachrome 200, avec une résolution supérieure à une granularité bien plus grossière : 13. On observe d'ailleurs que tous les Ektachrome ont un pouvoir résolvant de 125 lignes par millimètre. Si l'Ektachrome 64 est le plus fin, c'est que sa granularité est de 12.

Le pouvoir résolvant est cependant une caractéristique importante en astrophotographie car les films servent souvent à l'enregistrement de points, les étoiles, que la surface sensible doit séparer distinctement. Jusqu'à ces dernières années, les films noir et blanc étaient utilisés pour obtenir ce résultat car leur pouvoir résolvant était très supérieur à celui des films en couleurs. Aujourd'hui, cela reste vrai pour les

émulsions spéciales séparant plus de 200 lignes par millimètre. Dans tous les autres cas, les films en couleurs tendent à rejoindre les films noir et blanc.

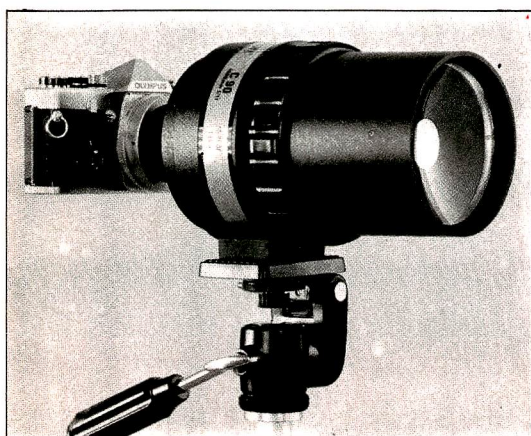
L'évolution devint très nette en 1977, lorsque Kodak commença à commercialiser les Ektachrome traitement E6 (en particulier les Ektachrome 64 et 200). L'année suivante, ce fut l'arrivée de l'Ektachrome 400, plus grossier que l'Ektachrome 200, mais plus fin que l'ancien Ektachrome HS, pourtant deux fois moins sensible. Aujourd'hui, nous l'avons vu, une nouvelle transformation est en cours, qui s'achèvera sans doute vers la fin de 1984. Les émulsions de 200/24 $^\circ$  et 400/27 $^\circ$  ISO, déjà très utilisées depuis 3 ans tant en négatif qu'en inversible couleur, sont appelées à devenir des films courants à définition nettement améliorée par 3 caractéristiques :

- La fabrication des halogénures d'argent est maîtrisée par les chimistes, qui sont en mesure de produire des grains très réceptifs aux photons (grains T chez Kodak, grains à double struc-



## LES PRINCIPALES OPTIQUES D'ASTROPHOTOGRAPHIE

OBJECTIF	TYPE DE TÉLESCOPE	FOCALE (mm)	OUVERTURE (mm)	OUVERTURE RELATIVE	POUVOIR SÉPARATEUR (lignes/mm)	MAGNITUDE STELLAIRE LIMITE	PRIX MOYEN (en F)
Capteur de comètes Celestron	Schmidt	500	140	1: 3,64			3 370
Celestron 90	Maksutov-Cassegrain	1 000	90	1: 11	120	12	9 000
Meade 1037	Schmidt-Cassegrain	1 000	100	1: 10		12	7 000
Meade 2040	Schmidt-Cassegrain	1 000	100	1: 10		12	9 000
Meade 2080	Schmidt-Cassegrain	1 000	203	1: 10			17 000
Celestron 5	Schmidt-Cassegrain	1 270	127	1: 10	200	13	14 000
Celestron 8	Schmidt-Cassegrain	2 000	203	1: 10	210	14	16 000
Meade 2120	Schmidt-Cassegrain	2 500	254	1: 10			25 000
Celestron 11	Schmidt-Cassegrain	2 800	280	1: 10			39 000
Celestron 14	Schmidt-Cassegrain	3 910	355	1: 11	171	15	85 000



Le Celestron 90, un des télescopes les moins chers du marché (ici avec un appareil photo 24 × 36).

ture chez Fuji). De ce fait, la sensibilité de 400/27° ISO peut être obtenue avec des grains plus petits (3).

- Les films sont émulsionnés avec des couches plus minces qui réduisent la diffusion de la lumière.

- Les nouvelles émulsions font appel à de nouveaux coupleurs qui, par rapport aux coupleurs DIR (4) utilisés jusqu'ici, réduisent encore la dispersion des colorants durant leur formation. La granulation de l'émulsion se trouve donc à nouveau diminuée.

Du même coup, avec une définition comparable (ou à peine supérieure) à celle des actuels

(3) Sur les nouveaux grains d'argent, voir *Science & Vie* n° 783 de décembre 1982 et n° 789 de juin 1983.

(4) Sur les coupleurs DIR, voir *Science & Vie* n° 763 d'avril 1981.

films de 400/27° ISO, les fabricants ont commencé à produire des films de 1 000/31° ISO.

Observons que ces progrès sont fort appréciables en astrophotographie. En particulier, les grains plats ou à double structure interceptent et retiennent plus efficacement les photons. Ce qui permet non seulement d'améliorer la sensibilité mais aussi de diminuer le défaut de réciprocity. Dans le dernier numéro de *Science & Vie*, nous avons déjà donné les dates de lancement des nouveaux films par les principales firmes de surfaces sensibles. Depuis, ce programme s'est élargi et il se résume comme suit :

- Chez Kodak, les films négatifs Kodacolor VR sont en cours de commercialisation (VR 100, 200, 400 et 1 000). Les dirigeants de la firme américaine ont indiqué que les films inversibles (notamment les Ektachrome) bénéficieraient de la technologie propre aux grains T (sans doute en 1984).

- L'évolution est la même pour les émulsions négatives Fujicolor et inversibles Fujichrome. Ainsi les nouveaux Fujicolor HR 100 et 400 et les Fujichrome 100 et 400 sont-ils disponibles. Une nouvelle gamme Fujichrome professionnelle 50, 100 et 400 doit voir le jour à l'automne. Un film de 1 000/31° ISO est annoncé pour la fin de l'année.

- Agfa Gevaert a lancé récemment un nouvel Agfachrome 200 (de 200/24° ISO) de type professionnel. Mais c'est au printemps 1984 que la gamme des films de la marque sera bouleversée avec l'arrivée des négatifs Agfacolor de type R (haut pouvoir résolvant) et de nouveaux inversibles Agfachrome. Les Agfacolor R seront produits en 100/21°, 200/24° et 400/27° ISO. La sensibilité des Agfachrome, qui n'a pas été précisée, devrait s'échelonner de 50/18° à 400/27° ISO.

- La firme 3M a commercialisé un 3M Color-



slide 1 000 de 1 000/31° ISO, pour diapositives. Aucun autre film n'a été annoncé pour l'instant.

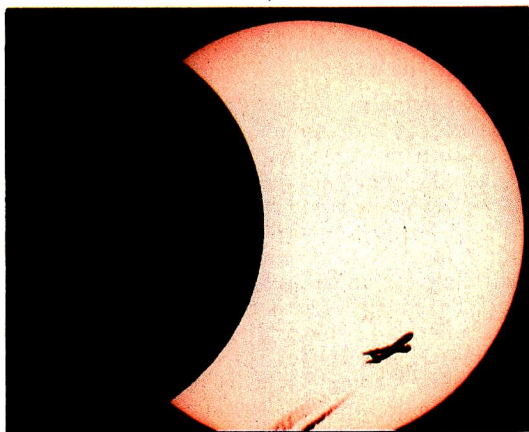
● Sakura, une autre firme japonaise, se prépare à lancer des films à grain "crystal" probablement dérivés de la technologie créée par Kodak ou Fuji et portant la désignation SR en négatifs : Sakura-color SR 100, 200 et 400. Ces émulsions sont déjà disponibles sur le marché américain.

La plupart des nouveaux films pourront être exposés à une sensibilité double de la sensibilité nominale, moyennant une légère modification du traitement, et sans grande perte de qualité.

Comment les amateurs vont-ils pouvoir utiliser ces nouveaux films en astrophotographie ? La réponse à cette question dépend des sujets photographiés et de la destination de l'image (esthétique, documentaire, scientifique). Il va de soi que la photo à des fins esthétiques n'exige pas la même rigueur dans le rendu des couleurs, dans le cadrage et dans le repérage du ciel que la photo scientifique. Une première conséquence : le matériel utilisé peut être plus simple, moins précis. Ainsi, les appareils photo ordinaires sont-ils utilisables en astrophotographie, soit seuls,

aux appareils purement électroniques, ils sont alors rarement fiables car les poses de plusieurs dizaines de secondes ne sont jamais contrôlées correctement par les circuits. Les appareils automatiques sont rarement utiles car le posemètre incorporé ne peut pas déterminer correctement l'exposition pour des sujets sur fond noir. Par contre, il est extrêmement important que le viseur ou le verre de visée soient du type interchangeable. Cela permettra de choisir un type très lumineux adapté à la prise de vue à faire.

La photographie d'un ciel étoilé se fait avec l'objectif standard de 50 mm ou avec un grand angulaire (y compris le fish eye, cet objectif qui permet d'embrasser un champ de 180°). Les téléobjectifs donnent de moins bons résultats. C'est là un des paradoxes de l'astrophotographie : pour prendre les meilleures images du ciel nocturne (esthétiquement parlant, c'est-à-dire en restituant le fantastique scintillement de la voûte céleste), il ne faut pas chercher à agrandir les étoiles au moyen d'un objectif de longue focale. Il en est ainsi parce que la restitution de la magnitude des étoiles (leur éclat) est essentielle



*Avion de ligne sur fond d'éclipse partielle du Soleil, au Celestron 8. Pose 1/1 000 s avec film 25/15° ISO.*



*La comète de West photographiée au Celestron 8, 10/2 000 mm. Pose 10 min avec film 400/27° ISO.*

soit couplés à une lunette d'observation.

Toutefois lorsqu'on achète un appareil avec l'intention de s'en servir de façon habituelle pour des prises de vues astronomiques, il faut savoir que certains modèles sont mieux adaptés à ces techniques. Ce sont tout d'abord les 24 × 36 reflex, qui sont très maniables et qui peuvent recevoir des films très variés. Il est préférable, ensuite, qu'ils soient à obturateur mécanique ou comportant un certain nombre de vitesses et la pose mécanique (Canon F1, Nikon FM2, Olympus Om 1N). Les Leica R4, Nikon F3, Pentax LX sont utilisables mais comportent des risques avec les vitesses à affichage électrique par diodes ou cristaux liquides. Il ne faut pas perdre de vue, en effet, que l'astrophotographie peut conduire très souvent à des poses longues de plusieurs minutes et que, dans ces circonstances, les piles peuvent être très vite épuisées. Quant

et qu'elle dépend des caractéristiques du film. La focale de l'objectif n'intervient que très peu parce que le point d'une étoile reste un point avec un téléobjectif comme avec un grand angulaire. Aussi sera-t-il nécessaire d'agrandir le négatif ou la diapositive pour que le diamètre de l'étoile sur l'épreuve définitive semble plus grand que le grain de l'émulsion.

Si l'objectif utilisé n'est pas de grande qualité, l'exposition ne doit pas se faire à grande ouverture, par crainte d'un manque de netteté possible sur les bords, dont les conséquences ne peuvent généralement pas être rattrapées. Le mieux est alors de fermer le diaphragme de deux divisions. Toutefois, pour la prise de vue sans équipement particulier, il ne faut pas que cela conduise à une pose plus longue que 2 secondes (3 secondes avec un très grand angulaire) car, avec le mouvement relatif des étoiles (sur lequel nous reviendrons



plus loin), chaque point lumineux serait traduit par un trait. Le crépuscule (45 minutes après le coucher du Soleil) et l'aurore (45 minutes avant son lever) permettent d'obtenir de belles images, les étoiles les plus brillantes restant visibles (l'intensité des corps célestes étant constante).

Les colorations du ciel sont alors très bien traduites par les films en couleurs (utiliser du 200/24° ou du 400/27° ISO). Des temps de pose de 1 à 2 secondes à des ouvertures de 1 : 1,8 à 1 : 4 sont nécessaires. Il n'est pas possible de donner des indications plus précises. Des essais sont nécessaires. Généralement le plus sûr est de faire une photo à des temps de pose différents afin de pouvoir choisir la meilleure image. Une légère brume peut être utile d'un point de vue esthétique car elle donne au ciel un ton bleuté généralement apprécié. Le voisinage d'un éclairage de rue à lampes à vapeur de sodium ou d'halogènes, au contraire, est à éviter car il donne au ciel une dominante verdâtre. La présence d'un premier plan — qui peut être éclairé d'un coup de flash — donne une assise à la voûte céleste.

Le ciel étoilé, bien entendu, peut aussi être photographié en pleine nuit, et les passionnés d'astronomie ne s'en privent pas, enregistrant des régions précises de la voûte céleste. La durée d'exposition, même avec un film de 400/27° ISO, est ici plus longue. Au point que, cette fois, le mouvement apparent des étoiles risque de devenir gênant. Aussi est-il important de pouvoir déterminer le temps de pose le plus long compatible avec le sujet, le film et la focale de l'objectif employé.

Par rapport aux étoiles, la Terre effectue une rotation complète autour de son axe en 23 heures, 56 minutes, 4 secondes (durée appelée jour sidéral), c'est-à-dire qu'elle tourne de 0,00418 degré par seconde. De par sa nature, cette vitesse de rotation dite angulaire est constante partout dans le ciel, de l'équateur céleste jusqu'aux pôles célestes, mais elle varie en apparence avec la latitude. Elle est maximale à l'équateur céleste et diminue lorsqu'on se dirige vers le pôle céleste. Pour un appareil photo placé en un point de la Terre, le déplacement apparent des étoiles dans le ciel se déduit très simplement de la formule suivante :  $H = 0,00418 \cos \varphi$  ( $\varphi$  étant la latitude). La durée d'exposition doit tenir compte de ce déplacement. Si elle est trop grande, les étoiles se traduisent sur le film par des traînées dont la longueur est fonction du déplacement apparent  $H$  et de la focale  $f$  de l'objectif. En admettant que ces traînées puissent être de 0,1 mm de longueur, la durée d'exposition permise ( $E$ ) est une fonction de  $H$  et de  $f$ . Elle est exprimée par la formule :

$$E = \frac{0,1}{\text{tg } H \cdot f}$$

Le temps de pose ainsi calculé peut atteindre ou dépasser 1 minute. Il ne permet pas l'enregistrement de toutes les étoiles, celles de faible magnitude exigeant une pose plus longue, même

avec un objectif très clair. Rappelons ici que la clarté d'un objectif en photo stellaire est directement proportionnelle à son diamètre (facile à mesurer avec une règle graduée en millimètres). Ce diamètre seul est significatif car il détermine le nombre de photons pénétrant dans l'appareil et atteignant la surface sensible par unité de temps, et par conséquent le nombre d'étoiles pouvant être enregistrées. Par exemple, avec un film de 400/27° ISO et un objectif de 6 cm de diamètre, les étoiles de 9<sup>e</sup> magnitude sont enregistrées en 1 minute de pose. Il faudrait 10 minutes pour obtenir les étoiles de 12<sup>e</sup> magnitude et 30 minutes pour celles de 14<sup>e</sup> magnitude. Toutefois, dans ces derniers cas, les étoiles ne seraient plus représentées par des points mais par des traits.

Cette technique peut être utilisée délibérément pour enregistrer le mouvement apparent des étoiles ou des planètes. C'est ainsi qu'en pointant l'axe optique de l'objectif sur l'étoile polaire (l'appareil étant sur pied) et en posant entre 30 minutes et 4 heures, on enregistre le mouvement de la voûte céleste autour de son axe, qui passe d'ailleurs à côté de l'étoile polaire, à un degré d'angle environ. Avec un Agfachrome 200 ou un Ektachrome 200 et un objectif de 20 mm ouvert à 1 : 2,8, cet effet est obtenu avec 45 à 60 minutes de pose.

Si l'on souhaite éliminer l'effet du mouvement, il est nécessaire de monter l'appareil photo avec son objectif sur un dispositif appelé équatorial, qui va lui-même tourner pour compenser la rotation de la Terre de façon que l'image d'une étoile se forme toujours sur le même point de l'émulsion. L'organe essentiel de la monture équatoriale est un axe que l'on oriente parallèlement à l'axe de la Terre et que l'on fait tourner en sens inverse, à la vitesse d'un tour en 23 heures, 56 minutes, 4 secondes. La rotation peut être commandée manuellement ou par un moteur. Il est possible de fabriquer soi-même un équatorial (ce que font beaucoup d'astronomes amateurs) ou de l'acquérir auprès d'un commerçant spécialisé comme la société Médas à Vichy, ou Devaux-Chevet à Paris.

Selon l'objectif et le film utilisés, les poses utiles s'échelonnent de quelques dizaines de minutes à une ou deux heures. L'un des obstacles à ces prises de vues est constitué par la lumière propre du ciel, si celui-ci n'est pas parfaitement noir. L'image obtenue est parfois surexposée et, bien sûr, aucune étoile n'est visible. Peut-être est-ce la Lune qui éclaire alors le ciel, ou encore le reflet d'une grande ville proche. On ne peut évidemment pas donner de règles précises pour le choix de la durée d'exposition. Il faut se fier à son jugement et à son expérience. Une approche consiste à déterminer la magnitude des étoiles à la limite de la visibilité oculaire. Si le ciel est très noir et que les étoiles les plus faibles sont encore visibles, la durée d'exposition peut être supérieure à 5 minutes, voire atteindre 2 heures. Si le ciel est suffisamment clair pour "éteindre" ces mêmes étoiles, cette limite est de 5 minutes.



## QUE PHOTOGRAPHIER CET ÉTÉ DANS LE CIEL ?



L'amateur débutant ayant un appareil avec un ou plusieurs objectifs et un pied stable peut commencer à photographier le ciel sans plus attendre. Voici quelques-uns des sujets qu'il pourra aborder durant l'été.

### Amas d'étoiles.

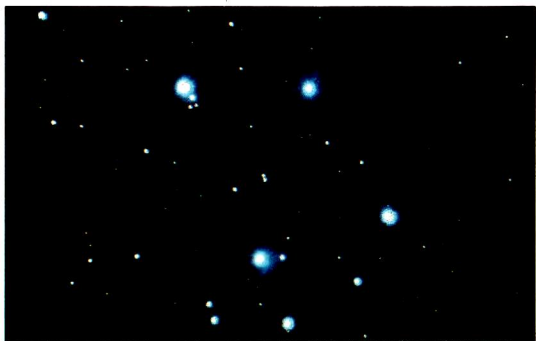
● Juillet-août, milieu de la nuit : amas globulaire M13 (Hercule, au téléobjectif ; constellation du Scorpion, au grand angulaire).

● Août-septembre : M31, galaxie d'Andromède, au téléobjectif ; amas double de Persée, au téléobjectif ; Voie lactée dans le Sagittaire, au 50 mm ; Pléiades au nord-est, au téléobjectif.

● Temps de pose et film : 20 secondes au 50 mm, 5 secondes au 135 mm ; film de 400/27° ISO.

### Conjonctions planètes-Lune.

Objectif de 50 mm pour des séquences, c'est-à-dire pour la prise de plusieurs photos successives à des intervalles de temps réguliers dans le but d'enregistrer plusieurs positions de l'astre dans le ciel. Téléobjectif



pour la prise d'une conjonction isolée. Dans tous les cas, film de 64/19° ou 100/21° ISO. Temps de pose de base : 1/2 à 2 secondes à 1 : 2,8 pour un film de 100/21° ISO. Les conjonctions pouvant être ainsi photographiées sont les suivantes :

● Saturne/Lune : le 17 juillet, le 13 août et le 9 septembre.

● Jupiter/Lune : le 19 juillet, le 15 août et le 12 septembre.

### Lune.

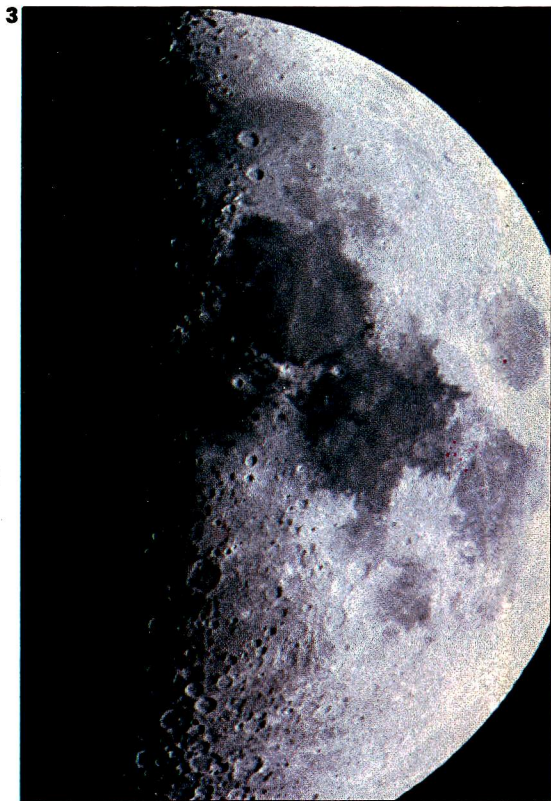
Lumière cendrée du 12 au 14 juillet, du 10 au 12 août et du 8 au 10 septembre. Temps de pose de 1 seconde

1 à 1 : 2,9 sur film 200/24° ISO. Utiliser un téléobjectif.

### Planètes lointaines et astéroïdes.

Ils se découvrent en superposant des photos prises à quelques jours d'intervalle. Utiliser un objectif de 50 mm (ou de 135 mm si l'on connaît la localisation). Temps de pose : 10 à 30 secondes à pleine ouverture sur film de 400/27° à 1000/31° ISO (2° moitié de la nuit).

● Uranus (particulièrement intéressante), magnitude 6,5 dans le Scorpion ;  $\alpha = 16\text{ h }14\text{ min}$  ;  $\delta = -21^\circ$ . ( $\alpha$  et  $\delta$  sont les coordonnées célestes des corps observés. En termes d'astronomie, on les appelle "coordonnées équatoriales". Pour les lecteurs qui voudraient s'initier à l'astronomie, voir Science & Vie n° 782, "Le planétarium, cinéma de l'espace".)



● Neptune, magnitude 8, dans Ophiucus ;  $\alpha = 17\text{ h }47\text{ min}$ ,  $\delta = -22^\circ$ .

● Cérés, magnitude 8, dans le Poisson austral,  $\alpha = 22\text{ h }03\text{ min}$ ,  $\delta = 26^\circ$  (milieu de la nuit).

● Vesta (particulièrement intéressante), magnitude 8,5 dans le Taureau ;  $\alpha = 4\text{ h }31\text{ min}$ ,  $\delta = +17^\circ$  ; traversera l'amas de Hyades et passera à 25' de l'Aldebaran (magnitude 1) le 1<sup>er</sup> août.

### Perséides.

Les 11 et 12 août. Viser l'est. Pose longue avec un film très sensible (au moins 400/27° ISO).

Avec les temps de pose les plus longs, le défaut de réciprocité peut apparaître. Nous avons vu comment ses effets peuvent être éliminés. Avec la photographie du ciel profond se pose la question du matériel à utiliser, qui peut être fixé

sur pied ou sur monture équatoriale. Les objectifs destinés à la photo ordinaire sont utilisables. Le choix de la focale dépend du champ que l'on souhaite enregistrer sur le film. Dès la focale de 200 mm il est possible de photographier des

(suite du texte 152)



# LE CERF-VOLANT : UN JOLI CASSE-TÊTE CHINOIS

*Le cerf-volant est à l'origine de l'aviation, de l'aile libre et du parachute ascensionnel. Comme outil scientifique, il a permis de comprendre la foudre, de prendre des mesures météorologiques, de lancer la radio et la photographie topographique. Science & Vie vous invite, pour quelques instants, à un voyage immobile en compagnie de ces oiseaux de papier.*

► Aujourd'hui on sait tirer dans leurs moindres détails les plans des avions les plus compliqués. Mais aucune équation, aucune application des lois fondamentales de l'aérodynamique ne permettent de rendre compte de façon précise du vol d'un cerf-volant.

Cette énigme a dérouté plus d'un mathématicien : en 1756, Euler reconnaissait que « ce jouet d'enfant, méprisé des savants, peut donner lieu aux réflexions les plus profondes » ; Monge, qui avait beaucoup « planché » sur le sujet et affirmé qu'il fallait à l'engin une queue, n'en concluait pas moins qu'il obéissait à des lois mystérieuses. Et il faudra attendre Bertinet (1887) pour que soit ébauchée une première théorie, et surtout les travaux de deux officiers français : Théophile Bois et Théodore Saconney en 1909.

Quel est le problème ? Celui de l'équilibre et de la stabilité du cerf-volant, encore qu'il faille s'expliquer sur ce que l'on entend par « stabilité » : le vent variant sans cesse, tant en vitesse qu'en direction, on appelle stabilité du cerf-volant son aptitude à prendre une nouvelle position d'équilibre lorsque les conditions de vent se modifient. L'angle de l'appareil par rapport au vent changera sans cesse et le centre de pression du vent se déplacera sans arrêt le long de son axe médian. C'est la raison pour laquelle la construction de ce type d'aérodynes restera empirique.

On sait néanmoins, pompeusement, expliquer comment vole un cerf-volant : « L'action du vent sur un plan mince s'annule par la tension d'un fil, compte tenu du poids et des phénomènes aérodynamiques. » Et en réalité, si cet appareil peut voler, c'est parce que l'air, entre autres qualités (compressibilité, expansibilité, élasticité...) est pesant. De fait, ballons et dirigeables, parachutes et avions, se sustentent pour cette même raison de la densité de l'air. Cette densité,

décroissant avec l'altitude, rendra le vol plus difficile au fur et à mesure que l'on s'élèvera. Une autre propriété de l'air, sa viscosité, responsable de la formation de tourbillons, joue également, on le verra, un rôle non négligeable dans le vol d'un cerf-volant.

Il en est beaucoup pour croire que le vent pousse notre mystérieux appareil comme une ménagère son chariot à provisions. Il n'en est rien : si madame Michut doit parcourir la distance qui sépare le supermarché de son domicile, notre appareil, lui, fait du sur-place. Sa vitesse par rapport au sol est quasiment nulle. Ce qui fait voler le cerf-volant c'est une force de sustentation que l'on appelle « portance » ; et ce qui crée la portance, c'est le « vent relatif ».

● Il n'existe pas de meilleur exemple, du reste, que notre cerf-volant pour expliquer cette notion de vent relatif, bien connue mais difficilement compréhensible en aérodynamique. Dans le cas d'un avion, une maquette en soufflerie d'essais a une vitesse nulle par rapport au sol, mais une vitesse relative suffisante pour que les conditions de vol soient reconstituées : ce qui intéresse l'aile où va se créer la portance, ce ne sera pas la vitesse de l'avion mais celle des molécules d'air autour de son profil. De même, le cerf-volant pourra rester immobile par rapport au sol, mais volera tout de même sous la caresse du vent.

● Lorsque le vent souffle sur une surface inclinée, sa vitesse est plus grande au-dessus de cette surface — que l'on appelle « extrados » — qu'au-dessous — l'« intrados ». Inversement, la pression de l'air sur l'objet sera plus élevée au-dessous qu'au-dessus. Nous aurons donc, de part et d'autre de l'aile d'un avion, ou du plan d'un cerf-volant, une légère surpression au-dessous — qui poussera donc l'objet vers le haut —, et une dépression (un vide relatif) au-dessus, aspirant



*A Shirone, petit village du nord du Japon, des joutes opposent chaque année au début du mois de juin des cervolistes acharnés. « Wasshoi, wasshoi ! » (Oh hisse, oh hisse) : il s'agit de maintenir en l'air un appareil de 35 m<sup>2</sup> et de 40 kg (pression de 1,4 kg par m<sup>2</sup>). En 1980, on a fait voler, retenu par 127 cordes, un cerf-volant de 266 m<sup>2</sup> et de 360 kg ; pour affronter la tension et maintenir l'équilibre, il ne fallait pas moins de 200 personnes.*

l'engin, vers le haut également. La somme de ces deux forces constitue la "portance", dans laquelle la dépression à l'extrados représente généralement un peu plus des trois quarts, et la surpression à l'intrados un peu moins d'un quart.

Dans le cas du cerf-volant, la surpression à l'intrados dépasse le quart de la portance, car aux deux forces précitées s'ajoute le fait que les molécules d'air viennent choquer le plan mince de l'engin, et sont rejetées vers le bas en créant une pression supplémentaire. Donc la portance naît de la vitesse et de la pression du vent, et le cerf-volant restant immobile pour celui qui le retient, il faut du vent relatif pour le faire voler.

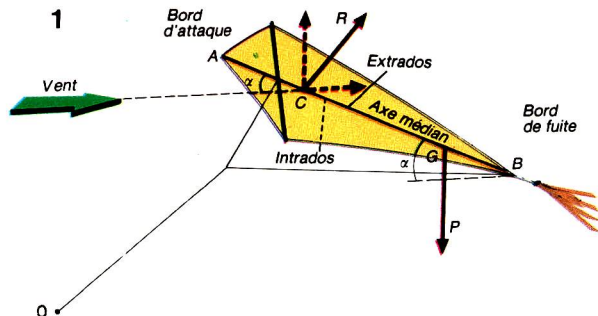
Pour comprendre le phénomène, supposons d'abord des conditions idéales : celles d'un vent absolument régulier, soufflant horizontalement (*dessin 1*, page 114). Le facteur principal dans cette figure est  $R$  : résultante aérodynamique de la portance d'une part, et de la résistance de

l'appareil au vent (la "traînée") d'autre part.

Il est une autre variable importante qui va faire changer cette force  $R$  : c'est l'incidence  $\alpha$ , autrement dit l'angle décrit par le plan de l'appareil et la direction du vent. Dans le cas du cerf-volant, on ne chiffre pas la force  $R$ , mais on la voit varier entre un maximum de 100 % et un minimum de 0, lorsque l'angle d'incidence décroît. Par ailleurs, le centre de pression  $C$ , sur l'épine dorsale du cerf-volant, se promènera constamment en fonction de l'incidence de l'appareil avec le lit du vent. Si l'appareil est perpendiculaire au vent,  $C$  va coïncider avec le milieu de  $AB$  ; si l'incidence vient à diminuer,  $C$  se rapprochera dans un premier temps du bord d'attaque, puis reviendra de nouveau en arrière, vers le centre de  $AB$ . Il l'atteindra et disparaîtra quand, le cerf-volant étant parallèle au vent, l'incidence sera égale à 0 : l'appareil alors s'effondrera.

Bien situer  $C$  n'est pas simple, pourtant il

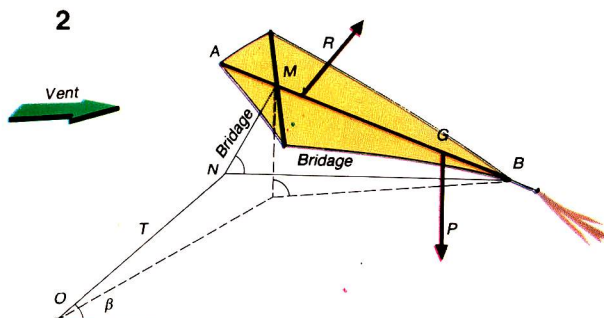




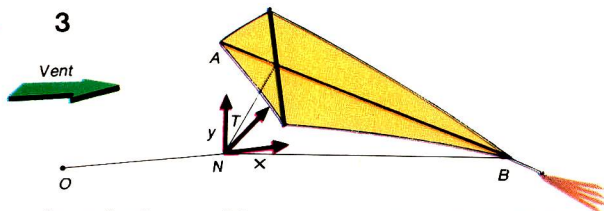
Le cerf-volant théorique idéal. La ligne AB représente à la fois le plan dans lequel s'inscrit l'engin et son axe de symétrie, autrement dit son "épine dorsale". Ce plan est incliné selon un angle  $\alpha$  sur l'horizon et la direction du vent. On fera semblant de croire que toutes les forces en jeu agissent dans un plan normal au cerf-volant, qui passe par l'axe AB. Ce sera vrai si l'engin est particulièrement bien construit.

A est aussi le bord d'attaque et B le bord de fuite. Le poids de l'appareil, P, s'applique en G qui est son centre de gravité.

R représente la résultante aérodynamique de la portance et de la trainée et s'applique, dans le plan AB, au point C que l'on appelle centre de pression. Enfin, O n'est autre que la main du cervoliste.



La tension T que doit affronter l'opérateur ne peut être exprimée avec exactitude. Elle varie avec l'intensité de la résultante aérodynamique R, et avec le poids P de l'appareil. En jouant sur les "bridages" NM et NB, on fait varier la tension en intensité et en direction.



Le cerf-volant est ici retenu au sol avant le décollage, à incidence non nulle pour créer une portance "y". On obtient la résultante T en traçant aussi la trainée aérodynamique "x" qui tire l'engin dans le sens du vent. La portance va provoquer le mouvement d'ensemble de l'appareil et de son câble. Le fil de retenue pivote autour de O, mais la rotation du cerf-volant lui-même se produit autour de N.

s'agit d'une donnée très importante dont dépend l'équilibre de notre appareil. Ce sont les déplacements de C qui déterminent la répartition des efforts appliqués à la structure au cours du vol, et donc la solidité et l'indéformabilité de l'engin. Puisque la position de C et l'incidence varient sans cesse, on peut respecter les lois empiriques suivantes pour fabriquer un bon cerf-volant : placer le centre de gravité G entre le milieu de l'arête dorsale et le bord de fuite, et le centre de poussée C entre le milieu de l'arête dorsale et le bord d'attaque.

Le cerf-volant, bien sûr, est retenu au sol par un câble. Dans le **dessin 2**, nous faisons connaissance avec une nouvelle force : T, la tension qui s'exerce sur la ficelle tenue en O par l'opérateur et qui équilibre les deux autres forces, c'est-à-dire la résultante aérodynamique bien sûr, mais aussi le poids, P, de l'engin.

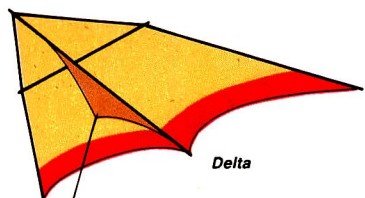
On appelle les séquentes NM et NB le "bridage". En raccourcissant la bride NB et en augmentant NM ("brider plus bas" ou "plus sec"), on voit que la résultante T (à savoir ON) s'abaisse et que l'angle  $\beta$  se ferme ; la tension T augmentera. Au contraire "brider plus haut" ou "plus mou" fait monter le cerf-volant en diminuant la tension. Cependant l'opérateur O ne réagit pas à l'intégralité de cette tension, mais seulement à T moins le poids de la ficelle. Au plus, un cerf-volant ne pourra emporter qu'un poids de fil égal à la tension T. Combien de fois ne voit-on pas ces fils de retenue pendre misérablement parce que le "cervoliste" a négligé ce postulat ?

Chaque cerf-volant n'étant adapté qu'à une certaine plage d'intensité du vent, la plupart du temps, comme les marins qui utilisent différentes voiles, les cervolistes se déplacent avec trois ou quatre engins pour faire face à plusieurs situations.

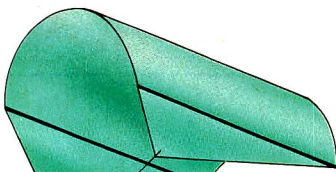
Si l'équilibre d'un cerf-volant ne tient pas au poids de l'appareil, mais à la pression et à la vitesse du vent relatif par unité de surface de l'engin (1), il n'en va pas de même de sa résistance : plus le vent sera faible plus le poids de l'appareil devra être faible (en kg/m<sup>2</sup>) ; inversement, par vent fort, un cerf-volant lourd aura plus de chances de s'envoler. Ce sont les matériaux utilisés qui feront la résistance de l'appareil ; un cerf-volant de faible poids, volant par brise légère, possèdera une armature fragile ; il se maintiendra difficilement en l'air quand le vent grossira et risquera alors de se déformer. (Il existe des appareils qui font exception à cette règle, ce sont les "ailes volantes", qui se maintiennent en l'air par vent fort, mais l'opérateur subit alors des tractions épouvantables). A contrario, un cerf-volant très lourd demandera un vent fort mais résistera à la tempête.

Mais pour voler, le cerf-volant doit partir du sol, le décollage est expliqué sur le **dessin 3**.

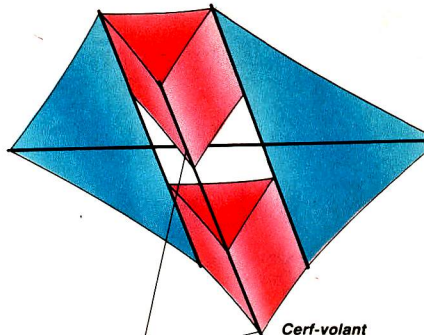
(1) L'équilibre est donné par la pression normale du vent par unité de masse surfacique. Cette dernière, en kg par m<sup>2</sup>, est représentée par P/S où P est le poids et S la surface.



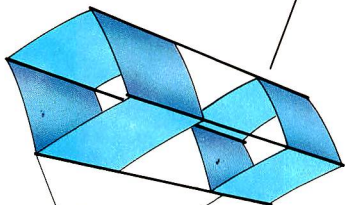
Delta



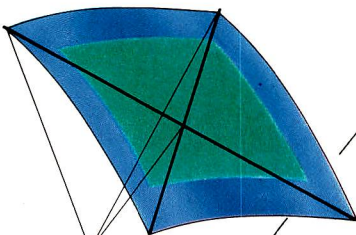
Sled



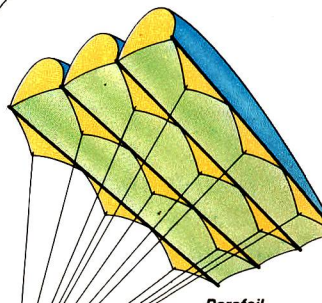
Cerf-volant cellulaire



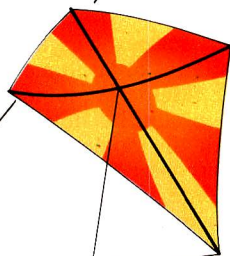
Cerf-volant caisse



Cerf-volant plat



Parafoil



Cerf-volant dièdre

## CERFS-VOLANTS, UNE AFFAIRE DE FAMILLES

Du cerf-volant plat, équilibré à l'aide d'une queue, au parafoil, "matelas volant" sans armature rigide, nombreuses sont les familles de cerfs-volants. En voici les principales. Pour plus de détails, voir le texte de l'article en page 150.

L'engin est maintenu incliné pour que la tension soit transmise, et le fil est tendu à l'horizontale du point N. La portance va faire s'élever l'engin avec son câble de retenue. Le cerf-volant sera en équilibre lorsque, s'étant élevé, le câble ON sera dans le prolongement de la résultante T.

Si la portance permet au cerf-volant de s'élever, il faut également le faire voler de façon stable. C'est le plus compliqué : l'écoulement du vent sur tout obstacle produit une "traînée", sous forme de turbulences et de remous qui surviennent, ici, à l'arrière de l'appareil. En outre, après avoir frappé le bord d'attaque, une partie de l'air s'échappe non pas à l'arrière, mais sur les côtés, contribuant à déstabiliser l'engin. Si l'aviation tente par tous les moyens d'annuler la traînée, le cervoliste devra, lui, s'en accommoder en contrecarrant ses effets néfastes : roulis (mouvement alternatif transversal), tangage (mouvement alternatif d'avant en arrière) et lacet (rotation latérale). Notons que le tangage se produit rarement et provient d'un mauvais réglage de l'engin ou d'un bridage mal conçu.

La recherche de la stabilité va nous amener à dégager plusieurs familles de cerfs-volants (voir dessins ci-dessus), chaque famille faisant appel à une technique particulière pour accomplir cette tâche.

● Les cerfs-volants de la première famille sont plans et stabilisés grâce à une queue qui, par la force qu'elle crée en suivant le plan de l'appareil, annule les forces tourbillonnaires déstabilisantes. Il faut ici refuser une idée reçue qui fait placer des poids à l'extrémité d'une queue. Il est vain de l'alourdir car le vent ne suffira plus à l'entraîner et elle quittera le plan de vol. Elle ajoutera au déséquilibre de la machine le sien propre, et l'appareil aura la mine d'un chien battu dont la queue pend misérablement entre les jambes.

Jusqu'à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, on ne connaîtra, tout au moins en Occident, que ce procédé pour stabiliser l'appareil. Et actuellement encore, les cerfs-volants plans se stabilisent par des queues, plus ou moins longues, de 8 à 10 fois la longueur de l'appareil. Plus le vent est fort, plus les turbulences sont importantes et plus on allonge la queue. Si elle est insuffisamment longue, l'engin se met à tourner de plus en plus vite et ne s'arrête qu'au contact du sol. Inversement, une queue trop développée empêche l'appareil de s'élever.

Ce type de cerfs-volants demande généralement des vents forts et les petits appareils exigent des queues proportionnellement plus longues que celles des engins de taille normale (un mètre carré).

(suite du texte page 150)



# CANDIDE ET LE SCRIBE INFORMATIQUE

*Tout le monde ne se sert pas d'une machine à écrire, mais ce n'est pas une raison pour ignorer le traitement de textes par ordinateur. C'est du moins l'avis de Candide (1), qui n'a pu résister à la tentation de s'y initier...*

► Le tesson de poterie des scribes babyloniens, le stylet des poètes latins et la plume d'oie de Molière sont au musée. Même la plume sergent-major a disparu et, avec elle, les doigts tachés d'encre violette. A partir du moment où l'informatique s'est mêlée de proposer une nouvelle façon d'écrire, on peut même affirmer que le crayon à bille est devenu périmé. La dactylographie n'est plus déjà ce qu'elle était hier encore.

Ceux qui ont pianoté sur un ordinateur relié à une imprimante ne me démentiront pas. Il est très facile de sortir des listes de programmes au kilomètre ; mais, obtenir la frappe correcte d'une lettre de vingt lignes suppose, non pas des dons hors du commun, mais, pour le moins, une patience à toute épreuve. Si l'on conçoit un programme pour ce faire, il va falloir compter soigneusement les caractères et les espaces, couper les mots en fin de lignes en respectant les règles, émailler le tout d'instructions "PRINT TAB" judicieusement disposées afin d'obtenir une mise en page agréable. Ces exercices prendront quatre ou cinq fois plus de temps qu'il ne vous en faudrait si vous tapiez la même lettre avec un seul doigt (et vingt fois plus qu'à une dactylographe professionnelle). Le seul avantage est que, son programme terminé, l'ordinateur pourra répéter l'impression de sa lettre autant de fois qu'il le désirera. Mais on ne voit pas a priori l'intérêt d'éditer en dix exemplaires la missive expédiée à la tante de Saint-Flour !

Toutes ces explications disparaîtront si, comme moi, vous disposez :

- d'un Apple II<sup>e</sup> ;
- de ses disquettes ;
- d'une imprimante Epson FX80 (2).

et que vous ayez chargé dans l'unité centrale le logiciel dénommé Apple Writer.

Après quoi ce même ordinateur, qui, l'instant d'avant, promenait votre roi sur son échiquier

lumineux et vous acculait à un mat honteux, devient une machine à écrire intelligente douée d'une mémoire d'éléphant capable de composer — au sens typographique du mot — tous les textes que vous lui confierez.

Mais avant d'examiner les capacités "intellectuelles" de la machine, il me paraît intéressant d'observer sa main et sa plume, je veux parler de l'imprimante Epson FX80.

Cet engin, nouveau sur le marché français, est très sophistiqué. Comme la Silentyper utilisée dans le précédent article, il s'agit d'une imprimante matricielle, mais la trace sur le papier est obtenue par l'intermédiaire d'un ruban encreur comme sur une vulgaire machine à écrire. Ce procédé élimine la nécessité d'utiliser un papier spécial thermosensible.

**La tête d'impression** (voir page 118) comporte 9 aiguilles dont les talons reposent sur 9 palettes oscillantes pouvant être mues par 9 minuscules électro-aimants. Le principe de fonctionnement est très simple, même si sa mise en œuvre est fort complexe. Supposons, à un moment donné, que 9 signaux soient envoyés à la tête d'impression : les 9 aiguilles seront projetées en même temps contre le ruban, et 9 points ronds encreux seront déposés sur le papier. Ainsi l'impact aura laissé la trace d'un bâton, ce rudiment de la calligraphie. Si vous voulez imprimer une lettre, les choses se compliquent car il va falloir disposer les points sur une grille de 9 x 5, donc transporter la tête. Deux solutions pour ce faire : avancer d'un pas (soit de la largeur d'une colonne), mais

(1) Notre Candide a commencé son initiation à la micro-informatique il y a quelques mois. Totalement vierge alors, il s'est peu à peu forgé des armes en découvrant avec grand enthousiasme divers micro-ordinateurs dans les numéros 768, 774, 780, 785, 786 et 790 de *Science & Vie*.

(2) L'Apple II<sup>e</sup> et ses disquettes ont été décrits dans l'article "Candide, la pomme et la tortue" paru dans *Science & Vie* n° 790 de juillet 1983.

alors le mouvement sera discontinu, donc saccadé, ce qui, d'une part, est plus compliqué à fabriquer, et, d'autre part, est plus bruyant et plus fragile mécaniquement. Il est bien préférable, et plus rapide, de déposer les points aux endroits convenables, sans interrompre le mouvement de la tête d'impression. Dans ce cas, les extrémités des aiguilles se ploient légèrement, mais cette flexion a été prévue et la mécanique réglée en conséquence.

En utilisant correctement les combinaisons permises par ces 5 colonnes de 9 rangées, il est

possible de tracer un nombre impressionnant de caractères. Non seulement l'alphabet latin est accessible mais encore toutes les lettres spéciales utilisées dans les principales langues européennes. Ainsi, on peut choisir, en manœuvrant des inverseurs situés sous le capot, les caractères français (é, è, c cédille...), espagnols (tilde), scandinaves (ø, ö), etc. Ces mêmes caractères peuvent être imprimés en largeur restreinte, normale ou élargie, en jambages maigres ou gras et, dans chacun de ces choix, en majuscules ou en minuscules. Tous les supports sont utilisables : papier accor-

## LES POSSIBILITÉS DU TRAITEMENT DE TEXTES

L'Apple II<sup>e</sup> et l'imprimante Epson FX80 permettent, grâce au programme Apple Writer, de taper un texte dans différentes frappes (photo ci-dessous), en faisant varier l'inclinaison des caractères (romain ou italique), leur grasse (maigre, normal ou gras) et leur chasse (étroit, normal ou large).

Ils permettent également de varier la disposition d'un texte :

En "pavé", comme les pages d'un livre ou les colonnes d'un journal. Le pavé peut avoir la largeur désirée, dans les limites des marges du chariot. L'élaboration d'un programme permettant à la machine de couper correctement les mots en bout de ligne étant d'une grande complexité, on est obligé de ne conserver que des mots entiers, ce qui donne parfois des blancs exagérés entre les mots d'une ligne.

Traiter un texte consiste à optimiser sa présentation par le moyen d'un ordinateur en vue de l'éditer sur une imprimante. Le logiciel qui m'a permis de vous proposer cet exemple a pour nom "APPLE WRITER

En "drapeau", aligné sur la marge de droite ou sur celle de gauche. Les largeurs maximale et minimale des lignes sont modifiables à loisir.

Traiter un texte consiste à optimiser sa présentation par le moyen d'un ordinateur en vue de l'éditer sur une imprimante. Le logiciel qui m'a permis de vous proposer cet exemple a pour nom "APPLE WRITER

Traiter un texte consiste à optimiser sa présentation par le moyen d'un ordinateur en vue de l'éditer sur une imprimante. Le logiciel qui m'a permis de vous proposer cet exemple a pour nom "APPLE WRITER

En lignes centrées autour d'un axe, qui peut être plus ou moins écarté de la marge. Comme les textes "en drapeau", cette typographie est en général plutôt réservée à des textes publicitaires. On la trouve aussi quelquefois dans les légendes accompagnant les photos de certaines revues.

Traiter un texte consiste à optimiser sa présentation par le moyen d'un ordinateur en vue de l'éditer sur une imprimante. Le logiciel qui m'a permis de vous proposer cet exemple a pour nom "APPLE WRITER

L'Epson FX80 est une imprimante matricielle à impact, de 160 signes ou espaces par seconde. Elle est bi-directionnelle en mode normal et mono-directionnelle en mode graphique (voir texte de l'article). L'entraînement du papier (accordéons, rouleaux ou papier à lettre) se fait soit par traction soit par friction. Avec du papier carbone, il est possible d'obtenir 3 à 4 copies. Tous les caractères issus de l'alphabet latin sont accessibles. On peut même créer de nouveaux caractères. L'Epson FX80 est distribué par M3C, 12, place de Seine, La Défense 1, 92400 Courbevoie. Prix de vente : 8 000 F HT environ.

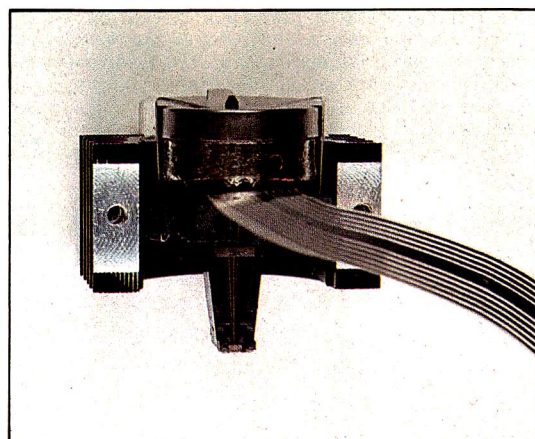
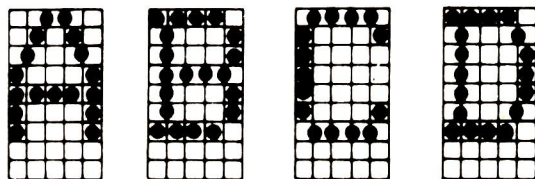
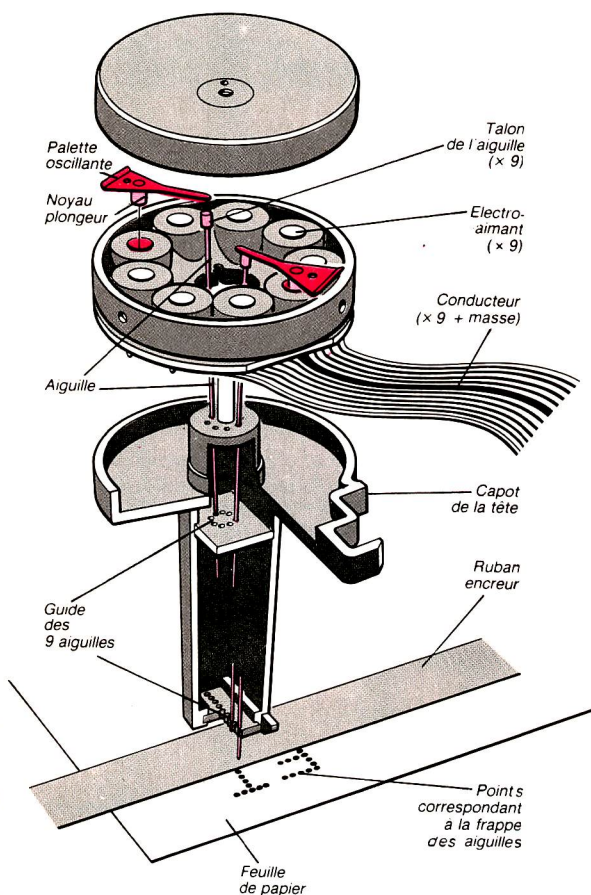


déon perforé entraîné par picots, rouleaux continus et papier à lettre ordinaire mus par friction.

Afin d'éviter les temps morts, la tête écrit en boustrophédon (du grec *bous* : bœuf, et *strophéin* : écrire ; à la façon dont le bœuf trace ses sillons). Ce terme pédant, difficile à placer dans une conversation courante, est traduit dans les notices techniques par "bi-directionnel", néologisme signifiant qu'après avoir tracé sa première ligne de gauche à droite, comme vous et moi, la seconde est écrite en sens contraire au retour de la tête d'impression. Mais rassurez-vous, lorsque la tête a terminé son trajet, vous constaterez que

tement assemblé et que le programme Apple Writer, présent dans les mémoires vives (RAM) est prêt à accepter notre texte.

Si vous rentrez dans ces conditions votre première ligne, vous constaterez que chaque mot est immédiatement considéré par le programme comme étant insécable. Ceci signifie que, si à la fin d'une ligne affichée sur l'écran il n'y a pas la place pour terminer un mot, celui-ci se déplace, comme par magie, pour venir se placer au début de la suivante. En l'occurrence, la seule magie consiste, pour l'ordinateur, à interpréter chaque frappe sur la touche "espace" comme étant le



**La tête d'impression d'Epson FX80 :** 9 aiguilles dont les talons reposent sur 9 palettes qui peuvent s'abattre ou se relever sous l'effet du champ magnétique de 9 minuscules électro-aimants activés par les impulsions électriques déclenchées par les touches de l'imprimante. Selon la lettre (ou le chiffre, le point ou tout autre signe) tapée, une ou plusieurs aiguilles seront projetées sur le ruban encreur, qui reportera ainsi autant de point sur la feuille de papier.

le texte est bien lisible de gauche à droite !

Pour en finir avec la FX80, précisons qu'il s'agit d'une imprimante graphique, autrement dit, elle peut reproduire tout ce qui se trouve sur l'écran y compris les dessins les plus complexes et ce, en négatif ou en positif, éventuellement à des échelles différentes.

Comme nous l'avons dit précédemment, la machine, aussi sophistiquée soit-elle, n'est rien sans l'unité centrale à laquelle elle est connectée et qui va mettre en œuvre toutes ses possibilités. Nous allons donc supposer que tout est correc-

début ou la fin d'un mot. Il en découle deux conséquences :

**1°** Il ne faut pas presser la touche "RETURN" (ou retour du chariot) en fin de ligne, et ceci est un premier avantage par rapport à la machine à écrire classique.

**2°** Jamais le programme ne coupera un mot comme le fait toute dactylo ou tout typographe. La plupart du temps ce n'est pas très gênant, mais, dans certains cas (voir texte "en pavé" dans l'encadré page 117), cela oblige l'ordinateur à espacer les mots restants d'une façon exagérée.

(suite du texte page 160)

## LIVRES

### LE SANG VERT

La floraison d'ouvrages destinés au grand public et consacrés aux "bonnes plantes" laisse quelque peu rêveur. Pour faire de la teinture de calament, *Calamintha nepetoides* Jordan, stomachique, antispasmodique, carminative, laissez « macérer pendant une semaine 20 g de fleurs séchées et émiettées dans un mélange de 50 g d'alcool pur et 30 g d'eau distillée, si possible, et filtrez en pressant bien le résidu. Puis prenez-en une cuillerée à café dans un peu d'eau chaude ou froide après les repas », lit-on par exemple dans *Fleurs et plantes médicinales*, d'Aldo Poletti<sup>(1)</sup>.

Voilà bien du loisir que l'on suppose au lecteur, d'autant plus qu'il faut récolter la plante au début de la floraison et faire sécher à l'ombre, en gerbes ou en javelles, et conserver dans des boîtes fermant bien. Et attention : les préparations que vous en tirerez (infusion, teinture et vin) « peuvent provoquer des insomnies chez les sujets nerveux ou excitables ».

Évidemment, un mauvais esprit se demandera s'il n'a pas plus vite fait d'aller en pharmacie acheter pour quelques francs un produit équivalent, ou sans doute préparé à partir du même calament. Il évitera de la sorte bien des inconvénients, tels les vomissements, douleurs abdominales et gastro-entérites que pourrait provoquer l'usage inconsidéré d'une autre plante, par exemple la décoction de nerprun purgatif, *Rhamnus catharticus*...

On évitera pire encore, à en croire Maurice Méséglise, apôtre professionnel de la bonne nature végétale. Dans *Ces plantes qu'on assassine*<sup>(2)</sup>, il dénonce les résidus cancérigènes que l'on trouve dans les plantes médicinales, provenant des pesticides, et l'irradiation de ces plantes au cobalt, pour leur conservation. Imaginez, une infusion de sabots de la vierge au DDT et radioactifs ! Le remède ? Cultivez vous-mêmes vos plantes, votre sauge, votre menthe, votre romarin, votre sarriette.

M. Méséglise dénonce aussi l'importation, l'« invasion étrangère », comme il l'appelle, de plantes d'Europe de l'Est, que l'on a l'audace de vendre en France trois fois moins cher que les plantes cultivées sur

notre sol : 7 F le kilo de basilic bulgare, contre 21 F le kilo de basilic français ! Or, M. Méséglise semble oublier tout simplement que la main-d'œuvre est moins chère dans les pays exportateurs, et c'est la raison pour laquelle ils exportent et nous leur achetons.

Il oublie surtout que la production française ne couvre que le trentième de nos besoins. Alors, comme il faut bien acheter quelque part, pourquoi pas aux Bulgares ? Il conteste la qualité des plantes importées, accuse les pharmaciens de vendre des plantes polluées, bref jette un pavé dans la mare et demande que « des mesures soient prises ». On vient d'ailleurs de créer un Office des plantes à parfum, aromatiques et médicinales, qui s'ajoute à l'Institut déjà existant. Mais l'auteur n'offre guère de solution en matière de contrôle, des produits français autant qu'étrangers. Ni en matière de production.

De plus, M. Méséglise semble faire une certaine confusion entre les plantes médicinales et les aromatiques. C'est ainsi qu'il classe le basilic, la marjolaine, la menthe, le romarin, etc., parmi les plantes médicinales, alors qu'elles sont le plus communément employées comme plantes aromatiques, ce qui est tout autre chose. On met du basilic dans la salade, et du thym dans le rôti.

Certes, « le basilic est un tonique du système nerveux et des cortico-surrénales », un antispasmodique, un déclencheur de règles (reste aussi à établir à partir de quelles doses), et il présente donc des vertus médicinales, mais c'est

aussi le cas de la laitue, qui contient un précurseur de la morphine, de l'épinard, qui est reminéralisant, de l'estragon, qui est carminatif, du coing, qui est stomachique, etc. A la limite, tous les végétaux ont des vertus médicinales ; faut-il pour autant classer la confiture d'abricot comme produit pharmaceutique ?

Nous consacrerons d'ailleurs une enquête à cette confusion, entretenue par hasard ou à dessein, entre plantes médicinales et aromatiques. En attendant, le moins qu'on puisse dire est que le livre de M. Méséglise ne clarifie pas la question, et qu'il est facile de prétendre qu'on peut cultiver les plantes dans son jardin : toutes les plantes ne s'y prêtent pas, et allez donc cultiver de l'anthyllide vulnérable en région parisienne ! Ca, c'est une vraie plante médicinale pourtant.

On retrouve les mêmes héros, du basilic à la verveine, dans *la Santé par les huiles essentielles*, d'André Rouvière et Marie-Claire Meyer<sup>(3)</sup>, mais les auteurs se limitent aux indications des huiles essentielles obtenues par grattage, puis distillation. Etant donné qu'il est théoriquement interdit de pratiquer la distillation en alambic, en France du moins, ce n'est pas à la portée de tout le monde que de fabriquer de l'huile de coriandre, par exemple. Il convient donc de lire ce livre comme un traité d'aromathérapie, très voisine, en l'occurrence, de la pharmacie.

Si vous distilliez de l'huile de coriandre, ce serait pour traiter des fermentations intestinales, et de l'huile de cyprès, pour améliorer



votre circulation. Peut-être enrichiriez-vous ainsi la production de la France, qui est l'unique pays d'Europe qui distille des huiles aromatiques, mais qui en exporte 90 %. D'ailleurs, la totalité de la profession est représentée par quatre ou cinq artisans, ce qui est remarquablement peu, et qui devrait attirer l'attention de l'Institut et de l'Office cités plus haut.

Tout différent est l'ouvrage, excellent aussi, de Jean-Marie Pelt, *Drogues et plantes magiques*<sup>(1)</sup>, de caractère essentiellement ethno-historique. Professeur de biologie végétale, l'auteur n'en prend pas pour autant le yohimbé pour Vénus et il commente les qualités des croyances religieuses dans les vertus de telle ou telle plante (le fameux yohimbé, que l'on prend pour un aphrodisiaque et que l'on incorporait autrefois dans les "dragées d'amour", est en fait un simple tonique).

L'ouvrage, où, comme le titre l'indique, il est beaucoup question de drogues, à l'intérêt de rappeler que la toxicomanie n'est pas née d'hier, et que la seule différence entre les sociétés traditionnelles et les sociétés industrielles est que, dans les premières, l'usage en était ritualisé. Par exemple, les brahmanes consumaient de l'extrait d'ammanite tue-mouches pour entrer en transes et "chasser leurs démons".

On trouve dans les pages remarquables d'érudition et de clarté offertes par M. Pelt des informations frappantes. C'est ainsi que les Hindous sont les vrais inventeurs des tranquillisants, puisqu'ils ont, pendant des siècles, consommé de la rauwolfia contre l'angoisse (Gandhi en prenait une infusion chaque soir, d'où son étonnante sérénité). Mais il termine par une mise en garde fortement argumentée, parmi les plus convaincantes de celles consacrées à la drogue, et qui condamne la prépondérance actuelle du principe de plaisir.

De tout ces ouvrages, il découle que le sentiment de la nature reste vif, et qu'il atteint même les proportions d'un mythe, puisque l'on attribue plus de prestige à un alcoolat distillé en cuisine qu'au produit considérablement plus efficace que l'on trouve en pharmacie. Et le mythe à son tour invite à se demander s'il ne faudrait pas, dans un esprit de logique, vendre la laitue en pharmacie et sur ordonnance. Ou la tomate.

Gerald MESSADIÉ

JEAN-PIERRE CHANGEUX

## L'HOMME NEURONAL

Fayard, 419 p., 120 F.

Encore un livre sur le cerveau ! C'est la preuve, bien agréable pour le neurobiologiste, que le public commence à s'intéresser à cette merveilleuse machine que nous avons dans le crâne ! Machine qui est "nous", dans notre personne même, pour citer l'auteur de ce livre : « L'homme n'a plus rien à faire de l'Esprit, il lui suffit d'être un homme neuronal. »

C'est en effet la thèse du livre qui se présente un peu comme "le cerveau raconté au coin du feu", monologue d'un homme passionné par son sujet, qui dès l'introduction nous dit son désir : réconcilier les psychanalystes avec l'idée que ce qui se passe sous notre crâne est tout de même bon à savoir. Les psychanalystes d'aujourd'hui, car, nous rappelle J.-P. Changeux, si Freud vivait de nos jours, il serait probablement le premier à faire d'abord de la neurobiologie (qui lui manqua cruellement).

Voilà donc un gros livre (à ne prendre en vacances que si l'on n'a pas à peser ses valises avant de prendre l'avion), qui survole nos connaissances actuelles sur le cerveau en un langage aisé, libéré du discours "savant" derrière lequel se dissimulent les incertitudes de bien des spécialistes. C'est dire que, malgré son poids, c'est une lecture agréable pour tout "honnête homme" (ou femme) au sens le plus traditionnellement français, c'est-à-dire pas trop encombré de connaissances scientifiques. Nos lecteurs s'y sentiront particulièrement à l'aise.

Le premier chapitre est un regard rapide sur l'histoire de cette hypothèse du "cerveau organe de l'âme", nous menant des premiers papyrus égyptiens à la récente découverte des neurotransmetteurs.

Le second chapitre, considérant le cerveau comme une machine, en examine les "pièces détachées", c'est-à-dire l'anatomie, l'organisation des circuits intracérébraux... On s'y arrête un peu sur les remarquables travaux de Huber et Wiesel concernant le cortex visuel.

Le troisième chapitre traite du fonctionnement de cette machine : électricité cérébrale, potentiels évoqués, jeu des mouvements ioniques lors de l'activité nerveuse, fonctionnement des divers neurotransmetteurs connus, récepteurs des membranes neuronales. A ce sujet, l'auteur raconte d'élégantes expériences faites sur les organes électriques de certains poissons.

Le quatrième chapitre, le "passage à l'acte", explique comment s'organisent les mouvements, organisation dépendant de l'anatomie de la commande, et du fonctionnement séquentiel de cette commande à partir d'impulsions extérieures. Là encore, l'auteur mentionne ses propres expériences : en changeant les connexions nerveuses grâce auxquelles le grillon remue rythmiquement ses ailes pour produire son "cri" bien connu, l'auteur obtient des mouvements rythmiques des pattes — qui demeurent silencieuses ! Les commandes nerveuses passent par des décharges chimiques, et finalement les grandes fonctions passent par des systèmes chimiques (la soif, la douleur, le plaisir sexuel...). Nous avons un rappel du système des émotions, et quelques considérations sur l'orgasme, et le plaisir en général.

Le cinquième chapitre traite des "objets mentaux", images et concepts. Il y est question de la conscience, de l'éveil et du sommeil, de l'attention, et du rôle frontal dans les intentions. Le sixième chapitre aborde le problème des gènes, les mutations, l'embryologie. Et le septième en arrive à ce qui intéresse tout particulièrement J.-P. Changeux : "l'épigénèse".

L'auteur y explique, à partir de travaux sur la daphnie, que le potentiel génétique n'est pas déterminant. Poursuivant chez le vertébré (l'embryon de poulet), il suggère que, durant la maturation embryonnaire, le développement garde une certaine liberté, à partir des indications génétiques. De là, il arrive à la notion de l'importance de l'empreinte culturelle qui déterminerait de véritables différences fonctionnelles. Il en veut pour preuve l'inégalité devant les troubles de l'écriture, selon que l'on a une écriture syllabique ou idéographique (chinois, ou japonais "kandji").

Le huitième chapitre traite de l'anthropologie, du passage du singe à l'homme (*habilis, erectus, sapiens*). Y sont évoquées certaines discussions actuelles sur l'évolutionnisme. Enfin, le dernier chapitre présente le cerveau comme "organe de la représentation du monde", nous rappelant que dans l'esprit de l'auteur, le but de tout cet exposé est d'établir une passerelle entre les sciences humaines et les sciences du système nerveux. Et on termine par la discussion chère aux philosophes : "le cerveau par rapport à l'environnement".

On voit par ce très rapide résumé que chaque chapitre nous renvoie au sommaire de l'un ou l'autre des

(1) Delachaux et Niestlé, 2 vol ; 206 et 222 p. ill. coul ; 69 F (par volume).

(2) Laffont, 224 p., 62 F.

(3) M. A. Éditions, 90 rue d'Assas, Paris, 124 p., 32 F.

(4) Fayard, 326 p., 85 F.

numéros de *Science & Vie*, c'est pourquoi, l'un renvoyant à l'autre, nous sommes sûrs du plaisir qu'y prendront nos lecteurs !

Dr Jacqueline RENAUD

DR WILLIAM T. WHITBY

## VIVE LE TABAC

Ma, 90, rue D'Assas, 157 p., 38 F

Président de deux associations médicales australiennes, l'auteur n'est pas tombé de la dernière pluie, non plus que son préfacer, le Dr José Bacri, qui dirige la Consultation anti-tabac à l'hôpital Necker à Paris. On se félicitera de la modération du préfacer : « L'intolérance dont font preuve de nombreux adversaires du tabac n'est pas moins regrettable que le refus opposé par ses partisans d'admettre certaines évidences. »

Or, ce sont justement ces évidences que le Dr Whitby récuse. Racontant le cheminement de sa pensée à l'égard du tabac, il écrit tout cru : « La première chose qui me troubla fut que, parmi mes proches ou patients atteints du cancer du poumon, aucun n'était fumeur. » Et plus loin, il relève que les expériences qui ont conclu au pouvoir cancérigène du tabac se fondent sur des chiens que l'on a forcé à fumer et des souris sur les poumons desquelles on a appliqué du goudron de tabac. « Ce qui n'a pas été précisé, rappelle l'auteur, c'est que la solution de goudron appliquée était l'équivalent de 100 000 cigarettes par jour ! Il n'a jamais été dit non plus que des produits a priori sans danger pour l'homme, tels que le thé ou les œufs, sont la cause de cancer chez les animaux. »

Comme il fallait s'y attendre, le Dr Whitby cite abondamment ses partisans : le Dr Sheldon C. Sommers, du Columbia Hospital de New York : « Il est impossible de distinguer le poumon d'un fumeur de celui d'un anti-fumeur, que ce soit à l'œil nu, au microscope ou par tout autre moyen. » Le Pr P. Burch, de l'université de Leeds : « Établir une relation entre cancer du poumon et tabac démontre une complète ignorance de la logique scientifique. Ce zèle excessif conduit à des curieux raccourcis et à des conclusions prématurées, telles que celle qui conduit à croire a priori que fumer aurait une incidence sur le cancer du poumon. » Le Dr McHerrold, ancien responsable du ministère de la Santé aux États-Unis : « Étant donné les difficultés à mesurer le taux de nicotine chez le fumeur d'une part, et à diagnos-

tiquer le cancer du poumon d'autre part, la théorie de la relation directe entre tabac et cancer du poumon doit rester une hypothèse. » Il y en a des masses du même tabac, si l'on peut dire. Et le Dr Whitby rejette de même les accusations portées contre le tabac à propos des maladies cardio-vasculaires et l'emphysème, dont il rappelle que personne ne connaît l'origine, et que le tabac ne saurait en être la cause.

Son livre a également l'intérêt de rappeler que tous les pays n'ont pas adopté la même attitude persécutrice et vengeresse contre le tabac que la France, où, au train où vont les choses, on finira par emprisonner purement et simplement les fumeurs. En Suisse, un référendum proposant d'interdire la publicité sur le tabac a été largement négatif. En Australie, la publicité anti-tabac à la télévision a été reconnue abusive et interdite. Et de rappeler le proverbe russe : « Vieilles femmes et fumeurs vivent tellement longtemps qu'il faut les achever à coups de hache. » Mais peut-être faudra-t-il rouvrir sérieusement le dossier du tabac, et mettre fin à une campagne systématique, infondée, attentatoire aux libertés individuelles et finalement de caractère superstitieux... à en croire l'auteur.

G.M.

## JEAN FOURASTIÉ

### LE RIRE, SUITE

Denoël-Gonthier, 263 p., 70 F

Le moins qu'on puisse dire de l'ouvrage inattendu de Jean Fourastié, qui nous a entretenu dans le passé sur des sujets plus austères, est qu'il n'est pas ennuyeux. D'abord, il est truffé de citations risibles, comiques, humoristiques, cocasses, comme on voudra ; il y en a pour tous les goûts. Ensuite, il n'est pas doctoral. Jugeant que Bergson s'est « planté » dans sa définition des conditions du rire, « du mécanique plaqué sur du vivant », et que tous les essais antérieurs et postérieurs, y compris celui de Freud sur le mot d'esprit, pèchent par esprit de système, il se défend de toute théorie unique.

Il aborde le sujet de façon volontairement fragmentaire, empirique et agréablement peu sérieuse : comme activité subalterne du cerveau, comme jugement, comme apprentissage de la rationalité, comme phénomène énergétique qui créerait plus d'énergie qu'il n'en consomme, comme rupture du fonctionnement cérébral, etc. On y gagne en diversité ce qu'on y perd en unité.

Tant de modestie dans le propos désarme évidemment les critiques ; que dire à un auteur de la valeur de Jean Fourastié quand il dit qu'il n'est pas théoricien et qu'il ne prétend pas être exhaustif ? On pourrait lui faire observer qu'il n'a pas inclus dans sa promenade les travaux ethnologiques d'Eibl-Eibesfeldt sur la parenté entre le sourire, ce précurseur du rire, et l'agressivité, par exemple. Le rire témoigne quand même d'un trait constant : il exprime la supériorité du rieur sur le risible, il est donc une forme d'agressivité, et la fureur de l'homme dont on se moque indique bien qu'il ressent, lui, l'éclat de rire comme une offense. C'eût peut-être été là un fil de plus que nous eussions eu plaisir à suivre en sa compagnie.

Nous nous limiterons pour notre part à déplorer qu'il n'ait pas nettement établi la différence entre l'humour et l'ironie : le premier est de l'ironie dirigée contre soi-même, à la différence de la seconde. C'est la forme modeste du rire ; elle doit convenir particulièrement bien à Jean Fourastié, dont le livre nous a valu un plaisir certain.

G.M.

## RÉPERTOIRE

### LE GUIDE DES LANGUES

Test (5, place du Colonel-Fabien, 75491 Paris Cedex 10), 570 p., 120 F (+ 25 F pour frais de port et d'emballage)

Ce guide propose, pour plus de 110 langues, une sélection de 2 500 programmes d'apprentissage, par les méthodes les plus classiques jusqu'aux plus modernes. Un répertoire de plus de 600 adresses de sources de documentation dans le monde entier permet de retrouver l'origine de tous les titres décrits. Un court texte introduit chaque langue et la replace dans son contexte historique et géographique. Les langues « rares » côtoient les langues courantes : l'expérience de la « médiathèque » de langues de la bibliothèque du Centre Georges Pompidou a en effet mis en évidence un énorme décalage entre le choix du public et celui de notre système scolaire : près du tiers des visiteurs sont demandeurs de langues rares et beaucoup n'ont pour seule motivation qu'un besoin culturel et un sentiment esthétique. Voulez-vous parler « guarani », « avar », « nahuatl », « wolof » ou simplement « esperanto » ? Ce guide vous permettra de percer les arcanes de ces langues et d'une centaine d'autres.



## AUTRES LIVRES REÇUS

Dr Anthony J.-Sattilaro : **Rappelé à la vie**

*Calmann-Lévy, 253 p., 65 F.*

Un médecin, atteint d'une tumeur de la prostate avec métastases osseuses multiples, assure avoir été guéri par le régime macrobiotique. Le récit de sa guérison est presque purement anecdotique. Pas une seule tentative d'explication médicale, surtout des considérations philosophiques sur le yin et le yang. Quelques idées générales sur le rôle des lipides alimentaires. C'est bizarrement "court" pour un livre de médecin, étonnamment verbeux aussi. Pas un mot non plus sur les rémissions spontanées du cancer. Un médecin peut-il croire que deux ans de boulettes de riz aux pruneaux suffisent à effacer des métastases osseuses multiples ?

Dr André Gilbertas : **Sous une lumière sans ombre**

*Mazarine, 241 p., 68 F.*

Encore des mémoires et des considérations d'un médecin sur son métier et sur les autres. Ce n'est pas dénué d'intérêt, mais vraiment, on se prend à se demander s'il est encore un médecin qui n'a pas écrit "son" livre, et quand les médecins trouvent le temps d'écrire.

Dr Pierre Langlois : **Le couple stérile**

*M.A. Éditions, 127 p., 48 F.*

Précis simple et clair, avec beaucoup d'adresses aussi utiles que l'ouvrage lui-même. Plusieurs informations utiles également sur les risques encourus par les utilisatrices de méthodes contraceptives : par exemple, le blocage de l'ovulation peut se poursuivre de 30 à 40 mois après cessation de la pilule.

Roger Holleindre : **L'Asie en marche**

*Laffont, 290 p., 72 F.*

Pour réaliser ce reportage essentiellement économique sur le Japon, la Corée du Sud, Formose, Hong-Kong, Singapour et la zone occidentale du Pacifique, l'auteur, en bon journaliste, s'est armé de faits et de constatations personnelles

beaucoup plus que d'idées générales. Aussi permet-il de comprendre d'emblée, intuitivement, pourquoi ces pays, théoriquement défavorisés par la surpopulation et un manque fondamental de matières premières, ont conquis en moins d'un demi-siècle une place prépondérante dans l'économie mondiale.

Avant la guerre, Singapour était surtout un comptoir du caoutchouc et un poste stratégique, par exemple. Aujourd'hui, c'est une petite puissance industrielle et une grande puissance bancaire, ainsi qu'un modèle de société policée. Tout cela est dû, non à des conditions "miraculeuses", qui n'existent pas (Holleindre a bien raison de le souligner), mais à un pragmatisme qui permet de s'adapter aux configurations des marchés. Et cela avec une souplesse, non seulement inconnue, mais haïe de l'Occident empêtré dans un carcan de structures économiques, sociales et idéologiques extrêmement pesantes. Fermer une industrie déficitaire, en France, est un drame qu'il faut s'empresse d'imputer à un incapable ou un gredin ; en Asie, c'est aussi normal que d'ouvrir son parapluie quand il pleut.

Holleindre se scandalise de l'entente établie entre les Japonais et les Australiens au détriment des autres nations, et notamment des Français. Mais il faut savoir qu'elle ne s'est pas établie par hasard. La présence commerciale, économique et culturelle de la France dans le Pacifique et en Asie du Sud-Est est pratiquement nulle, alors qu'il n'est pas possible d'aller dans une petite île du Pacifique ou dans une ville d'Asie sans trouver un représentant commercial japonais, parlant couramment l'anglais (sans parler des anglophones qui parlent couramment japonais).

Toute la capitalisation des entreprises dans le bassin qui va de la côte Ouest des États-Unis aux rivages de l'Asie est assurée par les Américains, les Australiens, les Japonais et les Néo-Zélandais ; alors, comment s'étonner que les Français, qui occupent pourtant une position

stratégique avec la Polynésie, se fassent bouter dehors ?

Un livre-dossier, à conserver.

Claude Olievenstein : **Destin du toxicomane**

*Fayard, 290 p., 69 F.*

Livre informel et souvent confus, malheureusement, d'un des meilleurs spécialistes français de la drogue, et des plus généreux, intellectuellement. Trop de notations qui n'ont rien à voir avec le destin du drogué et des phrases telles que : « C'est le temps qui signe le hasard et l'incontrôlable, l'instantanéité et l'infini », ou encore : « L'organisation bute sur la désorganisation des béances mises en place par la brisure », typiques d'un "beau langage" à la mode, que nous nous permettons de trouver peu "éclairant" en ce qui concerne la raison pour laquelle on devient toxicomane et la spécificité du toxicomane. Un peu plus de neurochimie et un peu moins d'esprit philosophique auraient peut-être été plus efficaces.

Suzy Krieger : **Échec à l'angoisse**

*Denoël-Gonthier, 133 p., 56 F.*

L'auteur assure avoir inventé la "psychanalyse douce". Ça consiste à se concentrer.

André Leroi-Gourhan : **Les reliques de la préhistoire**

*Quadrige-PUF, 156 p., 36 F.*

Une réédition qui s'imposait, de l'une des plus simples et des plus riches synthèses d'un domaine vaste et obscur. Les vestiges paléolithiques sont relativement nombreux et le plus souvent tronqués, mais l'interprétation prudente qu'en fait Leroi-Gourhan indique qu'il y eut très tôt un culte des ossements, associé très souvent à des rites anthropophagiques funèbres. L'ensemble de ces vestiges suggérerait une symbolique rudimentaire, mais l'étude de l'art pariétal évoque au contraire un système de signes complexes, dicté par la peur et la sexualité et que soutenaient peut-être des cérémonies initiatiques élaborées.

G.M. ■

Tous les livres scientifiques et techniques sont à la

# Librairie SCIENCE & VIE

43, rue de Dunkerque — 75010 PARIS

ouvert le lundi de 10 h 30 à 19 h et du mardi au samedi de 9 h à 19 h



# ***GITANES***

Allumettes Seita en vente dans les bureaux de tabac.



### "SPITFIRE SIMULATOR" : LA CHASSE AÉRIENNE À VOTRE PORTÉE

Si l'on en juge à la quantité de nouvelles disquettes de jeux informatiques que nous recevons, ou à celle des vidéo-jeux chaque jour plus nombreux dans les bars, supermarchés et autres lieux publics, il semble que la "ludo-informatique" suscite bien des passions. Aussi, toujours soucieux de répondre aux nouvelles attentes de nos lecteurs avons-nous décidé d'ouvrir cette nouvelle rubrique. Elle a pour but de vous livrer une sélection des vidéo-jeux portant sur les *wargames* ou divers jeux de rôle, d'aventure ou de simulation que nous aurons retenu comme les plus passionnants et les plus innovateurs en ce domaine.

► Une chose est certaine, un "simple" micro-ordinateur est capable de satisfaire à un nombre de besoins extraordinairement variés et de se livrer à des tâches dont certaines parviennent à un degré de complexité absolument effarant. Un MO, pour employer le langage des initiés, est non seulement une redoutable machine à calculer, mais il permet également de tenir les comptes d'une PME, de calculer puis de rédiger les fiches de paie de plus de cent salariés, de tenir de multiples fichiers, ainsi que des archives, d'effectuer les calculs les plus complexes dont un ingénieur d'études use normalement, de dessiner les pièces les plus compliquées et même de les étudier sous tous les angles. Enfin, à la maison, le MO est capable de collationner les recettes de cuisine, de traiter de cent façons les textes les plus variés — il pourrait même servir de dictionnaire de rimes au poète —, d'apprendre aux enfants les mathématiques ou une langue étrangère...

Et puis, la journée terminée, le même étonnant instrument de travail est également tout prêt à vous servir de compagnon de jeu si vous êtes seul, ou d'arbitre dans le cas où toute la famille entend s'adonner aux plaisirs ludiques les plus variés, en prenant à son compte le rôle le plus ingrat, celui qui consiste à appliquer aveuglément et sans défaillance le règlement.

En inaugurant cette rubrique, il convient tout d'abord de préciser que la quasi-totalité des jeux inventoriés ici le seront sur un micro-ordinateur américain Apple 2. Qu'on nous comprenne bien, il n'est pas question pour nous d'affirmer ni même de laisser sous-entendre que l'Apple est un meilleur instrument que ses concurrents. Simplement — si l'on peut dire — un ordinateur ne vaut que par les logiciels... que par les programmes qui le complètent et sans lesquels le meilleur engin demeure inutilisable, tout comme un génie sans culture reste au niveau des plus incultes.

Or le catalogue des logiciels de l'Apple croûle sous le nombre et la diversité des réalisations internationales et le domaine des jeux ne fait pas exception.

Les jeux d'adresse tels que ceux dont les cafés sont présentement inondés sont légion mais, fort heureusement, les capacités de l'Apple vont bien plus loin. Certains *wargames* — jeux de guerre — atteignent un formidable niveau de complexité, tout en demeurant parfaitement manœuvrables, l'ordinateur se chargeant automatiquement de l'étude, puis de l'application, du règlement.

Bien d'autres domaines commencent à peine à être explorés par les créateurs de jeux sur ordinateur. Les amateurs de jeux de rôle ou d'aventures sont d'ores et déjà entraînés dans les courses les plus folles et, la recherche aidant, il est déjà possible de plonger dans les simulations les plus inattendues, telles que les élections présidentielles aux États-Unis où, à volonté, vous serez en mesure d'étudier la stratégie électorale de Richard Nixon, de faire lutter Eisenhower contre Reagan ou de vous battre vous même, avec les armes que vous vous serez forgé, contre Kennedy !

Cela étant, une grande part des jeux disponibles sur Apple le sont également sur les appareils de deux autres marques importantes, TRS et Atari, et le nouveau micro-ordinateur IBM disposera sous peu d'un catalogue de jeux plus ou moins comparable :

Mais, trêve de discours, plongeons maintenant dans l'action. Pour inaugurer cette rubrique, nous allons vous projeter dans un monde à proprement parler inaccessible au commun des mortels. Pour ce faire, vous aurez besoin d'un Apple 2, ou tout autre Apple 48K, d'un lecteur de disquettes et aussi d'un *joy-stick*, c'est-à-dire d'un manche à balai miniature qui se branche sur la prise "jeux" de l'Apple. Si cet

équipement est vôtre, vous allez être en mesure de vous retrouver aux commandes de l'un des plus fameux chasseurs de la Seconde Guerre mondiale, à savoir le *Supermarine Spitfire*, le vainqueur de la Bataille d'Angleterre !

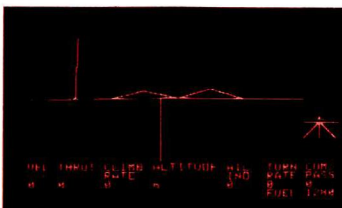
Mais comprenons-nous bien, "Spitfire Simulator" n'est pas un jeu de guerre dont le *Spitfire* serait l'acteur principal : il s'agit bien au contraire d'un véritable simulateur de vol qui vous met directement aux commandes de cet avion prestigieux. Qui plus est, vous vous trouverez aux prises avec deux problèmes, et non des moindres. Il vous sera demandé de rattraper, puis de vous mettre en position de tir pour abattre divers avions allemands, du rapide *ME 109* au lourd *JU 52*. Mais, avant de vous livrer à ces exercices violents, vous devrez apprendre à piloter réellement un *Spitfire*, ce qui, croyez-moi, n'est pas tellement facile, même si vous possédez des notions de pilotage réel.

Il est vrai que vous disposerez de la plupart des commandes et instruments dont l'avion véritable était équipé. Sous le pare-brise de votre cockpit (voir nos photos ci-contre), tout un choix d'informations vous seront dispensées en permanence. Vous connaîtrez votre vitesse, votre poussée (c'est-à-dire votre accélération), votre altitude, votre taux de montée ou de descente, votre taux de virage, à savoir la rapidité de vos déplacements angulaires, votre cap compas et la quantité de carburant dont vous disposez. Un véritable horizon artificiel vous donnera votre position par rapport à l'horizon, et dans les trois axes, tandis qu'une alarme sonore vous mettra en garde contre l'éventuelle perte de vitesse.

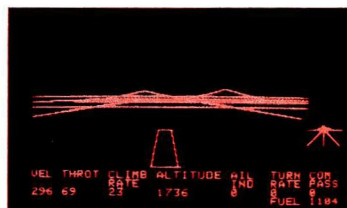
Aussi bien au décollage qu'à l'atterrissage, vous pourrez jouer des volets et du train, avec le concours éventuel d'un frein de parking. A travers le pare-brise, vous contemplerez le paysage, tout comme dans la réalité. Au décollage, vous verrez défiler la piste, la tour de contrôle s'effacera sur votre gauche puis, à l'instant où vos roues quitteront le sol, l'horizon s'élargira, la fin de la piste disparaîtra sous vos ailes et vous serez vraiment en l'air !

Bien sûr, ce simulateur n'a pas la richesse des grands appareils professionnels et le contenu de la

## QUELQUES PLANS DE VOL EN SIMULATION



1. La piste telle qu'elle se présente avant le décollage.



2. Vue aérienne de la piste d'atterrissage d'entraînement.



3. Un virage au-dessus de la piste d'atterrissage d'entraînement.



4. Interception d'un bombardier ennemi avec, au centre, les réticules du viseur (pointilles).

Les vues que nous reproduisons ci-dessus correspondent à celles apparaissant sur l'écran. Elles restituent le "paysage" visible depuis le cockpit du *Spitfire* dans lequel le joueur est censé se trouver durant

la partie. Le texte situé en bas de chaque image équivaut aux indications du tableau de bord, et la petite "étoile" à droite, à l'horizon artificiel reproduisant la position du *Spitfire* dans l'espace.

mémoire de l'Apple de série (48 K) trace les limites du système. Ainsi, vous volerez dans un air exempt de toute turbulence, sans aucun problème de vent latéral à l'atterrissage et, carence plus regrettable sans doute, vous n'aurez pas, faute de "bille", à synchroniser comme dans la réalité la manœuvre de votre palonnier et de vos ailerons.

Ne soyez cependant pas trop déçus car le "*Spit*" vous réserve quand même des douloureuses surprises. Les décollages ne sont pas encore trop compliqués car vous n'aurez pas à souffrir du couple de l'hélice, mais les atterrissages vous feront attraper des cheveux blancs. Vous disposerez, en plus de votre terrain normal, d'une piste d'entraînement très longue mais, bien souvent, vous la trouverez trop courte... Vous apprendrez que votre taux de descente doit être apprécié avec précision, en conservant un bon lot de vitesse car, lorsque le "*Spit*" commence à s'enfoncer trop rapidement, il est trop tard pour remettre les gaz et c'est le crash irrémédiable. Peut-être pensez-vous que j'exa-

gère et sans doute un pilote de chasse maîtrisera-t-il aisément l'engin, mais un simple amateur aura, je crois, de quoi s'occuper des semaines durant avant de parvenir à un degré de maîtrise honorable. Quoiqu'il en soit, les créateurs de "Spitfire Simulator" ont fait du bon travail, ne serait-ce qu'en raison de la fidélité de la reconstitution du paysage en 3 dimensions. La surface apparente ainsi que la perspective de la piste se modifient en permanence au cours des manœuvres d'approche et il en est de même pour tout l'environnement, y compris lorsqu'un appareil ennemi sera en vue.

Simplement, pour prendre en chasse votre proie, vous devrez déjà avoir compris que dans un virage proche de la verticale vous perdez souvent beaucoup d'altitude et que, dans cette attitude, ce sont vos ailerons qui vous font virer... Afin de faciliter le pilotage, une "clef" spéciale permet de coupler le gouvernail et les ailerons, une aide similaire ramenant automatiquement — mais seulement si on le



(suite)



## FICHE TECHNIQUE

"Spitfire Simulator" est édité par Mind Systems Corporation, PO Box 506, Northampton MA 01061 USA ; tél. : (413) 586-6463.

Ce jeu a été mis à notre disposition par Sivea SA, 31, bd des Batignolles, 75008 Paris. Tél. : (1) 522.70.66. Au jour de l'essai, le prix en était de 495 francs.

"Spitfire Simulator" est destiné uni-

quement aux Apple 2 et 3 (un jeu similaire, et au moins aussi performant, existe pour le micro-ordinateur produit par IBM). L'ensemble du matériel à réunir (notre photo) sera constitué du clavier relié à un téléviseur (au centre), d'un lecteur de disquettes (à gauche) et d'un ou deux joy-stick (manettes de manipulation à droite).

désire — les ailes à l'horizontale. Ces deux entorses à la réalité facilitent indéniablement le travail du chasseur, ainsi que l'exploitation intelligente d'un radar de bord beaucoup plus performant, du moins je suppose, que les appareils de l'époque.

Sur demande, le panorama est remplacé par une vue "radar" — à échelle variable — intéressant, soit le sol, soit l'environnement aérien. L'apparition des avions ennemis est suscitée à volonté au moyen d'une série de "clefs", leur trajectoire étant annoncée mais non programmable. Il appartient alors au pilote (c'est-à-dire à vous même) de se placer grâce au radar en bonne position, puis de passer ensuite en "visuel" pour l'éventuel hallali.

Vous pourrez à cet instant allumer votre viseur puis appuyer sur l'un des boutons du joy-stick pour déclencher le jet des "traçantes" que vous dirigerez, si vous en êtes capable, sur votre proie. Mais la tâche n'est pas aisée et vous n'abat-

trez certes pas votre Stuka le premier jour...

Pourtant, peu à peu l'habileté viendra. Vous irez même jusqu'à enclencher la "clef" qui doublera la sensibilité de votre manche à balai (attention aux cabriolets !) et vous regretterez que l'horizon artificiel ne soit pas capable d'indiquer votre renversement, à l'issue d'un demi-looping, avant de déclencher le tonneau destiné à vous remettre en vol normal.

En fait, il faudrait un livre pour inventorier la richesse de "Spitfire Simulator". Je pense que ce programme est un bel exemple de ce qu'on peut réaliser avec 48 K, et tous ceux que le pilotage intéresse seront séduits par ce jeu dont je n'ai pas dévoilé ici toutes les subtilités, faute de place et puis parce que je vous laisse le plaisir de découvrir la suite vous-même, tout au moins si vous lisez un anglais technique assez simple. Bonne chasse donc, mais attention à l'atterrissage !...

André COSTA □

## FABRIQUEZ UN GYROSCOPE DE POCHE

► Du char à bœufs à la fusée interplanétaire, en passant par la calèche, le tracteur ou le sous-marin, aucun véhicule ne peut se passer de conducteur. Dans le cas général, c'est l'homme qui tient ce rôle ; dans certains cas particuliers, mais plus récents, c'est un gyroscope. Depuis des millénaires, l'être humain s'est adapté à tous les types de conduite : cavalier, marinier, conducteur, pilote, cycliste, astronaute, etc. Le gyroscope fait au moins aussi bien : pilote, sous-marinier, torpilleur, conducteur de missiles ou navigateur de l'espace.

A voir la précision avec laquelle les fusées interplanétaires se posent sur le sol martien ou tracent leur route entre Jupiter et Saturne, on peut même se demander si un ensemble gyroscopique aux commandes d'une formule 1 ne gagnerait pas tous les grands prix de la saison. En tout cas, il remplace très aisément l'homme — ou la femme — aux commandes d'un avion, et il est même seul à pouvoir suivre sa route dans la nuit, le brouillard ou le grand vide interplanétaire. Pour tous les missiles c'est un outil irremplaçable, bien que d'une grande simplicité mécanique : une toupie lancée à grande vitesse et montée dans un double cadre lui permettant de prendre n'importe quelle orientation (voir notre photo ci-contre). Ce qui est complexe, en réalité, c'est la réalisation, qui doit être exceptionnellement soignée pour que l'outil soit précis.

Dans notre numéro d'avril (*Science & Vie* n° 787), nous avons fait l'étude des systèmes gyroscopiques en usage actuellement, et dès ce moment il nous avait paru intéressant d'en construire un selon les méthodes habituelles de cette rubrique. Mais, comme la réalisation est tout de même délicate, il a fallu un certain temps à notre cher collègue Pierre Courbier pour arriver au but. Mais nous y sommes parvenus et le modèle proposé, malgré sa grande simplicité, permet d'observer les deux grands phénomènes qui font tout l'intérêt du gyroscope : la permanence de la direction donnée par l'axe de la toupie, et la réaction à angle droit par rapport à toute sollicitation extérieure.

La théorie du gyroscope étant fort complexe, nous allons juste rappeler ici quelques uns des points déjà étu-



diés dans notre article du numéro d'avril. Le premier de ces points, et le plus intéressant en pratique, c'est la permanence de la direction donnée par la toupie. Pour peu qu'elle soit montée dans une suspension à deux axes, on vérifie qu'on peut tourner le support dans tous les sens sans changer sa direction dès le moment où elle tourne très vite sur elle-même.

Ce fait est d'une importance vitale pour tous les systèmes de guidage, puisqu'il permet de comparer en permanence la position d'un mobile par rapport à un axe de référence matérialisé par la toupie. Cette constance de la direction résulte de ce qu'une masse lancée à grande vitesse possède une énergie cinétique très élevée ; pour déplacer son orientation, il faut modifier cette énergie, et donc apporter une force non négligeable. Or les paliers des anneaux de suspension sont très fins, et les frottements qui leur sont dus sont infimes comparés au moment cinétique de la toupie. On peut donc tourner le support en tous sens sans déplacer la direction de son axe de rotation.

Du moins est-ce valable pour un certain temps qui peut atteindre des heures, ou même des jours, car en réalité les frottements des paliers, si faibles soient-ils, ne sont pas strictement nuls et leurs effets finissent par s'accumuler dans le temps. Notons toutefois que les systèmes très affinés ont une précision voisine du dix millième de degré par heure. Notre appareil ne prétend évidemment pas à de telles performances.

Il permet toutefois de constater un second effet gyroscopique très curieux : si la toupie est immobile, et qu'on appuie sur le cadre extérieur de la suspension, tout l'ensemble bascule dans le sens où on appuie, ce qui apparaît parfaitement normal. Par contre, si la toupie est en rotation, on va voir l'anneau qui la porte basculer à angle droit par rapport à la sollicitation, ce qui est tout à fait anormal. De fait, si on tire une chaise vers soi, on serait fort étonné de la voir partir à droite ou à gauche au lieu de se rapprocher.

C'est pourtant un phénomène exactement semblable qui se passe avec la toupie, et il a reçu le nom de « précession gyroscopique ». Il est très difficile à expliquer, car on ne



*Notre gyroscope à 2 axes de liberté est conforme dans son dessin (et ses effets...) à ceux qui guident avions, fusées et missiles.*

peut en donner une interprétation qui soit à la fois simple, intuitive et correcte. Un de nos lecteurs parisiens, M. Aubert, nous a récemment proposé une démonstration relativement aisée à suivre, mais qui demanderait quand même quelques colonnes de textes, sans compter les dessins à l'appui. Nous nous contenterons donc d'admettre que ce couple de basculement, perpendiculaire à la sollicitation, résulte des forces d'inertie de Coriolis.

Ajoutons enfin qu'un choc latéral sur l'axe de la toupie entraîne une oscillation, appelée « nutation », les deux mouvements, précession et nutation, pouvant se superposer. On peut d'ailleurs l'observer avec des toupies d'enfant, et on notera aussi que la stabilité des frisbees, boomerangs et disques de lancer athlétique relève des phénomènes gyroscopiques.

C'est donc un appareil particulièrement intéressant que nous allons construire ce mois-ci, mais il faut dire aussi que c'est l'un des plus complexes que nous ayons proposé. La réalisation est à la portée de tous, comme toujours dans le cas de cette rubrique, mais il faut y apporter beaucoup de soin, un doigté certain et le sens de la mécanique. Moyennant quoi, c'est également une des plus belles réalisations de mécanique physique que vous

pourrez utiliser.

Le montage nécessite la réunion des composants suivants :

- polystyrène-choc en feuilles de 2 mm d'épaisseur (directement, ou par correspondance, chez Adam-Montparnasse, 11 bd Edgar Quinet, 75014 Paris) ;
- moteur électrique 4,5 ou 6 V (diamètre de 25 à 28 mm). Ce moteur peut être récupéré sur un jouet, ou acheté chez un spécialiste de modèles réduits ; celui qui a servi à notre montage est un Mabuchi RE-36 ;
- tige de laiton de diamètre 3 mm et tube laiton de diamètre intérieur 3,05 mm (le premier doit coulisser dans le second). Tiges et tubes peuvent également se trouver chez les spécialistes en maquettes et modèles réduits ;
- entretoises hexagonales taraudées à 3 mm et vis de même pas ;
- feuillard de plomb (épaisseur 2 mm) chez les plombiers, quincaillers ou rayons spécialisés des grands magasins ;
- fil électrique ; soudure ; clous de crochets X ; colles UHU-Plast, cyanocrilate, Néoprène ; trichloréthylène.

La réalisation du montage commence avec la fabrication de la toupie gyroscopique. Il faut pour cela découper des ronds dans du



(suite)

polystyrène et utiliser une technique propre à la méthode hobbystyrène de Paul Courbier. Rappelons que cette technique, très simple, fait appel à un compas de découpe composé de trois épaisseurs de polystyrène de 2 mm collées et percées à chaud avec deux clous de crochet X ; la distance entre les clous est égale au rayon du cercle à découper. Ensuite, on perce le centre du cercle avec une aiguille chauffée et, après avoir introduit dans ce trou l'un des clous du compas, on marque la plaque de polystyrène d'un sillon circulaire assez profond. On répète l'opération sur l'autre côté de la feuille, et il ne reste plus qu'à dégager le disque en rompant.

Le gyroscope décrit ici utilise un moteur dont le diamètre est de 28 mm pour 30 mm de long ; il n'est pas indispensable d'avoir exactement le même pour fabriquer cet instrument. Si celui dont on dispose est un peu différent, il faudra seulement adapter la cote des pièces qui l'entourent en fonction de ses dimensions (ouverture du disque A et diamètre de l'axe du moteur).

En se reportant aux figures 1, 2, 3, 4 et 5, on notera que la pièce A est destinée à soutenir le moteur et à permettre sa rotation autour d'un premier axe de référence ; de plus, elle assure son alimentation électrique par l'intermédiaire des pivots. On en fera la construction en se référant aux cotes données sur les figures pré-citées. Les pivots sont constitués par deux tronçons découpés dans une tige cylindrique en laiton de 3 mm de diamètre, et appointés à la lime. On a choisi le laiton parce qu'il est facile d'y souder les fils en provenance du moteur.

La figure 4 montre le mode de fixation de ces pivots : deux cales en forme de secteur de couronne (cotes données figure 5) maintiennent le pivot qui sera collé dans l'emplacement qui lui est réservé, après soudure du fil en provenance du moteur — si l'on essayait de souder le fil après collage des pivots, on risquerait de fondre la colle cyanocrilate utilisée et le polystyrène.

Les secteurs de couronne, ou cales, découpés dans une pièce identique à A, seront collés au trichloréthylène sur A, mais les pivots seront

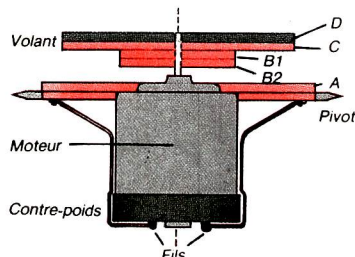


FIGURE 1

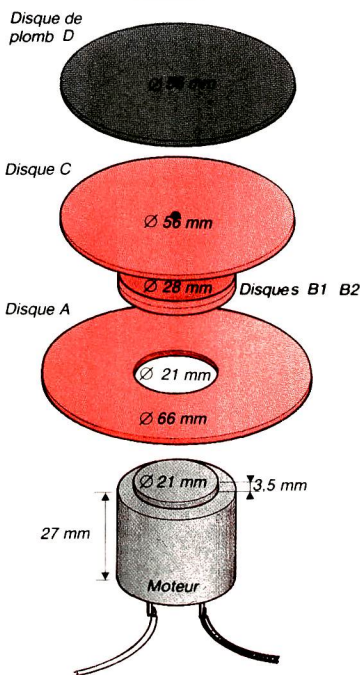


FIGURE 2

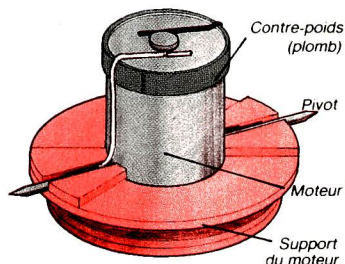


FIGURE 3

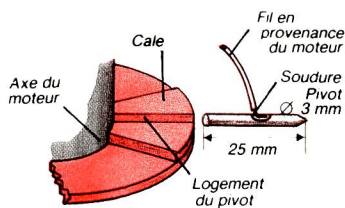


FIGURE 4

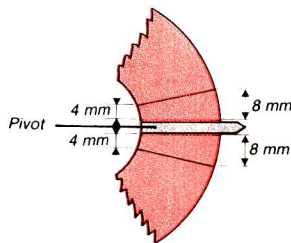


FIGURE 5

collés avec une colle cyanocrilate. Pour le collage de ces secteurs, qui déterminent le logement des pivots, il est nécessaire de tracer un diamètre sur la pièce A et de veiller à ce que les pivots se trouvent à la fois sur ce diamètre et dans le prolongement l'un de l'autre : la liberté de rotation de l'ensemble en dépend (figure 5).

Le volant, lui, est constitué des pièces B1, B2, C et D (figures 1 et 2). Le disque D est à découper dans une feuille de plomb de 2 mm environ d'épaisseur. Pour ce faire on commencera par la rendre plane en la serrant entre deux planchettes. Quand elle ne présente plus ni courbure ni ondulation, on trace un

sillon circulaire avec le compas de découpe décrit plus haut, et on insistera jusqu'à ce que la pièce se détache.

Après avoir découpé les trois disques B1, B2 et C, on les percera en leur centre d'un trou dont le diamètre devra être tel qu'ils entrent à force dans l'axe du moteur. On les enfilera sur cet axe, et on les collera au fur et à mesure au trichloréthylène en veillant, pendant la prise du collage, à leur perpendicularité à ce même axe. Si l'on dispose d'une perceuse sur bâti, les choses seront facilitées ; sinon, l'empilement des trois disques facilitera l'obtention de cette perpendicularité.

Cela fait, il reste à centrer le disque de plomb (D), ce qui demande un peu de patience et constitue le point délicat de cette réalisation. La meilleure solution est de procéder par tâtonnements à partir de l'ensemble en mouvement. Dans un premier temps, on répartira sur la face extérieure du disque C une légère couche de colle Néoprène de type gel (qui ne file pas). Cette colle a pour avantage de permettre un décollage pendant une dizaine de minutes. On posera le disque de plomb D à son emplacement sur C, en vérifiant que son pourtour correspond bien à celui de C.

En reliant les pivots à une pile de 1,5 V d'abord, 4,5 V ensuite, on estimera le centrage dynamique en fonction des vibrations. Si l'exécution des pièces tournantes a été bonne, cette vibration sera minime et acceptable en raison de la technique mise en œuvre. Mais si ces vibrations sont excessives, il restera à décoller le disque de plomb et à le recentrer jusqu'au moment où l'ensemble tournera sans une secousse. En réalité, les choses sont plus simples à faire qu'à décrire et, sauf erreur grossière de centrage, on obtiendra vite un résultat tout à fait convenable.

Reste à équilibrer la toupie gyroscopique, constituée du moteur et de son volant, dans le sens transversal. Il faudra, pour cela, jouer sur deux paramètres :

- la position du volant sur l'axe du moteur ;
- la valeur et la position du contre-poids.

En se reportant à la **figure 3** (où l'ensemble a été retourné pour l'explication), on verra que ce contre-poids est constitué par une lame de plomb enserrant le corps du moteur. En tenant le gyroscope entre le pouce et l'index, on parviendra aisément à obtenir cet équilibre. Une fois acquis, il ne restera plus qu'à instiller de la colle cyanocrilate entre le plomb et le corps du moteur, et entre le volant et son axe ; pour ce dernier collage, il faut procéder avec précaution et mettre la colle avec une aiguille enduite du produit (et non directement avec le tube) car si la colle pénètre entre l'axe et le palier du moteur, il y a de fortes chances pour que les deux restent liés de manière difficilement réparable.

On passe ensuite à la construction du deuxième cadre de la suspension à la cardan, dont les éléments sont indiqués des **figures 6 à 12** (page suivante). Il a pour but de donner un second degré de liberté au gyroscope et de permettre toute orientation dans un plan perpendiculaire au premier. L'alimentation électrique des moteurs passe également par les paliers. Pour cela le cadre comportera : une couronne (pièce E), deux pivots et deux crapaudines reliés deux à deux par un fil conducteur.

Commençons par les pivots ; comme ceux du gyroscope proprement dit, ils seront découpés dans de la tige de laiton cylindrique de 3 mm de diamètre. Si on peut se procurer les 4 entretoises de section hexagonale (longueur 6 mm, taraudage intérieur 3 mm) la longueur des pivots sera de 20 mm. Si on est obligé de fabriquer soi-même les crapaudines — **figure 9** — avec un tube de laiton obturé à la soudure et foré ensuite avec une mèche de 3 mm, il faudra déterminer la longueur des pivots. Après les avoir coupés, on les rendra pointus en les usant sur un disque abrasif ou sur une lime. En ce qui concerne les crapaudines à vis, l'emplacement des pivots sera préparé en forant avec une mèche de 3 mm — **figure 8** — qui enlèvera le filetage et formera un cône dans la vis de serrage. Il faudra ensuite, avec le compas de découpe, fabriquer deux couronnes aux cotes indiquées **figure 6**. L'une sera utilisée telle quelle, mais après avoir tracé deux diamètres perpendiculaires. L'autre sera découpée en secteurs ayant les dimensions précisées sur la même figure. La **figure 7** précise la façon de fixer les pivots ; une cale d'épaisseur sera prévue si on utilise le système de crapaudine détaillé **figure 8**. En effet, il est important que les deux axes de rotation se croisent en un point situé au centre de la couronne : c'est le rôle de la cale d'épaisseur.

En collant les diverses pièces maintenant les deux pivots et les deux crapaudines (**figures 7 et 10**), il faudra veiller à ce qu'elles enserrant bien ces quatre éléments, et à ce que ceux-ci soient à la fois bien disposés sur les repères et que leurs axes soient dans le prolongement l'un de l'autre. Mais, comme pour les pivots de la toupie, et pour les mêmes raisons, les soudures des

fils de liaison devront être faites avant le collage avec une colle cyanocrilate.

Si on utilise les crapaudines à vis décrites **figure 8** il sera possible d'introduire les axes l'un après l'autre en enlevant les vis. Si on emploie la solution décrite **figure 9**, on sera dans l'obligation d'emprisonner ces mêmes pivots en collant les crapaudines. Il faudra veiller, ce faisant, au centrage du gyroscope et à laisser un très léger jeu.

Il reste maintenant à équilibrer l'équipage oscillant autour de l'axe de la couronne intermédiaire. Pour cela, il va falloir fabriquer un arceau G (**figure 11**) qui reposera le plus près possible des pivots et sera maintenu par collage de deux petites équerres F1 et F2 (**figure 12**). L'équilibrage proprement dit devra être assuré par l'apport de petites bandes de plomb, mais ne sera effectué qu'après avoir terminé le socle proprement dit.

Celui-ci est illustré **figures 13 et 14**, où sont également portées toutes les cotes nécessaires à sa fabrication. On n'omettra pas de passer les fils d'alimentation dans les trous prévus sur les deux colonnes. Les crapaudines seront collées avec une colle cyanocrilate (cyanolit, superglu, lock-tight, etc.) en veillant toujours à l'alignement de leurs axes ; si on les réalise avec des tubes en laiton, elles devront bien entendu emprisonner les pivots de l'étage intermédiaire avant collage. Notons également que, dans ce cas, il sera nécessaire de prévoir des cales afin d'assurer la position avant collage ; en effet, le contact d'un cylindre et d'un plan ne suffit pas à assurer une surface suffisante, même avec une colle très puissante.

Lorsque tout sera terminé, il restera à figurer l'équilibrage, ce qui peut conduire à coller quelques fragments de plomb sur les diverses pièces mobiles. L'objectif consiste à atteindre un équilibre stable, quelles que soient les positions données à la toupie ou aux cadres. Dans l'absolu, il faut que les trois axes de rotation (volant et les deux cadres) se croisent au centre de gravité de l'ensemble ; à ce moment, l'axe du moteur reste à sa position quelle que soit l'orientation qui lui a été donnée. Dans la réalité, c'est un équilibre très difficile à atteindre, mais on s'efforcera de l'approcher le plus possible.



PHYSIQUE AMUSANTE

(suite)

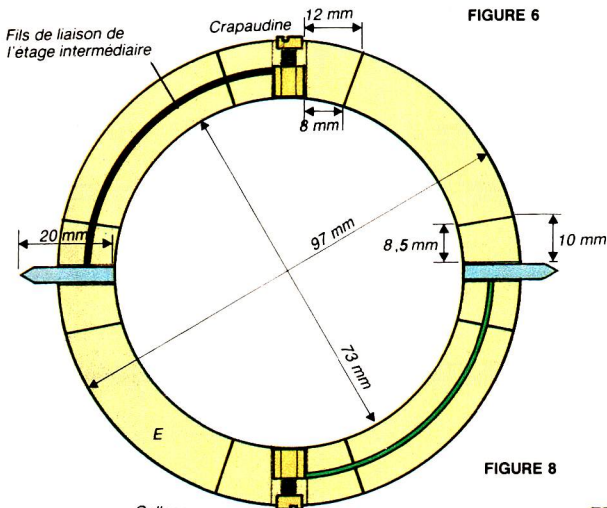


FIGURE 6

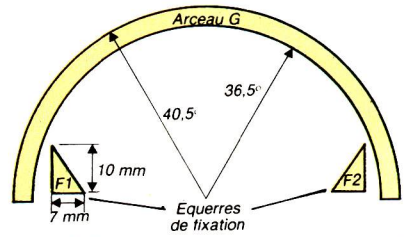


FIGURE 11

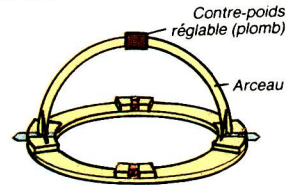


FIGURE 12

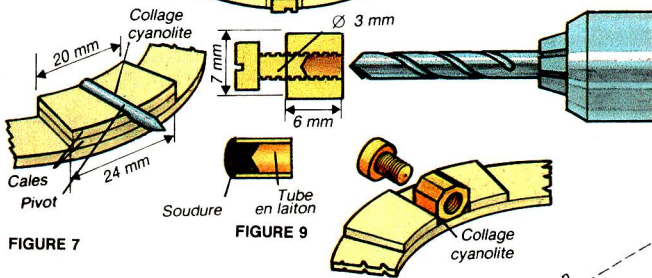


FIGURE 7

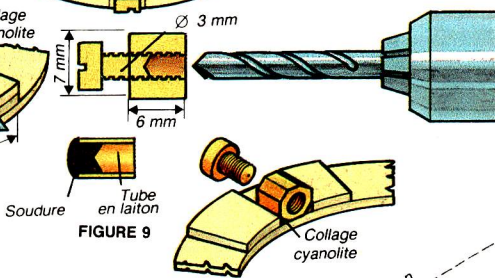


FIGURE 9

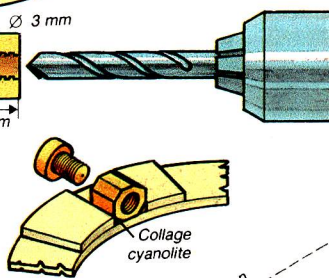


FIGURE 10

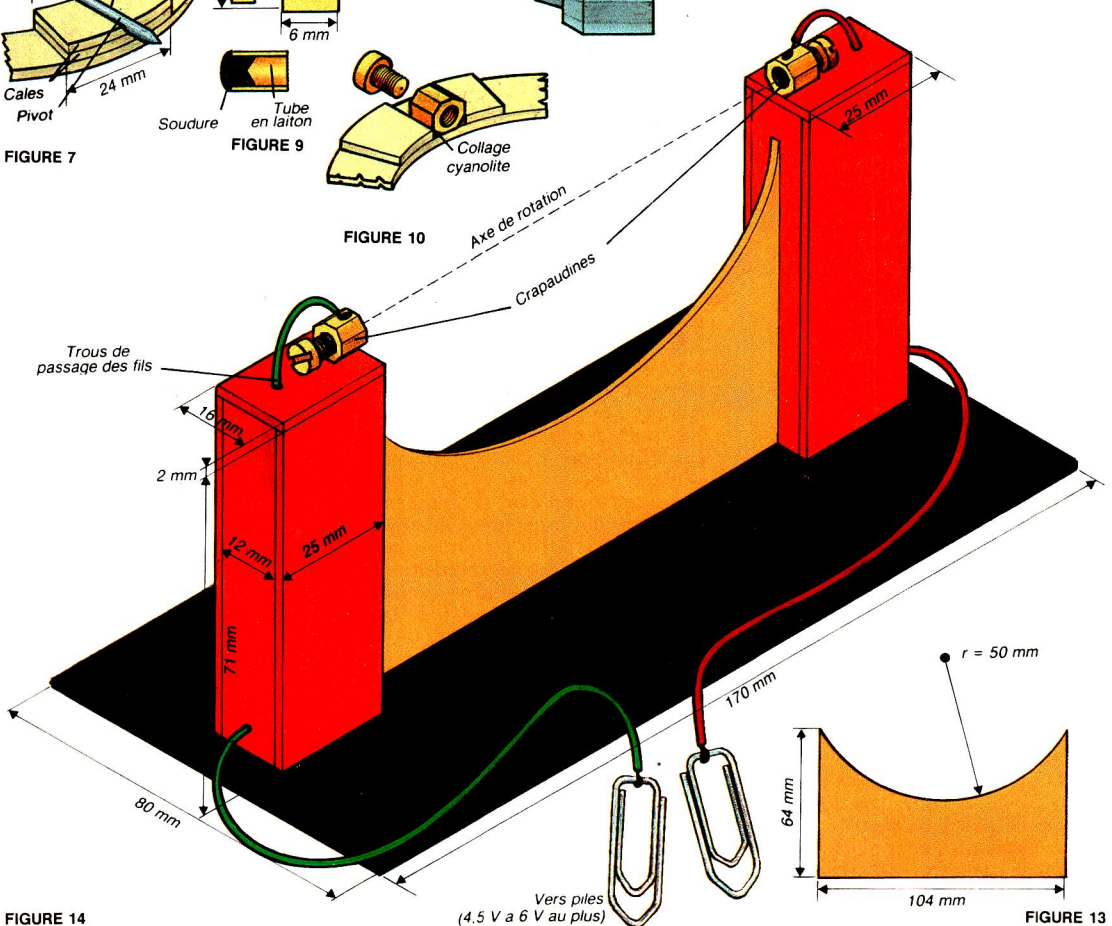


FIGURE 14

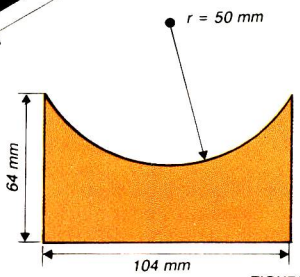


FIGURE 13

CONNAISSEZ-VOUS  
VOTRE CLAVIER ?

Quand tout sera bien au point, il ne restera plus qu'à mettre l'appareil en marche, soit avec une pile de 4,5 V, soit avec un transformateur muni d'un rhéostat comme ceux destinés aux trains électriques. En théorie, et en pratique, plus le moteur tourne vite, et plus les effets gyroscopiques sont nets ; il faut tout de même éviter d'emballer le moteur à fond, ce qui abrègerait sa vie de manière considérable. Avec une pile, il n'y a pas beaucoup de crainte à avoir, mais avec un transformateur, il faut savoir rester modéré.

Si toute la construction a été soigneusement menée, on vérifiera alors, en inclinant le socle dans tous les sens, que l'axe de rotation du moteur conserve toujours la même direction. On observera de même le phénomène de précession : quand on veut faire basculer le cadre extérieur d'un doigt léger, la toupie se déplace à angle droit au lieu de basculer dans le même sens que le cadre. Si on maintient la pression, on peut même voir le cadre intérieur faire un tour complet alors que le cadre extérieur aura à peine bougé. Mais il faut pour cela que le montage soit très bien équilibré, et que les paliers soient assez réussis pour n'avoir que très peu de frottements.

Les gyroscopes destinés au guidage des avions, des fusées, des torpilles ou des missiles sont des ensembles montés avec une précision de laboratoire ; leur prix atteint les 10 000 F pour les modèles les plus modestes (horizon gyroscopique des petits avions, par exemple). Notre montage est loin d'atteindre et ce prix, et cette finesse. Aussi, quand on met le courant, la toupie prend une position qui dépend des divers balourds, des imprécisions dans l'alignement des axes et des frottements dus aux paliers.

Cependant, une fois le rotor bien lancé, notre gyroscope à deux degrés de liberté permet d'observer tous les phénomènes liés aux rotations rapides. Le but recherché dans cette rubrique est donc atteint : avec un minimum de frais, de temps et de moyens, créer un dispositif démonstratif et didactique. Cette fois nous pourrions même dire que le but est dépassé, dans la mesure où un gyroscope deux axes est un engin complexe et délicat qu'on ne trouve même pas dans le commerce.

► Nous nous intéresserons ce mois aux "boucles FOR-NEXT" qui, comme vous pourrez le constater, présentent des avantages certains dès qu'il s'agit d'effectuer plusieurs fois une même opération. Le jeu qui, comme à chaque fois, servira de fondement à nos explications, vous permettra aussi de déterminer votre connaissance de la position des touches sur le clavier de votre ZX-81.

Mais voyons auparavant quatre mini-programmes (numérotés de 1 à 4 ci-dessous) dont deux (1 et 3) sans boucle FOR-NEXT ont leurs homologues (2 et 4) avec boucle. Le programme 1 permet d'afficher sur l'écran les chiffres de 1 à 20 par ordre croissant et avec une progression de 1. Pour ce faire, il faut d'abord "déclarer" (LET) une variable X et fixer sa valeur à 1, puis l'écrire (PRINT), et enfin ajouter 1. Ensuite, un texte de comparaison permet de savoir si la valeur finale (20) est atteinte. Si oui, il suffit de sauter au pas 60, qui indique la fin du programme. Sinon, il faut renvoyer le programme au pas 20 et recommencer, sans tenir compte du pas 5 (REM), qui n'est

pas à proprement parler une ligne de programme. Il nous faut donc, dans ce cas, 6 pas pour arriver au résultat voulu.

Mais, en se reportant maintenant au deuxième programme, vous constaterez que, bien qu'il donne exactement le même résultat, en fait 4 pas peuvent être suffisants. En effet, au pas 10, FOR X = nous permet de fixer la valeur de départ de X (c'est-à-dire 1), et TO, la valeur finale à ne pas dépasser (c'est-à-dire 20). Nous écrivons bien sûr X sur l'écran (avec PRINT toujours), mais ensuite, au pas 30, NEXT X indique au micro-ordinateur qu'aussi longtemps que la valeur finale n'est pas atteinte, il faut recommencer avec le X suivant, donc retourner au FOR du pas 10. La boucle est bouclée !

Lorsque la valeur finale (20) est atteinte, nous pouvons donc passer au pas 60 et écrire que c'est fini, donc que nous sommes effectivement sortis de la boucle. Nous insistons sur ce point car, s'il est très facile d'entrer dans une boucle, il est parfois plus difficile d'en sortir dès que le programme se complique. Mais n'anticipons pas...

```
5 REM PROGRAMME 1
10 LET X=1
20 PRINT X
30 LET X=X+1
40 IF X>20 THEN GOTO 60
50 GOTO 20
60 PRINT AT 0,10;"FIN"
```

```
5 REM PROGRAMME 2
10 FOR X=1 TO 20
20 PRINT X
30 NEXT X
60 PRINT AT 0,10;"FIN"
```

```
5 REM PROGRAMME 3
10 LET X=1
20 PRINT X,X*2
30 LET X=X+2
40 IF X>21 THEN GOTO 60
50 GOTO 20
60 PRINT AT 0,10;"FIN"
```

```
5 REM PROGRAMME 4
10 FOR X=1 TO 21 STEP 2
20 PRINT X,X*2
30 NEXT X
60 PRINT AT 0,10;"FIN"
```

Nos quatre mini-programmes d'essai

Renaud de La TAILLE □



(suite)

```

5 REM CLAVIER
10 PRINT "RENSEIGNEZ-VOUS VOTRE
2 CLAVIER"
20 PRINT "FORCE DU JEU : 1 A 5
1=DIFFICILE, 5=FACILE"

ENTREZ VOTRE FORCE

B REUSSITE : 80 POUR CENT
J GAGNE
J GAGNE
" PERDU...
J GAGNE
( GAGNE
4 GAGNE
GAGNE
" PERDU...
0 GAGNE
> GAGNE
" GAGNE
GAGNE

```

Le jeu...

```

5 REM CLAVIER
10 PRINT "RENSEIGNEZ-VOUS VOTRE
2 CLAVIER"
20 PRINT "FORCE DU JEU : 1 A 5
1=DIFFICILE, 5=FACIL
E"
30 PRINT AT 10,0;"ENTREZ VOTRE
FORCE"
35 DIM N$(1)
40 INPUT N$
50 IF CODE N$<29 OR CODE N$>30
THEN GOTO 40
52 CLS
55 LET M=20*(VAL N$)
60 LET Z=0
65 FOR J=1 TO 10
70 LET X=INT (RND*64)
75 IF X<11 THEN GOTO 70
80 PRINT CHR$ X
85 FOR I=0 TO M
90 IF INKEY$<>" " THEN GOTO 93
92 NEXT I
93 IF CODE (INKEY$)=X THEN GOT
0 105
95 PRINT "PERDU..."
100 GOTO 115
105 PRINT "GAGNE"
110 LET Z=Z+1
115 NEXT J
120 PRINT AT 0,9;"REUSSITE : ",Z
+10;" POUR CENT"
130 PAUSE 200
140 CLS
150 GOTO 10

```

... Et son programme

Dans notre troisième programme, nous souhaitions obtenir cette fois la suite des nombres impairs jusqu'à 21 (inclus) accompagnés de leurs doubles. Nous ne nous attarderons pas sur sa conception, puisqu'il est en fait le pendant du premier à 6 pas (compte tenu toutefois du changement des données), mais nous examinerons en détail son corrolaire n° 4.

Outre les indications figurant déjà dans le programme 3, nous trouvons ici un mot nouveau (STEP), qui signifie ici incrément. C'est justement cet incrément que le micro-ordinateur va ajouter à la variable X à chaque tour de boucle. Aussi, si vous ne spécifiez pas STEP, l'ordinateur programmé ainsi par le constructeur prendra par défaut la valeur 1 (cela explique que le programme 2 ait fonctionné).

Preuve étant faite maintenant par ces quatre programmes que les boucles FOR-NEXT accroissent la rapidité de mise en œuvre (moins de lignes à taper) et permettent un gain de place appréciable (sur l'écran et en mémoire), voyons de plus près notre jeu, dans lequel d'ailleurs on trouvera 2 boucles FOR-NEXT imbriquées.

**Les règles.** Le ZX-81 va tirer une lettre, un chiffre ou une ponctuation au hasard et l'afficher sur l'écran. Dès lors, vous disposez d'un temps limite pour le retrouver sur le clavier et le taper. Après 10 tours, le jeu s'arrête et le ZX 81 vous donne votre moyenne, après quoi l'ordinateur attendra 4 secondes et vous demandera à nouveau la force de jeu que vous désirez. Si vous venez d'acquérir votre appareil, ne soyez pas présomptueux et choisissez d'emblée le test "facile" (non, nous n'avons pas dit tranquille), c'est-à-dire le niveau 5. Et si votre moyenne atteint 50 %, ce n'est déjà pas si mal...

**Le programme.** Afin de le protéger contre toute fausse manipulation pour l'entrée de la force de jeu et des données du clavier, nous avons été obligés d'utiliser certains ordres basiques que nous n'avons pas encore étudiés dans le cadre de cette rubrique, mais sur lesquels nous reviendrons prochainement. Nous nous contenterons aujourd'hui de les énumérer. Il s'agit de : DIM (touche D, curseur en mode K); CODE (touche I, curseur en mode F); VAL (touche J, curseur en mode F); CHR-S (touche U, curseur en mode F).

## COMMENT LOCALISER PAR CALCUL LA LUNE SUR LE CIEL

Rappelons à cette occasion que le mode K (de l'anglais *keyword*) est le mode normal lorsque vous entrez des lignes de programme ; il signifie que le ZX 81 interprétera non pas la lettre ou le chiffre de la touche, mais le mot écrit à côté (c'est le principe de programmation par mots clés et d'aide à la frappe). D'autre part, le passage en mode F (pour *fonction*) s'obtient en appuyant simultanément sur les touches SHIFT et NEW LINE.

Mais revenons à notre programme, et considérons dès maintenant les deux boucles imbriquées annoncées plus haut. A l'intérieur de la première, qui commence à la ligne 65, se termine à la ligne 115, et compte le nombre de coups de jeu (maximum 10), nous en avons placé une seconde, plus courte et complètement indépendante. Celle-ci commence à la ligne 85, pour se terminer 2 pas plus loin, à la ligne 92. C'est ce qu'on appelle en informatique une "boucle d'attente". C'est exactement le temps que le ZX 81 utilise pour effectuer "n" fois son programme (ceci présente un avantage certain par rapport à l'ordre PAUSE N (touche M, curseur en mode K). La ligne 90, en effet, nous permettra de sortir de cette boucle sans avoir à en attendre la fin, dès qu'une touche quelconque du clavier aura été actionnée, ce qui serait impossible avec une simple pause. De plus, nous évitons ainsi tout scintillement plus ou moins marqué de l'écran, surtout dans le cas d'une pause répétitive.

Quant à la programmation du jeu lui-même, soyez vigilants car elle demande effectivement quelques efforts. Un petit "truc" devrait toutefois vous éviter bien des agacements : à la ligne 90 vous trouvez deux guillemets, que vous pouvez obtenir en tapant deux fois de suite SHIFT P, et non pas une seule fois SHIFT Q... Une fois ces précautions prises, faites RUN et NEW LINE. Alors, après avoir posé la question « connaissez-vous votre clavier ? », le ZX-81 vous indique les forces de jeu possibles avec leurs correspondances (facile, difficile), puis vous demande d'entrer cette force. Apparaissent alors au bas de l'écran deux guillemets. C'est là que vous rentrez un des deux chiffres compris entre 1 et 5. Tapez NEW LINE et commencez votre "ZX contre la montre".

Henri-Pierre PENEL  
et Olivier GUTRON □

► Nous poursuivrons ce mois notre travail commencé dans notre rubrique de juin (*S & V* n° 789) sur la programmation des positions et mouvements de la Lune. Notre satellite naturel, en raison des nombreuses perturbations gravitationnelles dont il est l'objet, possède une orbite qui est loin d'être aussi stable que celle des planètes, ce qui conduit, vous le constaterez, à des calculs, sinon complexes, du moins assez longs. Rappelons, pour l'anecdote, que Charles Delaunay, qui fut directeur de l'observatoire de Paris, présenta en 1866 une *Théorie de la Lune*, dans laquelle il s'était attaché à recenser et à évaluer numériquement toutes les perturbations dont celle-ci était l'objet : il en recensa près de 1 500, après sept années de travail acharné ! Même les "matheux" les plus invétérés frémirent en songeant que le terme principal de l'équation qui rend compte du mouvement de notre satellite naturel couvre, à lui seul, 137 pages du manuscrit de Delaunay...

Nous n'irons pas jusque-là, et pour situer la Lune, nous nous en tiendrons au trois plus importantes, ce qui permet déjà de situer l'astre à 0,5° près, soit l'équivalent de son diamètre apparent (cela nous a semblé déjà satisfaisant pour bon nombre d'utilisations à l'usage des astronomes amateurs).

Dans notre numéro de juin nous avons donné les formules, l'organigramme et le programme permettant de déterminer tout au long du mois la distance de la Lune. Cette fois-ci, en réutilisant bon nombre de formules déjà présentées, nous irons un peu plus loin dans la difficulté en calculant les coordonnées de l'astre pour n'importe quelle date. Il s'agit des coordonnées équatoriales (ascension droite "alpha" et déclinaison "delta"). Celles-ci, une fois calculées, permettent de savoir, en se reportant à un planisphère céleste, non seulement dans quelle constellation se trouve la Lune, mais aussi à proximité de quelle planète ou quelle étoile brillante elle peut se trouver passer (conjonctions).

Enfin, ayant localisé à l'avance (ou même pour une date passée) cette Lune, il sera possible à l'aide d'une carte tournante du ciel (type "Miniciel" de Pierre Bourge ou "Planiciel" de J. Villette), de déterminer approximativement l'instant de son lever, de son passage au méridien, ou de son coucher. Dans une pro-

chaine rubrique, nous nous intéresserons à la détermination plus précise de ces instants clés.

### Formulation

Les six premiers points du calcul présenté en juin restent valables. Nous les rappelons brièvement pour commodité, mais si vous souhaitez des commentaires plus détaillés sur ceux-ci, reportez-vous au numéro 789 en question.

### Calcul des paramètres solaires :

Anomalie moyenne :

$$Ms = 0.985\,63\,N - 3.468\,9\,(^{\circ})$$

Longitude écliptique :

$$Ls = Ms + 1.916 \sin Ms + 282.510\,4$$

"N" étant le nombre de jours écoulés depuis une date de référence, en l'occurrence le "0" janvier 1975, N peut se déterminer par exemple à l'aide du programme 20 de la bibliothèque interne de la TI-59, en y ajoutant une unité puisqu'on ne peut introduire que le "1<sup>er</sup> janvier 1975".

Attention : N doit être exprimé en jours et fractions de jour, suivant l'instant précis pour lequel vous souhaitez déterminer la position de la Lune ; sinon, cette position sera calculée pour 0 h TU au jour considéré. Pour 6 h TU, par exemple, nous aurons N = xxxxx.25.

### Calcul de la longitude moyenne de la Lune :

$$Lm = 13.1763\,4\,N + 124.875\,6$$

### Calcul de l'anomalie moyenne de la Lune :

$$M = Lm - (0.1113\,7\,N) - 145.9601$$

### Calcul de l'évection :

$$Ev = 1.274\,51\, [2(Lm - Ls) - M]$$

### Calcul de l'équation annuelle :

$$Ea = 0.186 \sin Ms$$

Calcul de l'anomalie corrigée (position de la Lune sur son orbite, compte tenu des principales perturbations qui affectent celle-ci) :

$$Mc = M + Ev + Ea - 0.37 \sin Ms$$

### Calcul de l'équation au centre :

$$Ec = 6\,289 \sin Mc$$

Après quoi nous devons effectuer les calculs suivants :

### Variation :

$$V = 0.658 \sin 2\,(Lm - Ls)$$

### Longitude corrigée :

$$Lc = Lm + Ev - Ea + Ec + V$$

### Longitude du nœud ascendant :

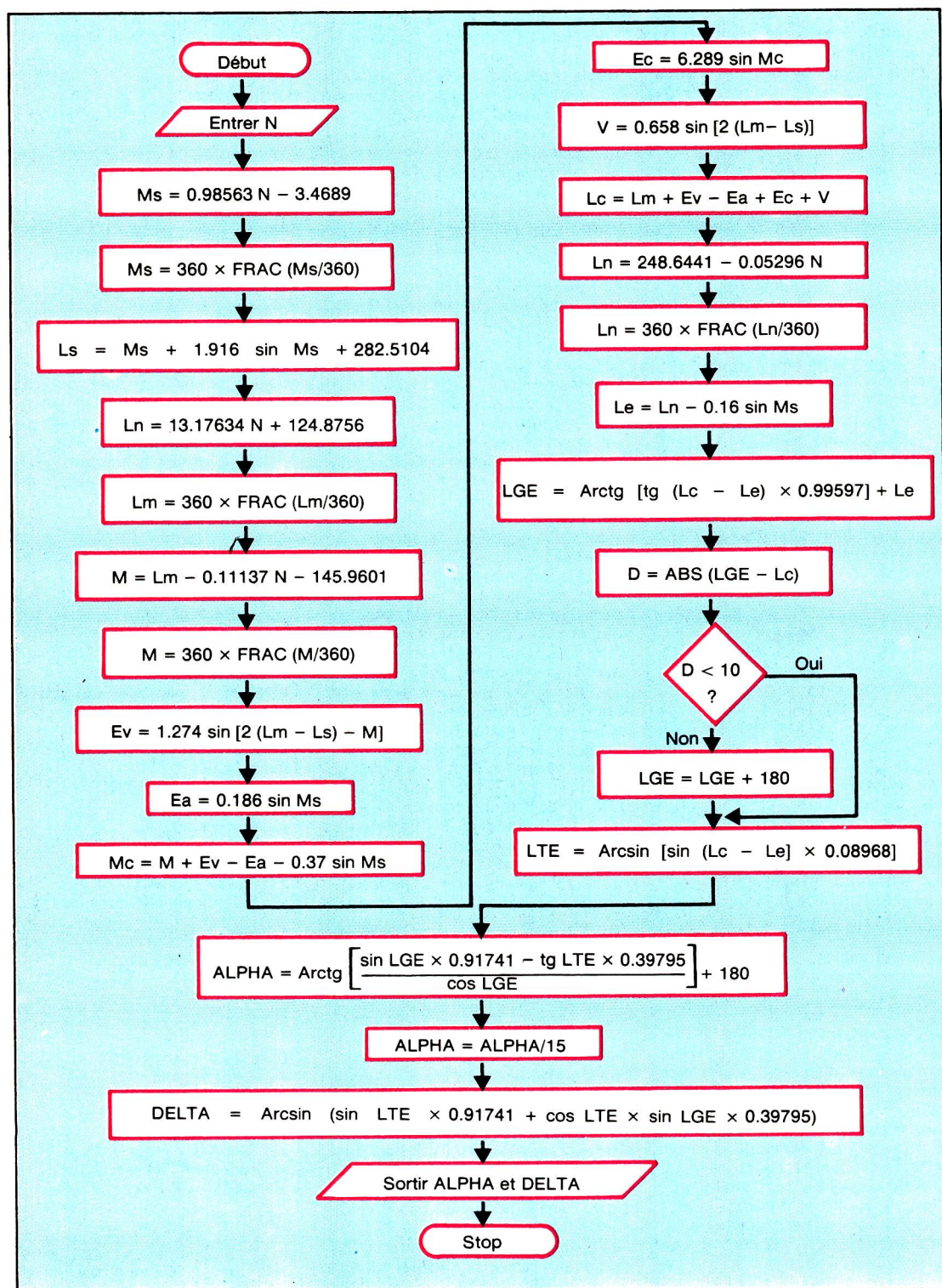
$$Ln = 248.644\,1 - 0.0529\,6\,N$$

(1) Pour ce calcul, comme pour les suivants, il convient de se ramener toujours entre 0 et 360° en divisant l'angle trouvé par 360, puis en multipliant la partie fractionnaire par 360.



# LA CALCULETTE DE L'ASTRONOME

(suite)



Organigramme

### Réduction à l'écliptique :

$Le = Ln - 0.16 \sin Ms$

### Calcul des coordonnées écliptiques de la Lune :

#### ● Longitude :

$LGE = \text{Arctg} [\text{tg} (Lc - Le) \cos i] + Le$

Avec :

$i = 5.1453$  (inclinaison de la Lune sur l'équateur terrestre)

Attention : LGE doit toujours être très voisin de Lc. Si ce n'est pas le cas, il convient d'ajouter ou retrancher  $180^\circ$  pour s'en rapprocher.

#### ● Latitude :

$LTE = \text{Arcsin} [\sin (Lc - Le) \sin i]$   
De ces coordonnées il est assez facile de passer aux coordonnées équatoriales qui, seules, permettront une lecture sur carte céleste ( $i'$  = inclinaison de l'écliptique terrestre -  $23^\circ 27'$ ) :

$\text{Alpha} = \text{Arctg} \frac{[\sin LGE \cdot \cos i' - \text{tg} LTE \sin i']}{\cos LGE} + 180^\circ$

$\text{Delta} = \text{Arcsin} (\sin LTE \cdot \cos i' + \cos LTE \cdot \sin i' \cdot \sin LGE)$

### Application

Où se trouvait la Lune le 26 mai 1983 à 20 h 24 TU ?

### Calcul du nombre de jours (et fractions) écoulés depuis la date de référence :

$N = 3\,068.85$

### Paramètres du Soleil :

$M_s = 3\,024.750\,6 - 3.468\,9$

=  $3021.2817$  à ramener entre 0 et  $360^\circ$

=  $141.2817^\circ$

$L_s = 141.2817 + 1.1984$

=  $282.5104$

=  $424.9905 = 64.9905$

### Longitude moyenne :

$Lm = 4\,0436.2110 + 124.8756$

=  $241.0866$

### Anomalie moyenne :

$M = 241.0866 - 341.7797$

=  $-145.9601$

=  $-246.6513 = 113.3487$

### Évection :

$Ev = -1.0903$

### Équation annuelle :

$Ea = 0.1163$

### Anomalie corrigée :

$Mc = 113.3468 - 1.0903$

=  $-0.1163$

=  $-0.2314 = 111.9107$

### Équation au centre :

$Ec = 5.8348$

### Variation :

$V = -0.0894$

### Longitude corrigée :

$Lc = 241.0866 - 1.0903$

=  $-0.1163$

=  $5.8348 - 0.0894$

=  $255.6254$

### Longitude du nœud ascendant :

$Ln = 248.6441 - 162.5263$

=  $86.1178$

### Réduction à l'écliptique :

$Le = 86.1178 - 0.1000 = 86.0177$

### Longitude écliptique :

$LGE = 65.701 \neq Lc$

donc LGE

=  $65.701 + 180$

=  $245.701$

### Latitude écliptique :

$LTE = 1.7907$

### Coordonnées équatoriales :

$\text{Alpha} = \text{Arc tg} (2.0622) + 180$

=  $244.130 = 16\text{ h } 17\text{ mn}$

$\text{Delta} = -19.50$

La Lune se trouvait donc à ce moment-là par  $16\text{ h } 17\text{ mn}$  d'ascension droite et  $-19^\circ 30'$  de déclinaison, ce qui la place dans la constellation du Scorpion. Or les éphémérides nous apprennent que la planète Jupiter se trouvait au même moment par  $16\text{ h } 18\text{ mn}$  et  $-20^\circ 30'$ , donc en conjonction rapprochée avec la Lune (il y a même eu occultation pour certaines régions).

### Indications

Dans les expressions de  $M_s$ ,  $L_m$ ,  $M$  et  $Ln$ ,  $N$  peut prendre des valeurs très grandes, c'est pourquoi il est bon de ramener lesdites expressions entre  $-360^\circ$  et  $+360^\circ$ , afin de limiter les incertitudes de calcul des machines. Dans l'organigramme,  $\cos i$ ,  $\cos i'$ ,  $\sin i$  et  $\sin i'$  ont été remplacés par leurs valeurs.

### SOLUTION

#### DU MOIS PRÉCÉDENT

#### Programme pour HP-34C

001 LBL A	010 .
DEG	0
STO 3	1
R ↓	7
STO 2	2
R ↓	x
8	x ⇌ y
0	3
-	-

020 .	060 ×
9	.
8	7
5	3
6	+
3	tan
x	5
ENTER	.
sin	2
1	x
030 .	070 RCL 2
9	4
1	8
6	.
7	9
x	-
+	x
+	Last x
2	.
8	0
040 2	080 3
.	CHS
5	x
9	1
6	+
5	÷
1	STO 1
+	CHS
sin	STO 0
.	RCL 3
050 3	090 4
9	x
7	9
8	+
1	STO + 1
x	STO + 0
sin <sup>-1</sup>	RCL 1
1	RCL 0
.	098 RTN
8	

### Mode d'emploi

Introduire successivement les valeurs  $n$ ,  $M$ ,  $\phi$  et  $L$  au moyen de la touche ENTER, puis faire A. L'heure de lever apparaîtra. Faire ensuite  $x \rightleftharpoons y$  pour avoir celle du coucher.

### Programme pour TI-58, 59

000 LBL A	0
STO 10	-
R/S	INT
LBL B	=
STO 12	030 x
x ⇌ t	1
010 STO 11	0
R/S	0
LBL C	-
DEG	8
RCL 10	0
PGM 20	=
020 B	EXC 10
RCL 03	040 INV INT
÷	+
1	1
0	



(suite)

```

0      1
0      =
=      INV sin
PGM 20 x ≈ t
A      4
050 PGM 20 x
C      RCL 12
-      111 +
3      9
=      =
x      STO 14
.      STO 15
9      RCL 11
8      120 -
060 5      4
6      8
3      .
+      9
STO 13 =
sin    ÷
x      (
1      +/ -
.      x
070 9      130 .
1      0
6      3
7      +
+      1
.      )
0      x
1      5
7      .
2      2
080 2      140 x
x      (
RCL 10 1
+      .
2      8
8      x
2      x ≈ t
.      +
5      7
090 9      150 3
6      )
5      tan
1      =
=      INV SUM 14
sin    SUM 15
x      RCL 15
.      161 x ≈ t
3      RCL 14
9      164 R/S
100 7
8

```

## Mode d'emploi

- Écrire la date désirée sous la forme MMJJ.AAAA en A ;
- entrer  $\phi$  en  $x \approx t$ , entrer L et faire B ;
- appuyer sur C pour démarrer le calcul ;
- l'heure du lever CL apparaît. Faire  $x \approx t$  pour avoir celle du coucher CC.

Pierre KOHLER  
Programmation Daniel FERRO □

## GUERRE PSYCHOLOGIQUE

► Quand deux joueurs d'échecs s'affrontent, le rapport de force ne s'établit pas seulement en fonction de leurs connaissances et de leur puissance d'analyse respectives. Une troisième composante intervient, comme dans tous les

sports : le "moral". Un joueur qui doute est un joueur battu. S'opposer au plan de l'adversaire est non seulement recommandé techniquement, mais aussi psychologiquement ! La partie suivante en est une illustration parfaite.

### SPEELMAN-MARTIN

#### Championnat de Grande-Bretagne 1982 Partie anglaise

1. Cf3 Cf6
2.  $\zeta$ 4 g6
3. g3 Fg7
4. Fg2 d6
5. 0-0 0-0
6. b3 (a) e5
7. Fb2 (b)  $\zeta$ 5
8. C $\zeta$ 3 C $\zeta$ 6 (c)
9. d3 h6
10. e3 Ff5
11. h3 Dd7
12. Rh2 Tab8
13. Dd2 g5
14. Tad1 a6 (d)
15. d4 ! ? (e)  $\zeta$ xd4
16. exd4 exd4
17. Cxd4 Cxd4
18. Dxd4 Cg4+
19. h $\times$ g4 Fxd4
20. Txd4 Fg6
21.  $\zeta$ 5 Tbe8
22. Cd5 f6
23. Ce3 Db5
24.  $\zeta$ xd6 De2
25. F $\zeta$ 3 D $\times$ a2
26. d7 Td8
27. Td6 Rh7 (f)
28. Cd5 Da3
29. b4 Da4
30. Tal Db5
31. Td1 De2
32. C $\times$ f6+ Rh8
33. Tel D $\zeta$ 4
34. Fa1 Da2
35. Rg1 D $\zeta$ 4
36. Ff3 Db3
37. Rg2 D $\zeta$ 4
38. Ce4+ Rh7
39. C $\times$ g5+ ! h $\times$ g5
40. Th1+ Rg8
41. T $\times$ g6+ Rf7
42. Tg7+

a) Les blancs entendent contester aux noirs la suprématie sur la diagonale a1-h8.

b) Le plan "naturel" des blancs est de pousser d2-d4. C'est impossible immédiatement : 7. d4 ? , e $\times$ d4 ; 8. C $\times$ d4,  $\zeta$ 5 ; 9. C $\zeta$ 2, Ce8 suivi de 10. ... F $\times$ a1.

c) Les noirs "surcontrôlent" la case d4.

d) Pensant avoir empêché la poussée d2-d4, les noirs préparent l'attaque sur l'aile-Dame. Mais...

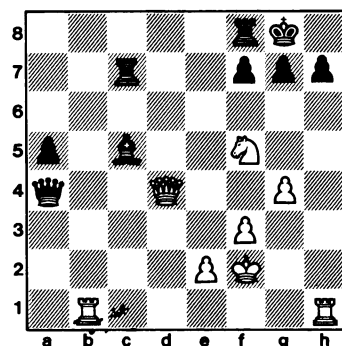
e) Quand même ! Ce coup "interdit" implique le sacrifice de la Dame pour deux pièces mineures et une forte initiative. Mais surtout, à son actif, un terrible "coup de masse" psychologique pour les noirs, qui voient leur plan s'effondrer et qui vont donc se trouver confrontés à des problèmes totalement différents de ceux qu'ils avaient envisagés.

f) Et non 27. ...D $\times$ b3 ?? ; 28. Fd5+ gagnant la Dame. Les noirs, malgré leur avantage matériel, subissent totalement la loi des blancs. Sans plan, ils vont naviguer à vue... et sombrer !

g) Sans attendre 42. ...Re6 ; 43. Th6+, Tf6 ; 44. T $\times$ f6 mat.

Les noirs abandonnent (g)

#### Exercice n° 118



Les noirs ont d'abord joué 1. ...Fe7-b4, "empêchant" 2. Dd4 à cause de 2...F $\zeta$ 5 clouant la Dame. Mais les blancs ont répondu quand même 2.Dd4!! Les noirs se sont obstinés avec 2. ...F $\zeta$ 5 ?? Comment les blancs gagnent-ils à présent ?

#### Solution

##### de l'exercice n° 117

1. Th5 !! (et non 1. f $\times$ e7, T $\times$ e6) car si 1. ...T $\times$ h5, 2. f $\times$ e7 suivi de 3. e8=D+

Alain LEDOUX □

MAGIE  
NUMÉRO-LEXIQUE

14	7	16	5	23
2	25	9	18	11
21	19	3	12	10
20	13	22	6	4
8	1	15	24	17

FIGURE 1

N	G	P	E	W
B	Y	I	R	K
U	S	C	L	J
T	M	V	F	D
H	A	O	X	Q

FIGURE 2

► Luttant contre la schizophrénie qui guette nos esprits, tant nous les appliquons à des tâches aussi diverses que les recherches numériques et alphabétiques, René Daegelen tente d'opérer la liaison entre carrés magiques et mots croisés. La **figure 2** est déduite de la **figure 1** en remplaçant chaque nombre par la lettre ayant le même rang dans l'alphabet. Le premier

2	120	22	100	40	82	49	73	60	65	58
6	116	21	101	37	85	50	72	59	61	63
5	117	88	34	75	47	70	52	64	57	62
9	113	27	95	78	44	69	55	71	54	50
103	19	91	31	39	83	67	53	51	68	66
107	15	87	35	77	41	76	74	79	42	38
106	16	93	29	81	45	46	48	43	80	84
4	118	30	32	28	97	96	36	33	99	98
111	11	90	92	94	25	26	86	89	23	24
110	14	114	115	119	20	18	121	17	10	13
108	12	8	7	3	102	104	1	105	112	109

FIGURE 3

le vocabulaire d'un carré, on peut rechercher la plus grande somme possible. Existe-t-il des carrés dont le vocabulaire dépasse les 208 de celui-ci ? Il semble toutefois souhaitable de faire mieux, pour définir un meilleur critère de la qualité du carré de lettres. Ce critère devrait être aussi évidemment et noblement esthétique que l'égalité des sommes dans

le carré magique. En ce sens, il me paraît que rien ne pourra dépasser la majestueuse beauté des mots de 5 lettres écrits horizontalement, verticalement ou en diagonale. Quel carré magique présentera des mots se croisant sur sa grille ? Abandonnons les relations entre la magie et le lexique pour une autre expansion de la magie. Dans le domaine évoqué ici il y a un peu plus d'un an des carrés magiques à écusson, Mohammed Chareï nous envoie de Rabat quelques jolies créations. Il rectifie d'abord le carré dû à Denis Biancalana (**figure 3**), puis ajoute les siens (**figures 4 et 5**) en allant jusqu'aux dimensions 13 × 13. Dans ces carrés à écussons, chaque sous-carré entouré d'un trait fort est magique et chacun de ces carrés, aussi bien que chacun des chevrons qu'ils délimitent, peut pivoter autour de la diagonale sud-ouest/nord-est en respectant la magie de l'ensemble. Comment se fait-il que les chevrons de ces carrés à écusson soient toujours épais de 2 nombres ? Est-il possible de les réduire à un seul nombre ?  
*Pierre BERLOQUIN* □

2	80	20	62	29	53	40	45	38
1	81	17	65	30	52	39	41	43
68	14	55	27	50	32	44	37	42
7	75	58	24	49	35	51	34	36
73	9	19	63	47	33	31	48	46
67	15	57	21	56	54	59	22	18
71	11	61	25	26	28	23	60	64
10	12	76	77	8	16	13	79	78
70	72	6	5	74	66	69	3	4

FIGURE 4

carré est magique, ses lignes, ses colonnes et ses diagonales ayant une même somme. Le second aura d'autant plus de valeur ludique qu'il comportera des mots lisibles en suivant des lettres qui se touchent. René Daegelen y rencontre 62 mots, dont : 1 mot de 6 lettres ; 5 mots de 5 lettres ; 23 mots de 4 lettres ; 19 mots de 3 lettres ; 14 mots de 2 lettres. Quels sont-ils ? Sur ce système, il est possible de se demander où est l'optimum. En donnant par exemple à chaque mot un poids égal à son nombre de lettres et en réalisant la somme pour

3	167	26	144	46	124	64	106	73	97	84	89	82
1	169	30	140	45	125	61	109	74	96	83	85	87
149	21	29	141	112	58	99	71	94	76	88	81	86
147	23	130	40	51	119	102	68	93	79	95	78	80
154	16	33	137	117	53	63	107	91	77	75	92	90
155	15	127	43	111	59	101	65	100	98	103	66	62
156	14	131	39	115	55	105	69	70	72	67	104	108
6	164	28	142	54	56	120	121	52	60	57	123	122
8	162	135	35	114	116	50	49	118	110	113	47	48
4	166	134	38	143	44	42	145	41	139	138	34	37
12	158	132	36	27	126	128	25	129	31	32	136	133
157	17	20	24	18	11	168	165	163	161	160	22	19
153	13	150	146	152	159	2	5	7	9	10	148	151

FIGURE 5



## UN MANIPULATEUR MORSE

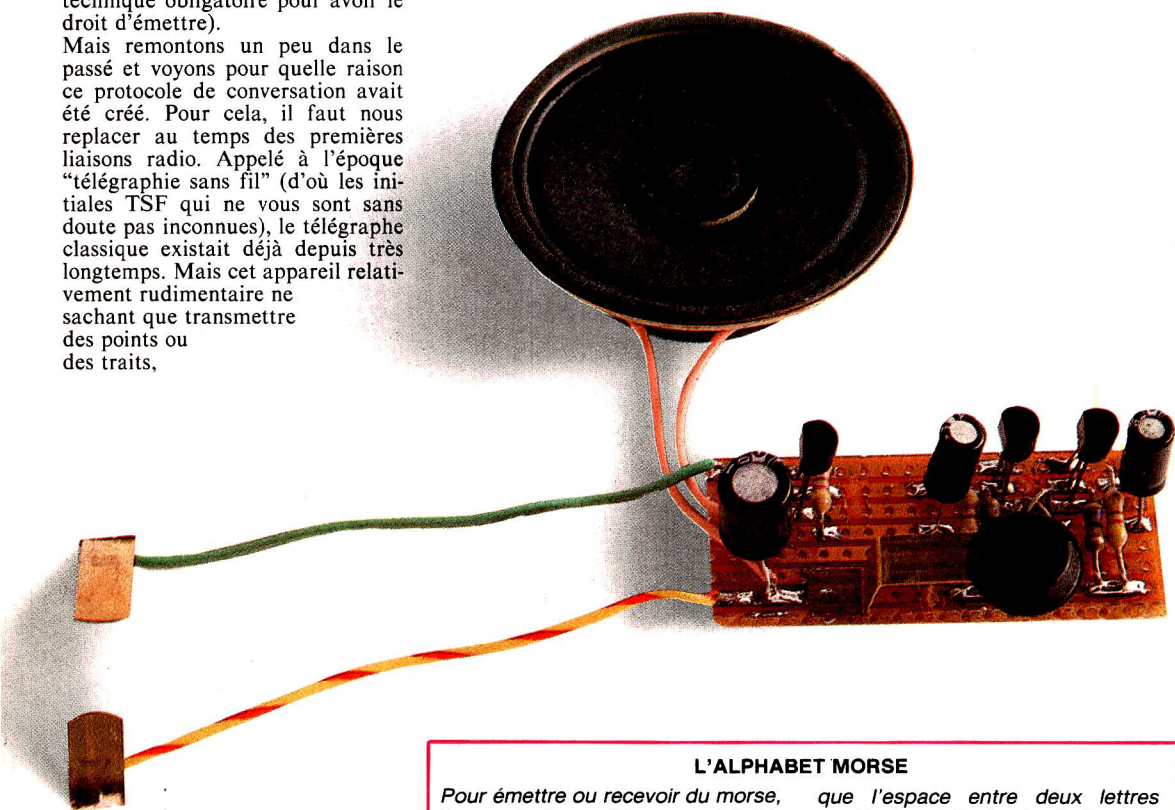
► A l'heure des téléphones, des télex et des satellites de transmission, le morse pourrait sembler une technique de communication digne de nos grands-parents. Pourtant, il reste toujours très employé pour les communications à longue distance ou dans des conditions de transmission difficiles (la preuve en est qu'aujourd'hui encore, pour devenir radio-amateur par exemple, la frappe et la compréhension du morse est exigée lors de l'examen technique obligatoire pour avoir le droit d'émettre).

Mais remontons un peu dans le passé et voyons pour quelle raison ce protocole de conversation avait été créé. Pour cela, il faut nous replacer au temps des premières liaisons radio. Appelée à l'époque "télégraphie sans fil" (d'où les initiales TSF qui ne vous sont sans doute pas inconnues), le télégraphe classique existait déjà depuis très longtemps. Mais cet appareil relativement rudimentaire ne sachant que transmettre des points ou des traits,

grès allant bon train, il a été possible de moduler le signal d'émission par un "bip", comme dans le morse actuel ; puis, suprême raffinement, directement par la voix. La radiophonie était alors née. Cependant, les parasites, les dérives lors des transmissions à longue distance, le manque de sélectivité des postes de radio de l'époque, rendaient rapidement le message parlé incompréhensible. Le morse resta donc

employé pour les messages importants ; de nos jours il en est toujours de même.

Cette page d'histoire étant tournée, revenons à notre manipulateur qui, très simple de conception, ne devrait pas vous clouer à votre établi durant de longues heures. En effet, il ne se compose que de 3 transistors, 3 condensateurs, 5 résistances et 1 haut-parleur. Et cet ensemble émettra des "bips" (du moins nous



son créateur a dû élaborer un alphabet approprié à ce mode de fonctionnement. M. Morse, peintre et physicien de son état, créa donc le code auquel son nom est resté attaché.

Au début, on ne savait comment moduler un signal haute fréquence, il était seulement possible de détecter sa présence ou son absence ; il était donc logique de penser à utiliser le morse. Mais ensuite, les pro-

Pour émettre ou recevoir du morse, il vous faut posséder une véritable petite horloge en tête. En effet, nous donnons ici l'alphabet dans sa plus simple expression. Mais, outre les lettres ou les chiffres eux-mêmes, il vous faut savoir que, par exemple, l'espace entre chaque signe d'une lettre est d'un point,

que l'espace entre deux lettres vaut trois points et qu'enfin l'espace entre deux mots est égal à 7 points. Il existe aussi certains codes pour désigner des mots entiers que vous aurez souvent à utiliser (par exemple, "reçu" se code ... et "début d'émission" : ---). Mais commençons par le strict nécessaire ...

### L'ALPHABET MORSE

A : ..	J : ----	S : ...	2 : ----
B : ....	K : ..	T : ..	3 : ....
C : ....	L : ....	U : ..	4 : ....
D : ...	M : ..	V : ....	5 : ....
E : .	N : ..	W : ...	6 : ....
F : ....	O : ----	X : ....	7 : ....
G : ...	P : ....	Y : ...	8 : ....
H : ....	Q : ....	Z : ....	9 : ....
I : ..	R : ...	1 : ....	0 : ....





## DÉBUTS DE PARTIES À HANDICAP

► Le plus important dans un début de partie à handicap est sans doute de maintenir le blanc sous la pression des pierres noires. Les pierres de handicap, *Hoshi* ou points 4-4, s'y prêtent bien ; leur position haute permet de maintenir normalement des possibilités d'attaque, plutôt que la construction rapide de territoires. Empêcher le blanc de se stabiliser trop rapidement pour le forcer à être prudent, voilà brièvement énoncé le problème.

Pour le résoudre, ou du moins l'expliquer, nous nous référons à deux débuts de parties : l'une à 6 pierres de handicap (figure 1 ci-contre) ; l'autre à 4 pierres (figure 2) ci-contre, rubrique Go). Ils sont tirés de parties pédagogiques jouées par Rin (blanc), alors qu'il détenait le titre de *Meijin*, en 1966. Ses adversaires sont des industriels amateurs assez forts (les parties pédagogiques avec un professionnel de haut niveau coûtent cher).

**Figure 1.** Le coup 6 n'est pas le seul possible, mais c'est une approche agressive et positive du début de partie. L'échange noir "a", blanc "b", et noir 7 est une alternative au coup 6. Quand le blanc sort en *Keima* (saut de cheval) avec 7, le noir saute en 8 sans craindre la coupe immédiate en 24 : l'essentiel est de garder les forces blanches séparées ; le détail, de savoir qu'on peut se permettre ce saut en 8. D'ailleurs les blancs ne jouent pas en 24, ils cherchent la stabilisation avec 9 de la pierre 3. On peut dire que le point important dans ce début de partie est de pouvoir jouer en 7 ou en 8. Pour rendre ce dernier coup plus efficace, il faut jouer 6 qui induit la réponse blanche et 8 suit naturellement.

**Figure 2** (page suivante). C'est la même technique : avec 8, le noir attaque la pierre blanche 7, qui doit sortir. Le noir peut jouer 10, toujours sans craindre d'être coupé immédiatement ; en revanche, quand le blanc joue 11, la connexion solide en "a", apparemment lente, serait la meilleure. Comme alternative à l'attaque directe en 8, le noir pourrait là encore jouer 9, se préparant à envahir entre 3 et 5, ou à faire pression sur la pierre 7 selon la réponse blanche. Jusque-là, dans les deux cas, tout se passe bien pour le noir, mais la situation va un peu se détériorer

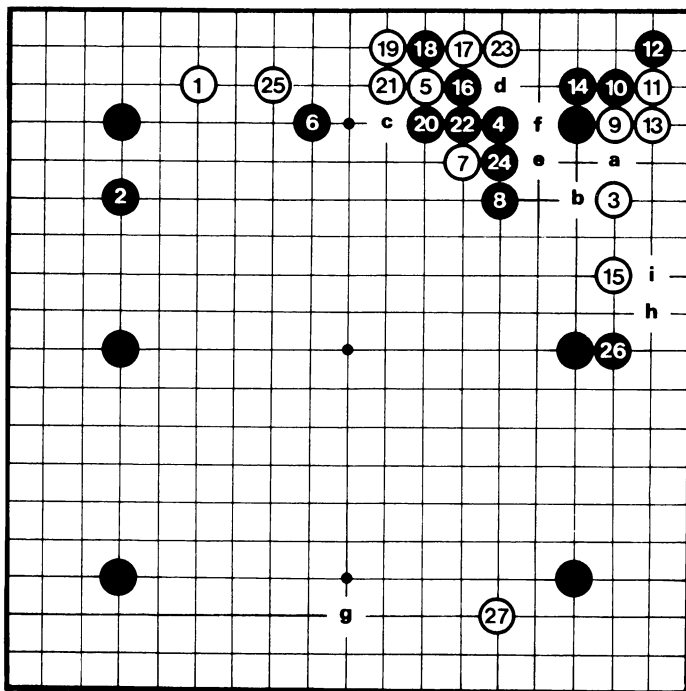


Figure 1

dans la mesure où les bons coups vont être mal utilisés, parce que mal compris. Ajoutez-y la peur du méchant blanc, et vous comprendrez que les noirs, qui sont à l'attaque, vont passer à la défense. A partir de là, nous nous en tiendrons seulement à la figure 1, la seconde étant expliquée en détail dans la rubrique Go ci-contre.

La suite de coups 10-12-14 est solide et contraint le blanc à se stabiliser avec 15. Il faut maintenant pousser le blanc vers le mur noir, et la séquence noir "c", blanc 22, noir "d" serait idéale pour le noir, le coup "d" servant à affaiblir le blanc en lui ôtant toute base de vie et en renforçant le groupe noir, tout en prenant quelques points de territoire, pour ainsi dire gratuitement. Autrement dit, un coup défensif peut aussi servir à l'attaque.

Le coup 16 du noir est contradictoire avec la position. Le noir cherche avant tout sa propre stabilisation, ce dont va profiter le blanc pour se stabiliser lui-même : il ne répond pas 20 qui serait trop lourd ; 17 est un coup de forme, en relation avec 5 et 7 (le blanc n'oublie pas, lui, qu'il est sur la défensive). 18 est un coup à valeur négative : il faut jouer 20 directement ; la

suite serait la même jusqu'en 23, avec toutefois l'absurde échange 18-19 en moins. La coupe en 22 est impossible parce que la pierre noire 20 ne peut pas être capturée en *Shicho* (escalier) : la position blanche serait vite critique.

Que le noir joue ensuite, en 24 est un summum... ! Le noir n'a pas confiance, il est obnubilé et handicapé par l'obsession de cette faiblesse en 24. Il lui faut se renforcer effectivement, mais activement, en jouant "c" ; si le blanc joue 25, à cause de "c", la connexion de ses pierres n'est pas assurée. Ce dont le noir a peur en jouant 24, c'est de la séquence blanc "e", noir 24 et blanc "f", suivie de la coupe ; mais cette coupe serait d'autant plus désastreuse pour le blanc si le noir avait joué "c", ce que je vous laisse le soin de vérifier.

Ensuite, 26 est un coup trop lent : à ce stade, le point important est en "g", ou juste au-dessus. Le noir pourrait jouer "h", qui force la réponse blanche en "i", puis "g". Que le blanc joue le premier dans la zone sud, en 27, prouve qu'il a échappé à la pression du noir, qui a perdu pour le moment l'initiative globale.

Pierre AROUTCHEFF □

## LA PRESSION SUR LES PIERRES BLANCHES

**Blancs :** Rin

**Noirs :** amateur anonyme

**Date :** été 1966

**Handicap :** 4 pierres

**Résultat :** les blancs gagnent de 3 points

► Nous avons vu au cours de notre analyse de la **figure 1** de notre rubrique initiation ci-contre, que les coups 10 à 14 du noir n'étaient pas critiquables ; il y a pourtant moyen d'être encore plus méchant, en utilisant la pierre 8 au maximum. Le **diagramme A** ci-dessous montre comment procéder : le noir, après 5, est assuré de vivre dans le coin ; si, au lieu de 6, blanc joue 8, noir répond en 14 et la suite doit lui être favorable. Avec 7 ensuite, le noir sépare nettement les deux groupes blancs, puis utilise sa pierre de handicap comme pierre de sacrifice. Le coup 13 est très important, voire indispensable, sinon le noir meurt par Ko (blanc commence en "a" ou "b"). La connexion en 15 est parfaite : toutes les pierres blanches sont instables. Si l'on con-

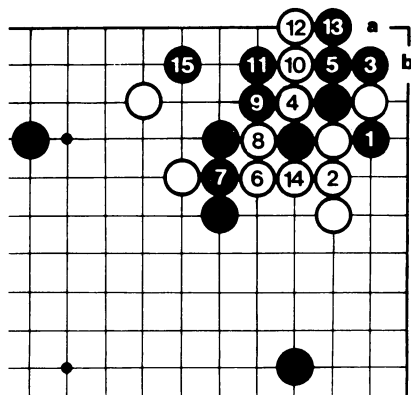


Diagramme A

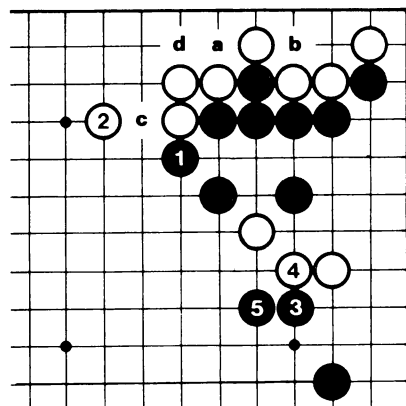


Diagramme B

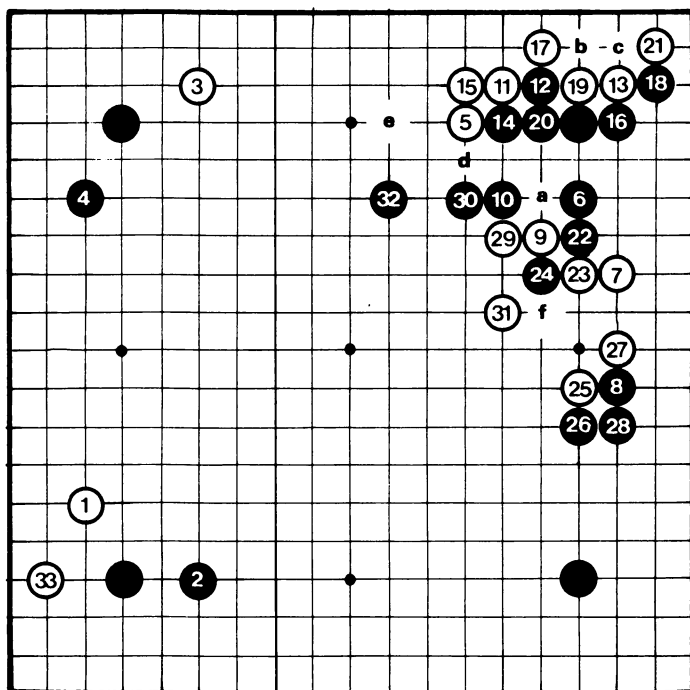


Figure 2

sidère maintenant la **figure 2**, on s'aperçoit que, là aussi, le noir va mal utiliser le coup 10 : 12 devrait être en "a", mais il ne s'agit pas là d'une faute grave. Avec 13, le blanc envahit le coin et attend la réaction noire pour savoir quelle voie suivre ; mais elle est toute trouvée, car le noir force le blanc à jouer des coups qu'il n'osait espérer.

Le plus normal pour le noir, l'idée étant toujours d'éviter que le blanc ne se stabilise trop facilement, est de répondre en 16 au coup 13. Une suite possible serait blanc 17, noir 19, blanc "b" et noir "c".

14 renforce le blanc inutilement sans protéger le coin et 18 est beaucoup trop passif : le blanc accepte avec joie les points qui lui sont offerts. Le seul aspect positif de cet échange est que le noir peut occuper le point vital en "d", le blanc défendant alors normalement en "e". Le **diagramme B** montre ici comment le noir peut encore attaquer les pierres 7 et 9 (on peut comparer cette séquence avec celle de la figure 2, où le noir attaque dans la mauvaise direction, c'est-à-dire à partir de son mur, et pousse le blanc vers le centre, c'est-à-dire là où il veut aller, alors qu'il faut pousser le blanc vers le mur noir).

En effet, après l'échange 1-2, le noir pousse les pierres blanches vers son mur avec 3 et 5. Si le blanc ne répond pas en 2, mais renforce ses deux pierres isolées, il doit subir la séquence noir "a", blanc "b", noir "c" et blanc "d" : les possibilités de territoire blanc sur le bord nord sont anéanties.

Cela dit, revenons à la figure 2 pour le coup 25, qui est un acte de stabilisation tenant compte de l'environnement hostile ; la suite jusqu'en 29 étant normale, le noir, avec 30, rate une dernière fois le point vital. Si noir joue "d" et blanc "e", noir peut sortir en "f" et mettre de nouveau à la torture les pierres blanches. 30 ne diminue pas les libertés blanches et n'exerce pas de pression ; le blanc est tout content de pouvoir jouer 31 (il est maintenant stable des deux côtés ; c'est le noir qui se sent plutôt obligé de rajouter un coup). 32 évite que le groupe noir puisse être attaqué et menace le bord nord. C'est un bon coup, car offensif à long terme, mais survenu un peu tard. Pour l'instant le blanc a échappé à la pression et il peut changer de terrain d'opération. Là encore, il s'est sorti du premier échange avec l'initiative.

Pierre AROUTCHEFF ■





Quand on est très bière,  
on est très Mützig.



## VIE PRATIQUE

### TÉLÉPHONIE

## AVANT DE DÉCROCHER, SACHEZ QUI VOUS APPELLE

► Faux numéros à 2 heures du matin, importuns en tout genre, du vendeur insistant au maniaque des coups de téléphone obscènes en passant par le voleur qui se renseigne, le téléphone est une liberté qui, parfois, réduit en esclavage, une commodité qui peut être bien gênante.

Bien sûr, on peut débrancher son téléphone, mais cela revient à s'isoler complètement, avec le risque de ne pas répondre à un appel qui peut être réellement urgent. Bien plus séduisante est la solution apportée par un nouvel accessoire, le "Privencode" : simplement en appuyant sur un bouton, il permet de savoir qui téléphone et empêche toute sonnerie si l'appel n'émane pas d'une personne préalablement autorisée.

L'appareil intercepte en effet automatiquement tous les appels avant la sonnerie. Une voix synthétique demande alors au correspondant son numéro personnel d'accès, un code à 3 chiffres, que lui a préalablement assigné le propriétaire. Cette voix égrène les chiffres de 0 à 9. Lorsque l'un des chiffres assignés au correspondant est mentionné, il lui suffit de dire "stop". A la fin de cet exercice, le numéro de code complet s'affiche — on sait donc qui appelle — et, s'il est valide, la sonnerie entre en fonction.

Mieux : quatre sonneries différentes peuvent être obtenues selon le premier chiffre du numéro de code. Ce qui permet soit de savoir pour qui est l'appel : femme, enfant, secrétaire ; soit d'être instantanément informé sur la qualité de la personne qui appelle : par exemple les numéros de code donnés à la famille commencent par "1", ceux des collaborateurs par "2", ceux des amis personnels par "3", ceux des amis de votre femme par "4".

Le Privencode peut aussi conserver

en mémoire les numéros qui ont appelé et être relié à un répondeur-enregistreur ou à un redirecteur d'appel, détournant le correspondant sur un autre numéro, même dans une autre ville, sans qu'il ait à faire quoi que ce soit et sans même qu'il en soit informé (si, par exemple, vous vous absentez sans vouloir que l'on sache que vous n'êtes plus chez vous).

Suprêmes raffinements : on peut annuler à tout moment et indéfiniment n'importe quel numéro de code (et donc bloquer l'accès de son téléphone au détenteur de ce numéro) ; on peut aussi donner un numéro de simulation qui ne déclenche pas la sonnerie, ou dirige l'appel directement sur un répondeur. Ces numéros de simulation sont réservés aux importuns qui viennent à apprendre que vous possédez un Privencode. Ils penseront simplement que vous n'êtes pas là, puisqu'ils entendront le téléphone sonner normalement. Quant à vous, vous ne serez pas dérangé : aucune



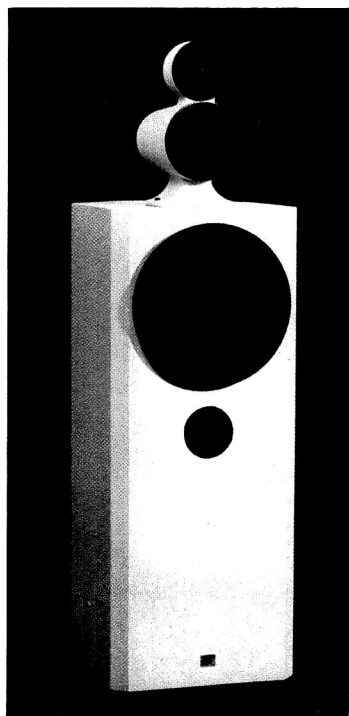
sonnerie ne se fera entendre ; le numéro de simulation s'affichera simplement... et vous aurez évité de vexer toute susceptibilité.

Prix : 4 950 F. Pour tous renseignements : I.P.N., 85 av. Niel, 75017 Paris, tél. 766.18.52.

► ► **Amendes et prison pour les touristes imprudents** qui, par leur négligence, mettent en péril la vie de leurs sauveteurs, CRS, gendarmes et pompiers ? Les pouvoirs publics y songent. Les CROSS, Centres régionaux opérationnels de surveillance et de sauvetage, effectuent chaque année quelque 3 200 sauvetages en mer : 1 800 en Méditerranée, 900 dans la Manche, 500 dans l'Atlantique. Or, 80 % des accidents nécessitant une intervention sont dus à une faute des victimes. Même situation en montagne, où les sauveteurs spécialisés font plus de 500 sorties par an pour venir en aide à des skieurs ou randonneurs égarés ou accidentés qui n'ont pas respecté les règles les plus élémentaires de sécurité.



## FIBRE DE VERRE ET CIMENT POUR UNE ENCEINTE ACOUSTIQUE



► Dans le domaine de la fabrication des enceintes acoustiques, les industriels français (Cabasse, Elipson, Jean-Marie Reynaud notamment) ont toujours tenu l'une des premières places pour la qualité sonore. La firme la plus jeune, Jean-Marie Reynaud, vient de lancer une enceinte de type bass-reflex, aux performances très élevées, l'Opus, destinée aux chaînes haute-fidélité les plus prestigieuses.

Ce qui frappe avant tout dans cette enceinte, c'est son esthétique, car elle comporte, au-dessus d'un caisson traditionnel contenant le haut-parleur de grave, deux petites coquilles semi-sphériques pour les haut-parleurs de médium et d'aigu. Cet agencement est purement fonctionnel. Il a été adopté pour utiliser la structure du rayonnement des ondes produites par chaque haut-parleur et fait en sorte que la propagation de ces ondes ne soit pas contrariée.

Les coquilles contenant les haut-parleurs de médium et d'aigu sont, pour la première fois, construites avec un nouveau matériau appelé GRC, associant la fibre de verre à

du ciment, et possédant une grande inertie.

La courbe de réponse de l'Opus est linéaire de 50 à 20 000 Hz dans l'axe de l'enceinte et jusque dans un angle de 30°. Le taux de distortion harmonique est inférieur à 1 %. Un amplificateur ayant au moins une puissance de 25 W est nécessaire, l'enceinte ayant été conçue pour 80 W. Dimensions : 75 x 36 x 30 cm (sans les coquilles supérieures).

Prix moyen : 5 500 F.

## PHOTO

### LA PHOTO-VIDÉO NORMALISÉE

► Les lecteurs de *Science & Vie* connaissent le Mavica, cet appareil qui permettra de prendre des photos sur un disque magnétique (voir notre n° 769, d'octobre 1981). Pour l'instant, il ne s'agit que d'un prototype conçu par Sony en 1981, suivi depuis par d'autres firmes (Sharp et Sanyo notamment) qui ont prévu de produire chacune un disque particulier. Ainsi, comme pour le magnétophone ou le vidéodisque, la photo-vidéo risquait-elle de naître dans l'anarchie des procédés.

Une première tentative de standardisation vient d'être réalisée, puisque 20 firmes ont récemment signé un accord aux termes duquel elles adoptent un disque unique. Parmi ces firmes, certaines viennent du secteur photo : Asahi, Canon, Fuji, Konica, Minolta, Nikon (2 sociétés, optique et appareils), Olympus et ses filiales ; les autres, du secteur électronique : Hitachi, Matsushita, 3M, Mitsubishi, Philips, RCA, Sanyo, Sharp, TDK, Toshiba et JVC.

Le disque magnétique ainsi standardisé mesure 47 mm de diamètre et se loge dans un chargeur de 60 mm de longueur, 54 mm de largeur et 3,6 mm d'épaisseur. Son poids est de 8 g. Il comporte un obturateur anti-poussière et un mécanisme de sécurité contre le risque de double enregistrement. Il est composé d'une feuille magnétique revêtue d'une poudre métallique. Le nombre d'images sera de 50 ou 25.

► ► **Le pistolet à colles thermofusibles Multifix** comporte des chambres de fusion amovibles et permet ainsi l'emploi de la colle appropriée au matériau choisi (carrelage, bois, verre) sans besoin de nettoyage ou de vider l'appareil. Prix : 299 F environ. En vente à La Samaritaine (rayon outillage), 19, rue de la Monnaie, 75001 Paris.

## LA STÉRÉO SOUS LA PLUIE

► Pas plus qu'un poste de radio à transistors, qu'un magnétophone à cassette ou qu'un appareil photo, un Walkman ne doit être utilisé sous la pluie ou sur un bateau recevant des paquets de mer. Sauf, toutefois, le dernier modèle créé par Sony, le WM-F5. Ce Walkman miniaturisé, en effet, a été conçu avec une étanchéité suffisante pour résister à un milieu humide, qu'il s'agisse des éclaboussures produites par des vagues, de la pluie ou des jets de neige lors d'une randonnée en skis. A cette caractéristique, le Sony WM-F5, qui est un petit tuner FM associé à un lecteur de cassette, en ajoute deux autres : d'une part, il est équipé d'un servomoteur qui fait tourner directement le volant et le cabestan, ce qui améliore la régularité du défilement de la bande, réduisant le pleurage et le scintillement à un taux de 0,1 % ; d'autre part, outre les bandes ordinaires, l'appareil utilise les bandes métal et procure ainsi une reproduction de haute fidélité (bande passante annoncée : 40 à 15 000 Hz).



L'appareil est mono ou stéréophonique, possède 2 sorties écouteur, l'arrêt automatique et fonctionne avec 2 piles ou sur le secteur. Il est très compact (10 x 13 x 4 cm environ) et pèse 370 grammes. L'écouteur est, comme le Walkman, conçu pour résister à l'eau. Prix moyen : 1 900 F.

## DOUBLER LA DURÉE DES CASSETTES

► Trois constructeurs de matériel vidéo, JVC, Fisher et Ferguson, ont conçu un magnétoscope utilisant la cassette VHS classique mais assurant le défilement de la bande à vitesse réduite de moitié, soit 1,16 cm/s au lieu de 2,33 cm/s. Ainsi, la durée d'un programme enregistré est-elle doublée, passant par exemple à 8 heures avec une cassette E 240. La qualité de l'image et du son est bien entendue moins bonne qu'à vitesse normale, mais, pour certaines applications, elle reste très acceptable. Pour l'instant ce matériel n'a été introduit que sur le marché anglais au prix de 500 livres, soit environ 6 000 F.

►► **Vie plus longue, assurance moins chère.** Les primes des contrats d'assurance sur la vie pourraient baisser dans les années à venir. Explication : du fait de l'augmentation de l'espérance de vie, les souscripteurs verseront leurs primes plus longtemps, ce qui permettra aux compagnies d'assurance d'en placer le montant à plus long terme.

## PREMIERS 24 × 36 COMPACTS POUR FILMS DE HAUTE SENSIBILITÉ

► Si les nouveaux films de 1000/31°ISO sont utilisables sans difficulté dans la plupart des appareils 24 × 36 reflex, il n'en va pas de même dans les appareils compacts grand public totalement automatiques : généralement ils ne peuvent recevoir que des films de 64/19° à 400/27°ISO.

Dans les mois prochains, bien entendu, les constructeurs modifieront la plupart de leurs gammes d'appareils pour permettre l'utilisation de ces films. L'un des premiers à le faire a été Ricoh, sur deux compacts 24 × 36 qui sont actuellement lancés sur le marché, les Ricoh FF-3AF et AF-5. Tous deux sont équipés d'une cellule programmable de 25/15° à 1 000/31°ISO. Les deux boîtiers ont en commun un automatisme de l'ensemble de leurs fonctions : exposition, mise au point, chargement, transport du



film, rebobinage et flash. Ils possèdent un viseur collimaté, une cellule CdS et une alimentation assurée par 2 piles de 1,5 V.

Le flash incorporé est de faible puissance avec un nombre-guide de 12 pour 100/21°ISO. Le Ricoh FF-3AF est équipé d'un objectif 3,2/35 mm à 5 lentilles alors que le Ricoh AF-5 possède un 2,8/38 mm à 4 lentilles. Ce dernier appareil est le plus gros des deux boîtiers : 13 × 8 × 5 cm et 330 g contre 13 × 7 × 4 cm et 290 g au FF-3AF. Prix moyens : 1 450 F et 1 150 F respectivement.

## UN MAGNÉTOPHONE SPÉCIAL POUR LA COPIE DES CASSETTES

► La double platine à cassettes AD WX 110 d'Alwa va faciliter le travail de tous ceux qui ont à copier fréquemment des cassettes : elle permet en effet de transcrire un enregistrement en quatre fois moins de temps qu'il n'en faut pour l'écouter. Elle devrait faire gagner un temps considérable aux amateurs qui constituent leur collection d'enregistrements en empruntant des cassettes à droite et à gauche, ou aux petites agences de presse qui se constituent actuellement pour fournir des programmes enregistrés aux radios libres.

Cette copie accélérée est obtenue à l'aide de deux procédés que l'utilisateur peut combiner à son gré. La cassette à reproduire est placée dans le premier compartiment, la cassette vierge dans le second. Chacun de ces compartiments est muni de têtes magnétiques spéciales à quatre pistes ; sur pression d'une touche, elles peuvent lire ou enregistrer simultanément les 4 pistes de la bande, contrairement aux

têtes classiques à deux pistes qui nécessitent le renversement de la cassette pour passer des 2 pistes d'une face aux 2 pistes de l'autre face. Cette double lecture permet déjà d'enregistrer deux fois plus vite. Pour réduire encore de moitié la durée de l'opération, une touche permet de doubler la vitesse de défilement des bandes. Ainsi, on peut choisir entre l'enregistrement en temps réel, l'enregistrement accéléré deux fois et l'enregistrement accéléré quatre fois. Cependant, dans ce dernier cas, une détérioration de la qualité sonore est inévitable, malgré les circuits de correction qui sont prévus. Il est donc recommandé, chaque fois que cela est suffisant, de s'en tenir à une durée d'enregistrement réduite de moitié, et ce en utilisant la commutation quatre pistes, qui ne dégrade pas la qualité du son. Pour ajouter au confort d'utilisation, le niveau d'enregistrement est réglé automatiquement lors de la copie, et une seule touche com-

mande le démarrage des deux platines. La présence de deux lecteurs de cassettes permet en outre de doubler la durée d'écoute ininterrompue : si l'utilisateur le désire, la deuxième cassette démarrera dès que la première arrivera à sa fin. On peut ainsi écouter une heure et demie de musique sans manipulations avec deux cassettes C 90. L'AD WX 110 est équipé de deux systèmes Dolby commutables : le système B, le plus répandu, et le système C, plus efficace, qui permet d'obtenir un rapport signal/bruit de 76 dB sur bande métal.

Autres caractéristiques : bande passante 20 à 16 000 Hz à +2 et -3 dB sur bande métal ; sélecteur automatique de polarisation pour bandes métal, chrome et fer ; polarisation des bandes fer ajustable à ± 20 % ; VU-mètres à diodes lumineuses ; entrée micro mélangeable à niveau réglable.

Prix : 3 500 F. Pour tous renseignements : Mageco Electronic, 115, rue d'Aguesseau, 92100 Boulogne.



## DES ILLUSIONS ESTHÉTIQUES

► Comment créer ses propres illusions optiques, faire tourner des étoiles et osciller des structures colorées ? La solution est apparemment simple : il faut posséder un certain type de dessins géométriques, et superposer une grille de plastique elle-même ornée de dessins géométriques.

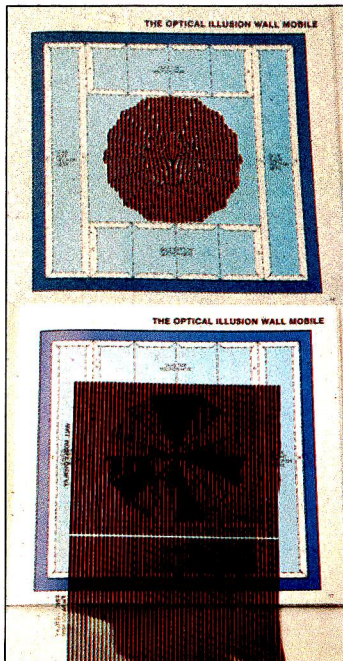
Tim Armstrong, professeur à l'école d'Art de Cambridge, propose un livre qui permet de se livrer sans peine à la création de ces mouvements extrêmement esthétiques. Depuis longtemps fasciné par cette forme d'expression, il a réuni une trentaine de dessins et les grilles de plastique qui permettent de les faire évoluer, soit tels qu'ils sont, dans le livre, soit en les découpant pour en fabriquer des mobiles.

Par exemple, pour obtenir un carré tournant, il faut diviser un carré de papier en 8 et sur chaque partie tracer des traits verticaux d'épaisseurs variables. Le principe est d'obtenir les "bonnes" différences de phase, c'est-à-dire les décalages nécessaires pour qu'en faisant bouger un transparent lui-même doté de traits verticaux, on ait l'illusion d'un mouvement. Sur la photo on voit le dessin qui donne, en plaçant la feuille de plastique, le mouvement d'une hélice.

Cela s'appelle *Make Moving Pat-*

*terns*, mais il n'est pas forcément nécessaire de connaître l'anglais pour s'en servir.

Prix : 37 F. En vente à l'Œuf Cube, 5, rue Linné, 75005 Paris. Tél. : (1) 587-28-83.



## JEUX D'ADRESSE

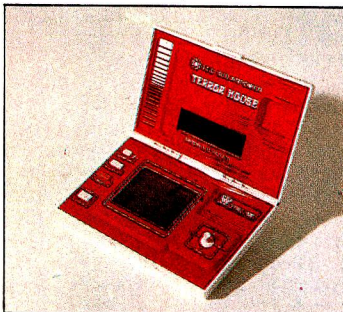
### LA "MAISON DE LA TERREUR" MARCHÉ AU SOLAIRE

► Encore un jeu à cristaux liquides... Une originalité cependant : celui-ci marche à l'énergie solaire, ce qui évite un achat régulier et répété de piles, mais nécessite un minimum de lumière.

A part cet avantage, on peut signaler une grande finesse des personnages et du paysage dans les deux tableaux qui se succèdent au fur et à mesure des performances du

joueur. Ce dernier aura successivement à affronter des chauves-souris et une pierre tombale, puis une momie, Dracula, le loup-garou, la mort, Frankenstein... avant de pouvoir poignarder un cercueil dans le château !

Ce jeu (Bandai Electronic) a aussi une fonction réveil. Prix 290 F. Chez Dune, 12-14, Rond-Point des Champs-Élysées, Tél. (1) 562-06-86.



►► **L'agrafeuse mixte BEA** est dotée d'un mécanisme intérieur qui permet d'employer, sans aucune modification, deux types d'agrafes : des agrafes classiques pour fixer les tissus, posters, canevas, etc. ; ou des agrafes rondes pour fixer les fils électriques, câbles de téléphone, de télévision, etc. Prix : 250 F environ. En vente à La Samaritaine (rayon outillage), 19, rue de la Monnaie, 75001 Paris.

## UN BRODEQUIN DE MARCHÉ PESANT MOINS DE 390 GRAMMES

► Nous avons testé pour nos lecteurs, l'an dernier, un brodequin révolutionnaire : 290 grammes, la première "Van Way". Celle-ci était destinée surtout à la promenade sportive (circuits de Fontainebleau, par exemple). Celle que nous présentons cette fois est plus spécialisée, plus "trekking" en montagne.

La nouvelle "Van Way" rassemble toutes les qualités d'un fort brodequin de cuir... plus la légèreté "plume" puisqu'elle pèse 390 grammes en grande pointure, moins de 360 en taille 40. Elle a été essayée en montagne, notamment sur 600 kilomètres de "trekking" au Népal, et notre essai, en montagne sur sentiers, confirme ces résultats.

La tige est haute, bien protégée par un empiècement rembourré à la malléole. La matière principale en est une toile nylon robuste, imperméabilisée par procédé Gore-tex (*Science & Vie* a déjà présenté, lors de son invention, ce "film" étanche à l'eau et perméable à l'air, donc éliminant la condensation), doublure en tissu éponge.

La semelle Vibram microcellulaire est d'une confondante légèreté, mais ses moulures profondes accrochent sur tous terrains. La grande souplesse de cette matière épaisse joue un rôle d'absorption sur le relief, donnant une grande impression de confort et jouant de fait un véritable rôle d'amortisseur à la marche.

Cette semelle est doublée d'une haute bande de gomme sur la tige, elle-même recouvrant une bande de cuir. L'effet est d'une imperméabilité accrue, équivalant cette fois à celle d'un brodequin de cuir épais de qualité.

La forme d'ensemble donne une très bonne tenue de pied : il ne s'agit plus d'une simple "espadrille super-légère de promenade", mais d'une chaussure de fort usage en dépit de sa légèreté. On pourra l'affecter à la randonnée en moyenne montagne sans aucune défaillance, mais aussi, en vertu de son silence d'approche, à la chasse et à la pêche...

Fabricant : "VAN WAY" Diffusion, Francital, 20, rue Saint-Joseph, 42004 St-Etienne.



## ZX 81 : PROGRAMMEZ EN 16 COULEURS

► Sans aucun réglage ni raccordement spécial, sans intervention d'aucune sorte, ce petit boîtier (photo ci-contre) de 10 x 7,5 x 2 cm qui se branche au dos du clavier permet aux utilisateurs du tout petit ordinateur ZX 81 de disposer d'une palette de 16 couleurs.

Ainsi, pour la première fois dans un appareil de cette gamme de prix

(moins de 1 700 F TTC), et grâce à cette invention de deux mordus de micro-informatique qui collaborent à la rubrique "Jeux" de *Science & Vie*, vous pouvez désormais programmer en rose, orange, rouge, vert, kaki, violet, fuchsia, beige, marron, bleu ciel, bleu marine, gris et, bien sûr, noir et blanc. Il suffit pour cela de brancher le boîtier à la prise Péritel de votre téléviseur



couleur et d'appuyer sur la touche du clavier mettant en mode graphique. La mise en couleurs peut se faire par lignes entières ou par pavés entiers. Pour mettre en valeur les textes, vous pouvez faire apparaître ceux-ci sur des lignes de couleur.

Ce boîtier couleurs n'occupe aucune place dans la mémoire de votre ZX 81, et il ne modifie en rien le fonctionnement de votre micro-ordinateur.

Prix : 475 F TTC, cordon Péritel fourni. L'appareil est vendu exclusivement par correspondance ; la société Pentron qui le fabrique recherche des revendeurs pour la région parisienne et la province. Pour tous renseignements, écrire à Pentron Électronique, 2, place du Général-Leclerc, 94310 Orly ; ou téléphoner au (3) 368.54.95.

►► **Un accident automobile sur dix a pour cause le non-respect des feux rouges.** Soit deux fois plus qu'il y a cinq ans. Et sur 100 feux rouges franchis, 57 le sont délibérément : 39 % des contrevenants passent au début du feu rouge après avoir forcé l'orange, 8,5 % anticipent en observant le feu placé sur la voie adjacente et démarrent dès que ce dernier passe au rouge, 9,5 % passent au rouge en toute connaissance de cause, généralement après avoir marqué un léger temps d'arrêt.

►► **Des lunettes flottantes.** Si vous êtes véliplanchiste, plaisancier, pêcheur ou simplement baigneur et si vos lunettes de vue ou de soleil vous sont indispensables, vous apprécierez l'astuce proposée par la Société d'optique Allenbach (lunetterie-optique médicale, 73, bd de Strasbourg, 75010 Paris, tél. (1) 770.20.06). Il s'agit, en emprisonnant une couche d'air entre deux verres scellés dans chaque œil de la monture, de permettre à celle-ci de flotter si par accident elle venait à tomber à l'eau.

## SANTÉ

### UN PAQUET DE CIGARETTES POUR FUMER MOINS

► L'"Ange gardien du fumeur" est un étui en plastique qui peut vous aider à réduire votre consommation de cigarettes. Une fois programmé

le nombre de cigarettes que vous vous êtes promis de ne pas dépasser dans votre journée, l'étui ne s'ouvrira que ce même nombre de fois, à intervalles réguliers.

A chaque ouverture, un affichage à cristaux liquides vous indiquera le nombre de cigarettes déjà fumées et celles qu'ils vous reste à griller jusqu'à la fin de la journée.

A minuit, l'Ange gardien affichera en mg (à partir d'une teneur moyenne qu'il a en mémoire) la dose de nicotine dont vous aurez gratifié vos poumons.

Si vous "craquez" en cours de route, rassurez-vous, vous pourrez tout annuler et accéder librement à votre vice favori.

Prix : 260 F environ. Existe en deux versions, pour cigarettes normales ou longues. Les deux modèles donnent, en plus, la date et l'heure. Pour tous renseignements : SOFT, 8, av. Lamartine, 78170 La Celle-St-Cloud, tél. (3) 918.24.24.



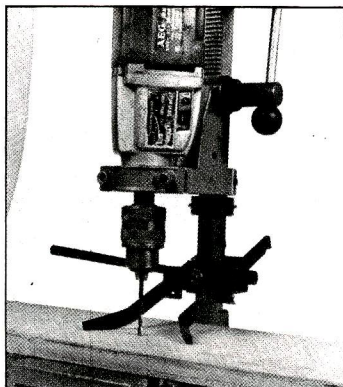
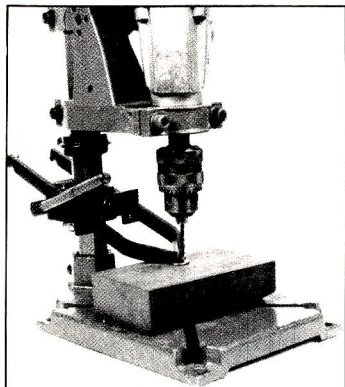


## UN ÉTAU POLYVALENT

► La précision de la main avec la force de l'étau : c'est ce qu'apporte l'Etaumatic. Plus de réglages fastidieux : l'appareil est équipé de deux bras indépendants qui bloquent instantanément toute pièce de toute forme et de toute dimension, depuis la pièce de bijouterie la plus fine jusqu'à la planche encombrante et

épaisse, en passant par la tôle fine et le tube conique. L'Etaumatic s'adapte à toutes les colonnes de perceuse, de 24 à 36 mm.

Prix : environ 160 F. En vente dans des grandes surfaces et les magasins de bricolage. Pour tous renseignements : IDÉE 2000, Bussy, 01580 Izernore.



## CAMBRIOLAGES

### EMPORTEZ VOTRE COFFRE-FORT EN VACANCES

► Ce nouveau coffre-fort réunit deux qualités apparemment contradictoires, puisqu'il est à la fois portable et indéracinable. Il ne pèse en effet que 20 kg et n'occupe qu'un volume restreint (25 x 20 x 30 cm). Il est pourtant aussi résistant au vandalisme que n'importe quel coffre classique qui, comme chacun sait, est considérablement plus lourd et encombrant.

C'est qu'il est ancré au sol, ou au mur, par une cheville (diamètre 13 mm) qui n'est accessible que si le coffre est ouvert et ne répond qu'à la clé du coffre lui-même. Or, le verrouillage est assuré par des pènes massifs qui s'engagent dans des étriers très épais, soudés et boulonnés, et le mécanisme de serrurerie, blindé et incrochetable, est magnétique. Sans la clé magnétique livrée avec le coffre, impossible de l'ouvrir. Quant aux parois, elles sont en acier soudé de très forte épaisseur.

Située sur le dessus du coffre, la porte (33 mm d'épaisseur) pivote, une fois tirée pour permettre un accès plus facile.

Un couvercle d'acier aimanté la recouvre et dissimule complètement l'existence du coffre, tout en

assurant une protection supplémentaire à la porte et au mécanisme de serrurerie.

Ce coffre peut ainsi être intégré à n'importe quel élément de décoration et constituer, par exemple, le pied d'une table basse. On peut, sans frais ni problème, l'emporter avec soi ou le déménager d'une résidence à l'autre.

Prix : 3 000 F franco de port + 200 F pour la cheville d'ancrage. Pour tous renseignements complémentaires : Société Charles Gewin, 64, rue Saint-Sabin, 75011 Paris, tél. (1) 357.12.11.

►► **Un troisième photo-disque.** Après Kodak et Minolta, une troisième société, Haking, annonce le lancement d'un appareil photo pour le disque Kodacolor ou Fujicolor. La firme Haking est l'un des plus importants fabricants japonais, sa production étant commercialisée sous diverses marques. Le nouvel appareil, le Disc 22, est un modèle fort simple à flash électronique incorporé et à fonctionnement automatique. Son poids est de 170 g. Prix : 320 F environ.

## CONSTRUISEZ LA CAVE APRÈS LA MAISON

► Planter une cave sous votre maison déjà construite est une affaire beaucoup plus simple qu'il n'y paraît. C'est du moins ce qu'affirme la société Harnois, qui se propose, après devis gratuit et travaux de quelques jours, d'en installer une n'importe où sous votre maison, et dans tous types de sols.

Deux types de caves sont proposés.

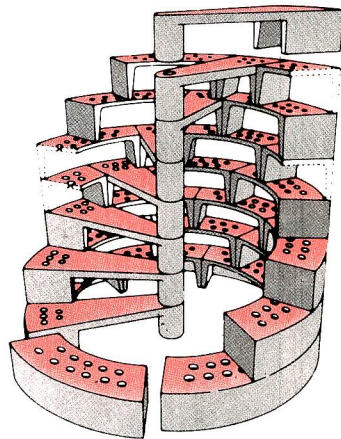
● L'escalier en colimaçon, qui a obtenu le prix Batimat de l'innovation, est fait d'éléments de béton servant en même temps de marches et de casiers de rangement. Volume utile maximal : 1 600 bouteilles. Durée des travaux : 3-4 jours.

Prix : 33 500 ou 41 000 F, selon la profondeur (2 ou 3 m).

● La pièce ovale en sous-sol (solution plus classique), aux murs tapissés d'éléments modulaires. On y descend par un escalier escamotable. Dimensions : 3 x 2,25 m et 2,30 m de haut, ou 4 x 2,75 m et 2,55 m de haut. Durée des travaux : 1 semaine environ.

Prix : 49 000 et 69 000 F respectivement.

Ces prix s'entendent pose comprise et concernent Paris et la région parisienne. Pour tous renseignements complémentaires et pour obtenir la



liste des concessionnaires en province : Société Harnois, centre commercial de Villeroy, BP 18, 91540 Meuney, tél. (6) 499-77-80.

## LES DÉVOREURS D'HUMIDITÉ

► Depuis le placard jusqu'aux volumes de plus de 1 000 m<sup>3</sup>, ces pièges à humidité permettent d'assainir tous les locaux, quelles qu'en soient les surfaces.

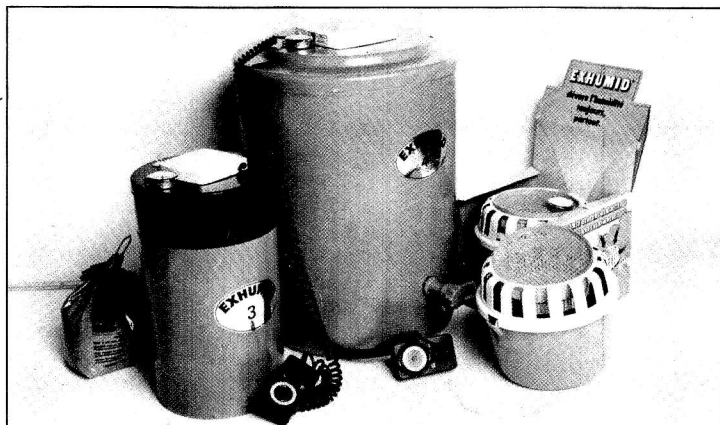
Le modèle "grand public", l'Exhumid 2, fonctionne sans énergie. Le principe : des paillettes, dont on

6 litres. Il est parfaitement mobile : il peut tour à tour assainir une cuisine, un sous-sol, une caravane, un atelier, une chaufferie (il évitera ainsi la corrosion de la chaudière), etc.

Prix : 340 F, avec, en prime, un hygromètre qui permettra de mesu-

volumes beaucoup plus importants. La consommation électrique est faible (40 à 80 watts/heure), avec des paillettes proportionnelles à la quantité de vapeur d'eau à absorber.

Pour tous renseignements : Exhumid, Prunay, 78660 Ablis.



remplit la partie supérieure de l'appareil, agissent sur l'air ambiant comme une véritable éponge, captant l'humidité et la rendant sous forme de liquide au fond du réceptacle, qu'il suffit de vider de temps à autre. Ces paillettes cessent d'agir dès que l'air ambiant descend en dessous de 55 % d'humidité relative, c'est-à-dire qu'il est dit "sec". L'appareil est très peu encombrant (hauteur : 22,5 cm, diamètre : 27,5 cm). Il a une capacité de

rer l'humidité de l'air, de mieux la maîtriser et de constater l'efficacité de l'appareil.

Pour les locaux plus vastes, ou industriels, la même firme (Exhumid, Prunay 78660 Ablis) présente trois autres appareils adaptés, respectivement, à des volumes de 80-200, 500 et 1 000 m<sup>3</sup>. Le principe est le même. Il est simplement amplifié par l'adaptation d'un système d'air pulsé qui permet d'obtenir des résultats immédiats sur des

## MAISON

### UNE COLLE POUR DÉCOLLER

► Pour changer de décor en modifiant les gravures, posters ou affiches qui ornent les murs, ou en retirant un tissu ou un papier peint qui ne vous convient plus, la firme Rubson a mis au point le "Super-Contact", qui permet de coller tous les matériaux (papier, moquette, caoutchouc, plastique, liège, etc.) au choix : soit de façon définitive, soit de façon temporaire.

Super-contact se présente en aérosol. Pour un collage définitif, on vaporise le produit et on assemble immédiatement. Pour un collage temporaire, on laisse sécher 20 minutes avant d'assembler : lorsque l'on décolle ce qui n'était que provisoire, Super-Contact ne laisse aucune trace sur le support.

Prix : environ 50 F. En vente chez les quincaillers, droguistes, centres de bricolage.

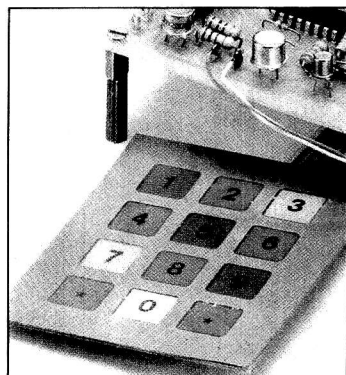
►► **Les périodes "noires" des pompiers.** Contrairement à ce que l'on pourrait penser, c'est en juin et juillet que les pompiers travaillent le plus. Ainsi ceux de Paris et de sa banlieue ont, en 1982, comptabilisé 23 298 interventions en juin et 21 299 en juillet, contre, par exemple, 11 416 en février. Principales origines des appels : les accidents dus à l'eau, au gaz et à l'électricité, auxquels il faut ajouter, dès l'arrivée des beaux jours et de la chaleur, tous les accidents de noyade et d'hydrocution, les secours routiers, l'aide aux personnes en difficulté, le sauvetage d'animaux et la lutte contre les nuisances. S'ils ont des "mois noirs", les pompiers, qui effectuent quelque 200 000 interventions par an, ont aussi leurs "jours noirs" : le lundi d'abord (612 sorties en 1982) puis le jeudi (578). Le jour le plus calme est le dimanche, avec 479 sorties.

## ELECTRONIQUE

### CLAVIERS SOUPLES À L'UNITÉ

► Pianoter son numéro de téléphone ou le code de sa porte d'entrée sur un clavier souple, ce qui était jusqu'ici réservé aux gros utilisateurs (produits de série), est désormais à la portée de tous ceux qui s'intéressent à l'électronique : bureaux d'études, amateurs, écoles et élèves, mordus de la fabrication de prototypes, etc.

Mecanorma Electronic (300 points de vente sur toute la France) lance en effet le clavier souple à membrane commercialisé à l'unité. Ces claviers plats, robustes et faciles à mettre en œuvre, permettent de gagner de la place sur les circuits imprimés. Chaque clavier (4, 12 ou 16 touches) est vendu avec son connecteur et une petite brochure donnant les schémas de ses 3 circuits imprimés de codage ainsi que



4 idées de montages pratiques : un clavier téléphone digital, une serrure codée, un télérupteur, un orgue électronique miniature. Prix : de 45 à 90 F.



Enfin, des manches à air peuvent remplacer les queues de jadis.

● Pour rester stables, les appareils de la seconde famille ont l'allure d'un dièdre face au vent. Grâce à cette forme, l'air s'écoule plus facilement et l'équilibre est presque automatique : lorsqu'un côté de l'appareil se présente plus au vent que l'autre, il est ramené dans la position appropriée. Ce système est utilisé par vents de force modérée à faible.

Les Orientaux connaissaient ce principe depuis longtemps, mais les Européens, malgré les articles de Gaston Tissandier parus en 1886 dans la revue *La Nature*, le négligèrent. Il faudra attendre la fin de ce siècle pour voir l'Américain William A. Eddy mettre au point un tel appareil. Toujours utilisés de nos jours, ces cerfs-volants portent le nom de leur inventeur. Souvent aussi, ils empruntent à la fois au dièdre et à la queue et additionnent, pour se stabiliser, les deux effets.

● Les cerfs-volants "cellulaires" constituent la troisième famille. Ils font appel au dièdre et au "plan directeur".

Le principe du plan directeur se comprend sans difficulté quand on observe les girouettes sur les clochers. La face arrière de la girouette ne peut se trouver ailleurs que dans la direction du vent. Dès qu'il change de direction, elle s'aligne sur le nouveau cap. Grâce au plan directeur, plus le vent forcé, plus la girouette est stable. Les Français virent apparaître pour la première fois un cerf-volant cellulaire au grand concours de Vincennes de 1900, où il fit forte impression. Baptisé "mixte américain", on va le copier, le modifier, et l'armée française l'adoptera comme signal pour des manœuvres en 1906. Nous lui avons aujourd'hui rendu son nom de baptême, le "coryne", et les cervolistes l'apprécient comme un excellent appareil.

● La famille "caisse" est la quatrième. C'est le cerf-volant parallélépipédique inventé par l'Australien Lawrence Hargrave. En 1893, il imagine un appareil composé de deux "caisses", sans couvercle ni fond, superposées à une certaine distance l'une de l'autre. Les parois avant et arrière créent la portance, les parois latérales donnent les plans directeurs de l'engin. Rigide, solide, la caisse affronte les vents les plus violents sans dévier de sa trajectoire. Notons que l'invention de Hargrave ne révolutionne pas seulement l'univers des cerfs-volants, car bien des avions du début de la conquête de l'air lui ressemblent.

Il faut encore citer d'autres procédés de stabilisation qui ne constituent pas des familles. On peut, par exemple, percer judicieusement la voilure pour permettre l'écoulement de l'air (suppression partielle des turbulences) sans trop entamer la portance (2). Le parachute, auquel on apporte ces "événements" sur toute sa surface, donne un bon exemple de ce procédé. Du reste, le parachute ascensionnel n'est-il pas un cerf-volant qui s'ignore ?

Pionnier contemporain, Francis Rogallo, le père du "parawing" imagine que le vent peut donner à son cerf-volant à la fois sa poussée aérodynamique et sa stabilité ; en modifiant la forme de l'engin, Rogallo équilibre la pression de l'air sur toute sa surface et la tension exercée sur des bridages multiples judicieusement déterminés. Comme l'ingénieur se plaît à le dire : « Le cerf-volant s'adapte au vent et non l'inverse. »

Le parawing, breveté en 1948, sera le premier d'une longue série. Il quitte le jouet et l'amateurisme pour être étudié en soufflerie dans le but d'enlever dans les airs des charges assez considérables ; la NASA est demandeuse pour la conception du retour sur Terre des capsules spatiales. A Francis Rogallo, nous devons aussi les cerfs-volants "delta" dont certains engendreront l'"aile libre" sous laquelle se suspendent aujourd'hui les amateurs de "glisse".

Pendant la même décennie, un autre Américain, William Allison, fait breveter (1950) le *Sled*, une création flexible de forme concave qui se rigidifie latéralement. On appelle parfois la "poubelle" ce cerf-volant stable (auquel on ajoute une queue par vent fort), facile à construire et à l'incidence remarquable, parce qu'il utilise les sacs bien connus en polyéthylène.

Enfin, le tableau de cette nouvelle génération serait incomplet sans l'évocation d'un autre génie du vent, Domina Jalbert, qui s'illustre aussi bien dans la conception de parachutes, de spinakers marins que du "parafoil" : en 1963, inspiré par la section d'une aile d'avion, il a l'idée de la refaire, mais en tissu et sans membrure rigide. Cette structure aux alvéoles longitudinales se gonfle dans le vent et se stabilise par une multitude de petites quilles prolongées par des brides. Ce "parafoil", moqueusement qualifié de "matelas volant" et qui en laisse plus d'un incrédule, constitue peut-être l'un des meilleurs appareils qui ait jamais été conçu pour soulever des charges importantes.

Quant à votre cerf-volant, écoutez plutôt Jean-Louis Bouisset, ex-président du Cerf-volant Club de France (3) : « Les cerfs-volants du commerce sont de véritables enclumes. Le meilleur modèle, à deux ficelles, est anglais, c'est le "flexifoil", mais il coûte cher. Autant en construire un soi-même. Ce n'est pas compliqué et ça revient à 100 F. D'autant qu'il est plus amusant encore de faire des trains de quatre ou cinq engins : peu de gens auraient les moyens de s'offrir ce luxe en les achetant. » Pour en construire un, il faut du spinaker (voile), de la fibre de verre (canne à pêche) et surtout écouter les anciens. Quant aux livres... l'ouvrage de référence est en anglais : *Penguin Book of Kites*, de David Pelan, un peu plus de 60 F.

**Jean-Jacques VALIGNAT  
et André MIGNARD ■**

(2) On laisse ces vides en partie basse car on a besoin de toute la pression dans la partie supérieure.

(3) CVCF, 17, rue Lacharrière, 75011 Paris.

## PLONGÉE SOUS-MARINE

(suite de la page 79)

La Dragerwerk allemande dispose d'un système à long circuit fermé, le *Closed Free-Flow Circuit*. Il comprend un compresseur, une unité de composition des mélanges, une console de contrôle, le tout sur une plate-forme de surface ; l'alimentation par flexibles d'une tourelle submersible permet au plongeur d'opérer jusqu'à 300 m, et ce avec une réserve de gaz illimité puisqu'elle provient de la surface. Schématisons en disant qu'il s'agit d'un narguilé de grande profondeur. Une "boîte aux lettres", sorte de réserve de gaz fixée au dos du plongeur, rend l'utilisateur autonome en cas de besoin.

**Plongée humaine à pression atmosphérique.** L'ingénieur anglais M. Peress réalisa, au début des années 70, deux modèles de scaphandres articulés, le *Jim* et le *Sam*. Le plongeur y reste en pression atmosphérique, il n'a donc plus de problèmes de mélanges, de saturation et de décompression. L'autonomie respiratoire se situe, selon le travail effectué et la fatigue consécutive, entre 8 et 16 h.

Plusieurs scaphandres de ce type sont actuellement en service sur des chantiers pétroliers à des profondeurs dépassant 100 m. Avec *Jim*, des plongées de travail satisfaisantes ont été faites jusqu'à plus de 280 m dans l'océan glacial Arctique (voir photo page 74).

Le nouveau navire italien d'intervention sous la mer, *Anteo*, de 3 120 t, est pourvu de deux scaphandres *Galeazzi* du même type, généralement appelé *ADS* (*Atmospheric Diving System*, ou système de plongée atmosphérique). Aux premiers *ADS*, dits anthropomorphiques, car ils enveloppent l'utilisateur comme une armure, ont succédé de nouveaux modèles quand la firme américaine Oceaneering a développé le *WASP*. On hésiterait à nommer scaphandre ce compromis entre scaphandre et sous-marin individuel si l'aspect de l'appareil ne justifiait l'étymologie grecque du mot (*skaphé* : barque, *andros* : homme). Nous sommes bien en présence d'un "homme-barque".

Le plongeur est enfermé dans un cylindre coiffé d'une coupole transparente. Descendu par câble, le *WASP* (longueur 2,10 m) peut évoluer grâce à des propulseurs électriques, effectuer des rotations et se placer au mieux pour l'exécution des tâches. Il dispose de mains articulées qui peuvent recevoir divers systèmes interchangeables de manipulateurs.

**Nouveau.** Dix années d'utilisation des *Jim* ont confirmé la fiabilité de ces scaphandres articulés. L'adjonction de propulseurs leur a donné un frère plein d'allant, le *Jet-Pack Jim*. Un nouveau *WASP* appelé *Inspector* peut opérer jusqu'à 600 m de profondeur (photo page 75). Il est amené au fond dans une sorte de garage submersible dont il sort, comme un monstre de sa caverne, quand une intervention est nécessaire.

Si le poids d'un *WASP* est de 500 kg, il existe

des engins encore plus lourds. En mer du Nord, la société britannique Slingsby Engineering, met en œuvre deux *OMAS* relevant du même concept (*OMAS* : *One-Man Submersible*), dont le poids atteint une tonne ! *OMAS* est doté de 6 propulseurs qui peuvent combiner leurs poussées ; il est muni de caméras TV ; d'importantes batteries et réserves d'oxygène portent, en cas de besoin, son autonomie de 8 à 72 h.

Répetons que le plongeur reste toujours à la pression atmosphérique ; l'élimination du gaz carbonique qui provient de sa respiration est surveillée et régulée automatiquement, sous son contrôle. Compte tenu du poids de l'occupant et d'un lest 50 kg, la flottabilité de l'engin est neutre ; un système de balasts peut la rendre positive ou négative, le cas échéant.

**Sécurité** : toute la lourde partie inférieure, porteuse des propulseurs, des batteries et du lest, peut être éjectée en cas de nécessité, libérant l'habitacle cylindrique où se trouve l'opérateur.

Du scaphandre articulé au sous-marin monoplace, la plongée profonde à pression atmosphérique marque des points. Ce n'est pas terminé. L'expérience a conduit les Britanniques à construire le micro sous-marin *Mantis*. Encore un monoplace, conçu sur mesures pour un homme seul, qui a l'apparence d'un énorme coléoptère et dont les bras télécommandés peuvent manipuler douze outils différents. La compagnie Osel a mis en service quatre *Mantis*. L'un d'eux a travaillé jusqu'à plus de 400 m de profondeur.

Mais il existe, d'autre part, des engins mixtes, composites, qui empruntent leurs caractéristiques aussi bien aux systèmes de plongée à saturation, qu'à ceux à pression atmosphérique : ce sont les sous-marins "crache-plongeurs".

Les sous-marins utilisés pour l'exploitation des océans ont deux types de missions : d'une part la surveillance et l'inspection des installations au fond ; d'autre part les réparations et l'intervention directe. Dans le premier cas, de petits submersibles sont depuis longtemps employés, parfois dotés de manipulateurs pour de brèves interventions. Dans le second cas, il est indispensable de faire directement appel aux plongeurs, d'où la création de ces "crache-plongeurs", qui comportent deux compartiments : l'un maintenu à la pression atmosphérique pour le pilote et le directeur de plongée, l'autre mis à la pression du fond, pour que les plongeurs embarqués puissent sortir et travailler à l'extérieur (voir dessin page 76).

Nombreux sont les représentants de cette famille : les *Perry* et *Johnson Sea-Link* américains ; le SM 358 de la COMEX<sup>(3)</sup> ; la *Licorne* (Marine nationale, France) ; le *Bentos* soviétique ; l'*URV* (Kockums, Suède) ; le sous-marin de poche du navire italien *Anteo*. D'une façon générale, ils ont été conçus à des fins militaires ou de sauvetage.

Si tous ces petits sous-marins ont les avantages de l'autonomie et de la mobilité, ils ont un

(suite du texte page 156)

(3) Compagnie maritime d'expertise, l'une des plus importantes sociétés mondiales de travaux sous-marins.



amas d'étoiles comme les Pléiades. Les objectifs de 400 à 1 000 mm conviennent pour les plus grosses nébuleuses ou certaines galaxies. Toutefois, pour photographier la plupart des autres amas d'étoiles, des nébuleuses et des galaxies, il faut disposer d'une focale supérieure à 1 000 mm. Ces objectifs sont rares pour la photo ordinaire : Minolta RF 11/1 600 mm (type à miroir), Nikon Nikkor IF-ED 11/1 200 mm (type classique) et Reflex-Nikkor 11/2 000 mm (à miroir), Zoom Nikon Nikkor ED 11/360-1 200 mm, Pentax SMC 13,5/2 000 mm (type à miroir).

L'inconvénient des optiques pour la photo ordinaire réside souvent dans leur manque de luminosité vis-à-vis de la prise de vue stellaire. En effet, les constructeurs cherchent à réaliser des montures très compactes et, par conséquent, ayant une lentille frontale de diamètre réduit, ce qui, nous l'avons vu, ne favorise pas la photographie des étoiles. Les objectifs spécialement fabriqués pour l'observation astronomique et l'astrophotographie (5), notamment les télescopes, sont plus efficaces et aussi plus pratiques (ils sont montés sur fourche ou sur table équatoriale). Ils peuvent en outre recevoir de multiples accessoires, comme l'entraînement électrique, une chambre de refroidissement, des oculaires agrandissant l'image observée, des filtres spéciaux pour astrophotographie, des compléments optiques grossis-

détermination de la durée d'exposition est difficile au lever et au coucher de la Lune, qui sont les phases les plus intéressantes du point de vue esthétique. Très souvent, le plus sûr est de saisir l'image photographiée, etc.

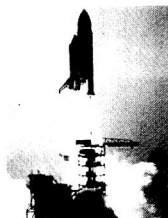
Parmi les objectifs, les plus réputés auprès des amateurs sont les Celestrons (voir tableau page 108). La plupart des objectifs ne sont pas seulement utilisables pour la photographie des étoiles. Ils conviennent aussi pour les planètes, le Soleil, les comètes. Ainsi, la photo de la Lune et des éclipses de Lune est-elle particulièrement pratiquée par les amateurs. Un objectif de 200 mm permet déjà d'avoir sur le film une image de 2 mm de diamètre et cette taille passe à 1 cm avec une optique de 1 000 mm. Les cratères de la Lune peuvent être photographiés avec un télescope comme le Celestron 14 (3 910 mm) ou une lunette équipée d'une lentille de Barlow qui double ou triple sa focale.

Dans tous les cas, il est extrêmement important de stabiliser le matériel pour éviter les vibrations (mais c'est une règle générale en astrophotographie pour obtenir des images aussi nettes que possible).

**La photo de la Lune** demande une durée d'exposition d'environ 1/500 s pour une ouverture de diaphragme de 1 : 5,6 ou 1 : 8 et une sensibilité de film de 400/27° ISO, par temps clair, lorsque l'astre est très au-dessus de l'horizon. Il est même possible d'utiliser un film à grain fin comme l'Ektachrome 64 au 1/250 s à 1 : 4. Le paysage lunaire est alors clairement visible. La

## LES DIAPOSITIVES DE LA NASA

Pour projecteur standard,  
5 séries disponibles avec commentaires des vues



**D 1 / APOLLO 11.** Les premiers hommes sur la lune, juillet 1969, série de 22 diapositives couleur : 89 F (+ 10 F pour frais d'envoi).

**D 2 / APOLLO 17 \*.** Dernière mission lunaire, décembre 1972, utilisation de la jeep lunaire, série de 35 diapositives couleur : 119 F (+ 10 F pour frais d'envoi).

\* Comportant la photo de la terre la plus claire, jamais prise.

**D 3 / JUPITER VOYAGER 1 ET 2.** Série de 31 diapositives couleur : 119 F (+ 10 F pour frais d'envoi).

**D 4 / SATURNE VOYAGER 1.** La planète la plus spectaculaire de notre système solaire, série de 18 diapositives couleur : 79 F (+ 10 F pour frais d'envoi).

**D 5 / COLUMBIA.** Le premier vol orbital du « camion de l'espace », série de 27 diapositives couleur : 99 F (+ 10 F pour frais d'envoi).

— Le lot de 5 séries : 540 F (port compris).



OFFRE  
ILLIMITÉE

### BON DE COMMANDE

A retourner accompagné de votre règlement à :  
GALAXY CONTACT, B.P. 26, 62101 Calais Cedex France

Nom ..... Prénom .....

Adresse .....

Référence(s) de la (des) commande(s) .....

☐ Je désire recevoir votre catalogue complet (posters, diapos, choix de plus de 65 photos NASA COULEUR).

Je joins 4 timbres à ma commande.

réaliser 2 ou 3 photos avec des expositions différentes.

**La photo en couleurs des planètes** est également possible. Les images les plus spectaculaires sont obtenues avec Jupiter et Mars, qui sont parfois très colorés. Les images les plus faciles sont celles de Vénus, qui est particulièrement brillante. Les films de 64/19° à 400/27° ISO sont tous utilisables. Une très bonne résolution est obtenue avec le Kodak Photomicrographie Color malgré sa faible sensibilité. Les durées d'exposition sont inférieures à une seconde avec les films de 200/24° ou 400/27° ISO si l'objectif utilisé possède un rapport d'ouverture (focale divisée par le diamètre de la lentille) inférieure à 60. Avec un rapport de 60 à 120, cette durée d'exposition reste inférieure à la seconde pour Vénus et Mars, mais atteint quelques secondes pour Jupiter et Saturne. Pour ces planètes, le temps d'exposition peut être diminué avec un film de 1 000/31° ISO (qui peut même être utilisé avec une sensibilité double).

**Les comètes sont faciles à photographier** lorsqu'elles sont brillantes. La couleur est intéressante car elle permet de montrer les divers tons que présente parfois la queue (du blanc au bleu ou au jaune). Un objectif de 50 mm suffit si la comète est visible à l'œil nu. Un objectif d'au moins 500 mm est nécessaire dans les autres cas. La marque Celestron vient de lancer sur le marché une optique adaptée à la recherche des comètes : le capteur de comètes Celestron (prix : 3 770 F), de 500 mm de focale, un grand champ (140 mm), une ouverture relative élevée (1 : 3,64) et un grossissement de 28 X (pouvant être porté à 18 X ou 330 X). Tous les films en couleurs, à partir de 50/18° ISO, sont utilisables. Les temps de pose sont très variables, de quelques secondes à plusieurs minutes (dans ce dernier cas, il faut évidemment opérer avec un équatorial). Ici encore le film de 1 000/31° ISO peut être très utile pour réduire le temps d'exposition.

**Il est enfin possible de photographier le Soleil.** De tous les astres, c'est le seul pour lequel les difficultés proviennent d'un excès de lumière. Cette fois, il est nécessaire d'utiliser des films peu sensibles, comme le Kodachrome 25 (25/15° ISO), un diaphragme très fermé, des filtres spéciaux et des durées d'exposition très brèves pouvant aller jusqu'à 1/1 000 s ou même au 1/4 000 s. Les éclipses de Soleil permettent la photo de la couronne et des protubérances solaires. Les temps de pose peuvent alors atteindre 5 ou 10 secondes. Les instruments utilisables sont les mêmes que pour photographier la Lune. Mais des techniques particulières sont nécessaires (qui sont connues depuis longtemps et qui sont décrites dans tous les manuels d'astrophotographie d'amateur), notamment pour éviter l'échauffement au foyer. Elles permettent d'accéder à un domaine particulièrement riche de l'astrophotographie.

**Roger BELLONE ■**

(5) Sur le matériel astronomique pour amateurs, voir *Science & Vie* n° 754 de juillet 1980 et *Science & Vie hors série* n° 137 de décembre 1981.

## LAVANDE

(suite de la page 87)

lavande fine (à 90 F le kilo !), ce qui suppose, en ajoutant notre consommation nationale, un marché de 300 à 320 tonnes. Or, la somme de nos importations et de notre production de ces essences ne dépasse pas 140 tonnes ! Que cachent les autres 180 tonnes ? Sans doute diverses saucées aux essences de lavandin et produits de synthèse... Mais les industriels se défendent de ces bizarreries économiques en expliquant que la France a intérêt à exporter les mélanges sous couvert d'essences pures ; les compositions sont en effet très taxées, alors que, par des accords internationaux, les essences pures ne supportent qu'un droit de douane au plus égal à 3,2 % du produit.

Le moins qu'on puisse en conclure est que la transparence n'est pas le point fort du marché de la lavande et du lavandin ! Les circuits économiques se diluent comme l'huile essentielle dans l'alcool. La toute jeune association de défense de l'AOC, s'appuyant sur l'inventaire réalisé l'été dernier par l'IGN sur les superficies cultivées en lavande et en lavandin dans la zone AOC, mettra sans doute son point d'honneur à éclaircir ces données. En tout cas, désormais, « les huiles essentielles bénéficiant de l'appellation d'origine ne peuvent faire l'objet d'aucune addition ou mélange avec d'autres produits ou substances lorsqu'elles sont vendues en tant que telles ». De même les produits d'assemblage ou de coupe ne pourront plus évoquer la Haute-Provence à l'aide d'un vocable, d'un graphisme, d'une illustration ou d'une allusion si « la base constituant le parfum ne renferme pas au moins 50 % d'huile essentielle de lavande bénéficiant de l'appellation d'origine, ou contient d'autres matières ou substances naturelles ou synthétiques possédant une odeur similaire à celle de cette huile essentielle ».

L'AOC aura aussi poussé les partenaires à se rencontrer, à s'écouter et à s'entendre même un peu mieux. Des industriels négociants ont ainsi fondé, avec une Association de producteurs indépendants, la Fédération interprofessionnelle de lavande lavandin d'origine française (FILLOF). Par ailleurs, le secteur libre et le secteur coopératif seront représentés dans l'Office des plantes à parfum médicinales et aromatiques créé par décret le 18 mars 1983 et dont on espère qu'il sera mis en place avant la prochaine récolte !

Si l'appellation d'origine ne résout pas la crise, il ne restera plus à la lavande que de gagner d'autres marchés comme plante médicinale ou aromatique. Dans ce domaine, ses usages antispasmodique, stomacal, stimulant, diurétique, cholagogue, carminatif, vermifuge et sudorifique sont ignorés de la plupart. La Sicalav, société de coopérative de Haute-Provence, avait même testé l'an dernier avec succès des superbonbons et des glaces à la lavande !

Matière agricole pour les uns, matière première industrielle pour les autres, la lavande n'a donc pas encore livré son dernier combat...

**Marie-Laure MOINET ■**



# Des jeux pour tout l'été.



Un petit coin de parasol, les pieds en éventail, et le numéro d'été de JEUX & STRATEGIE. Voilà un programme infailible pour des vacances réussies.

Des jeux, il y en a pour tous les goûts dans JEUX & STRATEGIE.

Des jeux inédits qui vous passionneront en vous amusant. Comme Don Juans et Dragueurs, un irrésistible jeu de rôle, ou Galapagos, une incroyable course de tortues géantes.

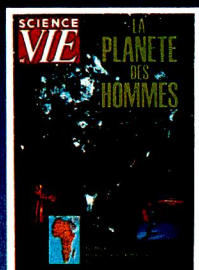
Découvrez aussi le héros de la série le Prisonnier sur micro-ordinateur, l'énigme des 10 petits nègres, tous les nouveaux jeux de bataille navale; en tout, plus de 150 jeux et casse-tête en tous genres.

Bonnes vacances avec **jeux & stratégie**





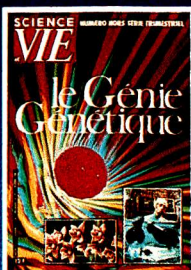
# COMPLETEZ VOTRE COLLECTION SCIENCE & VIE



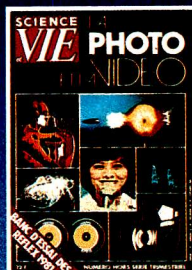
N° 131 - LA PLANÈTE DES HOMMES



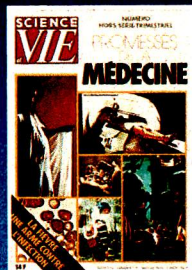
N° 132 - L'INVENTION ET L'INNOVATION



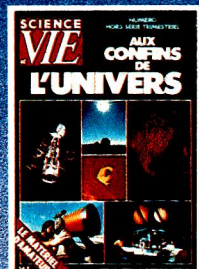
N° 133 - LE GÉNIE GÉNÉTIQUE



N° 134 - LA PHOTO ET LA VIDÉO



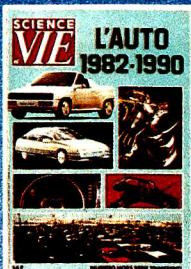
N° 136 - LA MÉDECINE



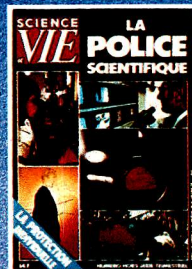
N° 137 - AUX CONFINES DE L'UNIVERS



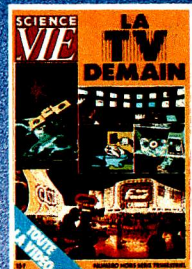
N° 138 - LA SCIENCE DES ROBOTS



N° 139 - L'AUTO



N° 140 - LA POLICE SCIENTIFIQUE



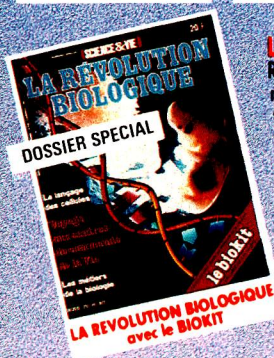
N° 141 - LA T.V. DEMAIN



N° 142 - LE SOMMEIL ET LES RÊVES



N° 143 - L'AVIATION



**LES RELIURES**  
Recouvertes de simili cuir marron foncé avec impression dorée, les reliures Science & Vie vous permettront de conserver intacte votre collection. Chaque reliure est conçue pour classer six revues.



## BULLETIN DE COMMANDE

A découper ou recopier et retourner, paiement joint, à  
Science & Vie, 5, rue de la Baume, 75008 Paris.

NOM .....

Prénom .....

N° ..... Rue .....

Code postal .....

Ville .....

### ● NUMÉROS HORS-SÉRIE :

131 qté ..... 136 qté ..... 140 qté .....  
132 qté ..... 137 qté ..... 141 qté .....  
133 qté ..... 138 qté ..... 142 qté .....  
134 qté ..... 139 qté ..... 143 qté .....  
soit ..... numéros à 15 F l'un franco (étranger 18 F).

### ● DOSSIER RÉVOLUTION BIOLOGIQUE

qté ..... à 20 F l'exemplaire franco (étranger 25 F)

● RELIURES : ..... lots de 2 reliures au prix de 45 F  
franco (étranger 50 F). ☐ nouveau modèle ☐ ancien modèle

● CI-JOINT MON RÈGLEMENT TOTAL DE ..... F

par ☐ c. bancaire ☐ c. postal ☐ mandat-lettre  
Étranger : mandat international ou chèque compensable à Paris.



inconvenient : leur source d'énergie est limitée. Quant aux engins monoplaces à pression atmosphérique étudiés plus haut, s'ils n'ont pas de problème d'énergie, puisqu'ils la reçoivent par ombilical, ils ont, eux aussi, leur point faible : ils dépendent tous d'un navire de surface. Ils sont donc moins mobiles et leur mise en œuvre peut être contrariée par des contraintes météorologiques. L'intérêt de l'industrie est donc de jouer sur ces deux tableaux, auxquels sont venus s'ajouter les robots.

**Les robots.** Ce mot est employé par commodité. En anglais on parle de ROVs (*Remotely Operated Vehicles*), en français d'engins "téléopérés" ou de véhicules télécommandés.

A priori, plusieurs facteurs jouent en faveur de ces engins inhabités : ils peuvent descendre plus profond ; accomplir 24 h sur 24 des tâches qui mobiliseraient plusieurs équipes de plongeurs dont la vie pourrait être en danger ; enfin, leurs coûts d'exploitation sont assez bas (environnement allégé, personnel réduit).

Ils ont d'autant plus d'intérêt que, si dans l'état actuel des techniques l'exploitation de gisements ne s'effectue pas au-delà de 200 m de profondeur, des recherches et des forages sont déjà courants par des fonds atteignant 300 m. On commence même à forer à plus grande profondeur : sous plus de 1 000 m d'eau. Donc on aura besoin de robots.

Ainsi le microsubmersible *Mantis* est-il déjà modifié pour fonctionner inhabité, par télécommande. Déjà, plus d'une centaine de robots, petits et grands, travaillent sous les océans. Au large du Gabon (sur le gisement de Grondin Nord-Est), Elf-Aquitaine a expérimenté *TIM* (télémanipulateur d'intervention et de maintenance). Doté de la vue grâce à une batterie de projecteurs et de caméras, il transmet en permanence des images aux opérateurs qui, à bord d'une barge de surface, télécommandent par câbles les bras hydrauliques et les grues de l'engin ainsi que ses différents organes. Les enseignements de 24 missions différentes accomplies par *TIM* ont permis une bonne estimation de l'étendue des services que l'on peut attendre de la télémanipulation.

Aux États-Unis, la société Bell a mis au point le *Scarab*. Peu connu, cet engin est utilisé pour la maintenance et la réparation des câbles de télécommunication reposant sur les fonds marins. Téléguidé par un navire-câblé, le *Scarab* a bénéficié des derniers perfectionnements en matière hydraulique, acoustique, électronique et de télévision. Il repère le câble grâce à une tonalité spéciale émise par celui-ci, le déterre à l'aide de jets d'eau à haute pression, le saisit avec ses pinces articulées, puis le coupe avec une scie circulaire avant de le remonter à la surface.

**Nouveau.** L'expérience acquise avec les robots opérationnels n'est pas sans être controversée. On

s'accorde à admettre qu'ils sont de bons photographes et des caméramen efficaces. S'ils ont une bonne vue, ils ont aussi l'oreille fine ; ils se servent convenablement de capteurs simples, prennent des mesures, prélèvent des échantillons, procèdent à des nettoyages et à des travaux de routine. En revanche leur "dextérité" laisse à désirer. Les bras manipulateurs sont encore maladroits.

Les experts français s'attaquent à ce problème avec le système *ÉRIC II* (Engin de recherche et d'intervention par câbles). Sur cet engin de 5 tonnes, deux bras manipulateurs peuvent être actionnés. Avec des "bras élémentaires", le mouvement est décomposé comme celui d'un automate. Mais avec un système plus sophistiqué, un "bras-esclave" reproduit sous l'eau le mouvement d'un "bras-maître" sur lequel agit un opérateur de surface.

Pour améliorer les performances des bras manipulateurs d'*ÉRIC II*, le Centre d'études et de recherches en techniques sous-marines de Toulon (CERTSM) en a confié la maîtrise d'œuvre et la réalisation aux ingénieurs du Commissariat à l'énergie atomique, qui travaillent depuis 1945 sur des manipulateurs à commande électronique dans le domaine nucléaire. Les études entreprises pour les robots industriels, et notamment les travaux concernant leur commandes et leur programmation en mode "maître-esclave", ont inspiré un nouveau système où se marient électronique, mécanique (mécanismes à 6 degrés de liberté) et dispositif à retour d'effort. Ce système reproduit au niveau de l'opération, l'effort effectué par le robot ; il donne la sensation étonnante de "toucher" l'objet manipulé, alors que celui-ci se trouve à des centaines, voire à des milliers de mètres sous l'eau, d'en "sentir" le poids, l'équilibre et la position dans l'espace. Donc d'en commander avec précision et en souplesse la manipulation.

Sans doute est-on encore loin de la dextérité de l'homme, qui dispose d'une centaine de degrés de liberté. "Ah ! nous disait un spécialiste des sciences biologiques, si le poulpe ou l'octopus pouvaient parler ! Ils nous diraient comment leur système psychomoteur coordonne 8 bras et 400 degrés de liberté !"

En l'état actuel de la question, il reste admis que la télémanipulation n'est pas encore en mesure de faire face à des tâches imprévues. Il faut donc que l'outillage des engins soit conçu et adapté à des missions bien définies. Les robots sont donc complémentaires des hommes et des installations sous-marines. Les installations doivent être conçues pour recevoir leurs robots, un peu comme des serrures reçoivent les clés qui mettent en branle leurs mécanismes.

Quand leur outillage est rigoureusement adapté aux opérations projetées, les engins télécommandés sont à la hauteur des espoirs mis en eux. En novembre 1981, un véhicule lourd, le *Sea Plow* (20 t), servant à enterrer les câbles sous-marins, était perdu au sud-ouest de l'Irlande, par 230 m de fond. Le câblé français *Vercors* mit en œuvre le *RCV 150* (voir photos et encadré

(suite du texte page 158)

# SAVOIR S'EXPRIMER



est un précieux atout dans bien des circonstances de la vie professionnelle, sociale ou privée: réunions, amitiés, relations, travail, affaires, sentiments, etc.

Il vous est certainement arrivé de vous dire après un entretien: «Ce n'est pas ainsi que j'aurais dû aborder la question.» Soyez sûr que la conversation est une science qui peut s'apprendre. L'étude détaillée de tous les «cas» concrets qui peuvent se présenter, l'amélioration progressive de vos moyens d'expression vous permettront, après un entraînement de quelques mois, d'acquérir une force de persuasion qui vous surprendra vous-même. Vous attirerez la sympathie, vous persuaderez, vous séduirez avec aisance et brio.

Le Cours Technique de Conversation par correspondance vous apprendra à conduire à votre guise une conversation, à l'animer, à la rendre intéressante. Vous verrez vos relations s'élargir, votre prestige s'accroître, vos entreprises réussir.

Demain, vous saurez utiliser toutes les ressources de la parole et vous mettrez les meilleurs atouts de votre côté: ceux d'une personne qui sait parler facilement, efficacement, correctement et aussi écrire avec élégance en ne faisant ni faute d'orthographe, ni faute de syntaxe.

Pour obtenir tous les renseignements sur cette méthode pratique, demandez la passionnante brochure gratuite: «L'art de la conversation et des relations humaines» au:

**COURS TECHNIQUE DE CONVERSATION**  
Service D. 1026,35, rue Collange  
92303 Paris-Levallois (Établ. privé)  
Tél. 270.73.63

## CONTROL DATA



Le grand constructeur  
de super-ordinateurs forme dans  
ses Instituts Privés

### ANALYSTE-PROGRAMMEURS DE GESTION

(baccalauréat au minimum)  
en 19 semaines à Paris ou Marseille

### INSPECTEURS DE MAINTENANCE

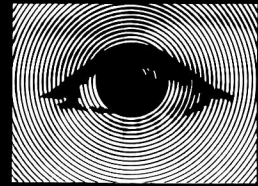
en 26 semaines à Paris

Pour documentation et conditions  
d'admission, écrire à

### INSTITUT PRIVÉ CONTROL DATA

Bureau 120  
59, rue Nationale 75013 Paris - Tél. 584.15.89  
ou Les Bureaux du Méditerranée  
39, boulevard Vincent Delpuech  
13255 Marseille Cedex 06 - Tél. : (91) 78.95.43  
ou 1, rue Julien Videment 44200 Nantes  
Tél. (40) 48.09.44 Poste 204

## DEVENEZ



## PHOTOGRAPHE

Sans quitter votre emploi, l'Institut Spécial d'Enseignement par Correspondance (organisme privé), vous prépare à ces brillantes carrières: photographe de mode, de publicité, de presse et de reportage. Demandez notre brochure gratuite à: I.S.E.C. (serv. F1), 11, Faubourg Poissonnière, 75009 Paris.

Pour la Belgique: 176, Boulevard Kleyer  
4000 Liège. Tél. 041/52.60.98

**BON** pour recevoir  
notre brochure gratuite

Nom .....

Adresse .....

..... code postal .....

Ville .....

## diplômes de langues UN ATOUT PROFESSIONNEL

anglais, allemand, espagnol, italien, russe, grec

Dans tous les secteurs d'activité, la pratique utile d'au moins une langue étrangère est devenue un atout majeur. Pour augmenter votre compétence, assurer votre promotion, votre reconversion, quelle que soit votre situation, vous avez donc intérêt à préparer un diplôme professionnel, très apprécié des entreprises:

— **Chambre de Commerce Étrangères**, compléments indispensables aux emplois du commerce international.

— **Université de Cambridge** (anglais), pour les carrières de l'information, publicité, tourisme, hôtellerie, etc...

— **B.T.S. Traducteur Commercial**, formation complète au métier de traducteur ou interprète d'entreprise.

Langues & Affaires (Établissement privé) assure des formations complètes (même pour débutants) à distance, donc accessibles à tous, quelles que soient vos occupations quotidiennes, votre lieu de résidence ou votre niveau actuel.

Enseignements originaux et individualisés, avec progression efficace et rapide grâce à l'utilisation rationnelle de moyens audiovisuels modernes (disques, cassettes...). Cours oraux facultatifs à Paris. Service Orientation et Formation. Documentation gratuite à Langues & Affaires, service 2922, 35, rue Collange 92303 Paris-Levallois. Tél. : 270.81.88.

### BON D'INFORMATION

à découper ou recopier et renvoyer à

L. & A., service 2922, 35, rue Collange 92303 Paris-Levallois. Veuillez m'adresser gratuitement et sans engagement votre documentation complète.

NOM : .....

Prénom : .....

Adresse : .....



## PLONGÉE SOUS-MARINE

(suite de la page 156)

page 78), petit engin télécommandé de la firme californienne Hydro-Products, doté d'un équipement sonar et d'un bras manipulateur simple.

En trois semaines, le *RCV 150* localisa le véhicule perdu, le filma, indiqua sa position et amarra les câbles de levage. Après 18 missions, et un peu plus de 30 heures de travail, les vingt tonnes du *Sea-Plow* étaient récupérées et remontées à bord du *Vercors*.

Pour *ÉRIC II* et l'engin américain analogue *RUWS* (*Remot Unmanned Work System*), les profondeurs d'interventions envisagées vont jusqu'à 6000 mètres. Jusqu'à présent, ces profondeurs étaient le domaine réservé des bathyscaphes et des engins submersibles de pénétration profonde.

**Pénétration profonde.** La plupart des engins que nous avons étudiés étaient reliés à la surface, mais, pour plonger plus profond, les câbles sont éliminés ; les engins sont autonomes. Leur histoire a commencé avec les bathyscaphes, comme le *Trieste* du Pr Piccard, qui atteignit en 1960, par 11 000 m de fond, le creux le plus profond de notre planète, dans la fosse des Mariannes, au large de l'île de Guam. Plusieurs autres stars de la grande pénétration sous-marine ont accompli des exploits qui furent de grandes réussites technologiques, et les instruments d'importantes découvertes océanologiques.

*Archimède* (France) explora à plus de 8 500 m la fosse des Kouriles ; *Aluminaut* (États-Unis), seul sous-marin du monde en aluminium, accomplit des missions difficiles à moins de 4 500 m. Citons encore les *Pisces* canadiens, dont certains modèles peuvent plonger jusqu'à 3 300 m et qui ont trouvé acquéreurs à l'étranger, en particulier en URSS. Aux États-Unis, *Alvin* s'est rendu célèbre par la récupération de la bombe atomique tombée en mer, au large de Palomarès, et a connu une brillante carrière. C'est également le cas de l'engin submersible français *Cyana*.

Le régime d'utilisation de *Cyana* prouve, depuis plus de dix ans, sa très grande fiabilité pour les campagnes de plongées scientifiques, industrielles et techniques.

Il faut croire que l'utilisation de ces submersibles d'avant-garde, opérant avec succès et se tirant parfois d'affaire dans des circonstances dramatiques, furent d'incontestables réussites puisqu'ils restent tous opérationnels, après avoir été perfectionnés. *Alvin* a été doté d'une nouvelle sphère-habitacle en titane, testée sous une pression de 7 000 m. *Cyana* expérimente de nouveaux outillages (carottier à roche, marteau hydraulique, pince souple pour prélèvement d'organismes vivants). *Aluminaut*, très amélioré (hublot panoramique, moyens multiples de prélèvement), est prêt pour de nouvelles missions sur des gisements de sulfures polymétalliques, entre 2 000 et 3 000 m.

**Nouveau.** En France, la réalisation du *SM 97* est en cours. C'est le nom d'un sous-marin d'observation et d'intervention, capable de plonger jusqu'à 6 000 m, donc d'explorer 97 % des océans. C'est le *CNEXO*<sup>(4)</sup> qui en a défini les caractéristiques. Une sphère habitable, en alliage de titane, de 2,10 m de diamètre intérieur, recevra les trois hommes formant l'équipage.

Au dernier salon nautique de Paris, on pouvait voir au stand du *CNEXO* un énorme poisson rouge de 4 m de long sur 2 m de haut : l'*Épaulard*<sup>(5)</sup>. Engin inhabité, il est télécommandé par ondes acoustiques et sans équivalent dans le monde. L'étude d'un *Super Épaulard* est actuellement en cours. Également inhabité et télécommandé, il est destiné à l'étude par grands fonds (6 000 m) de la cartographie géomorphologique à haute résolution (de l'ordre du mètre).

**Engins à vocation spéciale.** En raison de leurs caractéristiques particulières, nous classons à part d'autres moyens d'interventions, conçus à des fins scientifiques, militaires ou expérimentales, comme les mésoscaphes ou certains sous-marins "de mission".

**Mésoscaphes.** En dépit de performances tout à fait exceptionnelles, ces engins de plongée en moyenne profondeur ont été négligés au bénéfice des submersibles d'exploration ou d'exploitation industrielle. Deux mésoscaphes furent construits par Jacques Piccard : le *Ben Franklin* et l'*Auguste Piccard*. Le *Ben Franklin*, déplaçant 140 t, est capable de plonger jusqu'à 600 m. Il a accompli 80 plongées, et une célèbre exploration du Gulf Stream. Dérivant dans les profondeurs de ce courant marin et parcourant 1 500 milles nautiques en 30 jours, il rapporta une moisson de données océanographiques particulièrement abondantes. Construit pour atteindre les profondeurs de 700 m, le mésoscaphes *Auguste Piccard* fut utilisé à des fins touristiques ; en l'espace de quelques mois, il effectua 1 100 plongées pour montrer les fonds du lac Léman à 33 000 passagers. Déplacement : 165/220 t, avec un équipage de 4 hommes et 40 places de passagers. Adapté à la recherche scientifique, et muni d'un système diesel qui augmente considérablement ses possibilités en mer, l'*Auguste Piccard* a été vendu au groupe américano-canadien Horton Maritime. Il effectue des recherches en géologie et particulièrement en sismologie.

**Nouveau :** En examinant plus haut les engins composites, nous évoquions les problèmes, non encore résolus, que pose leur autonomie : leurs ressources énergétiques limitent leurs modes d'interventions. De ce point de vue, le projet français *Argyronète* représente une tentative significative de percée technologique. Henri G. Delauze, président de la COMEX, rappelait récemment la définition de l'*Argyronète* : une maison autopropulsée sous la mer. Au premier degré, cet engin

(suite du texte page 160)

(4) Centre national pour l'exploitation des océans.

(5) Voir *Sciences & Vie* n° 768, septembre 1981.

## on vous juge sur votre culture

A tout moment de votre existence, une culture insuffisante constitue un sérieux handicap, tant dans votre vie professionnelle que sociale ou privée: rencontres, réunions, discussions, conversations...

Pourtant, vous aimeriez, vous aussi, rompre votre isolement, participer à toutes les discussions, exprimer vos opinions, affirmer votre personnalité face aux autres et donc assurer votre progression matérielle et morale. Car vous savez qu'on vous juge toujours sur votre culture!

Aujourd'hui, grâce à la **Méthode de Formation Culturelle** accélérée de l'I.C.F., vous pouvez réaliser vos ambitions.

Cette méthode à distance, donc chez vous, originale et facile à suivre, vous apportera les connaissances indispensables en **littérature, cinéma, théâtre, philosophie, politique, sciences, droit, économie, actualité**, etc., et mettra à votre disposition de nombreux services qui vous aideront à suivre l'actualité et l'information culturelles.

Des milliers de personnes ont profité de ce moyen efficace et discret pour se cultiver.

Documentation gratuite à:

**INSTITUT CULTUREL FRANÇAIS**  
Service 3505, 35, rue Collange  
92303 Paris-Levallois (Établ. privé)  
Tél. 270.73.63



des techniques servies  
par des hommes

# ARMÉE DE TERRE INFORMATION

ÉCRIRE À : DPMAT BCE-  
SERVICE SV  
37, BD PORT ROYAL  
75998 PARIS ARMÉES



## DEVENEZ REPORTER JOURNALISTE

Le plus beau, le plus exaltant des métiers du monde désormais à votre portée... Grâce à sa méthode moderne inédite, facile à assimiler, UNIVERSALIS (Institut international d'enseignement privé par correspondance) vous offre une occasion unique de transformer merveilleusement votre existence en vous préparant **RAPIDEMENT** et **A PEU DE FRAIS** à l'exercice de cette profession passionnante et de prestige.

Pendant vos loisirs, tout à votre aise, quels que soient votre âge, votre sexe, vos études, vos occupations, votre résidence, UNIVERSALIS vous initie à la technique de l'information, à la pratique du reportage, de l'enquête, de l'interview (presse écrite, radio, télévision) dans tous les domaines de l'actualité quotidienne: faits divers, affaires criminelles, politique, sports, mondanités, événements de province et de l'étranger, etc.

Demandez la documentation gratuite n° 17 à  
**UNIVERSALIS, 11, Faubourg Poissonnière, 75009 PARIS.**  
Pour la Belgique: 13, bd Frère Orban, 4000 Liège. Tél. 041/23.51.10

**BON** pour une documentation gratuite  
sans engagement et sans frais.

à découper ou à recopier

NOM: \_\_\_\_\_

PRENOM: \_\_\_\_\_

ADRESSE: \_\_\_\_\_

## UN MÉTIER LA COMPTABILITÉ

La comptabilité intègre les techniques de pointe et offre des postes clefs très bien rémunérés. Profitez de l'expérience de l'E.P.A. pour **préparer chez vous un diplôme officiel de comptabilité**:

**CAP - BP - BTS - CPECF - DECS**

Renseignez-vous au plus vite sur les **avantages offerts aux étudiants de l'E.P.A.**: financement par la formation continue, début des études à tout moment, à tout âge, à tout niveau...

Brochure chez vous  
sous 48h ☎ 293.11.11

**15 jours  
d'essai gratuit**

VOTRE PROGRAMME  
DE TRAVAIL  
PAR ORDINATEUR



École Préparatoire  
d'Administration

**EPA**  
Sans engagement recevez la  
doc. gratuite L 511

M. \_\_\_\_\_ Pr. \_\_\_\_\_  
Adr. \_\_\_\_\_  
Né(e) le \_\_\_\_\_ Tél. \_\_\_\_\_  
Niv. d'études \_\_\_\_\_

École Préparatoire d'Administration  
6, rue de Leningrad 75008 Paris  
Enseignement privé à distance



Certes, il eût été possible de prévoir ces coupures mais cela aurait nécessité une complication extrême du programme afin de respecter la césure des mots entre deux syllabes ou entre deux consonnes redoublées. Apple Writer nie l'obstacle en l'abolissant... Il vous arrivera inmanquablement de faire des fautes de frappe et de vous en apercevoir aussitôt ou bien à la relecture du texte affiché sur l'écran : les commandes de correction, d'insertion, d'effacement sont là pour y remédier. Mieux encore, des paragraphes entiers pourront être ajoutés à n'importe quel endroit du texte. Bien entendu, vous pourrez frapper en majuscules, minuscules avec caractères accentués (bien que le ç utilisé avec le programme Apple Writer entraîne... le soulignement de tous les mots qui suivent...). Si le texte est long, plutôt que de le faire défiler avec le curseur, il existe une commande qui va placer ce dernier exactement au début du mot que vous lui aurez préalablement indiqué (recherche de la première occurrence).

En même temps que l'Apple Writer, la disquette vous offre la possibilité d'employer un langage spécial adapté au traitement de textes et dénommé WPL. En l'utilisant vous pouvez programmer les tâches répétitives, par exemple l'ensemble des commandes définissant le "formatage" d'un document (marges hautes, basses, droites, gauches, alinéas, interligne, tabulation, etc.) et l'utiliser pour tous les documents futurs de même nature car ce programme spécial peut être lui-même sauvegardé sur disquette et appelé lorsque le besoin s'en fera sentir.

Mais ces virtuosités dactylographiques (illustrées en p. 117) ne sont qu'un aspect superficiel de sa véritable utilité. En remplaçant bien des tâches répétitives, il augmentera le rendement de la frappe du courrier dans les entreprises. Mais aussi, il permettra de classer et de conserver la correspondance sur son support magnétique (disquettes), supprimant définitivement les classeurs à anneaux et leurs papiers pelure multicolores. Il faudra néanmoins, par sécurité, dupliquer les disquettes et les archiver dans deux endroits différents mais, ceci fait, l'accès à l'original s'obtiendra par simple appel du texte sur l'écran d'un terminal, ce qui ne demandera que quelques secondes... Et, s'il est nécessaire de disposer d'un document écrit, l'imprimante le délivrera aussitôt...

Certes, pour un particulier qui écrit une vingtaine de lettres dans l'année, l'Apple Writer et surtout la configuration nécessaire pour le mettre en œuvre ne font pas partie des investissements de première urgence... Mais rien n'interdit à l'honnête homme du XX<sup>e</sup> siècle de savoir au moins de quoi il s'agit. Si perdre le plaisir d'apprendre c'est vieillir, l'informatique est une fontaine de jouvence...

**Pierre COURBIER ■**

est un sous-marin porte-plongeurs de 250 t, avec compartiment atmosphérique (équipage 6 hommes), caisson (4 plongeurs), pouvant intervenir en immersion autonome complète jusqu'à 200 milles de son port d'attache. Au second degré, il devient une maison sous la mer, apte à des travaux de longue durée dirigés à partir du fond.

On sait que ce projet d'habitation mobile sous-marine était déjà le but de Cousteau, qui tenta en 1966-1968 de développer un premier projet *Argyronète*. Il échoua. Pourquoi ?

Principalement parce qu'à cette époque, les sources d'énergie disponible nécessaires pour alimenter de façon autonome non seulement les moteurs, mais aussi les moyens de travail et l'outillage, n'assuraient pas à l'engin des capacités opérationnelles suffisantes. Mais depuis 15 ans, des progrès substantiels ont été faits dans le domaine des systèmes énergétiques : piles à combustible, générateurs de gaz à ergols, moteurs en circuit fermé.

Aussi, le nouvel *Argyronète* permettra-t-il, avant tout, d'entreprendre l'expérimentation en vraie grandeur de nouvelles sources d'énergie autonome, de grande capacité. Dans une première phase, il sera exploité comme laboratoire sous-marin. Il recevra, à l'essai, des moteurs nouveaux : diesel circuit fermé, moteurs Sterling, utilisant des sources d'énergie différentes de celles dispensées par les classiques batteries d'accumulateurs. H.G. Delauze espère qu'il sera possible de multiplier par 5 la puissance disponible et l'énergie embarquée.

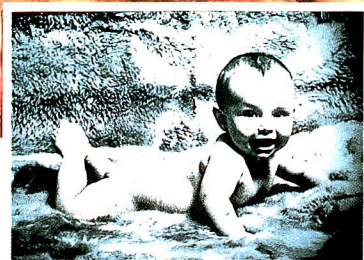
Des systèmes et équipements d'interventions du type *ROVs*, que nous avons étudiés, seront également testés. Engins filoguidés (téléguidés par câbles électriques de commande), les hublots d'observation et les passages de coque seront modifiés en conséquence. Ce n'est qu'après ces essais que l'*Argyronète* sera prêt à utiliser, jusqu'à 600 m de fond, des moyens sans précédent.

Depuis le premier et second chocs pétroliers, la conquête sous-marine est plus que jamais à l'ordre du jour. Les efforts de recherche ne sont justifiés que s'ils permettent des applications industrielles et commerciales. Les hausses des cours des hydrocarbures ont ainsi rendu possibles les progrès technologiques : les compagnies pétrolières n'ont pas hésité à acheter des engins sous-marins qui permettent l'exploitation et la surveillance des gisements *off-shore*.

S'il est certain qu'une baisse des cours du baril ne peut qu'améliorer le solde de notre balance commerciale (le pétrole représente 20 % de nos importations), espérons cependant qu'elle n'affectera pas trop le développement de la recherche expérimentale dans le domaine sous-marin.

**Jean-Albert FOËX ■**

# CRÉEZ

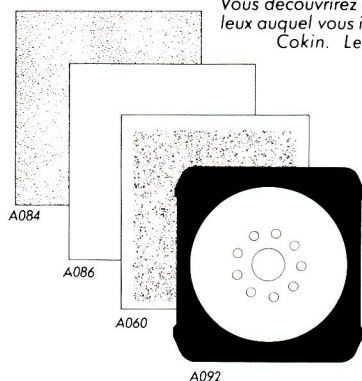


Créez les photos dont vous rêvez. Des photos originales des êtres qui vous sont chers, comme ici avec le filtre Sépia (A005),

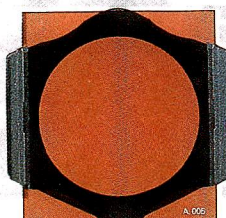
l'un des 5 filtres du Kit Portrait Cokin. Vous découvrirez alors le monde merveilleux auquel vous invite le système créatif Cokin. Le système est simple:

un porte-filtre universel qui se fixe sur votre objectif à l'aide d'une bague, et une gamme de plus de 100 filtres. Avec le

Kit Portrait Cokin vous est offert le "Guide Cokin du Filtre" (106 pages, 454 exemples) pour vous permettre de choisir vos effets et maîtriser votre imagination.



## KIT PORTRAIT



**cokin**<sup>®</sup>  
CREATIVE FILTER SYSTEM



GRATUIT Envoyez-moi une documentation complète sur le Creative Filter System Cokin avec le Dossier-conseil Choix d'images consacré aux filtres Cokin.

Mon nom: \_\_\_\_\_  
Mon adresse: \_\_\_\_\_  
à renvoyer à Cokin Distribution  
117, rue des Solets,  
94513 RUNGIS  
CEDEX.  
sy





# La GTE



Traction avant, 8 CV, moteur transversal 1800 cm<sup>3</sup>, 115 ch Din à 5.800 tr/mn\*. Injection électronique avec coupure d'alimentation en décélération. Arbre à cames en tête. Culasse en aluminium à flux transversal. Boîte 5. 187 km/h chrono\*\*. De 0 à 100 km/h en 9,5 secondes. Jupe avant, dérives latérales. Suspension renforcée. Amortisseur à gaz à l'arrière. Jantes en alliage, pneus taille basse. Sièges Recaro, volant sport.

**OPEL**   
LES ARGUMENTS POUR CONVAINCRE

## OPEL KADETT

la voiture étalon.

\* 85 kW - \*\* Sur circuit. Données Usine.

Consommations (Normes UTAC) : 5,7 l à 90 km/h, 7,6 l à 120 km et 11,0 l en vil