

Pour la Science

■ POUR LA

SCIENCE

Octobre 1998

édition française de

SCIENTIFIC
AMERICAN

Les débris
dans l'espace

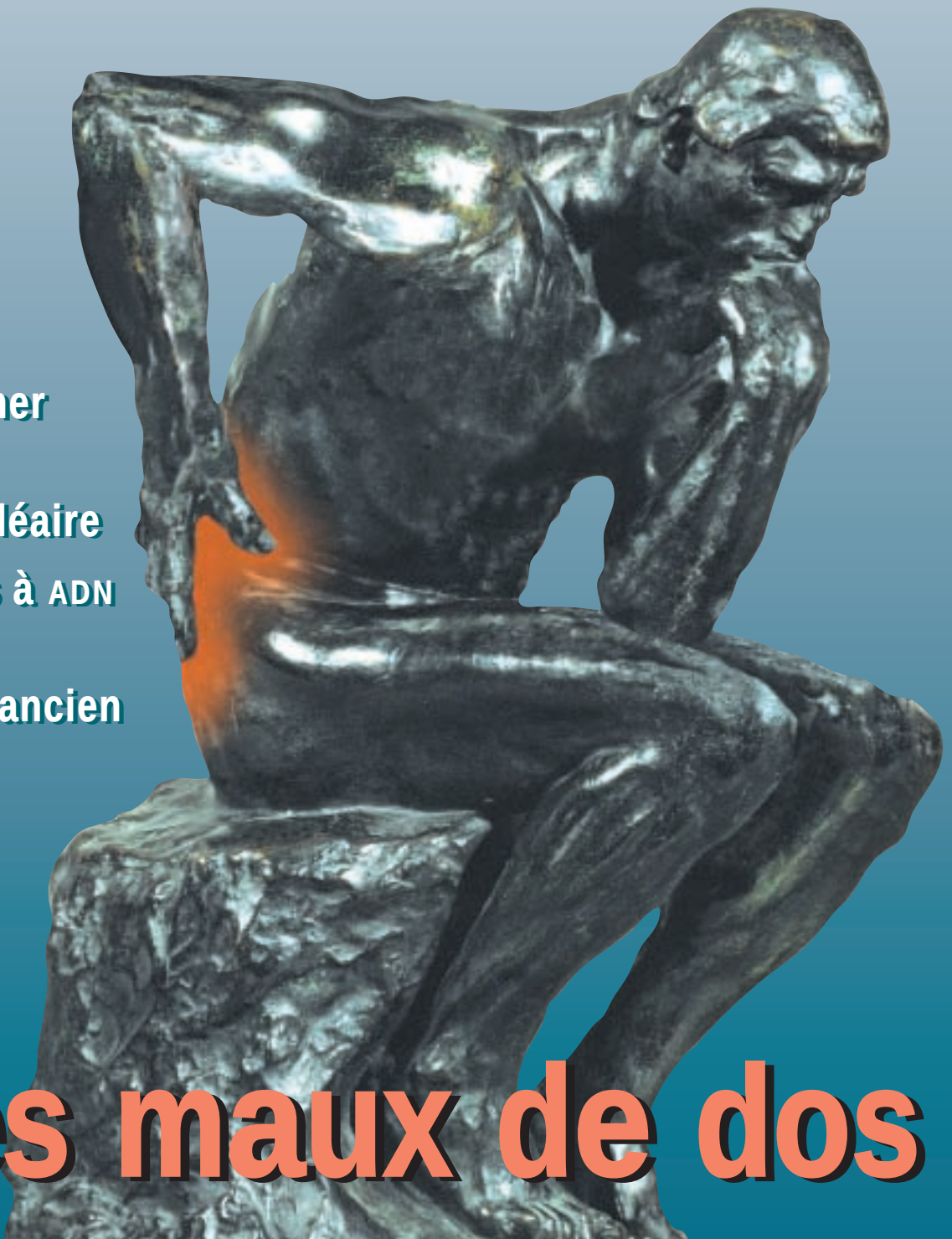
L'irrigation
à l'eau de mer

Les jeux
de Martin Gardner

La machine Z
et la fusion nucléaire

Des ordinateurs à ADN

Le Gondwana,
supercontinent ancien



Canada : \$ 8,75

Les maux de dos



JEU-CONCOURS

Cauchemar d'ordinateur

par Pierre Tougne

6



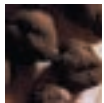
BLOC-NOTES

de Didier Nordon

7

TRIBUNE DES LECTEURS

8



SCIENCE ET GASTRONOMIE

Espèces de truffes

par Hervé This

10



PRÉSENCE DE L'HISTOIRE

Les pandémies de choléra

12



POINT DE VUE - DOPAGE

Il faut suivre les sportifs

par Jean-Paul Escande

16



Comment soigner les athlètes

par Delon Human

17



SCIENCE ET ÉCONOMIE

La monnaie?

par Bernard Guerrien et Sophie Jallais

20



PERSPECTIVES SCIENTIFIQUES

22

■ Des crustacés, de l'oxygène et du sel
■ Vitraux visqueux? ■ Du soleil... sous les vignes
■ Vieux jeu ■ Dopage bénéfique ■ La plus ancienne tortue marine connue ■ Un virus de cheval ■ Désintégration de cryptons ■ Les manchots

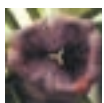


VISIONS MATHÉMATIQUES

Des sculptures en ciment

par Ian Stewart

102



L'IMAGE DU MOIS

Sur la piste du nectar rouge

par Jens Olesen

104



LOGIQUE ET CALCUL

Le rangement de la boîte de cubes

par Jean-Paul Delahaye

108



SAVOIR TECHNIQUE

Le détenteur

par William Bowden

117



ANALYSES DE LIVRES

118

■ Tazieff, le joueur de feu, de Roger Cans
■ L'esprit en image, de M.I. Posner et M.E. Raichie
■ Chronologie des sciences et des techniques, de Jean Rosmorduc ■ Chronologie d'histoire des sciences

Le mal de dos

38

par Richard Deyo

De très nombreuses personnes souffrent de douleurs du bas du dos dont l'origine reste mystérieuse. Divers traitements sont utilisés, mais la stratégie la plus efficace est souvent d'attendre que la douleur disparaisse spontanément.



Les chimères de caille et de poulet pour étudier l'embryogenèse

46

par Nicole M. Le Douarin

Les greffes de cellules de caille sur des embryons de poulet ont apporté des informations sur les mécanismes du développement du système nerveux, du système sanguin et immunitaire, et sur la localisation cérébrale de certains comportements innés.



Calculer avec l'ADN

56

par Leonard Adleman

L'utilisation d'ADN pour résoudre des problèmes mathématiques conduit à repenser la notion de «calcul».



Le Gondwana

64

par Roland Trompette

Le supercontinent du Gondwana, père de la plupart des continents actuels, a vécu 400 millions d'années. Les géologues retracent l'histoire de son assemblage, de sa fragmentation et reconstituent les climats qui y régnaient.

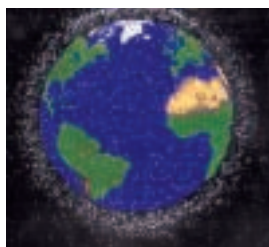


La pollution spatiale

72

par **Nicholas Johnson**

Les nombreux objets mis en orbite autour de la Terre, en même temps que des satellites, menacent aujourd'hui la sécurité des missions spatiales.

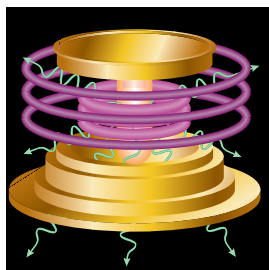


Fusion nucléaire et striction axiale

78

par **Gerold Yonas**

Un dispositif nommé machine à striction axiale déclenchera la fusion nucléaire contrôlée à l'aide de bouffées de rayons X intenses et brèves.



Les jeux mathématiques

86

par **Martin Gardner**

Encore trop méconnus, les jeux mathématiques sont à la fois des moteurs pour l'enseignement et pour la recherche. Certaines de leurs applications sont imprévues.



L'irrigation à l'eau de mer

96

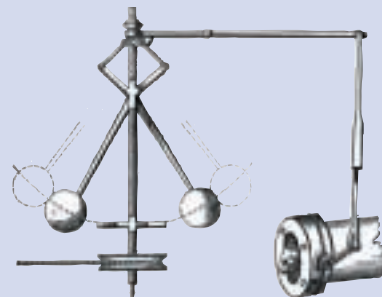
par **Edward Glenn,
Jed Brown
et James O'Leary**

La culture de plantes résistant au sel permettrait la production d'aliments pour le bétail dans des zones désertiques.



Le génie du vivant, compris et imité

Souvenons-nous de la merveille technique qu'était le régulateur de Watt. Deux masselottes sont reliées, par des tiges articulées, à un arbre tournant ; la force centrifuge écarte les masselottes proportionnellement à la vitesse de rotation de l'arbre, de façon à commander l'ouverture d'une soupape. Quand l'arbre tourne trop vite, la soupape se ferme et la puissance du moteur entraînant l'arbre diminue. Et réciproquement.



Admirable d'ingéniosité, mais d'une efficacité dérisoire comparée à la régulation nécessaire à la fabrication de l'embryon. Le devenir de chaque cellule, déterminé potentiellement par son code génétique, est réglé par son environnement (voir *Les chimères de caille et de poulet pour étudier l'embryogenèse* par Nicole le Douarin, page 46) selon des processus biologiques d'une formidable précision. L'inventivité de l'évolution est cent coudées au-dessus de la pensée humaine, logique et binaire.

Aussi, pourquoi ne pourrions-nous pas tirer parti des processus biologiques pour résoudre nos difficultés techniques ? Une variante du problème du voyageur de commerce consiste à relier par un chemin un certain nombre de villes sans repasser deux fois par la même ville. Quand le nombre de villes dépasse une centaine, la puissance calculatoire nécessaire est hors de portée des plus puissants ordinateurs classiques.

En codant chaque nom de ville par une séquence de bases de l'ADN, l'«ordinateur à ADN» associe les différentes villes et retrouve, dans la sauce biologique, la suite de séquences correspondant au chemin reliant convenablement toutes les villes (voir *Calculer avec l'ADN*, par Leonard Adleman, page 56).

Sans l'exemple donné par la vie, nous n'aurions pas pensé à concevoir de tels dispositifs. Ils pourraient constituer les ordinateurs du futur qui calculeraient «comme la vie».

Philippe BOULANGER

Sur notre site Web (<http://www.pourlascience.com>), vous trouverez des compléments bibliographiques à propos des articles de *Pour la Science*.

JEU-CONCOURS N° 52

PIERRE TOUGNE

Cauchemar d'ordinateur

Nous allons examiner une récurrence où la difficulté calculatoire est imprévue. Considérez l'échiquier arithmétique de cinq cases de côté de la figure ci-contre. Les cases, notées $A(m, n)$, sont repérées par leur abscisse et ordonnée entière m et n , comprise entre 0 et 4. On remplit cet échiquier de la façon suivante :

- a) $A(0, n) = n + 1$ pour $n \geq 0$
- b) $A(m, 0) = A(m - 1, 1)$ pour $m \geq 1$
- c) $A(m, n) = A[(m - 1, A(m, n - 1))]$ pour m et $n \geq 1$

On a représenté sur la figure le début du remplissage de l'échiquier. Sauriez-vous le compléter? Un conseil : n'essayez pas de confier cette tâche à votre ordinateur, il risque d'avoir des problèmes de mémoires! En particulier, combien de chiffres décimaux seraient-ils nécessaires pour écrire explicitement le nombre de la case $A(4, 4)$?

4	5	6	11		$A(4,4)$
3	4	5	9		
2	3	4	7	29	
1	2	3	5	13	
0	1	2	3	5	13
n					
m	0	1	2	3	4

Envoyez vos réponses aux questions sur carte postale à *Pour la Science*, 8, rue Férou, 75006 Paris. Parmi les réponses exactes reçues pendant le mois d'octobre 1998, dix gagnants tirés au sort recevront un livre.

RÉPONSE AU JEU-CONCOURS N° 50

Pour amener les trois ouvriers et la caisse à outils en bas de l'immeuble, il faut au minimum 11 manœuvres du système des deux paniers. Si l'on désigne les ouvriers par leurs initiales E, F, G et la caisse par C, le tableau à droite indique ces 11 manœuvres dans les colonnes Montée et Descente. Remarquons d'autre part que l'on peut inverser les manœuvres 3 et 4, 5 et 7, 8 et 9, ce qui conduit à 8 variantes possibles

Pour résoudre le problème du quatuor, il suffit de faire les deux remarques suivantes :

1) Pour faire traverser le quatuor, cinq traversées sont nécessaires dont une durera dix minutes pour faire passer Daniel.

2) Sept minutes restent pour les quatre traversées restantes qui ne peuvent se décomposer qu'en $7 = 2 + 2 + 2 + 1$, c'est-à-dire que Claude doit passer avec Daniel. D'où la solution André et Bertrand passent le pont, André revient,

Claude et Daniel passent, Bertrand revient et enfin André et Bertrand passent. L'autre variante consiste à faire revenir Bertrand plutôt qu'André.

	MONTÉE	DESCENTE
1		C
2	C	G
3	G	F
4		C
5	F + C	E
6		C
7	C	G
8	G	F
9		C
10	C	G
11		C

Une science sous influence

Sachez penser par vous-même ! Si l'on n'y prend pas garde, cette injonction passerait pour émancipatrice. Justement, prenons garde ! Elle se lit en grosses lettres sur un bus publicitaire affrété par une secte, la scientologie.

Ce mot d'ordre, «sachez penser par vous-même», a pu être libérateur à l'époque des Lumières. Il s'agissait de secouer l'autorité d'Aristote ou de l'Église. Mais ce même mot d'ordre, les circonstances ayant changé, devient aliénant. Chacun de nous doit prendre conscience du fait qu'il est soumis à mille déterminants dont il n'a pas conscience. La lucidité exige de savoir que nul ne peut être totalement lucide sur lui-même. Nous sommes tous, et tout le temps, sous influences. La pire étant de prétendre que nous pouvons atteindre à une parfaite pureté du moi.

Fermer la bouche....

«**J**'ai une vie privée trop irrégulière pour me permettre d'avoir des opinions politiques.» Ce n'est pas le président Clinton qui dit cela, mais le personnage de Don Juan dans une pièce de Montherlant (*La Mort qui fait le trottoir*, II, IV).

Tous autant que nous sommes, nous devrions, me semble-t-il, nous inspirer de cette modestie, et déclarer : «J'ai, sur le monde, des idées trop imprécises et trop contradictoires pour me permettre de me réclamer d'un système conceptuel organisé».

Ex nihiliste

«**L**e plus grand génie scientifique, au moment où il devient un académicien, un savant officiel, patenté, baisse inévitablement et s'endort. Il perd sa spon-

tanéité, sa hardiesse révolutionnaire, et cette énergie incommode et sauvage qui caractérise la nature des plus grands génies, appelés toujours à détruire les mondes caducs et à jeter les fondements des mondes nouveaux. Il gagne sans doute en politesse, en sagesse utilitaire et pratique ce qu'il perd en puissance de pensée. Il se corrompt, en un mot.»

Ces lignes bien argumentées ont de quoi faire honte à ceux, pas moins nombreux parmi les scientifiques qu'ailleurs, qui recherchent les honneurs. C'est tellement vrai, ce que dit cet auteur !

Eh bien, non. Il reste une échappatoire pour balayer son propos et l'écarter sans même avoir à le réfuter. Grâce au Ciel, l'auteur en question a une réputation désastreuse. Il s'agit de Michel Bakounine, théoricien de l'anarchisme (*Dieu et l'État*, Éditions Mille et une nuits, 1996, p. 38-39). Comment un anarchiste pourrait-il dire quoi que ce soit de pertinent ? Vivent les honneurs, donc, et les académies !

Plus ou moins juste

Sollicité pour écrire un article de revue, j'ai reçu la précision suivante : «Votre texte peut être égal, inférieur ou supérieur à 10 pages.» Sous son apparente absurdité, la directive est claire : l'article doit faire à peu près dix pages.

Évidemment, si on a l'esprit règlement-règlement, on ne peut que sourire. Un savant Cosinus qui prétendrait formaliser cette injonction parviendrait, au bout de calculs probablement longs, à quelque chose comme : $L < 10$ ou $L = 10$ ou $L > 10$ et conclurait, dépit d'avoir travaillé pour rien, qu'un résultat pareil donne peu de renseignements sur la quantité L .

La formalisation est incompatible avec les maladroites d'expression. C'est pour cela que son champ d'application aux affaires humaines est tellement limité.

Du nouveau sous le soleil?

Quand il pleut, faut-il courir pour se mouiller moins ? La question est souvent posée, parfois même résolue. Maniaques du bronzage, nous ne posons jamais, que je sache, une question complémentaire. Pourtant, j'en suis sûr, elle mènerait à des développements théoriques non moins instructifs.

Vous êtes dans une ville écrasée de chaleur, vous êtes à l'ombre, mais voilà que vous devez traverser une immense place dénudée sur laquelle le soleil frappe de toutes ses forces. Dilemme ! Si vous courez, vous avez plus chaud ; si vous marchez, l'exposition au soleil dure plus longtemps. Quelle est la solution idéale pour minimiser les risques d'attraper un coup de chaleur ?

Délivrance

Vient un âge où il faut s'y résoudre. Parmi les livres que vous aurez encore l'occasion de lire, plus aucun ne jouera un rôle formateur. Les livres pourront vous intéresser, vous informer, vous distraire – ou vous fâcher. Ils ne pourront plus orienter votre façon de penser. Trop tard. Le pli – votre pli – est pris, et ne changera plus que sur des détails.

Bien sûr, cela est triste. Mais pas seulement. On ne peut s'enthousiasmer pour quelque thèse novatrice et iconoclaste que si l'on n'a pas compris que cette thèse, à son tour, se verra forcément accusée, sous peu, de participer d'une vision du monde datée, dépassée. Or, presque à coup sûr, cette accusation sera méritée ! La voie la plus communément employée par les auteurs ambitieux, en effet, est de réfuter bruyamment les insuffisances de leurs prédécesseurs. Mais cela ne peut se faire qu'au prix d'autres insuffisances. Nos prédécesseurs étaient-ils plus bêtes, moins érudits que nous ? Bien sûr que non. Seulement, contredire est vital ; c'est la meilleure façon d'exister, sinon la seule. Quitte à soutenir une thèse peu fondée. Quant au lecteur emballé par tel ou tel nouveau mouvement de pensée, c'est celui qui croit que ce qui est conquis l'est pour de bon. Bref, il est jeune.

Allons, il n'y a peut-être pas que de la sclérose dans l'impossibilité de s'enthousiasmer. Peut-être y a-t-il aussi un peu d'intelligence acquise.

Émouvants géniteurs

Si nous sommes volontiers attendris devant des photos anciennes représentant quelque scène banale de la vie quotidienne, c'est que nous éprouvons une reconnaissance émue envers les hommes et femmes photographiés. Peut-être, pris dans les vents mauvais de l'histoire, ont-ils participé à des horreurs, quelque temps après cette photo où ils ont l'air braves et tranquilles. N'empêche : si agressifs ont-ils pu être, ils n'ont pas tout bousillé, puisque nous sommes là, bien vivants, nous, leurs descendants. En cela, ils ont une innocence que nous ne sommes pas sûrs de partager avec eux, hantés que nous sommes par l'angoisse de causer des désastres (écologiques ou autres) rendant impossible la vie des générations futures.

Échos du bang

J'ai été très intéressé par l'article *Le bang sonique* de François Coulouvrat (voir *Pour la Science*, août 1998), mais quelle est, finalement, la raison pour laquelle on perçoit un «bang»?

Pierre FAESSEL, Meudon-la-Forêt

L'article de F. Coulouvrat explique qu'il n'existe pas de «mur du son». J'ai pourtant entendu des pionniers des vols supersoniques raconter les vibrations subies par l'avion à l'approche de la vitesse supersonique, et la difficulté d'atteindre celle-ci.

Hyppolite BAECKER, Thann

Réponse de François COULOUVRAT

Contrairement à l'opinion courante, le phénomène du bang sonique ne se produit pas uniquement lorsque l'avion vole exactement à la vitesse du son (lorsqu'il franchit le «mur du son»), mais continuellement pendant toute la phase de vol supersonique. Comme il est expliqué dans l'article, en vol supersonique, le son émis par l'avion est contenu à l'intérieur du cône de Mach. Un observateur fixe, au sol par exemple, subit, lorsqu'il passe à travers le bord du cône de Mach, une brusque variation de pression, appelée «onde de choc», qui produit la sensation auditive de «bang» sonique, la plus gênante du point de vue de la perception auditive. Pour un avion de forme compliquée, il se produit plusieurs ondes de chocs successives, mais, comme je l'ai expliqué dans l'article, elles se propagent à des vitesses légèrement différentes et ont tendance à fusionner.

À l'intérieur du cône de Mach, derrière l'onde de choc, le son total résulte d'un processus d'interaction complexe entre les bruits émis par tous les points de l'avion à différents instants. Si l'on se place suffisamment loin de l'avion (à quelques fois sa longueur ou son envergure), seules les contributions se propageant dans les directions normales au cône de Mach interfèrent de manière constructive. Ceci fait que l'ensemble du bruit significatif se propage le long des mêmes rayons normaux au cône de Mach que les ondes de chocs.

Quel rapport alors entre le bang sonique et les déboires des premiers avions qui ont tenté de franchir le mur du son ? Lorsqu'un avion vole un peu au-dessous de Mach 1 (la valeur précise dépend de la géométrie particulière de l'avion), même si globalement l'écoulement est subsonique, localement il peut devenir supersonique, par exemple sur le profil supérieur de l'aile, où l'air est accéléré. Il existe alors une petite zone d'écoulement supersonique autour de l'aile, avec un choc local. On dit que l'écoulement est

transonique. Lorsque l'avion accélère et se rapproche de Mach 1, cette zone augmente en taille et se déplace, jusqu'à former le cône de Mach.

Cette modification rapide de l'écoulement autour de l'avion modifie la portance et la traînée, et donc l'équilibre de l'avion. Lors des premières tentatives de franchissement du mur du son, ces phénomènes étaient inconnus. Les avions n'étaient pas conçus, et les pilotes pas préparés, pour y faire face, ce qui a conduit à des accidents parfois dramatiques. Aujourd'hui, heureusement, ils sont parfaitement maîtrisés, et même les avions de ligne usuels volent en régime transonique (à environ Mach 0,8) sans dommage. En raison de la stratification de la température atmosphérique, les rayons sonores sont déviés vers le haut : le bang émis à vitesse faiblement supersonique est renvoyé vers la haute atmosphère avant de toucher le sol. On n'entend donc pas *Concorde* franchir le «mur du son» ! En revanche, si un avion (de chasse) vole en régime transonique à faible altitude, la zone locale d'écoulement supersonique peut toucher le sol. C'est le seul cas où le bang correspond vraiment au cas d'un avion atteignant la vitesse du son.

Autodidactes et créativité

Philippe Boulanger s'interroge sur les relations entre les autodidactes et les scientifiques professionnels (voir *Comment apprécier les autodidactes ?*, *Pour la Science*, septembre 1998). Les autodidactes qui réussissent, tel Foucault, me semblent avant tout doués d'une grande créativité, comme les grands «scientifiques professionnels». Sans doute le système éducatif devrait-il favoriser l'émergence de cette créativité autant que développer les capacités à emmagasiner et à restituer de vastes étendues de connaissances.

Albert ARNAUD, Brives

Dangers contraceptifs

Sophie Christin-Maître et Philippe Bouchard (voir *La contraception masculine*, *Pour la Science*, juillet 1998) mentionnent, parmi les méthodes non hormonales potentiellement intéressantes pour bloquer la mobilité des spermatozoïdes et leur maturation, le traitement par le gossypol : en Inde, quelques équipes étudieraient la toxicité du gossypol et la cause de son effet irréversible. Le gossypol est une molécule que les biologistes cellulaires utilisent pour bloquer la communication intercellulaire portée par les membres d'une famille de protéines appelée connexines. Ces protéines

s'assemblent sous forme de plaques jonctionnelles formées de canaux intercellulaires. Ces structures, appelées «jonctions gap», permettent aux cellules d'échanger très rapidement, sans passer par le milieu extracellulaire, des métabolites de petite taille (sucre, pyruvate, ATP, peptides...), des ions et les seconds messagers hormonaux (AMPcyclo, phosphoinositides, calcium). La fonctionnalité de ces réseaux dynamiques de jonctions intercellulaires est physiologiquement essentielle dans l'embryon au cours du développement et dans un très grand nombre d'organes, y compris dans les cellules testiculaires. La circuiterie du muscle cardiaque est ainsi constituée par un réseau complexe de jonctions gap formées par plusieurs types de connexines. Le gossypol ne semble pas spécifique d'une connexine particulière au testicule. Cet inconvénient, joint à son mécanisme d'action, explique, entre autre, pourquoi cette molécule est toxique, et pourquoi elle n'est plus à l'essai en tant que contraceptif masculin.

Danièle SALTARELLI, Villejuif

Foucault et l'électricité

Je m'étonne que l'article de William Tobin *Léon Foucault* (voir *Pour la Science*, septembre 1998) ne mentionne pas les travaux de celui-ci sur l'électricité. Tous les électriciens connaissent les «courants de Foucault», à l'origine de pertes d'énergie dans les machines tournantes et parfois mis à profit pour produire de la chaleur ou pour freiner un rotor.

François GALLET, Orsay

Réponse de William Tobin

Le rôle de Foucault dans la découverte de «ses» courants est à nuancer. Faraday a découvert les courants d'induction vers 1831 en cherchant à expliquer une observation d'Arago, de 1824 : les mouvements de l'aiguille d'une boussole sont freinés par la proximité d'une plaque de cuivre. En 1855, alors que les idées sur la conservation de l'énergie et sur l'équivalence mécanique de la chaleur se répandaient en France, Foucault s'est rendu compte que le travail nécessaire pour maintenir un conducteur en rotation entre les pôles d'un aimant contre la résistance produite par les courants d'induction devrait «suivre les nouvelles doctrines...se retrouver en chaleur». Il a démontré l'effet en utilisant le tore en bronze de son gyroscope et «un fort électro-aimant», obtenant une chaleur «sensible à la main». Toutefois, Joule avait déjà publié une expérience équivalente en 1843, et avait même obtenu une valeur numérique pour l'équivalence mécanique de la chaleur.