

■ POUR LA
SCIENCE

Mars 1996

édition française de
**SCIENTIFIC
AMERICAN**

LE RHIN ASSAINI

**ALIMENTATION
ET VIEILLISSEMENT**

**L'INDUSTRIE
MICRO-ÉLECTRONIQUE**

**CERVEAU
ET LOCOMOTION**

**LA CROÛTE
CONTINENTALE**

**LES ÉLÉPHANTS
DE TRAIT**

**SÉROTONINE
ET COMPORTEMENT**

**LA CONTREBANDE
DES MATIÈRES NUCLÉAIRES**

Canada : \$ 8,75

Bloc-notes de Didier Nordon	5
Tribune des lecteurs	6
Jeu-concours : Code d'accès	7
Les impossibles de la lutte antivirale par Bernard Le Guenno	8
Enquête : Pièces détachées humaines	10
 Présence de l'histoire <i>L'amour chez les plantes</i> par Londa Schiebinger	12
Science et gastronomie <i>Paradoxes olfactifs</i>	16
Perspectives scientifiques :	
<i>Moisson de jupiters</i>	20
<i>Le sens des mots</i>	21
<i>Les membranes de nos ancêtres</i>	22
<i>Vaccin anti-cocaïne</i>	23
<i>Cycliophora</i>	24
<i>Gènes et anxiété</i>	25
<i>L'évolution des galaxies anciennes</i>	26
<i>Photos révélatrices</i>	27
<i>Reconstitutions</i>	28
<i>Discrète séduction</i>	30
<i>Cerveau bilingue</i>	31
<i>Tiges de bulles</i>	32
<i>Les antiprotéases</i>	32
 Visions mathématiques <i>La couverture</i> par Ian Stewart	96
 Logique et calcul <i>Le Jeu de la vie, toujours vivant...</i> par Jean-Paul Delahaye	100
 L'expérience du mois <i>Les sons naturels</i> par Shawn Carlson	106
L'image du mois <i>Onirogrammes</i> , par Jacques Ninio	108
 Analyses de livres – <i>La juste argile</i> , sous la direction de M. Daoud et C. Williams – <i>Dictionnaire du darwinisme</i> et de <i>l'évolution</i> , sous la direction de P. Tort – <i>Les chemins d'Esculape</i> , par Maurice Tubiana	110

La contrebande de matières nucléaires 34

par Phil Williams
et Paul Woessner

Plusieurs saisies de matières nucléaires transportées en contrebande font redouter le pire. Des États ou des organisations criminelles pourraient fabriquer des bombes atomiques... et s'en servir.



Le coût du désarmement 39

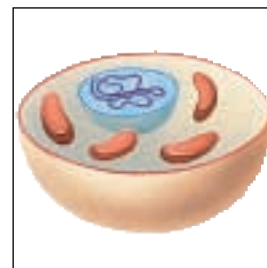
par Marco Cattaneo

La destruction des armes fabriquées au cours de la guerre froide coûtera beaucoup plus cher que leur fabrication.

Régime et vieillissement 42

par Richard Weindruch

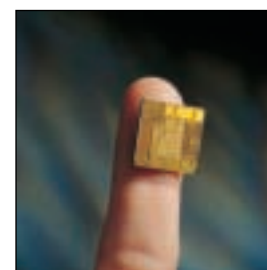
Un régime alimentaire allégé, mais apportant suffisamment de protéines, de lipides, de vitamines et de sels minéraux améliore la santé et la longévité des rongeurs. En serait-il de même pour l'homme?



Le futur de la micro-électronique 50

par Dan Hutcheson
et Jerry Hutcheson

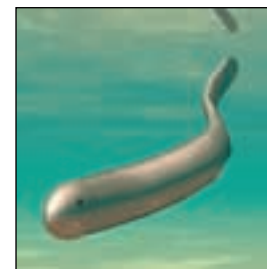
La fin de la croissance de l'industrie micro-électronique pourrait obliger les fabricants de circuits intégrés à proposer plus de variété.



Les circuits nerveux de la locomotion 58

par Sten Grillner

Des réseaux de neurones spécialisés commandent les mouvements que font les vertébrés pour nager, courir ou voler. Chez la lamproie, ces réseaux sont aujourd'hui connus.



L'assainissement du Rhin

66

par Karl-Geert Malle

Les pays européens qui se partagent le Rhin s'efforcent, ensemble, de nettoyer cette ressource économique et écologique vitale.



L'évolution de la croûte continentale

74

par Ross Taylor
et Scott McLennan

Les continents actuels se sont formés en plusieurs fois. Leur étude éclaire le passé géologique de la Terre, montrant que notre planète est une exception dans le Système solaire.

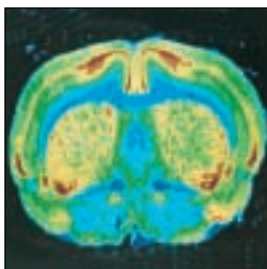


Un agent multiple : la sérotonine

82

par Marie-Hélène Thiébot
et Michel Hamon

La sérotonine participe à diverses fonctions physiologiques. Quand son fonctionnement est perturbé, elle est responsable de dépression, d'anxiété, de migraine ou de vomissements. Des médicaments pallient ces anomalies.



Les éléphants de trait

90

par Michael Schmidt

En Asie, ils subsistent, parce qu'ils sont domestiqués pour participer à l'exploitation forestière. Ils préservent l'environnement en évitant la construction de routes et l'intervention des tracteurs.



L'adieu aux armes

La dissuasion participe de l'absurde : une attaque nucléaire déclenche une riposte qui détruit partiellement l'agresseur. La première attaque est suicidaire, car la riposte en entraîne une autre, mais cette riposte ne l'est pas moins, car l'embrasement est général : la dissuasion n'est efficace que si l'on n'a pas à s'en servir.

Pour qu'elle soit crédible, les États-Unis et l'ex-Union soviétique ont augmenté leur armement nucléaire de façon qu'une première attaque soit annihilatrice : la dissuasion entraînait alors le surarmement. Au cours des ans, l'héritage s'est alourdi, sans que personne ne prévoie qu'il puisse se révéler un jour inutile.

Inutilité patente aujourd'hui, où l'un des deux protagonistes de l'affrontement a disparu.

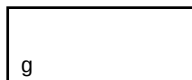
Il faudrait détruire les armes nucléaires superflues, celles qui dépassent le besoin limité de la défense. Et cela à l'Ouest comme à l'Est. On éviterait ainsi les tentations des pays non nucléarisés qui pourraient acquérir trop facilement un armement nucléaire incontrôlable (voir *La contrebande des matières nucléaires*, par Phil Williams et Paul Woessner, page 34). Les naïfs, et les humanistes, pensent que la destruction des armes nucléaires par des moyens pacifiques est une chance pour l'humanité et une victoire sans combat pour les pays de l'Ouest. Quelle armée n'a pas souhaité éliminer les armes de ses anciens ennemis?

Malheureusement l'industrie du désarmement (voir *Le coût du désarmement*, par Marco Cattaneo, page 39) est peu développée ; on l'a vu pour les armes chimiques dont l'interdiction acceptée n'a pas été suivie d'effets éliminateurs. Il semblerait que la technique de destruction des armes soit encore balbutiante et coûteuse, et que personne ne veuille vraiment... s'y attaquer.

Philippe BOULANGER

Hadamard, mathématicien typé

Quiconque a fait ses études en français se souvient du rébus suivant :



et dont la réponse est : Le roi Pépín, sans air, sans eau, sans lit, sans pain, ayant perdu le peu qui lui restait, gémit tout seul dans un coin.

Qui est l'auteur de ce rébus prodigieux ? C'est Jacques Hadamard ! Oui, le fameux mathématicien qui, voici 100 ans, à Bordeaux où il était alors en poste, démontrait le théorème des nombres premiers.

Hadamard (1865-1963) avait bien d'autres intérêts que les rébus et les mathématiques. Montagnard et voyageur infatigable, polyglotte, botaniste, chasseur de serpents intrépide, il était également musicien. Hélas, il partageait un défaut avec Einstein : il était incapable d'aller en mesure. Lorsque Einstein, de passage à Paris, se joignait à l'orchestre amateur et familial monté par Hadamard, la fille de Hadamard, Jacqueline, était chargée de maintenir Einstein dans le tempo correct – dût-elle, pour sa part, n'avoir le temps de jouer qu'une note sur huit !

Quant au péché mignon des mathématiciens, la distraction, qu'on se rassure : les anecdotes ne manquent pas. Le soir des fiançailles de Hadamard, sa mère s'étonne de retrouver la bague dans la poche du jeune homme : il avait oublié de la donner à sa future. Le mariage eut lieu quand même. Si bien que, quelques années plus tard, Paul Painlevé, rencontrant Hadamard boulevard Saint-Michel, lui dit : « Votre femme est déjà partie en vacances, à ce que je vois. » « Mais comment le savez-vous ? », demande Hada-

mard. « C'est que votre cravate est derrière votre oreille droite. » Hadamard ne fut jamais capable de s'habiller seul.

Enfin ce n'est pas Poincaré qui a servi de modèle pour le Savant Cosinus. C'est Hadamard.

Invention et découvertes

Curieusement, il y a dans le scientisme quelque chose de dépréciatif à l'égard des sciences ; l'attitude rappelée au début en donne un exemple. Le scientifique en effet prend les sciences pour la vérité, c'est-à-dire refuse de voir en elles des interprétations. Il se réfugie ainsi dans la tranquillité protectrice d'une prétendue objectivité pure. Mais il amoindrit considérablement le rôle des savants, ne leur laissant d'autre liberté que de découvrir des vérités absolues, voire préexistantes. Et il amoindrit également nos possibilités d'admirer, car ce qui est admirable dans un coup de génie, et le rend toujours aussi étonnant au cours des siècles, c'est qu'il transcende la démarche rationnelle. La raison est à la portée de chacun, pas les coups de génie.

Les racines du mal

Sujet d'examen en électrostatique : telles et telles charges électriques étant réparties aux sommets d'un triangle, déterminer les champs et les potentiels créés par elles. Pour l'application numérique, l'énoncé donne les valeurs des grandeurs physiques intervenant, ainsi que les valeurs approchées de $\sqrt{2}$, $\sqrt{3}$ et $\sqrt{5}$.

Or l'auteur du sujet est formel : dans les calculs, n'interviennent ni $\sqrt{3}$ ni $\sqrt{5}$. Pourquoi l'énoncé fournit-il leurs valeurs

approchées, alors ? Parce que, sinon, « les candidats auraient su tout de suite qu'ils n'avaient que $\sqrt{2}$ à utiliser ». L'épreuve aurait été trop facile. Certains candidats, donc, auront été gênés par les indications superflues qu'on leur donnait.

Voilà qui, à sa modeste échelle et de façon toute symbolique, confirme une loi que notre société, idolâtre de l'information, ne veut pas voir : qui sait le plus, peut le moins. Nous sommes presque tous des accros de l'information ; nous en consommons chaque jour pendant des heures entières. Ce n'est pas pour autant que notre liberté d'action ou notre intelligence des situations en sont le moins du monde augmentées.

La prétention technique

« Il faut établir des liens nouveaux entre arts et technologies. » Cette injonction, devenue banale depuis quelques années, fait l'objet d'une vive critique de la part de Dominique Lecourt. Un abîme, souligne-t-il, sépare à jamais l'objet technique et l'œuvre d'art : le premier a une visée de maîtrise sur le monde ; la seconde a l'ambition de signifier ce qui, du monde, excède toujours cette maîtrise. Employer le même mot « expérimentation » dans le cas de la technique et dans celui de l'art relève du mensonge : la technique reste tributaire du possible ; en art, l'expérimentation tente au contraire de saisir au vol parmi les possibles celui qui fait ressentir l'impossible de notre condition.

Nos techniques permettent de soumettre au calcul la perception visuelle. Cela, de fait, est nouveau, mais ne met pas en déroute la conception traditionnelle du rapport entre le réel et sa représentation. C'est une erreur de croire que le réel est produit à partir de purs algorithmes : le réel est premier. De plus, pour justifier l'injonction faite à l'art d'adopter ces nouvelles techniques, il faudrait en revenir à une conception caduque depuis longtemps : celle de l'art comme mimésis, c'est-à-dire comme imitation.

Dire que les artistes doivent s'emparer des nouvelles techniques, pour éviter que ne se creuse l'écart entre eux et « notre » monde, revient à accréditer deux thèses : le caractère propre de « notre » monde serait d'être technologique ; et la fonction de l'art serait de préserver l'harmonie des êtres humains avec leur monde. Or aucune de ces thèses ne va de soi.

Drôles de rires

Entendu dans la bouche d'un médecin s'exprimant sur une chaîne culturelle où il préconisait la thérapie par le rire : « Le rire, c'est une technique respiratoire. »

Lu dans *Le théâtre chinois*, par Roger Darrobers (Que Sais-Je ?) : « On jugera du raffinement de l'Opéra de Pékin en énumérant les 27 rires codifiés par lui : franc, sarcastique, colérique, feint, forcé, arrogant, fou, hypocrite, affecté, jaloux, étonné, embarrassé, stupide, bête, craintif, flatteur, enjôleur, gêné, fourbe, traître, triste, amer, moqueur, narquois, dément, offensé, à gorge déployée. »

Nos deux auteurs réconcilient esprit de synthèse et goût pour l'analyse. Version occidentale, version orientale, ils se montrent également pédants. Mais la pédanterie fait des miracles. La formule due au premier m'a fait rire, l'énumération due au second aussi. L'un comme l'autre ont donc parfaitement saisi l'essence du rire...

Paradoxe de la bataille

En étudiant la bataille, à la suite de Jean-Paul Delahaye et Philippe Mathieu (voir *La bataille enfin analysée, Pour la Science*, septembre 1995), j'ai découvert un résultat paradoxal. Avec un jeu de 52 cartes, un joueur dont le jeu serait composé des séries du huit au roi dans les quatre couleurs, mais de seulement deux as, aurait plus de chances de perdre que de gagner. Sur 1 000 parties jouées avec cette même distribution de départ, j'ai observé que ce joueur n'en gagne que 330 alors que son adversaire qui a deux as et toutes les petites cartes en gagne 569 (101 parties sont nulles).

Je constate qu'en début de partie, le joueur qui n'a que des cartes de rang inférieur au huit et deux as commence par perdre toutes ses cartes sauf ses deux as. Ensuite, il conserve ses deux as et les quelques cartes que ceux-ci lui permettent de gagner. Quand une bataille a lieu, la probabilité est grande qu'il s'agisse d'une bataille d'as. Le joueur qui n'a que quelques cartes se trouve alors en position de force : sa probabilité de gagner la bataille d'as est plus grande, car il possède un deuxième as et seulement quelques autres cartes. La probabilité qu'il prenne les deux as de son adversaire est alors grande.

Émile JOTTRAND, Farciennes

Réponse de Jean-Paul Delahaye et Philippe Mathieu

Cette lettre constitue une contribution intéressante à la théorie du jeu de la bataille dont nous disions qu'elle n'avait rien d'évident malgré la simplicité du jeu. Remarquons toutefois qu'aucun lecteur n'a proposé de partie infinie avec 52 cartes et que nous ignorons toujours si de telles parties sont possibles.

Gènes et sélection

Dans son article *La loi des gènes* (voir *Pour la Science*, janvier 1996), Richard Dawkins écrit : « Darwin supposait que la sélection naturelle favorise la survie et la reproduction des individus les mieux adaptés. » Cette litote laisse croire que la sélection naturelle, la mort, puisqu'il faut la nommer, favoriserait quelque chose... Ce qui est tout à fait clair, c'est que la sélection naturelle tue un certain nombre d'individus d'une espèce. Les survivants sont-ils favorisés quant à leur survie ? Certes, puisqu'ils ne sont pas morts... La disparition

des « inadaptés » favorise-t-elle la reproduction des mieux adaptés ? Sans doute puisque les morts – entre autres propriétés étonnantes qu'ils manifestent – ne se reproduisent pas.

Ce que nul – ou presque – ne semble jamais remarquer, c'est que la sélection n'a jamais rien créé de nouveau. La sélection serait tout simplement impossible s'il n'existait pas aussi un autre processus qui, lui, crée quelque chose à quoi la sélection puisse s'appliquer.

Un encadré affirme : « Nous sommes les héritiers d'une longue lignée d'ancêtres jeunes, dont les gènes assuraient la vitalité au cours des années de reproduction, mais pas la moindre provision de vigueur pour les années suivantes. » Comment alors expliquer deux particularités notables de l'espèce humaine qui ne confirment pas du tout l'emploi que Richard Dawkins fait de sa théorie, soit :

- les individus de sexe mâle procréent jusqu'à un âge respectable ... (donc nous avons aussi des ancêtres vieux) ;

- les individus de sexe femelle vivent fort longtemps après avoir perdu toute capacité de procréation...

Comment diable, la logique d'Henry Ford, qui serait celle de la Nature, s'accommode-t-elle de l'immense détail que constitue la survie entêtée de tant de femelles humaines sexuellement improductives ? Ne serait-il pas beaucoup plus efficace pour la transmission et la survie de l'ADN que la proportion de femelles humaines jeunes et attrayantes soit beaucoup plus importante ?

Pierre PETIOT, Hengelo, Pays-Bas

On pourrait croire, comme Richard Dawkins le suggère lui-même, que tout est définitivement expliqué dans la nature. Il est vrai que, seule, la théorie darwinienne de la sélection naturelle rend compte de façon satisfaisante du principal attribut des organismes, leur adaptation au milieu.

Pourtant de nombreux problèmes demeurent, le premier d'entre eux étant ce sur quoi s'exerce la sélection. La réponse de R. Dawkins est claire : elle vise les gènes. Beaucoup d'autres niveaux de sélection ont toutefois été proposés, à commencer par l'organisme dans son entier.

Choisir le gène comme niveau de sélection soulève de nombreuses questions, celle du sexe notamment. La grande majorité des animaux fait appel à la sexualité pour se reproduire et, au cours de cet événement, les gènes du mâle et de la femelle sont redistribués dans un nouvel individu. Les combinaisons de gènes favorables risquent ainsi d'être remaniées ou détruites à chaque génération, annulant du même coup le patient travail de la sélection. Les avantages de la

reproduction sexuée doivent être considérables pour contrebalancer l'inconvénient de briser les génotypes performants des parents et grands-parents. Ces avantages restent, pour l'instant, très discutés. Maynard Smith, de l'Université du Sussex, a déclaré, au cours d'une rencontre scientifique que « si le sexe représente un avantage manifeste pour une population, ce qu'il apporte à l'individu n'a rien d'évident ». « Voilà bien l'opinion d'un anglais sur le sexe ! » se serait exclamé un autre chercheur.

Cette difficulté n'est pas la seule rencontrée par la thèse de R. Dawkins. Une nouvelle école de pensée attribue l'augmentation de la complexité des organismes au cours des temps géologiques, non pas aux conflits d'intérêts qui les opposent, mais à leur coopération. La naissance de la cellule eucaryote par symbiose entre au moins deux types différents de bactéries, est devenue le paradigme de telles interactions positives.

Marc AUGÉ, Paris

Oh! Catastrophe

Le billet de Jean-Louis Hartenberger sur l'extinction des dinosaures (voir *Pour la Science*, janvier 1996) m'inspire une certaine tristesse. La paléontologie française est-elle (une fois de plus) en train de « rater le coche » alors que s'offre à elle une occasion de se renouveler ? Tout, aujourd'hui, porte à croire que l'impact d'un objet extraterrestre il y a 65 millions d'années fut la cause de la disparition des dinosaures, et de beaucoup d'autres espèces animales et végétales. J.-L. Hartenberger a des doutes, et c'est son droit, mais il est faux de dire qu'il y a « absence de fossiles de dinosaures dans les horizons du Crétacé supérieur ». Cette absence se constate dans les horizons du début du Tertiaire, où l'on trouve en revanche des restes de divers autres vertébrés, et c'est cela qui permet de conclure que les dinosaures ont disparu à la limite entre le Crétacé et le Tertiaire. Dans le Crétacé supérieur, les accumulations de restes de dinosaures ne manquent pas. En outre, une accumulation de fossiles est le résultat d'un concours de circonstances à la fois biologiques et sédimentologiques, qui n'a pas grand-chose à voir avec l'extinction des espèces.

Comment peut-on faire si bon marché de tous les arguments apportés depuis 1980 à l'appui de la thèse de l'impact d'un corps extraterrestre, depuis l'iridium jusqu'aux magnétites nickelifères, en passant par les quartz choqués et les microtektites – sans parler du cratère de Chicxulub, au Yuca-

tan, qui trouble même les partisans d'une cause volcanique des extinctions? Toutefois quelle que soit la cause des extinctions avérées, il me paraît facile de traiter par le mépris les hypothèses sur les possibles mécanismes d'extinction catastrophique, qualifiées de «fables», alors que les explications antérieures ou concurrentes ne se signalent guère par leur vraisemblance.

Il ne serait pas mauvais pour les paléontologues français de comprendre qu'une nouvelle révolution est en cours dans les sciences de la Terre. Il n'est plus possible, aujourd'hui, de comprendre l'histoire du monde vivant sans tenir compte de l'importance des extinctions en masse et de leurs probables causes catastrophiques.

Eric BUFFETAUT, Paris

J.-L. Hartenberger soulève un côté important de cette crise majeure dont l'explication n'a toujours pas été trouvée : la sélectivité dans les extinctions. La réponse, si on la saisit un jour, éclaircirait un point important et d'ordre général : le mécanisme intime des sauts évolutifs suivis de changements fauniques. L'exemple que G. Cuny donne est la crise Trias-Jurassique, qui a oblitéré l'avenir des Thécodontes, a gracié les mammifères, et mis les dinosaures sur la voie royale de l'épanouissement et de diversification. Mais c'est tout. En aucun cas, l'extinction sélective déchiffrée ne saurait être une nouvelle «base pour reformuler les questions», comme J.-L. Hartenberger l'insinue. D'ailleurs, quelles questions? Les grandes lignes du désastre Crétacé-Tertiaire sont d'ores et déjà établies, et ne souffrent plus les éternuements des chercheurs frileux.

M. DIMITROV, Nancy

Réponse de J.-L. Hartenberger

A en croire ces deux lecteurs, l'hypothèse de la météorite est devenue un dogme, et les sceptiques n'ont plus qu'à rengainer leurs doutes et critiques. Pourtant, comme il est sous-entendu dans le propos d'Eric Buffetaut, la limite Crétacé-Tertiaire n'est qu'une convention : au-dessus plus de dinosaures, et ce sont ces grands absents qui la définissent. Il est toutefois loin d'être établi que leur disparition est simultanée à l'échelle du Globe! Par ailleurs, définir une limite par une absence n'est pas la meilleure méthode en la matière. De son côté, M. Dimitrov reconnaît la sélectivité des extinctions. Dès lors, il conviendra que seule l'étude des communautés animales et végétales qui traversent la crise Crétacé-Tertiaire nous permettra de comprendre ce phénomène de sélectivité. Le but de mon billet était de plaider pour ce retour aux sources.

JEU-CONCOURS

N°21

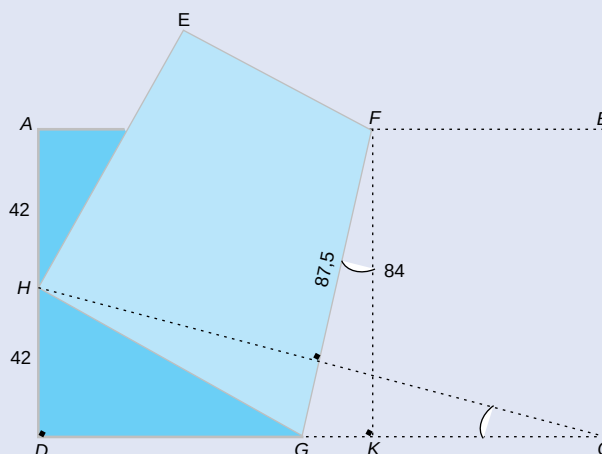
CODE D'ACCÈS

Le conservateur d'une bibliothèque de mathématiques a imaginé le dispositif suivant d'ouverture de la porte, afin de tester l'esprit logique de ses visiteurs. L'ouverture de la porte est commandée par quatre interrupteurs disposés en carré. Celle-ci ne s'ouvre automatiquement que si les quatre interrupteurs sont soit tous ouverts, soit tous fermés. Au départ, l'état des interrupteurs est tel que la porte est fermée. Pour agir sur ces interrupteurs, le visiteur, qui ne voit pas ces interrupteurs, dispose d'un clavier à quatre touches A, D, 1, 2. S'il appuie sur A, deux interrupteurs adjacents sont choisis au hasard, de même sur D, ce sont deux interrupteurs en diagonale choisis aléa-

toirement. Ce choix étant fait, s'il appuie sur le 1, un interrupteur parmi les deux choisis sera inversé, tandis que s'il appuie sur le 2, ce sont les deux interrupteurs choisis qui seront inversés. Saurez-vous trouver le code à taper pour ouvrir à coup sûr la porte? Naturellement la porte peut s'ouvrir avant que le visiteur ait terminé de taper le code.

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 de mars 1995, dix gagnants tirés au sort recevront le livre *Le calcul intensif*, Bibliothèque Pour la Science.

RÉPONSE AU JEU-CONCOURS N°19



La géométrie semble inspirer les lecteurs, car plus de 450 ont trouvé la bonne solution et ceci de bien des façons : théorème de Pythagore, trigonométrie etc. Voici celle qui me semble la plus simple parmi toutes celles proposées. La figure ci-dessus montre la feuille avant et après pliage ainsi que les longueurs connues en centimètres. Soit FK la perpendiculaire abaissée de F sur DC. Le théorème de Pythagore appliqué au triangle rectangle GKF donne $GK^2 =$

$GF^2 - FK^2 = (87,5)^2 - (84)^2$, soit $GK = 24,5$. D'autre part, le pliage autour de GF étant équivalent à une symétrie autour de GF, HC est perpendiculaire à FG. Dès lors les angles GFK et HCD sont égaux (angles à côtés perpendiculaires) et, par conséquent, les deux triangles rectangles HCD et GFK sont semblables. En écrivant que les côtés correspondant sont proportionnels, on a : $DC/FK = DC/84 = HD/GK = 42/24,5$, soit $DC = 144$ centimètres.

tan, qui trouble même les partisans d'une cause volcanique des extinctions? Toutefois quelle que soit la cause des extinctions avérées, il me paraît facile de traiter par le mépris les hypothèses sur les possibles mécanismes d'extinction catastrophique, qualifiées de «fables», alors que les explications antérieures ou concurrentes ne se signalent guère par leur vraisemblance.

Il ne serait pas mauvais pour les paléontologues français de comprendre qu'une nouvelle révolution est en cours dans les sciences de la Terre. Il n'est plus possible, aujourd'hui, de comprendre l'histoire du monde vivant sans tenir compte de l'importance des extinctions en masse et de leurs probables causes catastrophiques.

Eric BUFFETAUT, Paris

J.-L. Hartenberger soulève un côté important de cette crise majeure dont l'explication n'a toujours pas été trouvée : la sélectivité dans les extinctions. La réponse, si on la saisit un jour, éclaircirait un point important et d'ordre général : le mécanisme intime des sauts évolutifs suivis de changements fauniques. L'exemple que G. Cuny donne est la crise Trias-Jurassique, qui a oblitéré l'avenir des Thécodontes, a gracié les mammifères, et mis les dinosaures sur la voie royale de l'épanouissement et de diversification. Mais c'est tout. En aucun cas, l'extinction sélective déchiffrée ne saurait être une nouvelle «base pour reformuler les questions», comme J.-L. Hartenberger l'insinue. D'ailleurs, quelles questions? Les grandes lignes du désastre Crétacé-Tertiaire sont d'ores et déjà établies, et ne souffrent plus les éternuements des chercheurs frileux.

M. DIMITROV, Nancy

Réponse de J.-L. Hartenberger

A en croire ces deux lecteurs, l'hypothèse de la météorite est devenue un dogme, et les sceptiques n'ont plus qu'à rengainer leurs doutes et critiques. Pourtant, comme il est sous-entendu dans le propos d'Eric Buffetaut, la limite Crétacé-Tertiaire n'est qu'une convention : au-dessus plus de dinosaures, et ce sont ces grands absents qui la définissent. Il est toutefois loin d'être établi que leur disparition est simultanée à l'échelle du Globe! Par ailleurs, définir une limite par une absence n'est pas la meilleure méthode en la matière. De son côté, M. Dimitrov reconnaît la sélectivité des extinctions. Dès lors, il conviendra que seule l'étude des communautés animales et végétales qui traversent la crise Crétacé-Tertiaire nous permettra de comprendre ce phénomène de sélectivité. Le but de mon billet était de plaider pour ce retour aux sources.

JEU-CONCOURS

N°21

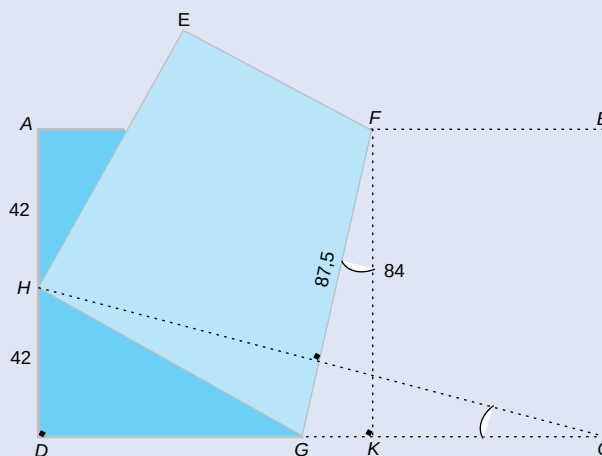
CODE D'ACCÈS

Le conservateur d'une bibliothèque de mathématiques a imaginé le dispositif suivant d'ouverture de la porte, afin de tester l'esprit logique de ses visiteurs. L'ouverture de la porte est commandée par quatre interrupteurs disposés en carré. Celle-ci ne s'ouvre automatiquement que si les quatre interrupteurs sont soit tous ouverts, soit tous fermés. Au départ, l'état des interrupteurs est tel que la porte est fermée. Pour agir sur ces interrupteurs, le visiteur, qui ne voit pas ces interrupteurs, dispose d'un clavier à quatre touches A, D, 1, 2. S'il appuie sur A, deux interrupteurs adjacents sont choisis au hasard, de même sur D, ce sont deux interrupteurs en diagonale choisis aléa-

toirement. Ce choix étant fait, s'il appuie sur le 1, un interrupteur parmi les deux choisis sera inversé, tandis que s'il appuie sur le 2, ce sont les deux interrupteurs choisis qui seront inversés. Saurez-vous trouver le code à taper pour ouvrir à coup sûr la porte? Naturellement la porte peut s'ouvrir avant que le visiteur ait terminé de taper le code.

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 de mars 1995, dix gagnants tirés au sort recevront le livre *Le calcul intensif*, Bibliothèque Pour la Science.

RÉPONSE AU JEU-CONCOURS N°19



La géométrie semble inspirer les lecteurs, car plus de 450 ont trouvé la bonne solution et ceci de bien des façons : théorème de Pythagore, trigonométrie etc. Voici celle qui me semble la plus simple parmi toutes celles proposées. La figure ci-dessus montre la feuille avant et après pliage ainsi que les longueurs connues en centimètres. Soit FK la perpendiculaire abaissée de F sur DC. Le théorème de Pythagore appliqué au triangle rectangle GKF donne $GK^2 =$

$GF^2 - FK^2 = (87,5)^2 - (84)^2$, soit $GK = 24,5$. D'autre part, le pliage autour de GF étant équivalent à une symétrie autour de GF, HC est perpendiculaire à FG. Dès lors les angles GFK et HCD sont égaux (angles à côtés perpendiculaires) et, par conséquent, les deux triangles rectangles HCD et GFK sont semblables. En écrivant que les côtés correspondant sont proportionnels, on a : $DC/FK = DC/84 = HD/GK = 42/24,5$, soit $DC = 144$ centimètres.

Les impossibles de la lutte antivirale

BERNARD LE GUENNO

Les virus ont évolué parallèlement aux organismes qu'ils parasitent. En dépit de la malignité de certains, il est impossible de les étudier tous.

Les virus, organismes frustes, sont souvent des hôtes indésirables. Ils pénètrent dans les cellules vivantes, lors d'un *Anschluss* biologique, et commandent la production des éléments indispensables à leur survie. Pour se multiplier dans les cellules, les virus détournent à leur profit les mécanismes de synthèse des protéines indispensables à la vie de ces cellules, aussi est-il difficile de lutter contre eux sans porter atteinte à leur hôte. Lorsque la cellule a fabriqué des constituants viraux en quantité suffisante, ceux-ci s'assemblent pour former de nouvelles particules virales qui quittent la cellule et propagent l'infection vers d'autres cellules.

Certains virus peuvent rester silencieux, sous forme de message intégré dans le patrimoine génétique de la cellule, et ne se «réveiller» que lors de stimulations spécifiques. Pour nombre de virus, on connaît un hôte naturel, animal ou plante, qui ne se ressent pas de cette intrusion : cette coexistence pacifique est le fruit d'une longue coévolution. La découverte des ribozymes, molécules d'ARN à propriétés enzymatiques, permet d'imaginer que les virus soient apparus avant les cellules, qu'ils continueront à évoluer parallèlement à celles-ci, et qu'on en découvrira toujours de nouveaux à mesure que l'on élimine certains par les vaccinations ou par la destruction des animaux porteurs. Hélas, les virus sont généralement maléfiques... pour l'homme, puisque nous raisonnons toujours de façon anthropocentrique. Hélas encore, il semble impossible qu'on puisse éliminer de l'organisme tous ces virus protéiformes, même avec toute l'armada des moyens de la biologie moléculaire.

La virologie est née il y a 100 ans, quand les biologistes ont observé que certains organismes, «les virus filtrants», traversaient des filtres que les bactéries ne pouvaient franchir. Au début, il a fallu utiliser des êtres vivants (souris, œufs) pour les étudier ; dès que l'on a pu

faire pousser des cellules dans des boîtes, cellules de mammifères, de plantes ou d'insectes, la virologie a fait un bond. Aujourd'hui les virus les plus pathogènes sont connus, ceux qui le sont moins sont plus énigmatiques, et il est certain que nombre de virus non pathogènes sont inconnus.

Quand une maladie humaine apparaît, on cherche son responsable : c'est parfois un virus. Toutefois on sait qu'il y a, par exemple chez la souris, animal de laboratoire extrêmement étudié, beaucoup de virus non pathogènes. Si l'on étudiait *Homo sapiens* avec autant de soins, ce qui est presque impossible, on trouverait l'équivalent dans cette espèce.

Les virus ne sont pas une totale malédiction ; ils sont aussi utiles en tant qu'outils. Ainsi les phages, qui sont des virus de bactéries, ont été les premiers outils de la biologie moléculaire ; aujourd'hui les virus servent de vecteurs pour introduire, dans les cellules, des gènes dont l'expression supplée à certains déficits génétiques. Comme le virus n'infecte spécifiquement que certaines cellules, on peut cibler son action de vecteur thérapeutique.

LES MUTATIONS IMPOSSIBLES

Il est très difficile, sinon impossible, d'imaginer que certains virus se transmettent de façon très différente de leur transmission actuelle.

Le film *Alerte* repose sur l'apparition d'un mutant d'*Ebola*, virus responsable d'une fièvre hémorragique transmis par le sang, devenu transmissible d'homme à homme, par voie aérienne, comme la grippe ou la rougeole. Il faudrait, d'une part, que les cellules du tractus respiratoire, de la gorge et du pharynx, répliquent le virus pour que le malade l'excrète et, d'autre part, que les personnes saines aient des récepteurs appropriés dans le

nez ou la gorge. Ces mutations ne sont pas dans la logique de l'évolution des virus ni dans celle de l'homme. Les virus mutent, mais pas de façon telle qu'ils puissent brusquement changer de récepteur. Si les mutations des virus apparaissent très vite, c'est que leur génération est courte, de quelques minutes à un jour (environ 20 ans chez l'homme).

LES IMPOSSIBLES DE LA PRÉVENTION

On sait que des flambées de maladies virales ont résulté d'une modification de l'environnement favorable à la multiplication du réservoir. Ainsi, dans la Vallée du Rift, ce sont des moustiques. Si vous créez des zones où les gîtes larvaires peuvent être abondants, les moustiques vont se multiplier ; de plus, dans les pays secs, l'eau attire hommes et animaux. Si, par malheur, vous introduisez le virus dans ce système, toutes les conditions sont remplies pour une épidémie. En Amérique du Sud, une épidémie due à un virus nouveau, *Guanarito*, résultait de la déforestation. Là c'est l'homme qui est allé au contact du réservoir, des rongeurs qui étaient sans doute infectés par le virus depuis des millénaires. L'homme, en perturbant l'écologie, soit favorise la transmission du réservoir naturel à l'homme, soit favorise la multiplication de ce réservoir.

Il est difficile de lutter contre le virus *Ebola*, car c'est l'un des rares dont on ne connaît pas le réservoir. L'OMS vient de monter un programme sur la Côte-d'Ivoire pour essayer de répondre à cette question. Toujours est-il qu'à partir d'un cas unique, une épidémie de fièvres hémorragiques due à *Ebola* s'est déclenchée à l'Hôpital de Kikwit, en 1995, après celles de Maridi et Yambuku, en 1976. L'hôpital est une zone artificielle à risques où l'on injecte et où l'on soutire du sang. La transfusion sanguine et les injections ont propagé des maladies à transmission sanguine : hépatite B, SIDA, hépatite C. La connaissance du cycle naturel du virus permet de lutter contre lui avec des moyens extrêmement simples quand l'hôte naturel n'est pas l'homme. Hélas l'homme semble le seul réservoir du virus du SIDA, des herpès virus, des virus des hépatites B et C, de la poliomyélite.

LA VACCINATION ET LES MÉDICAMENTS

La grande question reste évidemment la thérapeutique. Il est difficile d'attaquer le virus sans détruire la cellule, et la plupart des médicaments antiviraux utilisés il y a encore dix ans étaient extrê-