

Polyox

Dans son livre *Les objets fragiles*, Pierre-Gilles de Gennes cite un produit, le polyoxyéthylène, ou Polyox, qui, en faible quantité, augmente considérablement la fluidité de certains liquides (par exemple, le système d'égouts à bout de souffle de la ville de Bristol). Serait-il possible, si ce produit est peu ou pas toxique, de l'utiliser en médecine pour faciliter l'écoulement sanguin, soit pour des soins d'urgences, telle une embolie, soit pour des traitements plus longs contre la mauvaise circulation du sang ?

Daniel TOULOTTE, Puyméras

Réponse de P.-G. de Gennes

Le Polyox est assez bio-compatible et permet de modifier des écoulements turbulents. Cependant, il s'agit de polymères de masse moléculaire très élevée (10^6). Or, le rein n'élimine que les molécules de masse inférieure à environ 10^4 . Il me paraît donc exclu de l'utiliser.

Sous la douche

J'adore les chroniques de Didier Nordon, cependant, aujourd'hui, je ris un peu jaune puisque me voilà épinglé (voir *Bloc-notes*, *Pour la Science*, septembre 1999), mais je ne lui en veux pas. Je trouve ses critiques à l'égard du livre de Guitta Pessis-Pasternak tout à fait fondées et sa réaction fort saine. La chute de sa note souligne à mes yeux le caractère macho et pontifiant de ce recueil d'articles de «grands hommes» : tout à fait ce que mon féminisme viscéral trouve intolérable.

Sachez, pour la petite histoire, que je n'ai jamais été interrogé par la rédactrice de l'ouvrage. Son travail s'est borné à m'extorquer une page de présentation de mes livres dans *Libération*. Elle a ensuite repris ce texte et s'est contentée, dans une interview imaginaire, de glaner quelques phrases de mes livres, pas les plus modérées, vous vous en doutez...

Je ne peux pas nier le caractère passionné de mes interventions et l'outrance occasionnelle (!) de l'expression qui vous ont choqués. Que voulez-vous, il semble que je pose des questions tout à fait inconvenantes comme : «L'Univers est-il soumis à des lois ?» ou que je lance des affirmations tout à fait loufoques comme : «L'infini : ça n'existe pas.» Alors, à force de rebuffades, on s'énerve ! Il est certain que le texte d'Hubert Reeves fera moins de vagues, car son auteur est diablement plus tolérant.

Christian MAGNAN, Montpellier

Confiance

Par honnêteté scientifique, je pense que Philippe Hartemann, dans *La précaution, jusqu'où ?* (voir *Pour la Science*, septembre 1999), ne voit qu'une partie du problème en considérant que l'hyper-réaction du public au risque est juste une réaction scientifique à l'égard de microgrammes de dioxines, alors qu'elle est tout autant affaire de sociologie et de politique. La crise de confiance actuelle est parfaitement rationnelle : elle s'exerce à l'encontre d'une science qui trahit de plus en plus sa mission première – le progrès au service de l'humanité – pour se divertir en une technoscience à la seule dévotion du marché et des puissances de l'argent.

Le public, de plus en plus lucide et de mieux en mieux informé (du moins en Europe), perçoit clairement que les risques des dioxines ou des OGM sont, certes, ceux vis-à-vis de la santé et de l'environnement, mais aussi et surtout ceux que les multinationales de l'agrochimie et de l'alimentaire font courir aux sociétés humaines et, peut-être, à la planète entière, par leur recherche incontrôlée du profit à court terme. Ce n'est pas du tout la même chose, et les meilleures explications scientifiques sont inopérantes, car en grande partie à côté du problème.

Pierre-François LAGET, Saint-Avertin

Réponse de Philippe Hartemann

Je partage tout à fait l'avis de P.-F. Laget sur le fait que la réaction du public au risque comporte autant une part sociologique ou politique qu'une part purement rationnelle scientifiquement fondée. Il est exact que je n'ai pas abordé cet aspect de la question, par incompréhension de ma part dans le domaine du sociologique et parce que l'attitude de certains dans cette réaction dérive vers la métaphysique, voire le domaine du sacré, qui sont trop loin des aspects purement scientifiques.

J'ai cependant introduit la notion de risque socialement acceptable par rapport à celle du risque envisagé dans sa seule dimension probabiliste. Il est effectivement clair que le public a une anxiété croissante devant l'utilisation du progrès scientifique par des multinationales de l'agrochimie et de l'alimentaire, dont la puissance financière, voire politique, et les moyens de laboratoire sont très largement supérieurs à ceux de la plupart des États. Cette anxiété se traduit par une forme de rejet de tout ce qui peut apparaître comme menaçant pour l'avenir, et il est exact que, dans ce contexte, les meilleures explications scientifiques sont inopérantes.

Cependant, il me semble du devoir du scientifique et du médecin spécialisé en santé publique de tenir le cap de la rationalité, tant vis-à-vis du public que des autorités et de ces sociétés, en cherchant à garantir un niveau de risque acceptable, tant pour la santé de la population que pour l'avenir des hôtes de cette planète. C'est donc cette seule ligne qu'il me semble possible d'avancer, afin de maintenir ma crédibilité vis-à-vis de ces trois interlocuteurs, souvent difficilement conciliables, tout en sachant que, de toute façon, il y a plus de coups à prendre que de reconnaissance et que l'on sera toujours suspect de compromission pour l'un ou l'autre camp.

Neutrinos

Dans l'article *La détection des neutrinos massifs* (voir *Pour la Science*, septembre 1999), les auteurs n'ont pas estimé utile de préciser qu'en réalité, en 1956, c'est l'antineutrino qui a été détecté, et non pas le neutrino.

Pourtant, Frederick Reines et Clyde Lorrain Cowan ont probablement publié le résultat de leur ingénieuse expérience en parlant d'antineutrino. Il est vrai que, dès lors que l'existence de l'antineutrino était établie, on pouvait en inférer celle du neutrino.

Ensuite, il restait à déterminer si le neutrino était ou non identique à son antiparticule. Cela justifiait amplement une nouvelle expérience destinée, cette fois, à la détection des «vrais neutrinos».

Raymond Davis vérifia que son piège à neutrinos ne détectait pas les antineutrinos, ce qui établit que l'antineutrino n'était pas identique au neutrino. Ensuite, il exposa son dispositif (une cuve contenant un solvant organique nommé tétrachloroéthylène) au flux des neutrinos solaires, et il put annoncer, en 1968 (et non en 1969, si ma source est bonne), qu'il avait détecté des neutrinos.

Mais comme il n'en a détecté que le tiers de ce qu'il attendait, il est apparu que les choses étaient plus compliquées qu'on ne l'avait cru d'abord. Les oscillations des neutrinos furent suggérées en 1963 par un groupe de physiciens japonais.

Francis PENIN, Vineuil

Écrivez à *Pour la Science* vos réactions, vos commentaires et vos réflexions sur l'actualité scientifique et vos relations avec la science. L'adresse de *Pour la Science* sur Internet est : tribune@pouirlascience.fr. Découvrez d'autres contributions de lecteurs sur le site Web www.pouirlascience.com.

JEU-CONCOURS N° 64

PIERRE TOUGNE

Le jeu du serpent

Certains possesseurs de PC ont dû jouer au petit jeu sous windows dénommé *Amazon Skulls*. Le principe est le suivant : sur un damier de $n \times m$ cases, chaque joueur pose à son tour un pion qui doit être adjacent horizontalement ou verticalement au pion déposé précédemment par son adversaire (sauf bien sûr pour le premier coup) et ne pas être au contact verticalement ou horizontalement avec aucun autre pion précédemment joué. Le perdant est le joueur ne pouvant plus jouer selon la règle. Sur la figure, nous avons représenté une situation sur un damier 4×5 où les pions sont de couleurs différentes afin de suivre l'évolution du jeu. Les chiffres indiquent l'ordre des coups. Blanc peut encore jouer un coup, et Rouge perd.

Les damiers proposés sont 5×6 , 8×8 et 12×12 et si c'est l'ordinateur qui joue

en premier (le premier coup semblant choisi au hasard), le jeu est assez intéressant. En revanche, si vous pouvez jouer en premier comme vous le propose l'ordinateur, le jeu

perd de son intérêt, car il y a une stratégie gagnante à tout coup sur chacun des damiers 5×6 et plus généralement sur les damiers $n \times n$? Ce jeu étant un jeu impartial fini (pas de partie nulle possible), il doit y avoir une stratégie gagnante

pour le premier ou le deuxième joueur selon le terrain. Quel est le joueur gagnant sur les damiers $1 \times n$ et $2 \times n$?



Envoyez vos réponses aux questions à
Pour la Science, 8, rue Férou, 75006
Paris. Parmi les réponses exactes reçues
pendant le mois d'octobre 1999, dix
gagnants tirés au sort recevront un livre.

RÉPONSE AU JEU-CONCOURS N° 62

Le nombre 196 ne conduisant jamais à un palindrome, tout nombre engendré par celui-ci aura la même propriété. Prenons le premier, $196 + 691 = 887$ et cherchons des antécédents de ce dernier, soit (abc) l'un d'eux. On doit avoir $(abc) + (cba) = 887$. Trois cas se présentent : soit $c + a = 7$, $2b = 8$, $a + c = 8$, ce qui est impossible ou encore $c + a = 17$, $2b + 1 = 8$ ou 18, là aussi impossible, enfin $c + a = 7$, $2b = 18$, $a + c + 1 = 8$ qui donne à $b = 9$ et $a + c = 7$ d'où les sept solutions 790 (et non 97!), 196, 691, 295, 592, 394, 493 cherchées.

En base 2, on vérifie vite que les nombres depuis 1 à 21 (en décimal) conduisent à un palindrome (la plus longue attente étant pour 20 qui nécessite cinq additions). Pour $22 = (10110)_2$, les premières itérations donnent $n_1 = 100011$, $n_2 = 1010100$, $n_3 = 1101001$, $n_4 = 10110100$, ..., et enfin $n_8 = 1011101000$ ou, en regardant les chiffres soulignés, on voit apparaître une récurrence possible après quatre additions de $101^n 010^n$ vers $101^{n+1} 010^{n+1}$ (où x^n

désigne n fois le chiffre x). La démonstration est résumée dans les quatre additions suivantes :

$$\begin{array}{r} 10 \ 1^{n-2} \ 1101 \ 0^{n-2} \ 00 \\ + \ 00 \ 0^{n-2} \ 1011 \ 1^{n-2} \ 01 \\ \hline 11 \ 0^{n-2} \ 1000 \ 1^{n-2} \ 01 \\ + \ 10 \ 1^{n-2} \ 0001 \ 0^{n-2} \ 11 \\ \hline 101 \ 1^{n-2} \ 1010 \ 0^{n-2} \ 00 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 10 \ 1^{n-1} \ 101 \ 0^{n-1} \ 00 \\ + \ 00 \ 0^{n-1} \ 101 \ 1^{n-1} \ 01 \\ \hline 11 \ 0^{n-1} \ 010 \ 1^{n-1} \ 01 \\ + \ 10 \ 1^{n-1} \ 010 \ 0^{n-1} \ 11 \\ \hline 101 \ 1^{n-1} \ 101 \ 0^{n-1} \ 00 \end{array}$$

Chaque nombre intermédiaire n'étant pas un palindrome, 22 n'engendra jamais un palindrome. En base 4, $(3333)_4 = 255$ conduit à un cycle d'itérations d'ordre 6 qui montre que 255 n'engendre pas de palindrome et c'est le seul autre cas démontré bien que dans chaque base il semble qu'il existe de tels nombres.



L'avenir est dans le «post»

CATHERINE VIDAL

Les biologistes se sont entichés des gènes. Il est urgent de revenir à la physiologie.

Les experts en sciences – durs et molles – l'affirment : le futur est dans le «post», le post-génomique et la post-humanité. Serions-nous tous des post-modernes ?

Les progrès de la génomique, mariage de la biotechnologie et de la génétique, laissent prévoir que la composition de notre patrimoine héréditaire sera décryptée aux alentours de 2003. D'énormes intérêts sont en jeu : rien de moins que déterminer les gènes impliqués dans les maladies, les étudier et déposer des brevets pour que l'industrie pharmaceutique les exploite. Dans la course au séquençage du génome humain, les chercheurs français, malgré un bon départ (en 1992, Daniel Cohen et Jean Weissenbach publiaient la première cartographie), affichent un sérieux retard par rapport aux pays anglo-saxons.

Pour tenter de redresser la barre, la France réagit en lançant une action de grande envergure, dite «post-génomique», dans le domaine de la santé humaine. Cette action incitatrice mise sur l'après-génome, à savoir, selon François Gros, «l'exploration fonctionnelle des gènes axée sur la physiologie et l'embryologie». Heureuse surprise ! S'agirait-il enfin d'une redécouverte des disciplines fondatrices de la biologie expérimentale ? Depuis 20 ans et plus, la physiologie est une discipline de connotation «ringarde» face à l'explosion de la biologie moléculaire, des biotechnologies et autres génomique et protéomique, sans oublier la petite dernière, la cognitique !

Un objectif majeur du séquençage est la découverte de gènes médicalement intéressants dans le cancer, les maladies cardio-vasculaires, les troubles du métabolisme, les maladies psychiatriques et le vieillissement. En conséquence, les biologistes seront bien obligés de se pencher sérieusement sur la physiologie des animaux génétiquement modifiés (essentiellement des souris), fabriqués pour servir de modèles aux pathologies humaines. La réalisation de cet ambitieux programme nécessite des compétences... qui disparaissent : qui, dans nos laboratoires,

sait encore faire une trachéotomie, mesurer la pression artérielle, enregistrer des neurones *in vivo*, analyser le comportement ? Acquérir une formation solide dans les domaines de la physiologie et du comportement prend des années.

Faudra-t-il, en attendant la relève, passer par des sociétés de service – il en existe déjà – qui proposent de réaliser le screening morphologique, physiologique et comportemental des animaux transgéniques qui leur sont confiés ? Passe encore pour les analyses classiques comme la biochimie du sang ou le diagnostic des tumeurs. Mais comment leur confier les tests comportementaux quand on sait l'importance de l'environnement dans l'évaluation des tests ? Un exemple flagrant vient d'être publié : la même étude comportementale réalisée en parallèle dans trois laboratoires américains sur une même lignée de souris génétiquement modifiées a donné des résultats qui se contredisent complètement. Pourtant les tests étaient réalisés avec les mêmes critères et les souris étaient génétiquement identiques. Seuls les chercheurs et les lieux différaient. Dans cette étude, ce n'est pas la pertinence des tests qui est en cause, mais bien la nécessité de prendre en compte l'environnement, de reproduire les expériences, d'y consacrer du temps et de la réflexion, tâches difficilement compatibles avec les critères de rentabilité d'une société privée...

Un des développements très attendus de la génomique est celui de la pharmacogénétique. La question est de comprendre pourquoi un médicament donné est actif sur seulement une partie des malades. La réponse passe «bien sûr» par l'identification des gènes responsables. Ainsi, à terme, nous serons en mesure de personnaliser un traitement en fonction de la carte génétique de chacun. La cause semble entendue : les recherches menées sur le patrimoine héréditaire serviront au bien-être de l'humanité.

Aux États-Unis, le déterminisme génétique imprègne les esprits depuis des lustres. Rien d'étonnant dans ce contexte que le politologue américain Francis Fukuyama, qui, en 1989, nous prédisait la «fin de l'histoire», ait révisé sa théorie pour l'inscrire dans ce qu'il appelle la «post-humanité». Pour F. Fukuyama, le fait que la démocratie libérale capitaliste (à savoir le système des États-Unis) n'ait plus de concurrent idéologique marque la fin de l'évolution des institutions humaines, politiques et économiques. Cependant «l'histoire ne peut s'achever aussi longtemps que les sciences de la nature contemporaines ne sont pas à leur terme. [...] La biotechnologie nous donnera les outils qui nous permettront d'accomplir ce que les spécialistes d'ingénierie sociale (en l'occurrence le système marxiste) n'ont pas réussi à faire. À ce stade, nous en aurons définitivement terminé avec les êtres humains en tant que tels.»

La post-humanité nous attend, grâce au clonage ! Que F. Fukuyama soit un penseur génial ou un mystificateur, sa nouvelle thèse a suscité les réactions d'éminents sociologues et historiens. Pour André Pichot, épistémologue, «Fukuyama répète bêtement ce que les généticiens d'aujourd'hui prétendent. S'il avait la moindre compétence en ce domaine, il saurait que, loin d'être une manifestation de la puissance d'une science parfaitement maîtrisée, ces biotechnologies sont d'assez misérables bricolages empiriques. Loin d'ouvrir une nouvelle "histoire au-delà de l'humain", elles traduisent la dérive d'une discipline» (*Le Monde*, juin 1999).

La polémique est de taille. Or les généticiens sont restés curieusement absents des débats sur la post-humanité... Attitude délibérée ou non ? Mais alors qui va se charger d'expliquer que le clonage est un outil limité, que l'être humain n'est pas réductible à ses gènes et que la pensée n'est pas programmable ? Pourquoi pas les physiologistes ?

Catherine VIDAL est chercheur en neurobiologie.