

Janvier 1997

POUR LA SCIENCE

édition française de
SCIENTIFIC

STALACTITES ET CLIMATS

LES REQUINS ET L'ORIGINE
DE L'IMMUNITÉ DES VERTÉBRÉS

LES VÉHICULES ÉLECTRIQUES

MÉCANIQUE QUANTIQUE
ET VISION OBSCURE

L'IMMUNITÉ DES INVERTÉBRÉS

LA DYSLEXIE

LES GROTTES ORNÉES
D'AFRIQUE DU SUD

Canada : 5,95 \$

LES CLIMATS SUR MARS

Bloc-notes de Didier Nordon

Tribune des lecteurs

Jeu-concours

Casse-tête de chef de gare

par Pierre Tougne

Point de vue

Évaluer, c'est choisir

par Philippe Lazar

Les inattendus de la science

Les inattendus de la double hélice

par Jean Rossier

Science et gastronomie

Éloge de la graisse



Présence de l'histoire

Le dépistage de la syphilis

par Ilana Löwy

Perspectives scientifiques :

Cyanobactéries et riziculture

Le fer à cheval

Couronnes de feuilles

De Fermat à abc

Le blé, polluant marin

La desmine

Pasteur dans un plan

Nutrition et CFA

Explosion d'octobre

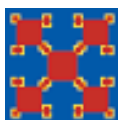
Lune glacée



L'expérience du mois

Le pinceau du peintre

par François Perego



Visions mathématiques

Le Monopoly revisité

par Ian Stewart



Logique et calcul

Obsession de π

par Jean-Paul Delahaye



Analyses de livres

– *Pierre Curie*, par Marie Curie

– *Dieu de l'Univers, Science et foi*, par Jean-

Marie Pelt

– *Voyage dans le Système solaire*, par Serge Brunier

– *Calendriers et chronologie*, par J.-P. Parisot et F. Suagher

Les concrétions des grottes enregistrent climats et séismes

28

par Paul Dubois
et Bertrand Grellet

Dans les grottes, les variations du climat et les séismes se traduisent par des modifications de structure des concrétions, identifiables et datables.



Les changements climatiques sur Mars

36

par Jeffrey Kargel
et Robert Strom

Mars, planète aujourd'hui sèche et gelée, aurait autrefois été couverte de rivières, d'océans et de glaciers. A-t-elle abrité la vie?



Le système immunitaire des invertébrés

46

par Gregory Beck
et Gail Habicht

Le système immunitaire de l'homme et celui des autres mammifères ont évolué pendant plusieurs centaines de millions d'années pour acquérir leur complexité.



Les requins et l'origine de l'immunité des vertébrés

52

par Gary Litman

Les requins, qui existent depuis plus de 450 millions d'années, nous renseignent sur l'évolution du système immunitaire.



Les véhicules électriques

58

par Daniel Sperling

L'énergie des véhicules électriques

64

par Cord-Henrich Dustmann

Les véhicules électriques sont aujourd'hui aussi performants que les véhicules à essence. Les consommateurs les adopteront-ils ?

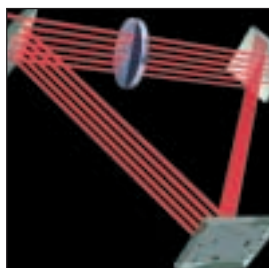


Voir sans regarder

68

par Paul Kwiat,
Harald Weinfurter
et Anton Zeilinger

L'optique quantique détecte des objets sans interagir avec eux, même par de la lumière.

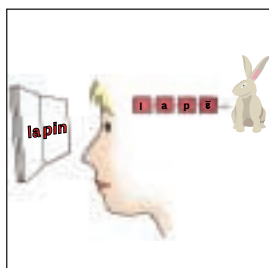


La dyslexie

76

par Sally Shaywitz

Cette difficulté de lecture semble résulter d'une défaillance du système de traitement du langage plutôt que d'une anomalie visuelle.



L'art rupestre d'Afrique australe

84

par Anne Solomon

Des peintures et des gravures réalisées par les ancêtres des tribus san retracent l'histoire et la culture d'une société vieille de plusieurs millénaires.



Le temps au cours du temps

La France est riche en grottes, sanctuaires préservés de l'érosion. La récente découverte des peintures de la grotte Chauvet, datées de quelque 30 000 ans, livre un message culturel : les peintres des cavernes maîtrisaient un art naturaliste plus ancien et plus précis qu'on ne le croyait. Intérêt confirmé par les peintures des grottes d'Afrique du Sud (voir *L'art rupestre d'Afrique australe*, page 84).

Les grottes recèlent d'autres informations. Stalagmites et stalactites ont longtemps été ces curiosités fragiles que les touristes admiraient lors de leurs pérégrinations touristico-culturelles estivales dans les grottes du Sud de la France «pour voir les beautés de la Nature». L'œil du géologue, aidé par les datations fondées sur la radioactivité, a enrichi le point de vue. Les concrétions calcaires sont des témoins du passé, du temps qu'il faisait au cours du temps passé (voir *Les concrétions des grottes enregistrent climats et séismes*, par Paul Dubois et Bertrand Grellet, page 28). La reconstitution des climats anciens enregistrés par les concrétions contribuera, avec les témoignages délivrés par les carottes glaciaires, à distinguer des fluctuations naturelles les effets de l'homme sur le climat.

Le calcul des décimales de π , est une gymnastique pratiquée par les mathématiciens et les informaticiens. Les chiffres de π fascinent : leur répartition est statistiquement régulière, il y a autant de 2 que de 3 en moyenne, et pourtant ils sont parfaitement déterminés par le calcul du rapport du périmètre du cercle par son diamètre. Les plus fins mathématiciens étaient persuadés que le calcul des chiffres de π devait procéder selon leur ordre d'apparition. Il n'en est rien : on peut déterminer ces chiffres sans connaître les précédents. Malheureusement dans le système binaire... Mais les travaux progressent, et les calculateurs pourront, grâce à des séries perfectionnées par l'intuition et l'aide informatique, les extraire en base 10. Comme l'affirme Jean-Paul Delahaye (voir *Obsession de π* , page 104), les facilités apportées par l'ordinateur ne rendent pas idiots ses praticiens.

Philippe BOULANGER

Le mot juste

Cette historiette toute simple a de quoi faire méditer les amateurs de logique. Elle est racontée par Paul Gauthier (*The Mathematical Intelligencer*, vol. 18, n° 1, 1996).

Sa fille aînée rentre un jour de l'école en déclarant : «Il y a une nouvelle fille dans la classe, qui ne comprend pas un mot de français.» Après un moment de réflexion, la cadette demande : «Quel mot?»

Léotardement

Critiquant un projet de loi, M. François Léotard vient de demander au gouvernement de renoncer à une loi «qui se retournera éventuellement, et probablement certainement, contre ceux qui la promulguent» (*Le Monde*, 18 octobre 1996). Loin de moi l'idée de reprocher à M. Léotard quelque inélégance de style. Ancien ministre des Armées, il est dans son rôle lorsqu'il emploie du matériel lourd : armement, surarmement, bombardement et tout le tremblement. Derrière l'accumulation d'adverbes en -ment, sachons plutôt apprécier la subtilité. M. Léotard n'a pas dit «probablement» ; il a dit «proba-

blement certainement». «Ces deux adverbes joints font admirablement!», disait Philaminte. F. Léotard témoigne d'une puissance de pensée qui force l'enthousiasme. Jamais je n'avais songé à la nuance entre le probable et le probablement certain. De beaux sujets d'études en perspective pour la théorie des probabilités.

Peut-être y a-t-il moyen de renchérir encore sur la subtilité. Oui, si j'avais la chance de rencontrer M. Léotard, je n'hésiterais pas, je lui demanderais : «Doit-on opérer une distinction, Monsieur le Ministre, – si oui, laquelle? – entre un événement certainement probable, et un événement probablement certain?»

La clef des mensonges

Le Monde des poches du 5 octobre 1996 se fâche contre un éditeur coupable d'avoir réédité un livre en prétendant que l'auteur est un moine italien du XVI^e siècle, alors qu'en réalité c'est un compilateur actuel. Celui-ci a déjà protesté contre une première édition le déposant du fruit de son travail. Le procédé de l'éditeur paraît en effet déplaisant, mais un détail change tout : le livre en question est un *Dictionnaire du mensonge* (éditions

Allia, 1996). Les gens qui se complaisent à ce genre de lecture n'ont que ce qu'ils méritent, n'est-ce pas, s'ils achètent l'ouvrage sans se rendre compte que le nom de l'auteur est un exemple de ce qu'ils recherchent. L'autoréférence est un paradoxe, pas une faute contre la morale.

Le Monde des poches affirme que le livre est «drôle et remarquable». Je l'ai acheté : il m'a tellement ennuyé, que c'est tout juste si j'ai pu en lire deux ou trois pages. Y a-t-il un second menteur quelque part?

Et un demi en terrasse

Quoique élémentaire, l'opération de division par 2 se prête à des extensions remarquables, et qui lui sont propres. Par exemple, on peut diviser un échec par 2 : on obtient un demi-échec ; mais diviser un échec par 3 ou par 4 ne se conçoit pas. Quant au tiers monde, il n'est pas n'est pas les deux tiers du demi-monde.

Le demi-échec, nous dit le *Grand Robert*, est un «échec presque total». *Robert* ajoute une remarque : «ce mot est un quasi-synonyme de demi-succès, mais les connotations sont inverses». Tiens ! Deux synonymes qui veulent dire le contraire l'un de l'autre ? C'est étrange, mais soit : les phénomènes de langue sont subtils. Ne nous laissons pas rebuter, et allons voir à demi-succès : «succès incertain, peu satisfaisant». Là, notre étonnement se mue en désaccord. Si les termes «demi-échec» et «demi-succès» avaient des connotations inverses, ils ne pourraient pas l'un et l'autre désigner une expérience déplaisante à vivre. Or le premier signifie «échec presque total» et le second, «succès peu satisfaisant». Conclusion : *Robert* s'est trompé en effectuant sa division par 2.

Continuons alors par nos propres moyens. Deux demi-succès sont parfois équivalents à un échec ; deux demi-échecs, à un succès. Multiplions par deux, faisons tout passer du même côté et – fidèles à l'enseignement de notre maître à tous, le savant Cosinus – écrivons au bout : égale zéro. Tous calculs faits, nous trouvons : succès égale échec.

Rien de nouveau, direz-vous : depuis longtemps les moralistes ont disserté sur la part d'échec inhérente à tout succès. Vrai, mais n'en déduisez pas que le calcul ci-dessus soit inutile. Asseoir sur des bases mathématiques solides un résultat empirique est toujours un grand progrès.

Ma Thématique, selon C.- P. Bruter

Où doit-on postuler pour obtenir la prime spéciale offerte aux champions en matière de prétention ? J'espère y avoir droit. Vu les risques insensés pris par certains qui, visiblement, aspirent aussi à recevoir la prime, je subodore qu'elle est d'un montant substantiel.

Comprendre les mathématiques. Si cette promesse mirifique était le titre d'un ouvrage proposé, par un marchand sans scrupules, aux parents désarmés devant les exercices que leurs enfants doivent faire à l'école, on dirait : il s'agit de commerce, tous les titres sont bons pourvu qu'ils fassent vendre. Tel n'est pas le cas. L'ouvrage est d'assez haut niveau, et son auteur mathématicien professionnel (Claude-Paul Bruter, *Comprendre les mathématiques*, éditions Odile Jacob, 1996). Les mathématiciens – Bruter comme les autres – sont payés pour savoir qu'une vie entière d'efforts permet de comprendre «des» mathématiques, mais que personne jamais ne comprend «les» mathématiques, infiniment vastes. Avec un titre pareil, Bruter peut espérer flamber auprès des gogos. Ses collègues, il risque surtout de les indisposer. Croyait-il échapper à leur regard sourcilieux ?

Toutefois, encore incertain, semble-t-il, de décrocher la prime à la prétention, Bruter en rajoute, avec ce sous-titre : «Les 10 notions fondamentales». Comme il est géomètre, il ne propose au lecteur que des notions issues de la géométrie. Du coup, il fait plus qu'indisposer ses chers collègues : il sombre dans le ridicule. Parce qu'un mathématicien qui prétend décrire «les» 10 notions fondamentales des mathématiques, et qui ne songe même pas à y faire figurer la notion de nombre, est ridicule !

Le plus haïssable des «moi» n'est pas celui qui ose dire «je». Bruter aurait-il sous-titré son livre «Mes 10 notions préférées», il n'y avait rien à objecter. Le pire des «moi», le plus prétentieux, est celui qui, sans dire «je», tente de donner valeur absolue et universelle à ce qui n'est qu'un goût personnel.

Faïlles en géologie

La sixième édition de la *Carte géologique de la France au millionième* présente sous forme graphique une synthèse de données géologiques, géochimiques et géophysiques dont Maurice Mattauer a fait une analyse critique, le plus souvent pertinente, en soulignant les qualités et les faiblesses inhérentes à ce type d'ouvrage (voir *Pour la Science*, octobre 1996). Mais au cours de cet exercice, l'auteur accuse les auteurs de carte de s'être «laissés influencer par un concept déjà dépassé» et d'avoir «imaginé et dessiné des failles qui n'existent pas». L'accusation met en cause non seulement les auteurs de la carte, mais aussi leur employeur éditeur de la carte, et finalement le «Comité de la Carte», groupe d'experts qui valide le projet avant publication. Je souhaite corriger cette mise en cause de la compétence des professionnels de la cartographie géologique qui ont, avec tous les contrôles nécessaires, réalisé un état de l'art en matière de cartographie géologique de la France.

Ces failles dites de détachement existent-elles ? Il n'y a aucun doute. Les plus importantes d'entre elles ont été reconnues simultanément et indépendamment par des analystes différents. Elles se traduisent sur le terrain par l'existence de zones de mylonites (roches extrêmement déformées) dont l'analyse cinématique indique leur nature de failles normales. Elles juxtaposent des sédiments déposés pendant le fonctionnement de la faille et des roches métamorphiques remontées le long de la faille, de plus de 20 kilomètres de profondeur. La géochronologie isotopique montre que la remontée des roches profondes est contemporaine du dépôt des sédiments. D'autres arguments venant de la pétrologie métamorphique, de la sédimentologie ou du paléomagnétisme ne font que renforcer les précédents. Tout ceci est publié dans plus d'une vingtaine d'articles dans des revues nationales et internationales, a été constaté sur le terrain par plus d'une centaine de géologues français et étrangers, et discuté dans plusieurs réunions scientifiques en France et à l'étranger.

Si l'existence même de ces failles n'est plus contestable, leur interprétation reste encore, il est vrai, matière à discussion. L'extension des chaînes de montagnes est sans doute la découverte la plus importante faite en géodynamique dans les années 1980. Ses conséquences sont énormes quant aux changements qu'elle implique depuis l'analyse de terrain jusqu'à la modélisation mécanique de la lithosphère. Dans presque toutes les chaînes

de montagnes du monde, les géologues ont identifié ces failles de détachement, et la chaîne hercynienne française n'y a pas échappé. Dans la mesure où cette découverte invoque des processus nouveaux remettant évidemment en cause les interprétations et modèles antérieurs, certains chercheurs la contestent, comme par exemple lorsque que M. Mattauer écrit : «On a multiplié les failles normales dites de détachement dans la croûte ductile en adoptant l'hypothèse fautive qu'il existe de nombreuses failles normales dues à l'écoulement sous leur propre poids des reliefs des chaînes et notamment de la Chaîne hercynienne». Si les auteurs de la carte ont reporté le fait (les failles), ils n'ont en aucune façon invoqué de théorie (l'extension/écoulement des chaînes de montagnes). La relation de causalité que dénonce M. Mattauer n'est certainement pas reprochable aux auteurs de la carte.

Jean-Pierre BRUN, Rennes

Réponse de Maurice Mattauer

La réaction de J.-P. Brun nous permet d'engager une discussion générale sur le rôle des géologues dans les Sciences de la Terre. Depuis une dizaine d'années, la géologie n'a pas échappé au courant de pensée qui privilégie systématiquement les modèles et la théorie, en s'écarter de plus en plus de la réalité. En schématisant à peine, les géologues sont aujourd'hui tiraillés entre deux tendances : ceux, qui s'étant adaptés à la «science moderne», considèrent que la théorie crée le fait ; ceux qui considèrent que c'est avec des faits que l'on élabore des théories.

Les faits, dans notre débat, sont, pour l'essentiel, le résultat d'observations géologiques faites sur le «terrain». La vérité se trouve donc sur le terrain. Pour la rétablir, allons dans la région de Saint-Étienne et servons-nous du tronçon de carte publié dans mon analyse. C'est là que se trouverait, pour les partisans du modèle extensif défendu par J.-P. Brun, l'exemple type d'une «faille de détachement» au contact entre le Carbonifère et les micaschistes. Cette faille a été clairement figurée sur la carte de France, avec son symbolisme de faille de détachement, sur 50 kilomètres de long.

Cette faille normale, ou de détachement, n'existe pas : on observe en réalité une faille de décrochement verticale, à rejet dextre, le long de laquelle s'est produit un grand coulisage (prouvé par des stries subhorizontales) qui a déplacé le compartiment Sud vers le Sud-Ouest. Ce décrochement traverse le quartier Sud de la ville de Saint-Étienne, passe sous le bâtiment de Géomécanique de l'Institut universitaire de

technologie de Saint-Étienne, et se prolonge dans le talus d'une route, à 500 mètres au Nord du pont de Saint Romain en Gier.

Les deux types de failles dont nous discutons (faille de détachement et de décrochement) ont une signification mécanique différente. Ne pas les distinguer reviendrait, pour un zoologiste, à confondre un sanglier avec une girafe. Le «détachement» qui borderait le bassin de Saint-Étienne au Sud-Est est donc un pur produit de l'imagination, créé pour la beauté du modèle, et repris en toute bonne foi par les concepteurs de la carte, qui ont fait confiance au contenu d'une publication «internationale».

De la même façon, il n'existe pas de «détachement» majeur d'âge Stéphanien, lié à une extension Nord-Sud dans la zone axiale de la Montagne Noire. En ce qui concerne le Massif central, on sait depuis le siècle dernier que les bassins stéphaniens sont liés à des décrochements et qu'ils ont souvent été fortement comprimés.

Enfin, sur un plan général, je m'étonne que J.-P. Brun célèbre encore une mode simpliste et naïve qui se lésarde. Ignore-t-il donc que la faille de «détachement» la plus connue au monde, qui passe au Nord de l'Everest, 8 846 mètres dans l'Himalaya, et qui se suit sur plus de 1 000 kilomètres, s'est formée pendant la compression due à l'avancée de l'Inde ? Elle n'a rien à voir avec l'extension comme cela a été montré, grâce à l'action combinée d'une modélisation physique d'A. Chemenda et d'études sur le terrain.

Avec certains problèmes géologiques complexes, il ne faut pas hésiter à innover en lançant de nouvelles idées, mais une tendance intellectualiste a pris le pouvoir en géologie. On a d'abord décidé de ne plus publier, dans les grandes revues, les trop longues observations de terrain qui sont à la base de toutes les interprétations et de privilégier systématiquement les considérations théoriques «modernes». La géologie de terrain est ainsi devenue une activité obsolète non rentable, car il faut souvent plusieurs années pour étudier et cartographier une région. Quelle différence avec la publication d'une simple idée seulement discutée sur le plan théorique ! Parfois, il est vrai, on remplace le terrain par des résultats fournis par la modélisation expérimentale analogique, mais sans se rendre compte que les expériences ne sont pas «physiquement» à l'échelle et qu'elles ne peuvent donc pas être utilisées sans un retour critique sur le terrain.

À la suite de cette évolution, nous sommes dans une situation catastrophique. Les étudiants sont formés avec le même esprit qui privilégie de façon tout à fait excessive les concepts, le théorique, le virtuel, en insinuant perfidement

que l'observation est dépassée ; et on commence au lycée. Si nous continuons, nos étudiants ne manqueront pas d'avoir des débouchés... virtuels, alors qu'apparaît un immense besoin de géologues capables de se «débrouiller» sur tous les terrains, d'observer, de sélectionner les observations significatives, de les dessiner et de les présenter au non-spécialiste en utilisant un langage compréhensible. Alors qu'une multitude de travaux sont entrepris en France et dans le monde, les grands organismes et les entreprises ont beaucoup de difficultés à trouver des géologues capables de se lancer dans des réalisations concrètes.

Rappelons, pour conclure, une pensée de Fontenelle, vieille de trois siècles : «Assurons-nous bien du fait avant que de nous inquiéter de la cause. Il est vrai que cette méthode est bien lente pour la plupart des gens, qui courent naturellement à la cause et passent par-dessus la vérité du fait ; mais enfin nous évitons le ridicule d'avoir trouvé la cause de ce qui n'est point.»

Modèles

L'objectif d'un modèle (voir *Les modèles en biologie et en médecine*, par Daniel Schwartz, *Pour La Science*, septembre 1996) est-il d'expliquer un phénomène ou simplement de le décrire ? La courbe de la distribution des poids de nouveau-nés est proche de la courbe de la loi «normale», que suit une variable régie par de petites causes indépendantes dont les effets s'additionnent. D. Schwartz conclut : «Ne peut-on supposer que ce poids se constitue... par addition de multiples effets indépendants ?», mais il ne met pas en garde contre le danger de ce retournement. De la même façon, constatant que la distribution de durées de vie s'ajuste à la courbe normale en fonction du logarithme de la différence entre la durée de vie et une valeur limite L , l'auteur écrit : «Les individus recevraient à la naissance un capital de L années, auquel les aléas de la vie opéreraient un retrait distribué de manière log-normale. [...] Le modèle fait penser que «ce qui compte» dans le vieillissement, c'est, non le nombre total d'années, mais la diminution du temps restant, et cela en pourcentage, puisqu'il s'agit de son logarithme. [...] Une année d'âge compterait beaucoup plus pour un sujet âgé que pour un sujet jeune (pour le vieillissement).» L'auteur ne précise pas quel était son objectif lorsqu'il a ajusté la répartition des durées de vie, mais la démarche de recherche aurait été tout autre pour étudier le phénomène de vieillissement.

La question est celle de la nature du modèle comme antécédent ou conséquent. L'auteur nous précise : «Le modèle nous a conduits bien loin. Nous n'ignorons pas son côté hypothétique, mais, du fait qu'il décrit bien les données, tout se passe comme s'il avait une certaine réalité». Ce raccourci méthodologique est bien hasardeux ! Le lecteur se trouve dans la position de celui qui disposerait d'un modèle théorique «en soi», mais dont le rôle explicatif n'est pas acquis.

Le modèle pose la question du mode de connaissance qui nous le livre. Sa formation requiert, à partir des données de l'expérience, un mécanisme d'abstraction. La saisie de principes ou de relations abstraites appelle soit une formalisation dont le critère de validité est une cohérence logique et mathématique, soit une ou des applications concrètes, en particulier chez le vivant. Dans les deux cas, il existe au départ un effort d'abstraction et une aspiration à l'universel tout en restant relatif aux données du problème. Cependant, il ne faudrait pas opposer les deux démarches. Il existe dans la communauté scientifique une hiérarchisation tacite des modèles, avec le modèle mathématique au sommet. Dans cette démarche de conjonction entre les mathématiques et la biologie, il faut rappeler les conditions de validité et le degré d'universalité du «modèle», ainsi que la distance établie entre le modèle et la réalité.

E. GRENIER, O. PERRU, C. ROUZAUD
DANIS-BONVALET, O. SCHEURER, Beauvais

Daniel Schwartz explique la progression vers la mort en considérant une fonction logarithme du nombre d'années qui sépare l'individu d'un âge limite. De ce point de vue, ce qui compte dans le vieillissement c'est la diminution du temps restant encore à vivre : une année d'âge compte plus pour un sujet d'âge mûr que pour un individu jeune. Ce raisonnement reste valable à l'approche de l'âge limite quel que soit celui-ci.

On peut aussi exprimer l'évolution du temps en fonction des âges de la vie en calculant la part que représente une année dans une vie, pour chaque âge : c'est l'inverse de l'âge. Pour un enfant d'un an, une année de vie représente 1, alors que pour un enfant de 10 ans elle compte pour 0,1. La représentation que nous avons d'une année décroît rapidement avec l'âge au début de la vie et atteint une valeur limite proche de zéro. La représentation que nous nous faisons d'une année change peu entre 40 et 70 ans par exemple.

Nous obtenons l'inverse de ce qui a été exprimé précédemment : une année d'âge compte bien moins pour un sujet d'âge mûr

que pour un individu jeune. Vers 18 ans, l'homme a vécu presque la moitié de sa vie psychologique, la durée de 0 à 18 ans étant égale à la durée de 18 à 70 ans (en vieillissement psychologique). Cela exprime peut-être le fait que notre enfance et notre adolescence sont remplies des rêves les plus intenses que nous ne revivrons jamais plus !

J.F. GUÉGAN et S. MORAND, Perpignan

Réponse de Daniel Schwartz

Je me contente en effet de poser la question de la distribution des poids des nouveau-nés : se constituerait-il par une simple addition d'effets, alors que la cholestérolémie se constituerait par addition d'effets proportionnels aux valeurs existantes ? Et si oui, pourquoi ? L'explication pour les salaires est bien démonstrative. J'ajoute que la distribution log-normale des salaires, si constamment vérifiée par Gibrat dans de nombreuses populations, me conduit à penser qu'on est fondé, dans beaucoup de problèmes, à utiliser le logarithme du salaire. C'est ce que je traduis par «ce qui compte, c'est le logarithme» et, pour passer à l'exemple de la mort, c'est ce que j'entends par «ce qui compte pourrait bien être le logarithme de $(L-D)$ », mais je mets cette phrase au conditionnel.

J.F. Guégan et S. Morand exposent une contradiction dont j'étais bien conscient. Quand je suggère qu'une année d'âge compterait plus pour un sujet âgé que pour un sujet jeune, je sais bien que pour la perception du temps qui s'écoule, c'est l'inverse qui a lieu. C'est pourquoi j'ai précisé «compterait plus pour le vieillissement». Cet antagonisme entre vieillissement physiologique et perception du temps qui passe est frappant.

Pour la cicatrisation des blessures, Lecomte de Nouy a évoqué un temps physiologique, qui serait le logarithme du temps. Cette formule se rapproche de celle de J.F. Guégan et S. Morand, puisque alors le temps écoulé compte plus pour une durée courte que pour une longue, mais elle en est différente.

J'insiste sur le fait que mon modèle est de toute manière simpliste et n'a pas plus d'importance qu'une image hypothétique destinée à susciter des discussions. Il semble que j'ai réussi.

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 : 101641.3525@compuserve.com. Indiquez *Tribune des lecteurs* dans la rubrique objet.

France Culture et Pour la Science

**vous invitent
au Palais
de la Découverte
à l'enregistrement
de leur
nouvelle émission**

**les
Inattendus
de la
Science**

**Samedi 11 janvier
à 15h**

Les surprises du gène

avec Pierre Douzou
professeur au
Muséum National
d'Histoire Naturelle
membre de l'Académie
des Sciences

**Invitations à demander
au 36 68 10 99 (2,23F/mn)**



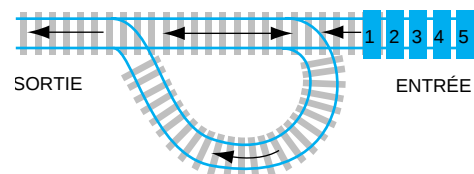
Palais de la découverte

**POUR LA
SCIENCE**

JEU-CONCOURS N°31

CASSE-TÊTE DE CHEF DE GARE

Un chef de gare dispose sur une voie de garage de cinq locomotives numérotées de 1 à 5 dans cet ordre. Cette voie de garage conduit à un échangeur montré sur la figure ci-contre dans lequel sur la voie principale, on peut se déplacer dans les deux sens et y stationner. En revanche, sur la bretelle du dessous, on ne peut stationner et l'on ne se déplace que dans le sens de la flèche. Par exemple, s'il doit former un train des cinq locomotives dans l'ordre 23154, le chef de gare entrera d'abord 1 et 2 sur la voie principale, sortira 2 par la droite puis rentrera 3 qu'il ressortira par la droite puis 1 à droite (ou à gauche), enfin il entrera 4 et 5 et sortira 5 à droite puis 4. Il pourrait y avoir ainsi $5! = 5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1 = 120$ trains différents. Cependant tous ne sont pas possibles et le chef de gare en connaît même le nombre : 30 sont impossibles. Pourriez-vous l'aider à trouver ces 30

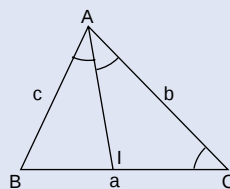


impossibilités ? Afin que la liste tienne sur une carte postale, je vous suggère une notation compacte comme par exemple 3(124)5 qui symbolise les six permutations possibles de 1, 2, 4 entre 3 et 5 (cet exemple n'est pas une solution!).

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 janvier 1997, dix gagnants tirés au sort recevront un livre.

RÉPONSE AU JEU-CONCOURS N°29

Dans le triangle ABC , tel que $\hat{A} = 2\hat{C}$, on trace la bissectrice AI de l'angle $\hat{A}$ (voir la figure). Les triangles ABC et IBA sont semblables, donc $AB/IB = BC/AB = AC/IA$. De plus, le triangle AIC est isocèle, donc $IA = IC$. De ces relations, on déduit que $IB = c^2/a^2$, $IC = bc/a$ (avec $a = BC$, $b = AC$, $c = AB$) et l'égalité $a = IB + IC$ nous conduit à l'équation (1) $a^2 = c(b + c)$. On aurait pu utiliser les relations trigonométriques du triangle pour parvenir à cette équation, relations utiles pour démontrer la réciproque. Cette équation doit être résolue en nombres entiers avec la condition que a, b, c soient les côtés d'un triangle, c'est-à-dire $|b - c| < a < b + c$ (les triangles dégénérés étant exclus) qui conduit aux inégalités $c < a < 2c$. D'autre part, b et c sont premiers entre eux : d'après l'équation (1) s'ils avaient un facteur commun, a



serait divisible par celui-ci et le triangle ne serait pas primitif. De plus, le produit de c par $b + c$ (premiers entre eux) étant un carré, c et $b + c$ sont eux-mêmes des carrés soit respectivement m^2 et n^2 . En remplaçant dans l'équation (a), on a les solutions : $a = mn$, $b = n^2 - m^2$, $c = m^2$ avec m, n premiers entre eux et $1 < m < n < 2n$. Il est dès lors très facile de trouver les solutions en a, b, c inférieur à 20, soit (6, 5, 4), (12, 7, 9), (15, 16, 9) et (20, 9, 16).

M. Stambul me signale que si (a, b, c) est un triangle primitif, alors $(3a + b + 2c, 2a + 3c, 2a + b + c)$ en est un autre. Enfin M. Masurel et M. Lévy ont généralisé le problème pour $\hat{A} = k\hat{C}$. Ainsi pour $k = 3$, l'équation diophantienne à résoudre est $b^2c = (a^2 - c^2)(a - c)$ dont une solution est $a = n(m^2 - n^2)$, $b = m(m^2 - 2n^2)$, $c = n^3$ avec m, n premiers entre eux et $n\sqrt{2} < m < 2n$.

Évaluer, c'est choisir

PHILIPPE LAZAR

Gouverner, c'est choisir, disait Pierre Mendès-France : la transposition de ce précepte à l'évaluation scientifique indique que les évaluateurs cherchent moins une photographie « objective » de la compétence d'un homme, d'une équipe ou d'un laboratoire qu'un élément utile en vue d'un processus décisionnel.

Toute une série de conséquences résultent de ce principe fondateur. La première – qui règle la question : « Faut-il évaluer les évaluateurs ? » – est que l'existence même d'un processus évaluatif engage pleinement la responsabilité de l'institution qui le commande. Cette institution doit avoir une vision claire de ses objectifs stratégiques pour définir des règles auxquelles ses chercheurs doivent se conformer. Encore doit-elle prendre garde à ne pas céder aux tentations de la mode – qui existe évidemment dans les sciences comme ailleurs – et qu'elle sache prendre acte de l'imprévisibilité essentielle du devenir à long terme de la connaissance scientifique... Bref, qu'elle sache fixer des objectifs qui ne soient pas abusivement spécifiques et, par là même, arbitraires. Il y va de sa crédibilité.

Ainsi peut-on se demander s'il est vraiment raisonnable que des instances gouvernementales définissent elles-mêmes les orientations scientifiques majeures des institutions de recherche ou d'un pays, et les constituent en priorités. Reconnaître que l'on ne peut tout faire et qu'il est donc indispensable de définir des choix n'implique pas en soi – on l'oublie presque toujours ! – que ces choix soient systématiquement d'ordre thématique : ils pourraient tout aussi bien, et sans doute beaucoup plus valablement, être fondés sur des principes d'originalité et de qualité scientifique intrinsèque des projets. Et les règles d'évaluation adoptées devraient évidemment découler directement de cette remarque...

L'Union européenne détient une sorte de record négatif en la matière. Elle se croit obligée de définir minutieusement, ligne à ligne, plusieurs années à l'avance, les recherches qu'elle entend financer

dans ses futurs programmes-cadres... Cependant le décalage entre le moment où ces programmes sont officiellement arrêtés et celui où l'argent arrive effectivement dans les laboratoires suffit à donner à cet exercice un caractère de jeu gratuit (si l'on peut dire), qui n'accroît guère la légitimité de l'institution.

Par ailleurs, il est tout à fait irréaliste d'imaginer des procédures d'évaluation scientifique qui feraient abstraction des hommes : une institution vit, se développe, évolue au travers de l'action quotidienne des individus qui en font partie. Évaluer, c'est-à-dire se mettre en situation de modeler le devenir d'une institution, impose d'établir les règles du jeu correspondantes dans la plus grande transparence et, tout autant, d'associer fondamentalement les acteurs concernés aux procédures mises en œuvre. C'est la seule manière d'éviter que le « système » en place ne secrète immédiatement toute une série de parades permettant de « résister » à ce qui serait alors vécu comme une tentative abusive de déstabilisation. Une évaluation doit être, par nature, un élément de dynamisation institutionnelle, et ne doit pas être perçue comme une procédure d'ordre administratif, intrinsèquement entachée d'arbitraire. Ainsi les évaluations purement « hiérarchiques » ont-elles tout lieu d'être la source de multiples biais et d'être inopérantes vis-à-vis des objectifs poursuivis.

UNE LIBERTÉ LIBERTAIRE OU LIBÉRALE ?

La pensée scientifique se développe par une déstabilisation permanente des savoirs acquis, rétro-contrôlée par la décantation collective que constituent les processus de communication et de jugement au sein du monde scientifique (publications, colloques, rencontres informelles, etc.). Toute véritable découverte, dit fort justement François Jacob, laisse la communauté scientifique un temps incrédule, voire réservée ou hostile, avant de s'imposer comme un nouveau pas en avant et d'entraîner l'adhésion un moment refusée. La difficulté essentielle, dans les

procédures d'évaluation, est d'accepter ce que les canonnières, pendant la Première Guerre mondiale, nommaient le « temps mort de manœuvre » ! Sa méconnaissance peut conduire à la contre-sélection des pistes les plus fructueuses.

S'il faut se méfier des capacités de jugement instantané des scientifiques, on ne peut pas non plus se passer d'eux et les frustrer du temps qui leur est nécessaire pour porter des jugements sereins. En d'autres termes, gardons-nous comme de la peste des évaluations à l'emporte-pièce qui, à un moment donné, risquent de mobiliser de façon abusive les forces disponibles dans les secteurs qui semblent immédiatement « rentables », au détriment de choix plus souples, faisant confiance à l'originalité et au non-conformisme ! Sachons également garder nos distances vis-à-vis des « grands programmes », certes utiles en termes de « développement » (au sens qu'a ce mot dans l'expression « recherche et développement »), mais qui peuvent aussi renvoyer naïvement et tristement à l'aphorisme du sacrifice de la poule aux œufs d'or si on cherche à les étendre abusivement à des champs exploratoires auxquels ils ne sont pas adaptés.

On parle souvent de la liberté de la recherche, et ceux qui en parlent en ayant le pouvoir d'en gérer les moyens matériels le font fréquemment en prenant leurs distances par rapport à elle. Ils ont quelque tendance à se la représenter comme d'ordre « libertaire », alors qu'elle est à l'évidence, aujourd'hui, de nature « libérale ». L'équivalent du « marché » est simple : il s'agit de l'accès, particulièrement difficile et disputé, chacun le sait, aux grandes revues scientifiques internationales. Ne « survivent » à moyen terme – même si l'on ne donne pas à cette expression le sens presque physique que lui confère la dominance Nord-américaine au travers du trop célèbre *publish or perish* – que les laboratoires ou individus qui réussissent à s'imposer dans cette âpre compétition.

C'est, à mon sens, bien suffisant – et même, par certains aspects, trop limitant – pour qu'on n'en « rajoute » pas, comme par plaisir, par rapport à cette contrainte déjà très lourde. Il est sage d'aborder avec prudence et modestie le jeu dangereux de l'orientation du devenir à long terme de la science.

Philippe LAZAR a été le directeur général de l'INSERM de 1982 à 1996. Il est l'auteur de deux essais : *Les explorateurs de la santé* (éditions Odile Jacob) et *L'éthique biomédicale en question* (éditions Liana Lévi).