

Pour la Science

Avril 1999



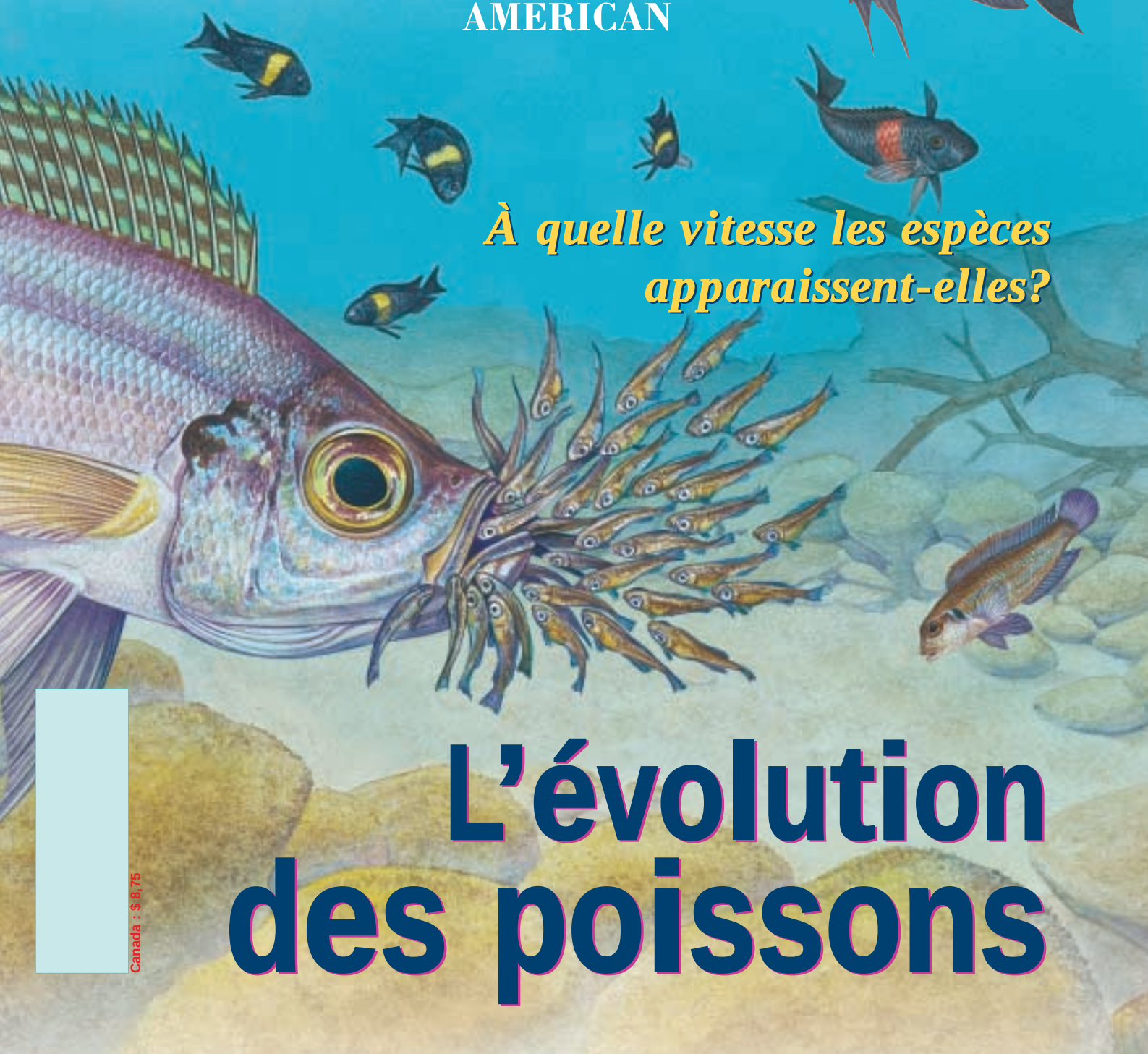
POUR LA

SCIENCE



édition française de
**SCIENTIFIC
AMERICAN**

*À quelle vitesse les espèces
apparaissent-elles?*



L'évolution des poissons



BLOC-NOTES

de Didier Nordon

TRIBUNE DES LECTEURS

JEU-CONCOURS

Soustractions curieuses

par Pierre Tougne



POINT DE VUE

Nécessité fait loi

par Mihai Ganciu

LINGUISTIQUE APPLIQUÉE

Faits cosmiques et faibles masses

par le Vicomte Aumont



PRÉSENCE DE L'HISTOIRE

Souvenirs d'un cryodinozsaure

par Nicholas Kurti



SCIENCE ET GASTRONOMIE

La saveur dans le cerveau

par Hervé This



PERSPECTIVES SCIENTIFIQUES

■ Venin thérapeutique? ■ La lumière lente

■ Assurance biologique ■ Phèdre : les secrets de

l'interprétation ■ Mayonnaise sans effort ■ Les voies de

l'hydrogène ■ Propriétés émergentes ■ L'origine des insectes

■ Mammographie numérique ■ Nouvelle espèce de rongeur

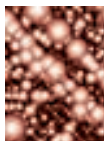
arboricole ■ Plantes trompeuses



VISIONS MATHÉMATIQUES

Graphes et électronique

par Ian Stewart



LOGIQUE ET CALCUL

Les chasseurs de nombres premiers

par Jean-Paul Delahaye



L'IMAGE DU MOIS

Les gouttes et le chaos

par S. Dagan, Y. Fautrelle et J. Etay



ANALYSES DE LIVRES

■ Les mirages de la création, de M. Riordan et D. Schramm

■ La culture est-elle naturelle? Histoire, épistémologie

et applications récentes du concept de culture, sous la direction d'A. Ducros, J. Ducros et F. Jouliau

■ Les insectes et la forêt, de R. Dajoz

■ Copernic et la révolution copernicienne, de J.-J. Szczeciniarz

■ Enfants, chercheurs et citoyens, sous la direction de G. Charpak

■ Géographie des odeurs, sous la direction de R. Dulau et J.-R. Pitte

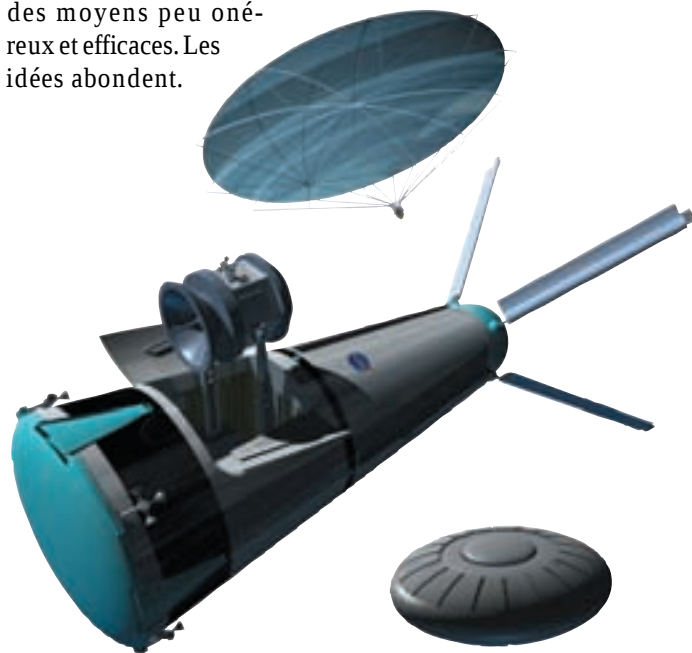
■ Jeune chercheur, souffrance identitaire et désarroi social, d'I. Pourmir

Le transport spatial du futur

36

par Tim Beardsley

Pour permettre l'exploration de l'espace lointain, les ingénieurs devront concevoir des moyens peu onéreux et efficaces. Les idées abondent.



Le feu domestiqué

56

par Jacques Collina-Girard

Des expérimentations montrent que, contrairement aux idées reçues, deux silex ne peuvent allumer un feu, mais que la friction de deux bois de même dureté convient.



L'hypertension chez les Noirs d'Amérique

62

par Richard Cooper, Charles Rotimi et Ryk Ward

L'hypertension est fréquente chez les Noirs américains, et on lui attribue souvent une origine génétique.



La naissance des espèces

70

par **Melanie Stiassny**
et **Axel Meyer**

L'extraordinaire diversité des poissons du groupe des cichlidés éclaire les mécanismes d'apparition de nouvelles espèces.



Les sources de rayonnement X mou

76

par **P. Kahabka, E. van den Heuvel** et **S. Rappaport**

Des systèmes d'étoiles doubles où une naine blanche arrache les couches externes de son compagnon émettent un rayonnement X de basse énergie.



Le développement des membres

84

par **Robert Riddle**
et **Clifford Tabin**

La protéine Sonic hedgehog qui commande le développement des membres chez l'embryon participerait aussi à l'apparition de certains cancers.

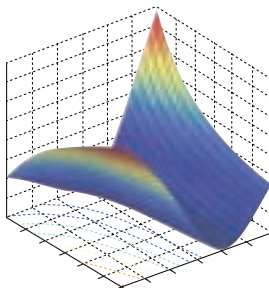


Mesures et information

90

par **Jacques Oksman**

Comment connaître des grandeurs qui ne sont pas directement observables? En les déduisant d'observations auxquelles elles sont reliées par des modèles.



La domestication du feu

Qui en doute encore? La conservation du feu du ciel, puis sa fabrication ont été deux moments clés de l'humanité. Il y a au moins 10 000 ans, d'après les plus anciens restes retrouvés, les hommes ont allumé le feu, non pas en imitant la nature – ils n'ont ni inventé, ni reproduit la foudre –, mais en utilisant leurs propres techniques, l'étincelle issue du choc de pierres adéquates et/ou le frottement de deux morceaux de bois (voir *Le feu domestiqué*, par Jacques Collina-Girard, page 56).

La maîtrise du feu était la première utilisation d'une énergie autre qu'organique (les protéines) ou mécanique simpliste (le choc d'une pierre pour briser des noix ou des os). Elle s'est, semble-t-il, amplifiée avec la sédentarisation du Néolithique, période définie par la pratique systématique de l'agriculture et de l'élevage, époque où l'espèce humaine a créé sa propre évolution. Dès lors, l'évolution du mode de vie humain ne résultait plus de la transformation aléatoire de gènes, mais de la possibilité de transmettre efficacement la connaissance et le savoir-faire, c'est-à-dire la culture. À cette époque, l'homme a aussi grandement développé le stockage de la nourriture dans les poteries et commencé à mettre au point des systèmes d'écriture pour communiquer.

Ce dialogue de connaissances entre l'Homme et la Nature s'est poursuivi avec fruit, et quelquefois les rôles ont été inversés. Les scientifiques ont inventé des outils inconnus, qu'ils ont ensuite observés dans la nature. Nos ancêtres ont inventé la roue et l'hélice et ils ont ensuite noté que certaines bactéries les utilisaient. L'évolution les avaient précédé, mais il a fallu le savoir scientifique pour s'en rendre compte.

Il n'empêche, tout cela est parti de « comment naît le feu », ainsi que le dirait notre ami le vicomte, amoureux de la Comtesse (voir l'article linguistique exceptionnel, page 10 de ce numéro).

PHILIPPE BOULANGER

Fautes de goûts

Le temps n'est plus où, pour être efficaces, les remèdes devaient avoir des goûts épouvantables. La mode est de leur en conférer des plaisants. Résultat : pour soigner une bronchite, une patiente de ma connaissance a dû, plusieurs fois par jour, avaler coup sur coup une poudre, un sirop, puis une solution respectivement aromatisés à l'orange, à la menthe, à la framboise. Notre amie ne s'est sortie de sa bronchite qu'au prix d'un solide écœurement.

Le danger d'administrer des médicaments incompatibles entre eux est connu des médecins depuis longtemps. Il va falloir que ces derniers apprennent à éviter un écueil de plus : ils devront désormais prescrire des remèdes dont les arômes forment ensemble un bouquet harmonieux.

«Si vous n'aimez pas ça...»

N'en dégoûtez pas les autres.» Ce refrain, tiré de l'opérette *Là-Haut*, connaît une popularité justifiée. Le plus innocent de nos plaisirs se heurte toujours à l'avertissement d'un moraliste prétendant qu'il perd notre âme ou à celui d'un hygiéniste affirmant qu'il ruine notre santé. Ils n'aiment pas ça ? Qu'ils n'essaient pas de nous dégoûter !

Hélas, en ce bas monde, nous vivons entourés d'ennemis. Outre ceux qui n'aiment pas ça, il y a ceux qui aiment ça. Combien de fois devons-nous émerger de notre

somnolence et acquiescer au discours interminable tenu par un interlocuteur passionné de son sujet – sujet qu'il est bien seul à ne pas trouver assommant !

Oui, sans aucun doute, il faudrait mettre à la mode et chanter sur le même air un autre refrain : «Si vous aimez bien ça, n'en bassinez pas les autres !»

L'erreur était juste

Tomber, au hasard d'une lecture, sur la réponse à une difficulté qui ne vous avait jamais troublé est fort agréable. Cela vous évite d'avoir à poser la question et d'avoir à la résoudre. Coup double !

Voici donc la réponse : 1724. Voici maintenant la question : faut-il lire 1724 ou 1728 ?

Au cas où ce qui précède manquerait de clarté, voici enfin quelques détails. Dans la première édition des *Voyages de Gulliver*, Gulliver rapporte que les lilliputiens lui ont fourni une ration de nourriture équivalente à celle de 1724 lilliputiens. La seconde édition remplace 1724 par 1728, et les commentateurs considèrent en général 1724 comme une erreur d'impression. Les lilliputiens étant 12 fois plus petits que Gulliver, leur volume est 1728 fois plus petit (le cube de 12 est 1728). Toutefois, un nouveau commentateur, Ralph Boas, s'élève contre cette interprétation. Swift décrit les lilliputiens comme aussi petits en esprit qu'en taille. Lorsqu'il dit qu'ils sont excellents mathématiciens, c'est ironique. La preuve, ils ne sont pas fichus de calcu-

ler le cube de 12. Il faut donc bien lire 1724, et rire devant cette erreur grossière. Swift a été victime d'un éditeur trop zélé.

Il va de soi que, pour trouver drôle l'inaptitude à calculer le cube de 12, il faut que le commentateur Ralph Boas soit mathématicien. Qu'on se rassure, c'est bien le cas. Par esprit de corps, j'ai désormais une opinion ferme et définitive sur cette question dont j'ignorais l'existence jusqu'à hier. Il faut lire 1724. Évidemment !

Reconversion administrative

Abandonner la recherche pour l'administration n'est pas un travers nouveau chez les scientifiques. Dans *L'Avénir de la Science*, Renan fustige les savants qui, tel Cuvier (1769-1832), perdent leur temps en tâches administratives. D'autres qu'eux s'en acquitteraient aussi bien, alors qu'eux seuls peuvent faire progresser la science. Exprimant sans nuance la hiérarchie entre les deux ordres d'activités, Renan écrit : «Faire du torchon avec de la dentelle est un mauvais calcul» (chapitre XIII), et ajoute : «Un homme ne fait bien qu'une seule chose.»

Toutefois, administrer est devenu d'une telle complexité que la science, à côté, paraît presque un jeu d'enfant. Il est donc possible que le mouvement s'inverse bientôt : la coutume s'installera chez les jeunes gens brillants de donner le meilleur d'eux-mêmes au travail administratif ; ensuite, fatigués et moins productifs sur le tard, de se reconverter dans la recherche.

La trichotomie expliquée

C'est une erreur que d'avoir abandonné la notation des copies selon une échelle allant de 0 à 20 par quart de point. On ne peut guère imaginer système plus rationnel. Cette échelle fournit en effet 81 notes différentes possibles. Or 81, c'est 3 à la puissance 4. Voici donc comment corriger.

Première étape : partager le paquet de copies en 3 tas - les meilleures, les moyennes, les moins bonnes. Seconde étape : dans chacun des 3 tas, réitérer la même opération. Par exemple, dans le tas des meilleures copies, faire un tas avec les meilleures parmi ces meilleures, un avec les moyennes, et un avec les moins bonnes. A l'issue de la seconde étape, le paquet initial est ainsi divisé en 9 sous-paquets.

La troisième étape poursuit cette façon de faire, si naturelle, qui consiste à diviser un tas en 3 - les meilleures du tas, les moyennes, les moins bonnes ; d'où 27 sous-paquets. La même trichotomie, réalisée une quatrième et dernière fois, mène à 81 sous-paquets. Certains sous-paquets peuvent être vides, cela n'a aucune importance. Il ne reste plus qu'à procéder mécaniquement (c'est l'avantage de la méthode). Les copies se trouvant dans le tas des moins bonnes des moins bonnes des moins bonnes des moins bonnes obtiennent 0 ; celles se trouvant dans le tas des meilleures des moins bonnes des moins bonnes des moins bonnes obtiennent 1/4 ; et ainsi de suite par quart de point, jusqu'au tas des meilleures des meilleures des meilleures des meilleures, qui reçoivent un 20 sur 20 bien mérité.

Opinions ou informations

Longtemps, le bulletin interne de mon université a consisté en quatre pages d'annonces : telle conférence tel jour à telle heure, telle soutenance de thèse, telle visite de collègue étranger, etc. À quoi s'ajoutait, en dernière page, un billet d'humeur signé par un collègue.

Or le billet d'humeur était toujours lu et scruté avec attention. En revanche, les informations factuelles, même encadrées en **gras** à la première page, avaient, le plus souvent, échappé aux regards.

Notre société ne vivrait plus désormais que pour et par l'information. Ce n'est pas sûr. Aujourd'hui, comme toujours, les opinions nous intéressent largement autant que les informations. Cette remarque est-elle une opinion ou une information ?

Amortissement

L'article d'Alain Oustaloup (voir *Les mathématiques de l'amortissement*, *Pour la Science*, novembre 1998) me rappelle le cours d'antennes que j'ai suivi à l'École supérieure d'électricité en 1966. À l'époque, on ne parlait pas encore de fractales, du moins pas dans les écoles d'ingénieurs, mais on savait que, pour obtenir des antennes à large bande, il faut utiliser des dispositifs autosimilaires. Une des méthodes consiste à enrouler un conducteur sur un cône, de façon qu'il fasse un angle constant avec les génératrices du cône. La projection de cette courbe sur le plan perpendiculaire à l'axe du cône est une spirale logarithmique, dont l'équation polaire est une exponentielle. Cette réalisation nous avait été présentée comme la mise en parallèle d'un grand nombre de dipôles élémentaires. L'une des antennes est accordée sur la fréquence du signal émis, les autres sont désaccordées et n'interviennent pas dans l'émission. Une bonne antenne introduit un faible taux d'ondes stationnaires dans la ligne qui l'alimente, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de réflexion des ondes à l'extrémité de la ligne. Vis-à-vis de la ligne, l'antenne se comporte donc comme un amortisseur des ondes qui s'y propagent.

Charles-Henri JOURDAIN, Frépillon

Réponse d'Alain Oustaloup

Le type d'antenne «amortissant» décrit par C.-H. Jourdain utilise le principe d'homothétie ou de similitude. Mais ce principe, qui assure une bonne adaptation d'impédance de l'antenne avec la ligne, se traduit par une impédance indépendante de la fréquence dans une large bande. Au contraire, l'interface eau-digue que je décris dans l'article présente une impédance qui dépend de la fréquence (le module est une puissance non entière de la fréquence). Quoi qu'il en soit, même si la description des phénomènes est différente, le principe d'homothétie des antennes est un facteur amortissant et mérite à ce titre d'être rapproché du principe de récursivité qu'utilisent à la fois la digue poreuse et la suspension CRONE.

Images de science

Je ne partage pas du tout le point de vue exprimé avec brio, mais aussi avec intrinséance et, me semble-t-il, une certaine partialité, par Pierre Laszlo (voir *Pour la Science*, février 1999) sur le très bel ouvrage *Invisibles, images de l'inaccessible*, dont je recommande la lecture sans hésitation. P. Laszlo aurait effectivement raison d'être

négligé si le propos de l'auteur s'était concentré sur l'extraction de toute l'information pertinente de chacun des clichés présentés. Même si certains d'entre eux sont assez connus, on ne comprend pas bien pourquoi il les qualifie «d'écoulés» : nous continuons de nous émerveiller sur chacune de ces images, tout comme nous continuons à aimer le goût d'un plat succulent que nous avons l'habitude de déguster. Il est évident que, dans ce livre, grâce à la beauté des images scientifiques qu'il renferme, Patrice Lanoy cherche plutôt à nous faire réfléchir avec intelligence sur les rapports entre le visible et l'invisible, sur la nature de la lumière et sur l'incroyable aptitude de l'esprit humain à être abusé par ce qu'il croit voir.

Si l'on accepte ce parti pris, qui n'épuise évidemment pas tout ce que l'on peut penser et écrire sur le rôle de l'image dans la science, on peut rassurer P. Laszlo : le lecteur de cet ouvrage peut admirer ces images et comprendre que l'usage que le chercheur en fait est éminemment risqué et difficile. L'énoncé de cette complexité même est au cœur du propos de P. Lanoy. En bref, ce livre dévoile une partie des beautés du monde scientifique sans en cacher les écueils.

Jean AUDOUZE, Paris

Réponse de Pierre Laszlo

Jean Audouze et moi sommes d'accord sur plus d'un point. Il mentionne «l'incroyable aptitude de l'esprit humain à être abusé par ce qu'il croit voir» : on ne saurait mieux dire. Le rationaliste que je suis, qui ne se lasse pas d'admirer les couchers de soleil, est allergique à toute mystification par des images, aussi belles soient-elles.

Analyses mathématiques

Dans *Négligeable, mais troublant* (voir *Pour la Science*, janvier 1999), Jean-Paul Delahaye trouve inquiétant que l'on ne dispose d'aucun exemple de nombre normal en toute base, bien que l'ensemble de ceux-ci soit partout dense. Par contre, selon lui, si nous disposions d'un seul exemple, tout serait parfait ! Pourquoi un seul exemple comblerait-il le vide entre «aucun exemple» et l'infini non dénombrable d'exemples possibles ?

Par ailleurs, il accorde à la physique un statut différent de celui des mathématiques : le physicien «n'accorde aucun sens à l'affirmation qu'il y a une infinité non dénombrable d'instantanés dans une seconde». Je suggère donc aux physiciens de rétablir toutes leurs théories sur des bases plus saines en évitant le

recours à cette chose bizarre appelée «analyse mathématique». La physique n'est pourtant pas exempte de paradoxes apparents (jumeaux de Langevin, paradoxe d'Einstein-Podolsky-Rosen), qui en ont choqué plus d'un, et non des moindres, ainsi que d'objets inobservables (trous noirs, quarks isolés) ou encore inobservés (boson de Higgs), qui ont pourtant une importance capitale ! Je crois comprendre que J.-P. Delahaye a l'intuition que les outils mathématiques actuels, fondés sur la théorie des ensembles de Zermelo-Frenkel, sont inadaptés pour traiter des problèmes «purement numériques», tels que la conjecture de Goldbach, la convergence vers 1 de la suite « $3n + 1$ », etc. C'est fort possible, mais en ce qui concerne les nombres normaux en toute base, la théorie «classique» a donné une réponse claire, mais pas d'exemple (pour le moment). Je doute que changer les axiomes permette d'explicitement un tel nombre !

Fabien BESNARD, Paris

Réponse de Jean-Paul Delahaye

Un seul exemple de nombre normal en toute base comblerait le vide entre «aucun exemple» et «une infinité», pour la simple raison qu'avec un seul nombre normal en toute base, x , on pourrait tout de suite en construire une infinité en considérant les nombres $x + n$, avec n un entier. Je continue donc d'attendre un seul exemple, sachant qu'il ne viendra pas seul !

Les idées mentionnées à la fin de l'article ne signifient pas que je préconise de tout mettre par terre, car la situation est insatisfaisante sous certains points de vue. Ce que je disais, et qui, je crois, n'est pas toujours bien perçu par les mathématiciens, c'est qu'en plus de poursuivre l'utilisation de nos outils (les axiomatiques mathématiques usuelles), il ne faut pas oublier qu'on peut aussi les compléter ou même en explorer d'autres. Les physiciens hésitent moins que les mathématiciens à ces explorations radicales, et les mathématiciens d'autrefois hésitaient moins que ceux d'aujourd'hui. L'idée de nouveaux axiomes n'est pas absurde, et certains des travaux en théorie des ensembles que j'évoquais dans un article de *Pour la Science* de juin 1996 le montrent clairement. Quant à savoir si cela donnera des nombres normaux en toute base, je ne le sais pas plus que F. Besnard.

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* : tribune@pouirlascience.fr. D'autres contributions de lecteurs sont sur le site Web à <http://www.pouirlascience.fr>

JEU-CONCOURS N° 58

PIERRE TOUGNE

Soustractions curieuses

Prenez un nombre de quatre chiffres non tous égaux, comme, par exemple, 2 871. For-

mez, avec ces quatre chiffres, le nombre le plus grand, soit

8 721, et le nombre le plus

petit, soit

1 278. Calculez

la différence entre

ces deux nombres, soit

$8\,721 - 1\,278 = 7\,443$. Avec ces quatre nouveaux chiffres, recommencez le procédé. On obtient ainsi 3 996, 6 264, 4 176. Enfin, avec 4 176, on forme $7\,614 - 1\,467 = 6\,174$, et le procédé s'arrête, car on obtient toujours 6 174.

En fait, quel que soit le nombre de départ (dont les quatre chiffres ne sont pas égaux), on converge vers 6 174. Si le nombre de départ comporte moins de quatre chiffres, on complète avec des zéros, non significatifs. Ainsi, 231 donnera $3\,210 - 0\,231 = 3\,087$, $8\,730 - 0\,378 = 8\,352$ et, enfin, $8\,532 - 2\,358 = 6\,174$. Comment démontrer cette propriété?

On peut naturellement former toutes les combinaisons de quatre chiffres non tous égaux ; il y en a 705 (vérification laissée au soin du lecteur), et

tester la propriété sur ces 705 nombres!

Cependant,

avec un peu de

réflexion, on

peut diminuer

notablement le

nombre de vérifications,

et ce sera l'objet du jeu-concours. Quel est le nombre minimum de tests à effectuer et quels sont les nombres à tester pour démontrer la propriété annoncée? Enfin, question subsidiaire : quel est, dans le cas le plus défavorable, le nombre de soustractions à effectuer pour arriver à 6 174?

6174

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'avril 1999, dix gagnants tirés au sort recevront un livre.

RÉPONSE AU JEU-CONCOURS N° 56

Les lecteurs se sont répartis en quatre groupes principaux. Le premier s'est arrêté à 28, car il s'est interdit l'usage des parenthèses (ce que le texte du concours n'excluait pas) et, effectivement, pour 29, les parenthèses semblent inévitables comme, par exemple, $29 = 6 + 5 \times 5 - (9 + 5)/7$. Un deuxième groupe, beaucoup plus important (et dont je fais parti!) a buté sur 100, dont voici la solution : $100 = -6 \times 5 - 5 \times (9 - 5 \times 7)$. Un troisième groupe, beaucoup plus petit, s'est laissé arrêter par 121. Enfin, une grande majorité a atteint le nirvana, soit 124, dont voici les dix derniers :

$$115 = 6 + 5/5 + 9 \times (5 + 7)$$

$$116 = 6 + 5 + 5 \times (9 + 5 + 7)$$

$$117 = (6 + 5 \times 5 - 9) \times 5 + 7$$

$$118 = (6 + 5 + 5 + 9) \times 5 - 7$$

$$119 = 6 \times (5 \times 5 - 9 + 5) - 7$$

$$120 = 6 \times 5 - 5 \times 9 \times (5 - 7)$$

$$121 = 6 + 5 \times (5 - 9 \times (5 - 7))$$

$$122 = 6 \times 5 \times 5 - (9 - 5) \times 7$$

$$123 = 6 \times 5 - 5 + (9 + 5) \times 7$$

$$124 = 6 + 5 + 5 + 9 \times (5 + 7)$$

Une recherche informatique montre que les nombres non représentables sont 125, 145, 154, 164, etc.

Le nombre 655 957 ne semble pas avoir de propriétés très remarquables, hormis qu'il n'est pas premier : $655\,957 = 769 \times 853$ et qu'il peut se décomposer de deux façons, en somme de deux carrés, soit $726^2 + 359^2$ et $791^2 + 174^2$. Le nombre 6,55957 est le premier facteur de conversion de francs en euros.

Je voudrais néanmoins citer Monsieur Rémy Simon, pour le joli tour de force suivant : $655\,957 \times (555 - 5 \times 5 - 5) - 555 = 308\,299\,235$ s'écrit en base 26, quand on écrit 0, ..., 9, 10 = A, 11 = B, etc., POGNON!!

Nécessité fait loi

MIHAI GANCIU

Les expériences réalisables «sur table» favorisent la coopération scientifique et la transdisciplinarité.

Avant 1994, les lasers X étaient d'énormes installations, composées de laser classiques puissants, qui émettaient une lumière visible, focalisée sur des cibles solides. Aussi la communauté des physiciens fut bouleversée d'apprendre que Jorge Rocca et ses collègues de l'Université du Colorado avaient construit un laser à rayons X qui tenait tout entier sur une table. Quoi, une décharge électrique, dans un petit tube capillaire rempli d'argon, provoquait un effet laser à une longueur d'onde de 46,9 nanomètres, remplaçant ainsi les volumineuses installations de naguère !

Aujourd'hui les physiciens utilisent encore des systèmes classiques pour obtenir des faisceaux laser X de très courte longueur d'onde, mais de nombreux laboratoires explorent la piste ouverte par J. Rocca. Les progrès de ce type intéressent des physiciens de tous les pays, mais ils sont surtout vitaux pour des équipes dont les financements sont faibles. Je veux montrer ici, sur des exemples, que les difficultés financières qui nous limitent aux expériences «de table» sont une incitation à la coopération transdisciplinaire et internationale. Les scientifiques qui ont le moins de moyens sont

poussés à utiliser au mieux les ressources théoriques et à mettre au point des systèmes simples, qui profitent en retour à tous les laboratoires, riches ou pauvres. Inversement, les laboratoires des pays les plus riches peuvent collaborer avec les équipes démunies sur des projets légers.

Les résultats de J. Rocca ne nous sont pas étrangers : nous utilisons ses publications depuis longtemps et, à l'aide de décharges électriques, nous obtenons des faisceaux intenses de particules chargées, que nous dirigeons vers des cibles gazeuses ou solide. Pour obtenir de telles décharges, nous employons un matériel réduit au strict nécessaire : des écrans d'ordinateurs, par exemple, nous fournissent des tensions électriques de plusieurs dizaines de milliers de volts (il suffit de désosser l'appareil et de repérer la sortie du transformateur) ; et comme il est coûteux de faire des expériences dans le vide poussé, nous étudions les décharges qui sont produites dans des gaz à des pressions accessibles aux pompes à vide primaire.

Depuis 1990, nous collaborons avec des chercheurs russes et bulgares, avec qui nous avons mis au point des lasers à plasma de recombinaison. Dans ces systèmes, des décharges électriques ionisent un mélange de néon et d'hydrogène ; lors de la recombinaison des ions et des électrons, les espèces neutres qui se forment sont dans un état excité, qui conduit à un effet laser si les tubes à décharge sont placés dans une cavité optique (deux miroirs en vis-à-vis). Grâce à ces systèmes de table, l'équipe russe a vérifié les simulations numériques qu'elle avait mises au point pour l'étude des lasers à pompage nucléaire, des lasers de très grandes dimensions, où le gaz actif, émetteur de faisceau laser, est excité par des particules subatomiques chargées, formées lors de réactions nucléaires. Comme la construction des lasers à pompage nucléaire est aujourd'hui presque abandonnée, nos collègues russes craignaient que leur travail n'ait été fait en pure perte, mais les systèmes de table ont été une solution salvatrice.

Dans des pays «riches», aussi, les systèmes de table s'imposent : le petit

laser que nous avons construit permet l'étude des recombinaisons de plasmas ; c'est ainsi que nous avons été conduits à collaborer avec Anne-Marie Pointu et ses collègues du Laboratoire de physique des gaz et des plasmas, à l'Université Paris-Sud. Dans ce cas, la simplicité de nos systèmes a permis de faire des expériences qui auraient été excessivement coûteuses et lentes, tandis que nous profitons des équipements perfectionnés d'analyse qui sont disponibles à l'Université et au CNRS.

De surcroît, les systèmes de table conduisent à des applications dont la portée aurait été très limitée si les phénomènes physiques mis en œuvre étaient restés cantonnés aux gros centres de recherche. Ainsi nous avons récupéré une partie des techniques de table qui avaient été mises au point lors de l'exploration des lasers à pompage nucléaire et montré que nos faisceaux électrons intenses, pulsés et bien collimatés, sont utilisables comme sources de rayons X, pour l'usinage des surfaces, pour le dépôt de couches minces, etc.

D'autre part, l'étude des processus d'excitation, d'ionisation et de recombinaison dans des gaz à haute pression a nécessité la mise au point préalable de décharges pulsées, dans des gaz à la pression atmosphérique ; ces décharges ont des applications inattendues : avec Alexandru Balaban et ses collègues de l'Institut roumain d'électrochimie, nous avons étudié l'effet de champs électriques intenses sur des fluides à surface libre (par exemple, des particules solides dispersées dans de l'huile s'alignent très rapidement quand on place la suspension de particules dans un champ électrique puissant). Cet effet permettrait une commande rapide de l'écoulement des liquides à surface libre qui éviterait des fuites, en cas de rupture de canalisations contenant des gaz ou des liquides dangereux (voir la figure).

Aujourd'hui, les études de ce type, réalisables avec de petits systèmes, sont presque les seules possibles en Roumanie et dans d'autres pays où les financements de la recherche restent insuffisants. Grâce aux coopérations internationales, ces systèmes conduisent à des applications des résultats fondamentaux, tandis qu'ils donnent aux théoriciens l'occasion d'explorer les nouvelles voies.

Mihai GANCIU est physicien au Département des plasmas froids de l'Institut de physique atomique INFILPR, à Bucarest. Il est également professeur invité de l'Université Paris-Sud.



L'écoulement d'un liquide est bloqué par une décharge électrique à la pression atmosphérique.



Bien des énigmes de l'Univers mettent simultanément en jeu¹ d'énormes faits cosmiques et de minuscules grains qu'on découvre sans cesse.

Les problèmes de grandeur ont toujours fait bosser les chercheurs. Ils se sont penchés autant sur le bas d'échelle, ce qui implique des tailles très courtes et des faibles masses, que sur les cotes des comètes.

Se prêtant au jeu du néant, un néant fécond, Einstein, grand humaniste couvert d'honneurs dont la description des courbes nécessite beaucoup de veilles, a tordu l'abîme immense. Il a dilaté les temps en les comptant. Mais il n'a pas vu l'extension de l'Univers que des expérimentateurs ont observée en captant des «bips», «bips» qui tombent sur la Terre. Un astronome colérique qui perdait son latin dès qu'il explosait et tenait alors d'incompréhensibles propos sur Saturne, un vrai sabir, a même prétendu qu'un effet Auger des profondeurs zénithales expliquait l'annulation d'une nova ! On a vu une astrophysicienne vexée en parlant des rayons cosmiques sans valeur : on lui avait dit que sa glotte était pleine de muons. En revanche, d'autres chercheurs sensés qui savaient communiquer ont su exploiter ces messages spatiaux, et décoder avec un art consommé, comme le fit tel savant à tête de lion en découvrant ses pulsars.

En face de ces champions des fresques spatiales, chéris des chroniqueurs fréquentant assidûment leurs groupes, on trouve des spécialistes des particules qui testent sans cesse et sans fin. Ces physiciens font une sacrée tête dès qu'ils découvrent de beaux photons. Une spécialiste des quarks a trouvé beaucoup de sites pour la

«beauté». D'autres expertes maîtrisent parfaitement la réduction des sections efficaces et se montrent indulgentes envers les journalistes qui biffent «proton», ont des attitudes bêtes devant leurs kaons mais fêtent leurs pions. Et ils savent les emmener sur la piste des chimères.

Des lycéens sortant du bac en se demandant si l'Univers est clos, aux membres de l'Académie fêlés dès qu'ils parlent de dilatation car ils se demandent si l'abîme se tasse, tous les scientifiques supputent les mêmes choses en prenant parfois de drôles de poses comme certains jeunes licenciés qui se font volontiers pompeux et se prennent au jeu des questionnaires. Quelles valeurs pour les spins²? Les champs sont-ils légers? Un astrophysicien à turban parle souvent de masse cachée.

Les chercheurs se branchent alors sans délai sur de grands mystères sans craindre de vider bien des poches. Il faut des navettes valant beaucoup plus qu'un million et envoyer en l'air des cosmonautes qui se retrouvent décalés dès qu'ils sont en fusée. Mais il faut aussi d'énormes anneaux où ce ne sont pas des vieux bus qui circulent en pure perte car aucun n'attend personne, mais où paraissent et se cognent à chaque instant avec une colossale énergie de drôles de particules par centaines de milliers. Bref, il ne faut pas cesser de payer, ce qui déclenche une avalanche de coûts.

Ainsi, à Kamioka au Japon, les responsables internationaux d'une énorme expérience viennent de provoquer l'effroi des Nippons avec des coûts de taille. Mais cette débauche de béton va susciter beaucoup de thèses comme le montre l'équipe des chercheurs qui n'ont pas eu le temps de paresser et se font déjà connaître par le bruit de leurs chiffres.

C'est au bout d'une très longue prospection qu'a été lancé le germe des idées tant ces chercheurs étaient en quête de rare. Après bien des passages dans la région de Kamioka, ils ont découvert une immense mine. C'était l'abysses dont ils rêvaient et qui suscita d'emblée de grandes envies de fêtes. Indépendamment du choix des Nippons, ils ont voté avant de se déployer dans des travaux dont ils se disputaient les places. Ils ont commencé par étayer l'abysses car de tels trous ne se comblent pas facilement, puis elle a été complètement pla-

quée par l'équipe des chercheurs qui rêvaient de murs d'ambre. En définitive, après avoir encollé les murs, ils ont choisi l'habile détecteur dont ils se sont servi à de multiples exemplaires pour tapisser partout en se contentant de pain, car l'ascèse mais aussi les bains étaient de rigueur³. On se souillait facilement avant de pouvoir détecter ce qui était le but que couraient ces traqueurs de l'infime. Infimes ne furent pas les pannes mais ils finirent par arriver au bout et ce ne fut pas en treize ans.

Atteindre ce but devant lequel il ne cafouillèrent jamais leur permet de mieux connaître l'effet des forces faibles. Comment se transforme un neutron qu'on prend sur le nez? Mais aussi, comment notre Terre peut elle être tapée des milliards de fois par seconde sans qu'on ne sente rien, par d'invisibles grains-obus? Les hommes, eh bien, ont mis longtemps à trouver le neutrino. Puis ils l'ont vu de plus en plus léger mais ce n'est pas en le faisant chuter. A-t-il une masse et laquelle, ils en sont perturbés, car leurs femmes doutent avec eux. S'il en a une et si elle est trop grosse, ce sera l'effondrement général car le monde pèse trop et finira brisé. S'il n'en a pas ou si elle est toute petite, le monde ne pèse pas assez et finira par s'emballer, tel une énorme bulle qui gonfle et poursuit pour l'éternité son incroyable route.

Avec Kamioka et cette immense mine sans porosité, tout est désormais assez su. Quelques jaloux fustigent la «pègre de physiciens qui exhibent leur neutrino. D'après un spécialiste, c'est une vague célébrité du nom d'Aline qui parle ainsi de pègre et pourtant cette personne en a lu dans l'annonce : «Les neutrinos même maigris émergent massifs du Soleil.»

1. Le mot «jeu» est souvent employé par un arrogant spécialiste de Vernes (Vernes Jules) dont les fictions auraient, dit-on, affermi le règne.

2. Le grand spécialiste du spin est-il Fermi?

3. Le tout fut rempli par 50 000 tonnes d'eau et l'entretien des détecteurs (12 000 photomultiplicateurs) nécessitèrent de nombreuses plongées (*Phrase normale, NDLR*). On mangeait, puis on rotait avant de plonger.

Les lecteurs trouveront, à partir du 1^{er} avril, sur le site internet de Pour la Science (adresse : <http://www.pour-lascience.com>) une traduction du texte du Vicomte et ses 104 figures de style (sauf horreurs ou émissions).