SCIENCES ET AVENIR
SCIENCES et AVENIR
Août 2007

BIOCARBURANTS
Les questions qui fâchent
p.8

La France des MYSTÈRES et croyances

p.40

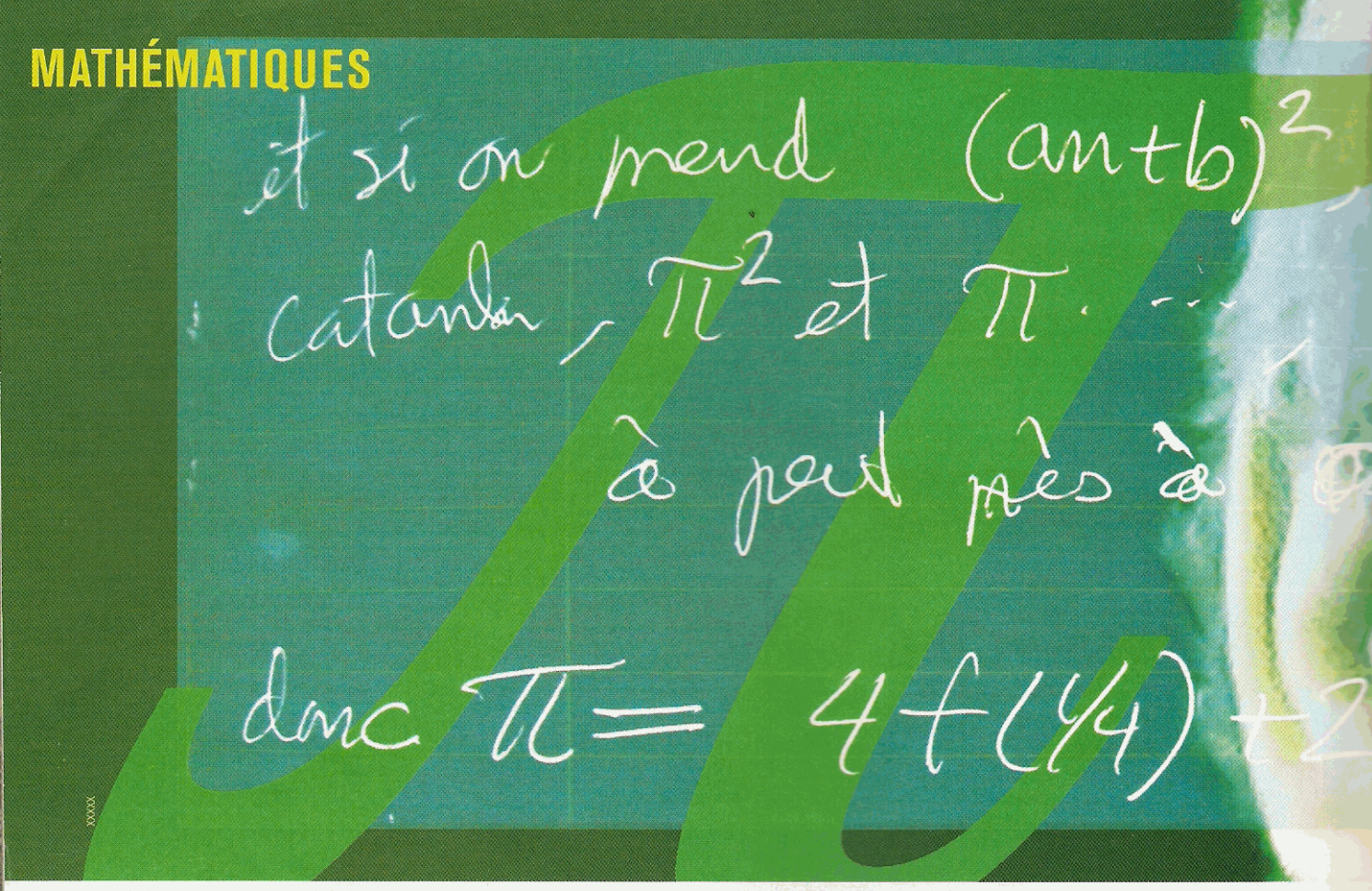
châteaux d'alchimistes, pierres à sacrifices, grottes païennes... décryptés par les scientifiques

L'énigme du chiffre π
p.70

Les jeux de l'été
p.84

BELGIQUE 4,40 €/CANADA 5,25$/ ITALIE 4 € / LUXEMBOURG 4,40 € /SUISSE 7,80 FS/GRÈCE 4 €/ESPAGNE 4 €/PORTUGAL (CONT.) 4 € / MAROC 30 DH / ANTILLES 4,50 €/ ALLEMAGNE 6,50 €/ TUNISIE 4,0 DTU / AUTRICHE 4,40 €

M 02667 - 726 - F: 3,80 €



Dingues de chiffres et chiffres dingues

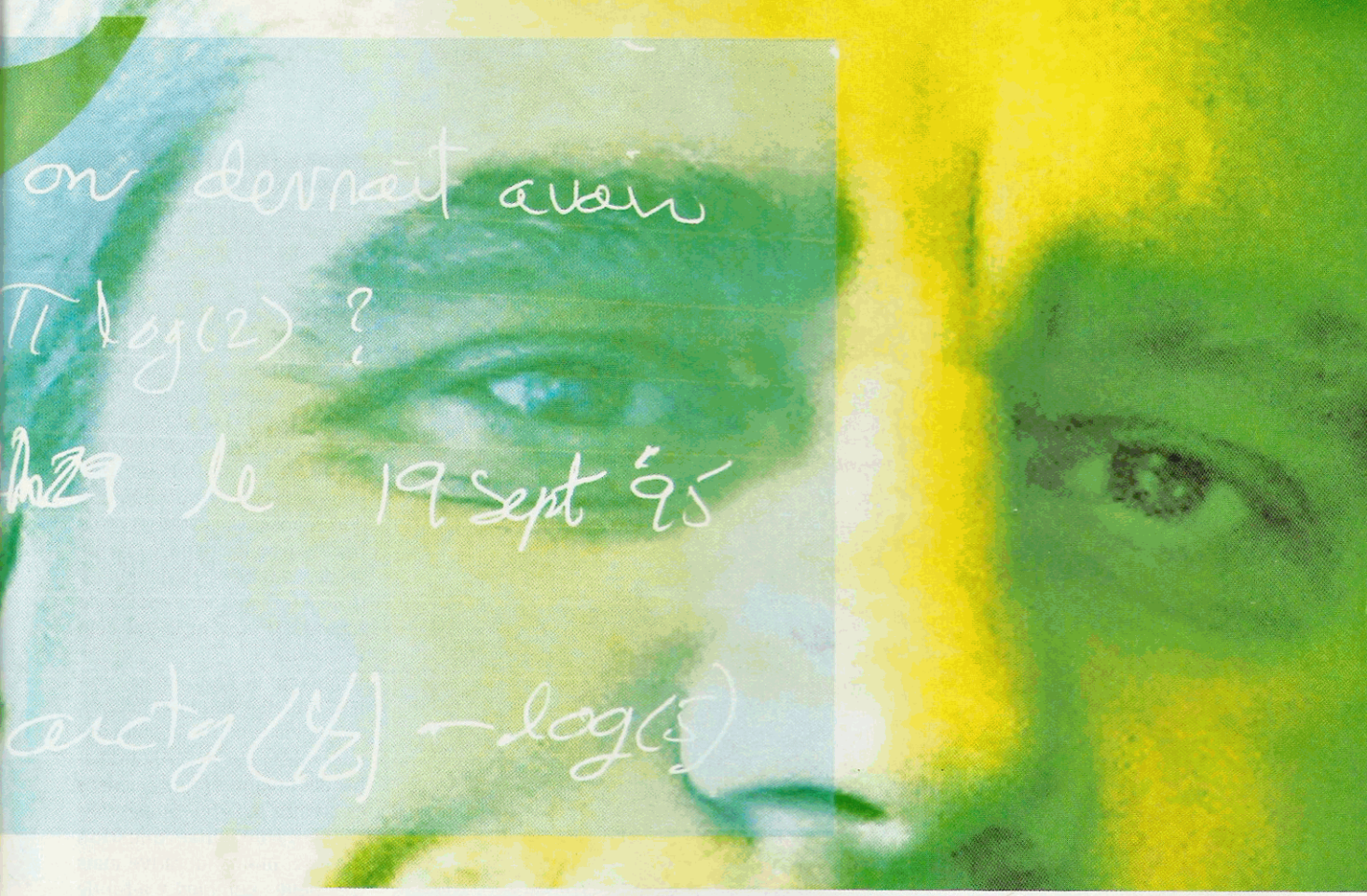
Percer le secret du nombre pi, jongler avec les nombres premiers ou créer des carrés magiques : portraits de trois mathématiciens amateurs passionnés.

Ils connaissent des centaines de chiffres par cœur, collectionnent les coïncidences numériques glanées sur les plaques d'immatriculation, les horloges, les calendriers… Ils gribouillent sans cesse des formules. Ils se lancent des défis, battent des records. Ils tapent sur le clavier de leur superordinateur ou calculent encore au crayon sur une feuille de papier… Fascinés par pi, les nombres premiers ou les carrés magiques, tous ces mathématiciens amateurs passionnés des nombres finissent par rejoindre les préoccupations académiques des chercheurs professionnels.

Grâce à l'universalité du langage mathématique et à la simplicité à énoncer certains problèmes – mais parfois si durs à résoudre qu'ils ne le sont toujours pas ! –, une communauté internationale informelle est en ébullition permanente sur Internet. Portraits de quelques-uns de ces passionnés et de leurs idoles.

Fous de pi

Simon Plouffe est un mordu de chiffres. Tout jeune déjà, son livre de chevet était une table de logarithme. *« Puis j'ai trouvé mon nirvana : le célèbre recueil de formules mathématiques de Milton Abramowitz et ses mille pages »*, se souvient, amusé, ce Canadien devenu ingénieur informaticien. A 19 ans, il devient célèbre grâce au nombre pi. Le *Livre des records* homologue sa récitation par cœur des 4096 premières décimales de ce nombre mythique, 3,14159… (de quoi remplir une page de *Sciences et Avenir*). *« Je n'avais rien à faire, alors… »*, témoigne le recordman, largement dépassé aujourd'hui par Akira Haragu-



Le Canadien Simon Plouffe connaît des milliers de décimales de pi par cœur. Il est aussi l'auteur d'un incroyable outil, l'inverseur de chiffres, qui trouve une formule mathématique à partir d'une séquence de nombres. DR

chi : en octobre dernier, ce Japonais a égrené par cœur 100 000 décimales !

Mais le nom de Simon Plouffe ne s'est pas effacé des mémoires pour autant. En 1995, alors qu'il travaille à l'université Simon Fraser (Colombie-Britannique, Canada), il découvre, avec David Bailey et Peter Borwein, une remarquable formule qui calcule les lointaines décimales de pi sans avoir besoin de trouver toutes celles qui précèdent. *« Tout le monde pensait que c'était impossible. Cela a stimulé mon esprit rebelle et on a trouvé »*, raconte Simon Plouffe. Cela fit faire un bond à l'exploration de la longue chaîne infinie des décimales de pi. A l'époque, un peu plus de quatre milliards de chiffres après la virgule étaient connus. Avec la nouvelle formule, on passe au double (mais à condition d'écrire pi en base 16).

Puis très vite, un Français, Fabrice Bellard, aujourd'hui ingénieur informaticien, améliore l'algorithme pour s'enfoncer vingt fois plus loin dans la jungle des décimales. Un Canadien, Colin Percival, reprend alors le flambeau et détient toujours l'actuel record en ayant calculé la 250 billionième décimale (10^{12}). *« J'ai voulu ramener à l'université Simon-Fraser ce qui lui appartenait !* témoigne le recordman qui vient de finir sa thèse en informatique. *C'était aussi un moyen de populariser le calcul distribué sur ordinateur, qui fut repris par le projet Seti de recherche de signaux extraterrestres. »*

L'univers de pi est un univers de compétition. Pendant que certains « sautent » sur des décimales lointaines, d'autres s'affrontent sur le terrain du calcul exhaustif. *« Dans ce cas, nous ne pouvons utiliser que des superordinateurs car il faut que le système soit parfaitement équilibré »*, précise Yasumasa Kanada, détenteur de 18 records depuis les années 1980. Grâce à son superordinateur Hitachi, 1241 milliards de décimales de pi sont connues depuis novembre 2002. En 2008, il compte faire encore mieux.

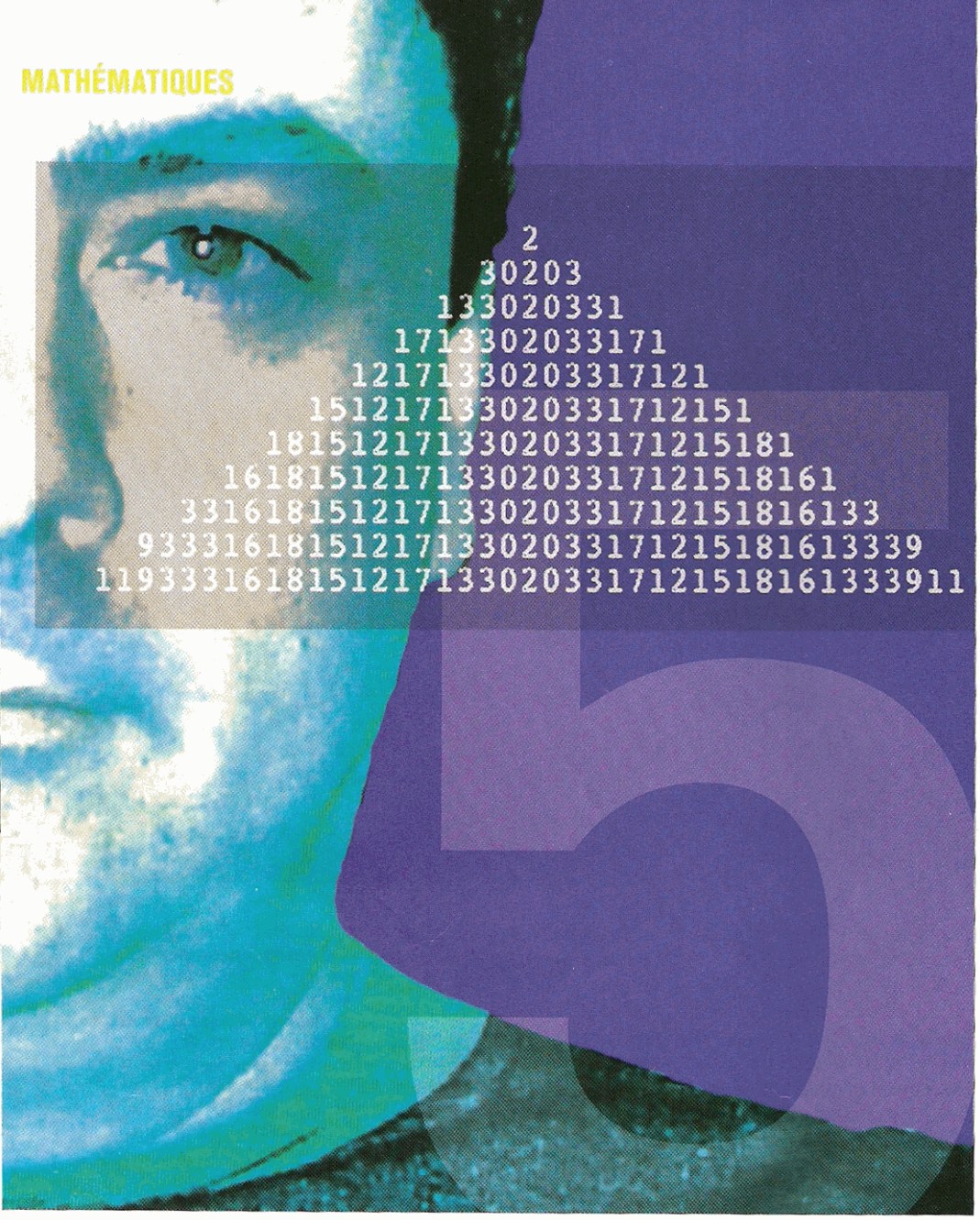
Pourquoi cette course ? D'abord elle motive les informaticiens. *« Programmer ces algorithmes est un vrai défi, c'est loin d'être facile »*, justifie Fabrice Bellard. En outre, la méthode nécessite de manipuler de très grands nombres et d'inventer les bonnes façons de le faire, ce qui peut ensuite servir à d'autres types de calculs. C'est enfin un bon moyen de tester la fiabilité des ordinateurs en les poussant à leurs limites.

Mais l'autre raison est plus mathématique. Il s'agit de percer les secrets de ce mystérieux nombre. Certes, nous savons depuis 1761 que pi ne peut pas s'écrire comme le rapport de deux entiers. On dit qu'il est irrationnel, tout comme la racine carrée de deux. 22/7, proposé par Archimède, ne donne que deux décimales. 355/113 n'en donnent que six. Ne cherchez pas : aucune fraction ne donne pi.

Ensuite pi n'est pas la solution d'une équation algébrique du type $ax^2 + bx + c = 0$ ou de tout autre polynôme. On dit qu'il est transcendant. La démonstration ne fut apportée qu'en 1882 par Ferdinand von Lindemann et règle du même coup la quadrature du cercle : il est impossible de construire à la règle et au compas un carré dont l'aire est égale à celle d'un disque donné. Ce qui n'empêche pas que des amateurs se piquent encore d'y arriver…

En revanche, on ne sait toujours pas si pi est normal ou pas, c'est-à-dire *grosso modo* si la succession de ses décimales est aléatoire ou non. Se peut-il que tout d'un coup la suite devienne régulière ? Ou qu'un peu plus de 8 que de 0 apparaissent ? Nul ne sait, et le nombre pi risque de fasciner encore longtemps. *« Quelqu'un de normal peut devenir un enthousiaste de pi. Mais pas l'inverse ! »*, conclut Simon Plouffe.

Le Fascinant nombre pi, Jean-Paul Delahaye, éditions Pour la science.
A la poursuite de pi, Jörg Arndt et Christoph Haenel, Vuibert.
Le site de Simon Plouffe : www.lacim.uqam.ca/~plouffe/er
L'univers de pi : pi314.net



DR

L' Américain Garland Honaker et sa pyramide de 11 nombres premiers palindromiques (des nombres qui, écrits à l'envers, sont encore premiers).

Obsédés des nombres premiers

Pour un fada, c'est un fada. Garland Lee Honaker, enseignant de mathématiques en Virginie, est le créateur d'un site étonnant : Prime Curios, une collection de curiosités autour des nombres premiers. On tape un nombre et une liste d'anecdotes s'affiche. Par exemple, 89 (le nombre de pages du magazine écrit à l'envers) donne une trentaine de réponses comme, 89 = 8 × 9 + 8 + 9 ou $2^2 + 3^3 + 5^5 + \ldots + 89^{89}$ est premier… *« J'ai calculé qu'en moyenne nous recevions 2,718 contributions par jour, soit le célèbre nombre "e", très présent dans les formules autour des nombres premiers »*, fait remarquer Honaker, qui a lancé son site en 1999 avec Chris Caldwell. Depuis, tous les matins, il se lève à 6 h 41 (641 est premier) pour relever son courrier électronique. La plaque minéralogique de sa voiture porte le numéro 2357 (qui est tel que $2^2 + 3^3 + 5^5 + 7^7$ est premier)…

Les nombres premiers sont aux maths ce que les atomes sont à la matière, des sortes de briques élémentaires. Ils ne sont divisibles que par un ou eux-mêmes. Il y en a une infinité et le plus grand possède plus de 9 millions de chiffres.

« Les nombres premiers sont des objets simples à expliquer mais qui soulèvent de difficiles questions auxquelles de grands esprits des mathématiques se sont frottés », précise Garland Honaker. Dans cette histoire on croise les Leonhard Euler, Pierre de Fermat, Carl Gauss, Sophie Germain (dont une famille de nombres premiers porte le nom), ou le génial Indien Srinivasa Ramanujan…

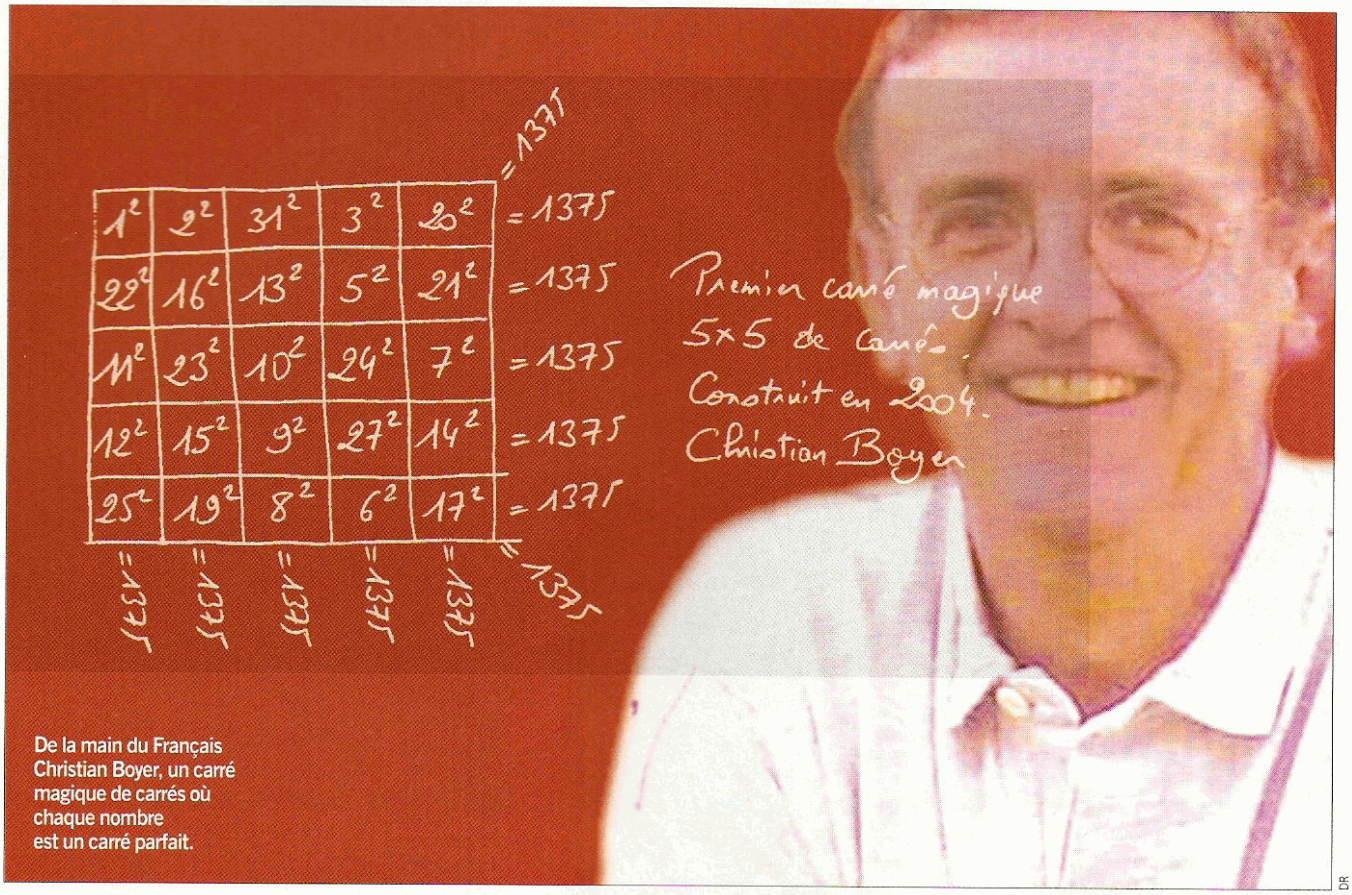
Du côté des grandes questions, la liste est riche également. Il y a d'abord ce problème dit du millénaire, mis à prix un million de dollars en 2000, appelé hypothèse de Riemann : s'il était résolu, il renseignerait sur la répartition des nombres premiers. Autre problème lié, qui lui aussi vaut de l'or : la factorisation des entiers en leurs facteurs premiers. C'est sur la difficulté pratique à effectuer cette opération que reposent les transactions par carte bancaire ou le cryptage des données. Si quelqu'un trouve une méthode rapide de factorisation, tout le système s'effondre.

Beaucoup de chercheurs, professionnels comme amateurs, cherchent à mettre au point des méthodes pour tester la primalité des nombres *(voir* Sciences et Avenir *n° 705, novembre 2005)*. Une autre question ouverte, moins lucrative mais très belle : combien y a-t-il de nombres premiers inférieurs à N, pour chaque N. Bien qu'amateur, le Français Henri Lifchitz a trouvé de splendides résultats sur ces deux problèmes. Comme Garland Honaker ou Patrick Capelle (spécialisé dans la traque des erreurs présentes sur le site Internet de Honaker), il aime à lancer des conjectures et les résoudre. On en trouve des centaines sur le site primepuzzles.net.

Parfois, la passion des nombres rejoint celle des lettres. Nicolas Graner, membre de l'Oulipo (Ouvroir de littérature potentielle, fondé par Raymond Queneau), a rédigé sa démonstration sur l'infinité des nombres premiers, sans utiliser la lettre e. Exemple : les « premiers » y deviennent des « primitifs ».

Merveilleux Nombres premiers, Jean-Paul Delahaye, Pour la science.
La Symphonie des nombres premiers, Marcus du Sautoy, éditions Héloïse d'Ormesson
Dans la jungle des nombres premiers, John Derbyshire, Dunod.

Le site de Honaker et Caldwell : primes.utm.edu/curios/
Le site d'Henri Lifchitz : www.primenumbers.net/
Le site de Nicolas Graner : graner.net/nicolas/OULIPO/primitif.html



De la main du Français Christian Boyer, un carré magique de carrés où chaque nombre est un carré parfait.

DR

Prisonniers des carrés magiques

Christian Boyer n'est pas du genre à apprendre par cœur des dizaines de chiffres. Il n'est même pas surdoué en calcul mental, préférant utiliser les ordinateurs (encore un informaticien !). Mais sous ses airs tranquilles, une authentique, quoique récente, passion sommeille : les carrés magiques. Jusqu'en 2001, cet amateur de jeux mathématiques pensait que ces tableaux de nombres dont la somme des chiffres des lignes, colonnes et diagonales est identique n'avait qu'*« un intérêt mineur »*. C'était compter sans l'incroyable diversité et l'étendue des problèmes non résolus. Pourquoi s'arrêter à une simple définition en effet ? On peut construire des cubes magiques par exemple. Ou bien des carrés dont les diagonales brisées sont encore magiques *(lire* Sciences et Avenir *n° 622, décembre 1998)*. Ou des carrés multiplicatifs pour lesquels les produits remplacent les sommes. Ou élever chaque case au carré, au cube… et faire que le carré obtenu reste magique.

A chaque fois, Christian Boyer bat des records. *« Les carrés symbolisent les deux infinis. Il est tout aussi dur d'en trouver un grand, qu'un tout petit »*, philosophe le spécialiste. En 2001, il crée ainsi le premier carré tétramagique au monde (élevé aux puissances 2, 3 et 4, le contenu des cases forme encore un carré magique) et dans la foulée le premier pentamagique (même chose jusqu'à la puissance 5). En 2003, il construit un cube tétramagique de 8192 × 8192 × 8192 cases soit plus de 549 milliards de nombres… Voilà pour l'infiniment grand.

A l'autre bout de l'échelle, c'est aussi plein d'idées. Premier carré de 5 × 5 cases seulement dont les cases sont des nombres au carré *(voir ci-dessus)*. Plus petit cube magique parfait (5 × 5 × 5 cases) en novembre 2003, avec Walter Trump. La réputation grandissante, Christian Boyer offre maintenant un prix à ceux qui trouveront un petit carré trois par trois avec sept voire huit entiers au carré.

Cette petite folie pour les chiffres se double d'un intérêt pour l'histoire. Boyer adore fouiller les archives des bibliothèques. Il a ainsi découvert que les journaux français du XIXe siècle publiaient des jeux très proches du célèbre Sudoku. Il a aussi montré le lien étroit entre ce jeu et certains carrés bimagiques. Il a retrouvé l'originale d'une lettre de Leonhard Euler à Louis de Lagrange dans lequel se trouve le plus petit carré de carrés connu (4 × 4 cases).

Cette passion étrange est assez répandue si l'on en croit le courrier reçu par *Sciences et Avenir* ! Des lecteurs nous envoient régulièrement leur trouvaille, comme Arsène Durupt et son incroyable cube, entièrement calculé à la main *(voir le n° 709, mars 2006)*. Ou encore, tout récemment Jacques Fillion, pour un cube 16 × 16 × 16 : il a dû se mettre à l'informatique en autodidacte pour faire connaître son œuvre. Ce ne sont pas toujours des records, mais ils témoignent d'une vitalité réconfortante.

« Alors que les solutions à ces problèmes sont souvent difficiles à trouver, l'intérêt est qu'il est facile de vérifier leur validité », souligne Christian Boyer. Pourtant, cela ne lui suffit pas. Il bat aussi les records de nombres dits taxicab, qui s'écrivent d'un maximum de façons comme la somme de deux nombres élevés au cube ($1729 = 1^3 + 12^3 = 9^3 + 10^3$). Et, comme la communauté précédente, il s'intéresse aux nombres premiers : il a réalisé le premier carré bimagique avec des nombres premiers (11 × 11)… **David Larousserie**

Les Carrés magiques, René Descombe, Ed. Vuibert.

Site de Christian Boyer : www.multimagie.com/