

sa place sur la Toile et même comme article dans une revue prétendument scientifique. Toute folie est en mesure de se déclarer « validée par la communauté académique », ce qui trompera les journalistes peu attentifs et les amateurs mal informés.

J'ai pris conscience de cette nouvelle situation en recevant, il y a quelques mois, un livre (en version pdf) que m'a fait parvenir son auteur. Jamais un simplificateur de π n'avait aussi bien réussi que ce Sarva Jagannadha Reddy, qui se présente comme un *retired zoology lecturer* habitant à Tirupati en Inde. Son livre, écrit en anglais, est intitulé *The Gayatri Pi value*.

Des revues prédatrices qui publient n'importe quoi, si l'on paye

Que l'on puisse publier n'importe quoi n'est pas une nouveauté ; lui-même avait auparavant publié un ouvrage donnant sa version simplifiée de π , et bien d'autres farfelus ont publié à compte d'auteur des solutions du problème de la quadrature du cercle. Ce qui m'a étonné est que le livre reçu est composé de la reproduction de quinze articles dont la plupart avaient auparavant été publiés dans des revues scientifiques d'apparence académique. Voici quelques-uns des titres de ces revues : *International Journal of Mathematics and Statistics Invention*, *International Journal of Engineering Inventions*, *International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology*. On peut rechercher sur Internet les sites de ces revues et contrôler qu'effectivement les articles reproduits dans le livre y ont bien été publiés.

Je ne connaissais aucune de ces revues et, sans avoir mené une enquête détaillée, je pense qu'elles appartiennent toutes à la catégorie des nombreuses récentes revues où l'auteur paye pour être publié et où le contrôle scientifique par une expertise demandée à des personnalités compétentes est léger, simulé ou totalement inexistant. Ces fausses revues, parfois qualifiées de prédatrices, sont une plaie pour la communauté scientifique. Comme le montre l'exemple de Sarva Jagannadha Reddy, on peut y publier

les plus grosses âneries en contradiction totale avec l'état des connaissances sans être soumis à aucun contrôle véritable ; il suffit de payer. Une liste des éditeurs de ces revues faussement scientifiques est maintenue à jour en ligne : <https://scholarlyoa.com/individual-journals/>

Les articles reproduits dans le livre de Sarva Jagannadha Reddy proposent tous des arguments conduisant à

$\pi = \{14 - \sqrt{2}\}/4 = 3,1464466094\dots$, ce qui est nettement moins bon que l'approximation de mon correspondant français. La formule fait à nouveau de π un nombre algébrique... ce qui, si les preuves données étaient correctes, constituerait une révolution mathématique sans précédent, puisqu'on aurait une contradiction au cœur même de la théorie des nombres !

Pour l'auteur, la valeur de π admise par le reste du monde provient d'erreurs de raisonnement qu'il analyse. Ce faisant, il montre qu'il n'a rien compris et n'a même pas atteint le niveau de compréhension en matière de théorie des nombres qu'avait Archimède il y a 2 000 ans, niveau qui depuis est devenu plus précis encore, quand le concept de nombre réel a été mieux maîtrisé. Je ne discuterai pas ici des erreurs de Sarva Jagannadha Reddy, d'autres l'ont fait. Ses articles sont des non-sens absolus.

Simplifier π est un rêve, et c'était sous une forme géométrique celui de tous les quadratureurs du cercle. Le fait que le nombre π soit transcendant signifie qu'il ne pourra jamais se simplifier beaucoup et que les amateurs qui veulent s'affranchir de la réalité du monde délicat des mathématiques perdent leur temps. Le nombre π a beaucoup d'amis, et c'est parfois un grand malheur.

Et il est affligeant que se soit développée une littérature d'apparence scientifique, prête à publier n'importe quel article pourvu qu'on paye. Elle nuit au bon fonctionnement de la science. Cette littérature donne l'illusion à certains de mener un travail contrôlé et reconnu, ce qui n'est pas vrai. Cela rend plus difficile à l'amateur sincère et curieux de faire le tri entre la science et le simulacre de la science.

L'AUTEUR



J.-P. DELAHAYE est professeur émérite à l'université de Lille et chercheur au Centre de recherche en informatique, signal et automatique de Lille (CRISTAL).

BIBLIOGRAPHIE

Wikipedia, Andriy Slyusarchuk, consulté en février 2016.

J.-P. Delahaye, *Les simplificateurs de π* (<http://www.scilog.fr/complexites/les-simplificateurs-de-pi/>), 2015.

A. Raz et al., *A slice of π : An exploratory neuroimaging study of digit encoding and retrieval in a superior memorist, Neurocase*, vol. 15(5), pp. 361-372, 2009.

J.-P. Delahaye, *Le Fascinant Nombre π* , Belin/Pour la Science, 1997.

M. Neveux, *Le Nombre d'or, radiographie d'un mythe*, Seuil, 1995.



Retrouvez la rubrique Logique & calcul sur www.pourlascience.fr

SCIENCE & FICTION

L'imaginaire cristallisé

Scintillants, géants ou sources de pouvoirs magiques, les cristaux sont omniprésents dans l'univers de la science-fiction et du fantastique. Pourquoi nous fascinent-ils ainsi ?

Jean-Sébastien STEYER et Roland LEHOUCQ

Illustration : Marc BOULAY

S tendhal utilisait le terme de cristallisation pour parler d'amour, George Sand voyageait à travers des paysages grandioses en observant des géodes à la loupe. Ils ne sont pas les seuls écrivains, artistes ou cinéastes à avoir exprimé une fascination pour les cristaux et les avoir intégrés dans leur univers. L'intérêt pour les cristaux, tels ceux qui forment la neige, le sel ou le sucre, est ancien. Le terme « krystallos » a été créé dès l'Antiquité par le géographe grec Strabon pour désigner la glace, puis, par extension, le quartz et, enfin, le cristal de façon générale. Quelle est l'origine de cette fascination pour les cristaux ?

L'attraction envers les cristaux est peut-être due à leur façon de jouer avec la lumière. Leurs propriétés optiques (réflexion, réfraction, etc.) n'ont pourtant rien de magique. Elles sont dues à l'agencement régulier et périodique de leurs constituants. Cette structure périodique a inspiré Benoît Peeters et François Schuiten dans la bande dessinée *La Fièvre d'Urbicande* (1985). Ils imaginent une sorte de cube vide qui se multiplie et dont les arêtes croissent indéfiniment, ce qui sème le désordre à travers la cité. Cet étrange cristal évoque tantôt la pyrite (sulfure de fer) par son réseau cubique, tantôt la stibine (sulfure d'antimoine) par sa section polygonale.

Dans le film *Chronicle* (Josh Trank, 2012), trois adolescents viennent accidentellement en contact avec des cristaux qui leur donnent des superpouvoirs. Les jeunes trouvent les

cristaux dans une grotte, une bonne façon de nous rappeler que de nombreux cristaux ont une origine géologique. Dans ce cas, le cristal est un constituant d'une roche. Les plus visibles (on parle de cristaux automorphes) proviennent de roches plutoniques, type de roches dont le magma qui est à leur origine est remonté à faible vitesse : la température a alors lentement baissé, ce qui a laissé le temps aux atomes de s'organiser en un réseau régulier. La texture de la roche ainsi cristallisée est dite grenue. Dans les roches volcaniques, en revanche, le refroidissement de la lave est souvent brutal ; les atomes se figent dans des positions quelconques et la matière prend une texture vitreuse, dans laquelle les cristaux ne forment guère de structures visibles à grande échelle : on parle de cristaux xénomorphes et de roche à texture vitreuse.

Notons que des roches sédimentaires et métamorphiques (transformées sous l'effet de la pression ou de la température) peuvent aussi présenter de magnifiques cristaux, souvent nommés néocristaux, car ils sont formés secondairement, après la formation de la roche elle-même (tels certains cristaux de calcite).

Dans *Voyage au centre de la Terre* de Jules Verne (1864), les explorateurs, dont le charismatique Otto Lidenbrock, professeur de minéralogie, découvrent une grotte ornée de cristaux géants, aux faces nettes et aux angles saillants. Décrits par Jules Verne comme des quartz, ils sont plutôt représentés,



DANS LE FILM DARK CRYSTAL (1982), le monde puise son énergie dans un cristal gigantesque. Mais lorsque ce dernier est brisé, l'équilibre du monde est rompu.

QUELS POUVOIRS cachent ces cristaux ? Dans *Celui qui hantait les ténèbres*, de H. P. Lovecraft (1935), le trapézoèdre rutilant est une fenêtre sur l'espace-temps.

© 2016 Marc Boulay, marcboulay.fr, cossima-productions.com



dans les gravures de l'époque, réalisées par Édouard Riou, sous la forme de gypses. Sa vision est peut-être plus réaliste car, près de deux siècles plus tard, en 1999, des mineurs ont découvert la fameuse *cueva de los Cristales* (grotte des Cristaux) dans la mine de Naica, au Mexique. Considérée comme l'une des plus belles merveilles souterraines du monde, cette grotte abrite des cristaux de gypse de plus de 11 mètres de haut, 1 mètre de diamètre et 55 tonnes ; le temps nécessaire à leur formation est estimé à 600 000 ans !

Les cristaux peuvent aussi apparaître isolément, auquel cas on parle de monocristaux. C'est le cas des grands quartz translucides qui émergent des paysages fantastiques du dessinateur Jean Giraud *alias* Moëbius, et qui évoquent d'étranges monolithes plantés au milieu de nulle part. Pour un minéralogiste inspiré, les grands monolithes de *2001, L'Odyssée de l'espace* (Stanley Kubrick et Arthur C. Clarke, 1968), des bornes informant les extraterrestres de l'évolution humaine, pourraient être des monocristaux géants de muscovite, sorte de mica noir. Ils rappellent ceux du roman *Cristal qui songe* (Theodore Sturgeon, 1950), où un cruel misanthrope étudie de mystérieux cristaux – en fait des êtres extraterrestres – à de sombres fins puisqu'il s'agit non plus de guider l'humanité, mais de la détruire.

L'origine d'un cristal n'est pas toujours géologique. Certains organismes vivants en fabriquent. C'est le cas avec l'aragonite des

mollusques (présente dans la coquille ou dans une structure interne nommée rostre), ou encore avec l'apatite dans les dents de vertébrés. Ces cristaux logés à l'intérieur même du corps rappellent ceux implantés sous la peau dans *L'Âge de cristal* (William Nolan et George Johnson, 1967) : dans ce roman à l'origine d'un film et d'une série, les humains habitent des villes-bulles où ils mènent des vies confortables, mais limitées à trente ans pour éviter la surpopulation. Pour contrôler leur durée de vie, des cristaux sont implantés dans la paume de la main et changent de couleur lorsqu'arrive l'anniversaire fatidique.

Des cristaux liquides font le jour et la nuit

Encore plus étonnant, un cristal peut être liquide : cet état très particulier de la matière combine les propriétés d'un liquide et celles d'un cristal. Ces propriétés varient beaucoup selon la nature des composés mais aussi selon leur température, leur pression et leur concentration. Une telle « plasticité » cristalline est utilisée dans plusieurs domaines. En particulier, les cristaux liquides sont à la base des écrans LCD (*liquid crystal display*) aujourd'hui omniprésents. En médecine, certains cristaux liquides dits cholestériques sont utilisés pour cartographier des anomalies thermiques du corps que la radiographie ne détecte pas et qui peuvent signaler des tumeurs.

Sur la planète Omale, du livre-univers éponyme de Laurent Genefort (2001), des sortes de cristaux liquides phototrophes (variant avec la lumière) sont présentes dans la haute atmosphère où ils régulent astucieusement, en fonction de leur cycle de polarisation, l'alternance du jour et de la nuit.

Enfin, les propriétés optiques des cristaux sont sans doute à l'origine de leur statut de talismans, objets aux pouvoirs surnaturels ou aux « énergies » diverses qui nourrissent superstitions, paramédecine et autres pseudosciences. Par exemple, le terme « améthyste » viendrait du grec ancien pour désigner une sorte de dégrisement, de désintoxication. Au Moyen Âge encore, des gobelets d'améthyste étaient supposés protéger des boissons empoisonnées !

L'idée fausse selon laquelle les cristaux seraient « énergétiques » reste tenace. Dans la fiction, elle est un prétexte inoffensif – source d'énergie pour le sabre laser des Jedis de *Star Wars* ou source de vie pour les êtres du monde de *Dark Crystal* (Jim Henson et Frank Oz, 1982). Dans la réalité, en revanche, il faut s'inquiéter de certaines pratiques comme la « géobiologie » ou la radiesthésie, qui se définissent comme sciences sans en utiliser la démarche et qui affirment, par exemple, que les cristaux ont un pouvoir de guérison. ■

J.-Sébastien STEYER est paléontologue au CNRS-MNHN, à Paris. R. LEHOUCQ est astrophysicien au CEA, à Saclay. M. BOULAY est sculpteur numérique.

ART & SCIENCE

Bienvenue en Floride !

Pour élaborer ses œuvres, l'artiste canadien Étienne Saint-Amant utilise des fonctions chaotiques, des tractogrammes d'imagerie cérébrale, le mouvement brownien... : la science est bel et bien un instrument de création.

Loïc MANGIN

Les habitués des longs couloirs de correspondance de la station Montparnasse-Bienvenue ont peut-être pris le temps, fin 2015, d'admirer les 134 mètres de la gigantesque et bien nommée fresque *Le couloir du temps*. Grâce à la RATP et au CNRS, les usagers du métro parisien pouvaient découvrir le rôle des mathématiques, de la chimie, de la biologie, de l'informatique... dans les processus par lesquels un objet, une pratique ou un lieu se transforment en un élément du patrimoine. Au milieu des robots, satellites, carottes de glaces, enluminures, fossiles, spécimens d'insectes, on pouvait admirer *La nature cristalline de la matière et de l'espace*, du Québécois Étienne Saint-Amant.

L'œuvre, créée en 2015, résulte de la collaboration de l'artiste avec le Laboratoire nanotechnologies et nanosystèmes et l'Institut interdisciplinaire d'innovation technologique, deux institutions canadiennes. Ce n'est pas une première et, de fait, la science a la part belle dans les tableaux d'Étienne Saint-Amant. Quelques exemples suffisent à s'en convaincre.

Autoportrait II ressemble à un arbre ou à une chevelure (*ci-contre, a*). Il s'agit plutôt d'un tractogramme de substance blanche ! Expliquons. Le peintre a suivi une formation en imagerie cérébrale et a eu l'occasion de donner un peu de son corps à la science. En l'occurrence, il a subi une IRM par tenseur de diffusion, une méthode qui met en évidence les faisceaux de fibres de la ma-

tière blanche (constituée essentiellement des axones des neurones du cerveau, elle s'oppose à la matière grise). De la sorte, on accède aux câblages entre les différentes régions cérébrales. L'image obtenue, ici avec les équipes du Laboratoire d'imagerie de la connectivité de Sherbrooke, au Canada, est un tractogramme qui a ensuite été modifié artistiquement. *Autoportrait II* révèle bien la personnalité intime de son auteur !

Le tableau *Elles tiennent (b)* s'appuie non pas sur la biologie, mais sur des mathématiques. Cette composition est constituée de plusieurs couches géométriques superposées,

En 2010, Étienne Saint-Amant représentait le Canada à l'Exposition universelle de Shanghai, en Chine

chacune étant décrite mathématiquement sur le plan complexe. Les couleurs sont déterminées en fonction d'une propriété donnée selon une règle d'association pouvant varier d'une couche à l'autre.

Parexemple, les séries de bandes jaunâtres sont fondées sur une généralisation de la fonction dite de la tente (*Tent map* en anglais). Cette fonction s'exprime ainsi : $x_{n+1} = f_{\mu}(x_n)$, où $f_{\mu}(x) = \mu \min(x, 1-x)$, c'est-à-dire le produit d'un paramètre μ par la plus petite valeur parmi x ou $1-x$. Derrière cette simplicité se cache un comportement chaotique semblable à celui observé avec la fonction logistique

définie par $x_{n+1} = rx_n(1-x_n)$ où r est également un paramètre fixé. Selon les valeurs du paramètre μ (ou r), la suite converge, oscille ou devient chaotique. La généralisation de la *Tent map* est utilisée pour créer des fractales, par exemple la *General Tent Julia*.

De là, Étienne Saint-Amant joue sur les paramètres de coloration pour obtenir le rendu souhaité, par exemple les petites lames qui se fondent dans le bleu turquoise en bas de l'œuvre. Toujours dans *Elles tiennent*, les nuages centraux résultent d'un système de mouvement brownien.

The Key (ci-contre, c) est un hommage à la lumière et aux paysages de l'archipel des Keys, au sud de la Floride. La méthode générale mise en œuvre ici ressemble beaucoup à celle de *Elles tiennent*, avec néanmoins une utilisation plus importante des réflexions pour accentuer les effets d'eau.

Dans d'autres œuvres, c'est par exemple la distance de Levenshtein qui préside à la création. Cette notion mathématique est notamment utilisée pour comparer des séquences d'ADN. Ainsi, outre les couleurs, l'artiste a élargi sa palette en y intégrant des outils venus des mathématiques, de l'imagerie médicale, de la physique... C'est un nouvel exemple où la science devient un instrument de création artistique. ■

Toutes les œuvres d'Étienne Saint-Amant figurent sur son site : <http://chaoscopia.com>
La version interactive du *Couloir du temps* : <http://bit.ly/PLS-CNRS-Couloir>