

J. Conway introduisit aussi Gardner aux pavages découverts par le mathématicien et physicien britannique Roger Penrose, ce qui donna lieu à un autre article très populaire où figurent deux formes de pavés, nommées respectivement cerfs-volants et fléchettes en raison de leur ressemblance avec ces jouets (voir la figure 2). Avec une réserve inépuisable de pavés des deux types, on peut paver un plan infini sans laisser le moindre interstice et avec une propriété remarquable : l'apériodicité. Les pavés de forme ordinaire (carrés, triangles, hexagones) recouvrent un plan en formant des motifs qui se répètent périodiquement. Mais quand on dispose les cerfs-volants et les fléchettes (ou d'autres combinaisons de deux pavés de Penrose ou plus) en respectant certaines règles, paver périodiquement devient impossible.

Ceux qui explorent les propriétés des pavages de Penrose ont, depuis, progressé. Ils ont notamment découvert que les motifs présentent une propriété nommée auto-similarité, qu'ont aussi les fractales, ces structures qui se répètent à différentes échelles (les

fractales ont elles aussi connu une grande popularité en partie grâce à l'article de Gardner sur le sujet en décembre 1976). Et les pavés de Penrose ont aussi contribué à la découverte des quasi-cristaux, qui ont une structure ordonnée mais apériodique. Gardner en était tout réjoui et commenta : « Ce sont de magnifiques illustrations de la façon dont une découverte mathématique, faite sans la moindre idée de ses applications, peut se révéler présente de longue date chez Dame Nature ! »

Cryptage à clef publique

En août 1977, Gardner anticipa un autre développement moderne : l'utilisation du courrier électronique pour les communications personnelles « d'ici quelques décennies ». Cette prédiction ouvrait un article qui présentait la cryptographie RSA, un système de chiffrement à clef publique fondé sur les fonctions à sens unique (des fonctions faciles à calculer, mais pas à inverser). Ces systèmes n'étaient pas une nouveauté au milieu des années 1970, mais

■ BIBLIOGRAPHIE

J.-P. Delahaye, **Flexagones**, Pour la Science n° 333, juillet 2005.

M. Gardner, **Les jeux mathématiques**, Pour la Science n° 252, octobre 1998.

M. Gardner, « Haha » ou l'éclair de la compréhension mathématique, Belin-Pour la Science, 1992.

Le monde mathématique de Martin Gardner, Belin-Pour la Science, 1986.

Site Internet consacré au centenaire de la naissance de Martin Gardner : www.martin-gardner.org

Le paradoxe de Newcomb : qui veut gagner des millions ?

Martin Gardner entend parler d'un problème connu sous le nom de paradoxe de Newcomb dans un article publié en 1969 par le philosophe Robert Nozick, et en fait le sujet de ses rubriques de juillet 1973 et mars 1974. Cette expérience de pensée, créée par le physicien théoricien William Newcomb, s'inspire du mystère de la déterminabilité et du libre arbitre, et elle est toujours activement débattue chez les philosophes.

Un joueur est opposé à un Prédicteur (extra-terrestre superintelligent, voyant ou divinité omnisciente) qui a le don de prédire les actions du joueur. On présente au joueur, ignorant des prédictions, deux boîtes : l'une (A) qui contient toujours 1000 euros, et l'autre (B) qui peut contenir 1 000 000 euros. Il a le choix entre prendre juste la boîte B, ou les deux. Avant que le jeu ne commence, le Prédicteur anticipe ce que va faire le joueur. Si le Prédicteur pense que le joueur ne prendra que la

boîte B, alors il y met la récompense d'un million d'euros. Si le Prédicteur pense que le joueur va prendre les deux boîtes, la boîte B ne contiendra rien.

Le paradoxe surgit parce que les deux stratégies pour gagner le plus d'argent semblent toutes deux logiques. La première suppose que prendre les deux boîtes rapporte toujours plus d'argent, indépendamment de la prédiction du Prédicteur. Si ce dernier prédit que le joueur prendra les deux boîtes, alors le joueur qui choisit les deux

boîtes remporte 1000 euros ; en ne sélectionnant que la boîte B, il ne gagne rien (voir le tableau ci-dessous). Si le Prédicteur anticipe que le joueur ne prendra que la boîte B, le joueur qui choisit les deux boîtes reçoit 1001000 euros ; choisir la seule boîte B rapporte un peu moins (1 000 000 euros).

Mais selon un autre argument, les plus gros gains résulteront toujours du choix de la seule boîte B. Le raisonnement est que le joueur peut ignorer les cas dans lesquels le choix du joueur diffère de la prédiction parce que ces coups supposent que le Prédicteur se trompe, ce qui, par définition, ne peut arriver à cette

divinité. Il y a donc le choix entre prendre les deux boîtes pour 1000 euros, ou seulement la boîte B pour 1 000 000 euros.

Les lecteurs de Gardner ont produit des quantités énormes de commentaires, détaillant les différents résultats, mais on ne peut toujours pas dire si une stratégie vaut mieux que l'autre. Dans sa présentation initiale du problème, Nozick commentait : « Pour presque tout le monde, ce qu'il convient de faire est parfaitement clair et évident. La difficulté, c'est que ces gens se partagent en deux camps presque égaux, et que beaucoup pensent que l'autre moitié est tout simplement idiote. »

CHOIX PRÉDIT	CHOIX RÉEL	GAIN
À la fois A et B	Les deux	1 000 euros
À la fois A et B	Seulement B	0 euros
Seulement B	Les deux	1 001 000 euros
Seulement B	Seulement B	1 000 000 euros

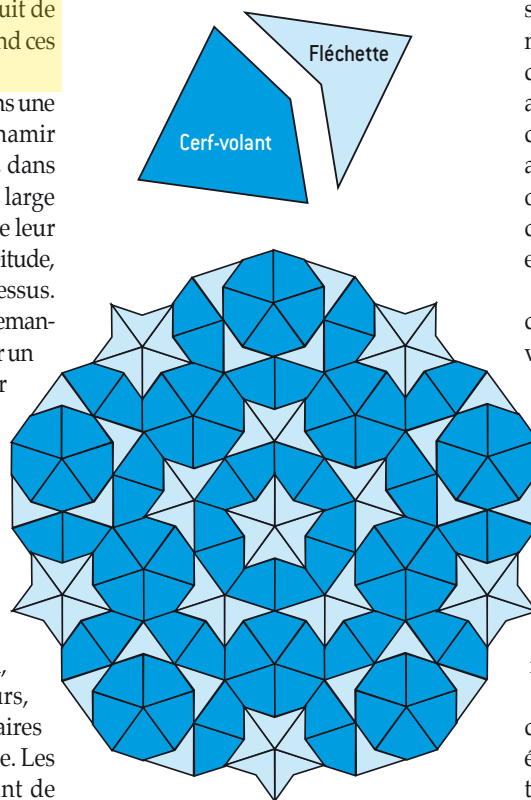
les informaticiens Ron Rivest, Adi Shamir et Leonard Adleman (qui ont donné leurs initiales au système RSA) ont introduit une fonction à sens unique d'un type différent, fondé sur les grands nombres premiers (entiers divisibles seulement par un et par eux-mêmes). La sécurité du chiffrement RSA découle ainsi de la difficulté à décomposer un entier égal au produit de deux grands nombres premiers, quand ces derniers ne sont pas connus.

Avant de publier leur résultat dans une revue scientifique, R. Rivest, A. Shamir et L. Adleman écrivirent à Gardner, dans l'espoir de toucher rapidement un large public. Gardner comprit la portée de leur innovation et, contrairement à son habitude, se dépêcha de publier un texte là-dessus. Dans son article, il présenta un défi, demandant aux lecteurs d'essayer de décoder un message, ce qui exigeait de factoriser un entier de 129 chiffres, une tâche impossible à l'époque. Gardner préfaça judicieusement ce défi par cette citation d'Edgar Allan Poe: « Il est vraiment douteux que l'ingéniosité humaine puisse créer un code secret dont l'ingéniosité humaine ne vienne à bout. » Et en effet, seulement 17 ans plus tard, une grosse équipe de collaborateurs, s'appuyant sur plus de 600 volontaires et 1 600 ordinateurs, déchiffra le code. Les défis RSA se poursuivirent pendant de nombreuses années, jusqu'en 2007.

Perpétuer l'héritage

La capacité de Gardner à inspirer les autres n'était pas non plus sans lien avec son humour espiègle. Son article du 1^{er} avril 1975 présentait « six découvertes sensationnelles qui ont d'une façon ou d'une autre échappé à l'attention du grand public ». Toutes étaient plausibles... et fausses. Par exemple, il affirma que Léonard de Vinci avait inventé la chasse d'eau. Quelques noms glissés dans le texte étaient censés alerter sur la nature facétieuse de l'article, mais des centaines de lecteurs ne détectèrent pas la plaisanterie et adressèrent à Gardner des lettres au ton vif.

En 1980, Gardner décida d'arrêter sa rubrique, afin de se concentrer sur d'autres projets d'écriture. Plusieurs auteurs lui ont succédé à *Scientific American*: Douglas Hofstadter, A. K. Dewdney, Ian Stewart, Dennis Shasha... « Prendre la suite du tour de force de



2. LES PAVÉS DE PENROSE sont remarquables pour leur production de motifs aperiodiques: avec une réserve illimitée de pavés, on peut recouvrir le plan sans aucun vide et de telle sorte que la configuration initiale ne se répète jamais exactement. Gardner publia un article sur les pavages de Penrose de type « cerfs-volants et fléchettes » en janvier 1977. Pour garantir l'aperiodicité, les pavés doivent être disposés selon certaines règles.

Martin Gardner était impossible, commenta un jour I. Stewart. Ce que nous avons essayé de faire, c'était de reproduire l'esprit de la rubrique: présenter des idées mathématiques importantes sur un mode ludique. »

Depuis deux décennies, l'esprit de la rubrique se perpétue aux conférences biennales *Gathering 4 Gardner* (participation sur invitation seulement), qui réunissent mathématiciens, magiciens et spécialistes des casse-tête. Gardner lui-même a assisté aux deux premières éditions. Après la mort de Gardner en 2010, des *Celebration of Mind*, auxquelles tout le monde peut assister (et que chacun peut même organiser), ont lieu dans le monde entier tous les mois d'octobre en son honneur.

Même si Gardner nous a quittés, il y a de bonnes raisons de s'inspirer de ses travaux et de promouvoir les mathématiques récréatives aujourd'hui. Retourner en tous sens des casse-tête et autres problèmes débouche souvent sur des découvertes intéressantes. Un grand nombre de ses articles auraient pu être développés et fournir matière à des livres. Gardner n'a jamais envisagé les mathématiques récréatives comme de simples énigmes, mais comme un moyen d'accéder à un riche univers mathématique.

Dans un dernier article, rétrospectif, dans *Scientific American* en 1998, Gardner écrivit: « La frontière entre les mathématiques amusantes et les mathématiques sérieuses est floue [...]. Pendant 40 ans, j'ai fait de mon mieux pour convaincre les enseignants que les mathématiques récréatives devraient être intégrées aux programmes. Elles devraient être régulièrement introduites comme moyen d'intéresser les jeunes élèves à la magie des mathématiques. Mais jusqu'à présent, le mouvement dans cette direction est inexistant. »

Aujourd'hui, Internet regorge d'applications, de tutoriels et de blogs mathématiques, et les réseaux sociaux peuvent mettre en relation les amateurs beaucoup plus vite que Gardner n'en avait les moyens. Mais la vitesse a peut-être un inconvénient: si les expériences ancrées dans le Web sont parfaites pour éveiller l'intérêt, il faut prendre le temps d'une réflexion approfondie pour éprouver de vraies révélations. Le succès de la rubrique de Gardner est en partie dû au fait que lui et son public prenaient le temps d'échanger des idées détaillées et de composer des réponses mûrement réfléchies. ■