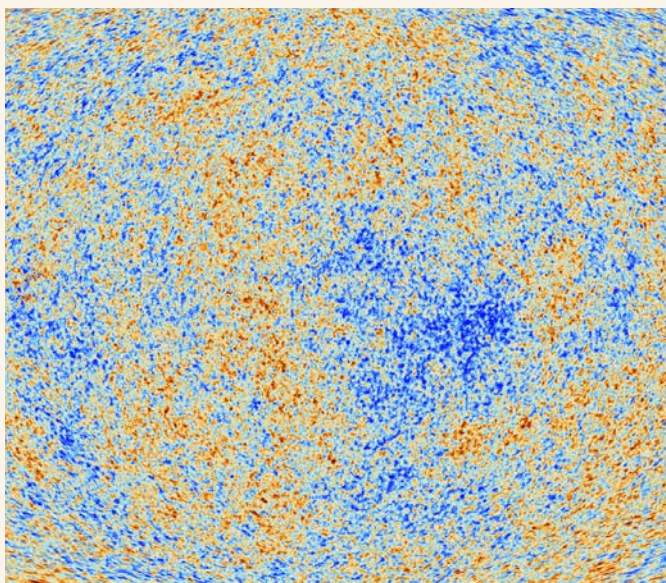


est réel, ce qui semble irrémédiablement exclure le modèle. Pour s'en sortir, les auteurs invoquent une éventuelle instabilité gravitationnelle dans l'espace-temps à cinq dimensions qui pourrait augmenter l'amplitude des fluctuations de grande longueur d'onde, conformément aux contraintes observationnelles. Mais cet ajout pourrait produire des fluctuations non gaussiennes, c'est-à-dire que trop de fluctuations ont une amplitude qui dépasse la valeur typique qu'elles devraient avoir. Or là aussi, les données de *Planck* ne voient pas la trace d'un caractère non gaussien.

D'une façon générale, l'impact de ces approches théoriques est complexe à évaluer. Celles-ci

traitent certains des problèmes du modèle standard de la cosmologie, mais de nouvelles difficultés émergent par ailleurs. Comment savoir s'il s'agit d'une amélioration ? Deux aspects sont à prendre en compte : les données expérimentales et l'impact auprès de la communauté des chercheurs. Il semble que la piste présentée n'ait pas encore eu d'échos. Mais de tels travaux ne sont pas pour autant stériles. L'imagination des théoriciens permet de défier le modèle standard, de l'enrichir, d'ouvrir des pistes à explorer, quitte à montrer que le scénario standard est, en fin de compte, plus satisfaisant que les idées concurrentes.

– **Alain Riazuelo**
Institut d'astrophysique de Paris



LE RAYONNEMENT DU FOND DIFFUS COSMOLOGIQUE pose des contraintes importantes sur le modèle standard du Big Bang et les pistes alternatives.

plat parce qu'il émerge de l'effondrement d'une étoile très massive.

Ainsi, notre modèle de Big Bang holographique non seulement résout les principales énigmes de la cosmologie standard (l'uniformité et la géométrie presque plate) sans recourir à l'inflation, mais il supprime aussi les effets délétères de la singularité initiale.

Un scénario que l'on peut tester

La question qui subsiste est : peut-on savoir si ce scénario est correct ? Une des possibilités est d'étudier les détails du rayonnement du fond diffus cosmologique. À l'extérieur de notre brane, l'espace complet contient de la matière, qui serait attirée dans le voisinage du trou noir du fait de l'attraction gravitationnelle. Nous pouvons montrer que ce supplément de matière crée des fluctuations sur la brane qui vont à leur tour déformer le fond diffus dans des proportions faibles, mais mesurables. Nos calculs dans le cadre de ce scénario diffèrent d'environ quatre pour cent par rapport aux dernières données du satellite *Planck*. Mais cette variation peut aussi être la conséquence d'effets secondaires que nous n'avons pas encore correctement modélisés.

De plus, si le trou noir quadridimensionnel est en rotation (beaucoup de trous

noirs tournent sur eux-mêmes), alors notre brane pourrait ne pas être identique dans toutes les directions. La structure à grande échelle de notre Univers présenterait de petites différences selon les directions d'observation. Les astronomes pourraient aussi détecter cette anomalie en étudiant les variations subtiles dans le fond diffus cosmologique.

Bien sûr, en même temps qu'il résout la question de l'origine de notre Univers, notre scénario soulève toute une série de nouvelles questions. En premier lieu : d'où est issu l'univers qui a donné naissance au nôtre ?

Pour résoudre cette énigme, nous pouvons nous tourner une fois de plus vers Platon. Quand ses prisonniers émergent de leur caverne, la lumière du Soleil les éblouit et ils ne comprennent pas ce qui les entoure. Ils mettent longtemps à s'habituer à la luminosité. Au début, les prisonniers sont juste capables de distinguer les ombres et les reflets. Mais bientôt ils voient aussi la Lune et les étoiles. Enfin, ils arrivent à voir le Soleil et faire sens du jour, de la nuit et des saisons. Ils comprennent aussi la nature des ombres qu'ils voyaient, mais sans savoir d'où vient la puissance du Soleil, tout comme nous ne comprenons pas l'univers complet quadridimensionnel. Mais au moins ils savent où chercher les réponses. ■

■ BIBLIOGRAPHIE

R. Pourhasan *et al.*, **Out of the white hole : a holographic origin for the Big Bang**, *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, vol. 2014, article 04(2014)005, 2014 (en accès libre).

J. Maldacena, **La gravité est-elle illusion ?**, *Pour la Science* n° 339, janvier 2006.

G. Veneziano, **L'Univers avant le Big Bang**, *Pour la Science*, n° 320, juin 2004.

MARTIN GARDNER, le jeu se poursuit

Colm Mulcahy et Dana Richards

Avec la rubrique mensuelle qu'il a tenue pendant près de 25 ans dans le magazine *Scientific American*, Martin Gardner a marqué le monde des mathématiques récréatives et a inspiré de nombreuses personnes.

Comme un bon tour de magie, un casse-tête astucieux peut impressionner, révéler des vérités mathématiques et susciter des questions importantes. C'est en tout cas ce que pensait Martin Gardner. Son nom est indissociable de la rubrique mensuelle *Mathematical Games* qu'il rédigea pendant un quart de siècle dans *Scientific American* (et de 1977 à 1981 dans *Pour la Science*). Gardner, qui aurait eu 100 ans en octobre 2014, présentait chaque mois des sujets mathématiques intéressants sous un angle presque magique et, ce faisant, passionnait un vaste lectorat. Nombreux sont ceux qui ont cité la rubrique de Gardner comme ayant joué un rôle décisif dans leur choix de faire carrière en mathématiques ou dans un domaine connexe.

C'était un homme modeste. Gardner n'a jamais recherché les honneurs ni la célébrité. Mais la centaine d'ouvrages qu'il a laissés (reflétant des connaissances très étendues, qui englobaient sciences et humanités) lui ont valu l'attention et le respect de nombreuses personnalités, tels le paléontologue Stephen Jay Gould ou le linguiste Noam Chomsky.

Bien que Gardner ait arrêté sa rubrique régulière au début des années 1980, son influence est toujours présente aujourd'hui.

L'ESSENTIEL

- Martin Gardner aurait eu 100 ans en octobre de cette année. Il a tenu durant un quart de siècle une rubrique intitulée *Mathematical Games* (jeux mathématiques) qui a fait sa célébrité.
- Des centres d'intérêt très divers, de nombreuses amitiés et une intelligence remarquable lui ont permis de faire découvrir à un vaste lectorat maints sujets importants : chiffrement RSA, jeu de la vie, fractales, pavages de Penrose, etc.
- Sa rubrique a inspiré des générations de mathématiciens professionnels et amateurs, dont certains perpétuent l'héritage.

Il a publié des écrits jusqu'à sa mort en 2010, et l'ensemble de ses admirateurs s'étend sur plusieurs générations. Ses lecteurs organisent encore des réunions en son honneur et en celui des jeux mathématiques, et ils produisent aussi de nouveaux résultats. La meilleure façon d'apprécier ses rubriques pionnières est peut-être de les relire, ou de les lire pour la première fois, selon les cas. Peut-être le présent hommage à ses travaux et aux graines qu'ils ont semées incitera-t-il une nouvelle génération à réfléchir aux raisons pour lesquelles les mathématiques récréatives ont encore une importance en 2014.

De la logique aux hexaflexagones

Célèbre dans les milieux mathématiques, Gardner n'était pas pour autant un mathématicien de métier. À l'Université de Chicago, au milieu des années 1930, il se spécialisa en philosophie et excella en logique, mais négligea les mathématiques (il assista cependant à un cours d'« Analyse mathématique élémentaire »). Mais il était bien versé dans le domaine des casse-tête numériques et logiques. Son père, géologue, lui fit découvrir Sam Loyd et Henry



Dudeney, grands innovateurs en matière de casse-tête du début du XX^e siècle.

Dès l'âge de 15 ans, il publia régulièrement des articles dans des journaux de magie, où il explorait souvent des questions relevant à la fois de la magie et de la topologie, ce domaine mathématique où l'on analyse les propriétés qui restent inchangées quand on étire, tord ou déforme des figures sans les déchirer.

En 1948, Gardner s'installa à New York, où il se lia d'amitié avec Jekuthiel Ginsburg, professeur de mathématiques à l'Université Yeshiva et éditeur de *Scripta Mathematica*, revue trimestrielle qui cherchait à mettre les mathématiques à la portée du lecteur moyen. Gardner écrivit pour cette revue une série d'articles sur la magie mathématique, et il semble qu'il fut finalement convaincu par la théorie de Ginsburg qu'« il n'est pas besoin d'être peintre pour apprécier l'art, ni d'être musicien pour apprécier la bonne musique. Nous voulons prouver que l'on n'a pas besoin d'être mathématicien professionnel pour apprécier les figures mathématiques, et même certaines idées abstraites ».

Gardner publia en 1952 son premier article dans *Scientific American*, sur des machines capables de résoudre des problèmes logiques élémentaires. En 1956, il soumit un article sur les hexaflexagones, structures construites à partir de bandes de papier pliées dont les magiciens et les topologistes commençaient à étudier les propriétés. L'article fut immédiatement accepté et, avant même sa parution dans

LES AUTEURS



Colm MULCAHY est professeur de mathématiques au *Spelman College*, à Atlanta en Géorgie (États-Unis).

Dana RICHARDS est professeur d'informatique à l'Université George Mason, à Fairfax près de Washington. Il est auteur d'une biographie de Martin Gardner à paraître.

les kiosques en décembre, on lui demanda de tenir une rubrique mensuelle dans la même veine.

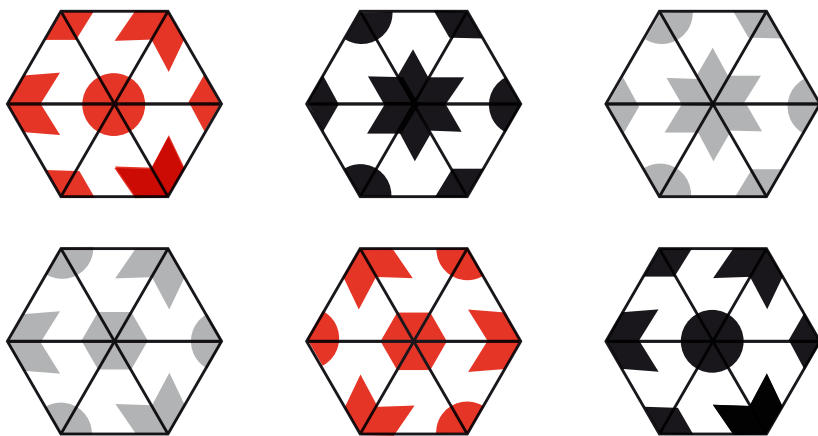
Les premiers articles étaient assez élémentaires, mais les mathématiques présentées se sont approfondies à mesure qu'a augmenté la compréhension de Gardner (et celle de ses lecteurs). D'une certaine manière, Gardner s'est créé une sorte de réseau social à lui, mais à la vitesse de la poste américaine. Il échangeait des informations avec des personnes qui, sinon, auraient travaillé dans leur coin. Depuis ses années d'université, il avait constitué des dossiers très complets et soigneusement organisés. Son réseau l'aida à étoffer ces dossiers et à créer un vaste cercle d'amis impatients d'apporter des idées. Pratiquement tous ceux qui lui écrivaient recevaient une réponse détaillée. Parmi ses correspondants et associés figuraient les mathématiciens John Conway et Persi Diaconis, les artistes M. C. Escher et Salvador Dali, le magicien et sceptique James Randi, l'écrivain Isaac Asimov.

Un esprit universel

Les relations diverses de Gardner reflétaient l'éclectisme de ses propres centres d'intérêt – littérature, prestidigitation, rationalisme, physique, science-fiction, philosophie, théologie... C'était un esprit universel à l'ère des spécialistes. Dans chaque texte, semble-t-il, il trouvait un lien entre son sujet principal et les humanités. Ces références ont aidé de nombreux lecteurs à s'intéresser à des idées qui, sinon, ne les auraient pas accrochés. Par exemple, dans son essai sur « Rien », Gardner alla bien au-delà des concepts mathématiques de zéro et d'ensemble vide (un ensemble dépourvu d'élément) et explora l'idée du rien dans l'histoire, la littérature et la philosophie.

Pour d'autres lecteurs, la rubrique de Gardner était incontournable en raison de son talent de conteur. Il préparait rarement un article sur la base d'un seul résultat ; il attendait plutôt d'avoir assez de matière pour tisser une riche trame d'idées apparentées et de pistes de recherche futures. Il n'était pas rare qu'il passât une vingtaine de jours à faire ses recherches et à rédiger ; il lui semblait que s'il avait du mal à apprendre quelque chose, il était mieux placé qu'un expert pour l'expliquer au grand public.

Gardner traduisait si bien les mathématiques que ses rubriques incitaient



1. SIX DESSINS DIFFÉRENTS PEUVENT ÊTRE OBTENUS à partir d'une même bande de papier décorée, en la pliant en une structure hexagonale plane appelée hexahexaflexagone, puis en la tordant et en la réaplatissant plusieurs fois, comme le montrait Gardner dans le numéro de décembre 1956 de *Scientific American* [voir aussi www.ScientificAmerican.com/oct2014/gardner].