



LES ONDES GRAVITATIONNELLES : UNE NOUVELLE FENÊTRE SUR L'UNIVERS

Barry Barish

Laboratoire LIGO, Institut Californien de Technologie (Caltech), Pasadena, CA, États-Unis

Imagine que tu puisses choisir une nouvelle paire d'yeux qui t'aiderait à voir des choses que tu n'avais jamais pu voir auparavant. Peut-être que tu choisirais la vision aux rayons X de Superman, ou peut-être préférerais-tu zoomer sur de petites choses et voir les merveilles du monde microscopique. La science a récemment acquis une nouvelle paire d'yeux – une nouvelle façon de regarder dans les mystères de l'univers – en utilisant les ondes gravitationnelles, qui sont des ondes produites par la gravité elle-même. Dans cet article, je vais t'emmener dans un voyage qui commence par une explication de la gravité – de la perspective classique d'Isaac Newton à la vision moderne et plus complexe d'Albert Einstein. J'expliquerai ensuite comment les mouvements d'objets massifs créent des ondes gravitationnelles, qui sont des ondulations dans l'espace et le temps, et comment elles pourraient être utilisées pour expliquer certains mystères de l'univers, et même nous aider à comprendre les origines de notre planète Terre.

Le professeur Barish a reçu, conjointement avec les professeurs. Rainer Weiss et Kip Thorne, le prix Nobel de physique en 2017 pour leurs contributions décisives au détecteur LIGO et à l'observation des ondes gravitationnelles.

LA GRAVITÉ, DE NEWTON À EINSTEIN

En 1687, le grand mathématicien et physicien anglais Sir Isaac Newton publia son célèbre livre, Principia [1], dans lequel il présentait sa théorie de la **gravité** – la première théorie « universelle » de l'histoire des Sciences. Selon cette théorie, la force gravitationnelle entre deux objets est proportionnelle au produit de leurs masses et inversement proportionnelle au carré de leur

GRAVITÉ. Force qui fait que les objets se déplacent les uns vers les autres.

distance. Cela semble compliqué, mais cela signifie que plus les objets ont de masse et plus ils sont proches les uns des autres, plus la force gravitationnelle qu'ils exercent les uns sur les autres est forte. Bien que cela soit vrai, il s'est avéré que la merveilleuse théorie de Newton a quelques limites.

Tout d'abord, t'es-tu déjà demandé pourquoi, lorsqu'une pomme tombe d'un arbre, elle tombe et ne part pas vers le haut ? Lorsque tu sautes, pourquoi redescends-tu sur Terre plutôt que de t'envoler vers le haut ? La théorie de Newton ne répond pas réellement à ces questions simples. Elle nous indique seulement la quantité de force gravitationnelle que deux objets exercent l'un sur l'autre, comme la force entre la pomme et la Terre ou entre toi et la Terre. La théorie de Newton ne considère pas la direction de la force entre les objets (les uns vers les autres ou loin les uns des autres) ni n'explique en premier lieu d'où vient la gravité (Figure 1).

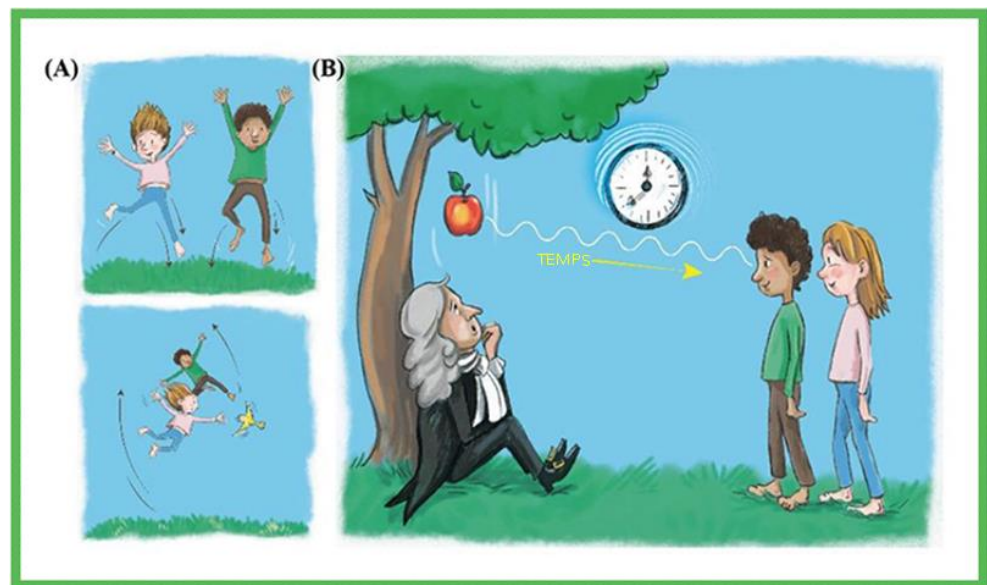


Figure 1. La théorie de la gravitation d'Isaac Newton a plusieurs limites. (A) T'es-tu déjà demandé pourquoi tu retombes sur Terre lorsque tu sautes, au lieu de t'envoler dans le ciel ? Qu'est-ce qui t'attire sur Terre ? La théorie de Newton ne répondait pas précisément à cette question. (B) Lorsqu'une pomme tombe d'un arbre, il faut du temps pour qu'un observateur sache que cela s'est produit, car l'information du déplacement de la pomme voyage à la vitesse de la lumière. La théorie de Newton suppose que l'observateur voit la pomme tomber instantanément, exactement au moment où elle tombe, alors que ce n'est pas le cas. Les deux limites ont été résolues par la théorie de la gravitation d'Einstein.

La seconde difficulté avec la théorie de Newton est un peu plus difficile à saisir. Imagine que le Soleil disparaisse soudainement. S'il disparaissait maintenant, il faudrait environ 8 minutes avant que nous puissions voir qu'il n'est plus là, car il faut 8 minutes pour que la lumière nous atteigne depuis le Soleil. Il en va de même pour tout ce qui se passe dans l'univers – il faut du temps pour que l'information voyage de l'événement à l'observateur. Ainsi, lorsqu'une pomme tombe d'un arbre, il faut un certain temps (même si ce n'est qu'une infime fraction de seconde) pour que l'observateur sache ce qui s'est réellement passé (Figure 1). La théorie de Newton ne prend pas en compte cet intervalle de temps, de sorte que, selon sa théorie, l'observateur voit la pomme tomber au moment précis où elle tombe réellement. Nous savons que ce n'est pas le cas en réalité : par conséquent, nous pouvons conclure qu'il manque quelque chose dans la théorie de Newton.

Comment résoudre ces deux énigmes que pose la théorie de Newton ? Heureusement, plus de 200 ans après Newton, le célèbre physicien Albert Einstein a donné une solution. En 1915, il publie une nouvelle théorie de la gravitation appelée Théorie de la relativité générale [2]. La théorie d'Einstein a une façon complètement différente de voir la gravitation, et elle nous aide à comprendre des choses que la théorie de Newton était incapable d'expliquer. Cela ne signifie pas que la théorie de Newton était fautive ou inutile – cela signifie simplement qu'elle était incomplète et que la nouvelle théorie nous aide à comprendre les choses d'une manière plus approfondie. La théorie d'Einstein dit que, autour de tout objet massif, l'espace et le temps sont affectés et se déforment ou se courbent, ce qui crée une attraction vers cet objet.

Voici un moyen simple de comprendre l'idée de la gravitation d'Einstein. Si tu places une bille sur un trampoline plat. La toile du trampoline ne bouge pas et la bille reste où tu l'as posée (Figure 2A). Cependant, si tu ajoutes une grosse boule de bowling au centre du trampoline, elle fait courber la toile et la bille va tomber vers le centre du trampoline (Figure 2B). La présence de la lourde boule de bowling a déformé l'espace occupé par le trampoline d'une manière qui a fait bouger la bille vers la boule de bowling, comme si elle était attirée par elle. C'est essentiellement ce qui se passe dans la théorie de la relativité générale d'Einstein. La présence d'une masse déforme l'espace qui l'entoure d'une manière qui crée une attraction entre les masses. Cette image de la gravitation répond à la question à laquelle Newton ne pouvait pas répondre : pourquoi (et comment) la gravitation crée-t-elle une force d'attraction, et pourquoi tombes-tu vers la Terre lorsque tu sautes ? Le second problème, qui concerne le temps, a également été résolu par Einstein parce que sa théorie prend en compte la vitesse de la lumière. Dans la section suivante, nous verrons un phénomène intéressant et important appelé ondes gravitationnelles, que prédit la théorie de la gravitation d'Einstein.

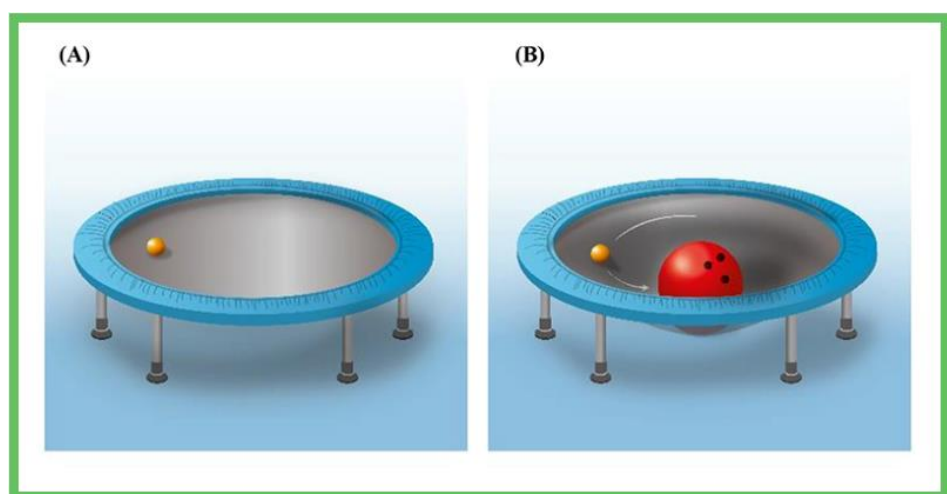


Figure 2. La gravité selon Albert Einstein. **(A)** Lorsque tu mets une bille sur un trampoline plat, elle reste en place. Cela représente la situation de l'espace lorsqu'il n'y a pas d'objets massifs présents. **(B)** Lorsque tu places une lourde boule de bowling au milieu du trampoline, la toile du trampoline se courbe. Si tu places maintenant la bille sur le trampoline, elle se déplacera vers le centre. Cela représente la gravitation dans le modèle d'Einstein, où un objet massif (comme une étoile ou la Terre) courbe l'espace et le temps, et attire donc un autre objet (comme une pomme, ou toi-même) vers lui.

ONDES GRAVITATIONNELLES.

Perturbations dans l'espace et le temps qui résultent du mouvement d'objets massifs et se propagent sous forme d'ondes à la vitesse de la lumière.

QUE SONT LES ONDES GRAVITATIONNELLES ?

L'une des prédictions de la théorie de la relativité générale d'Einstein est que la gravitation devrait avoir des ondes – des **ondes gravitationnelles** [3, 4]. Une façon simple de penser aux ondes gravitationnelles est d'imaginer que tu es au bord d'un étang immobile... Ensuite, tu jettes une pierre dans l'étang. La pierre fait des éclaboussures et tombe au fond de l'étang. Bien qu'elle repose maintenant au fond de l'étang, tu peux toujours voir l'effet qu'elle a eu sur la surface de l'eau, où les vagues se déplacent du centre vers l'extérieur (**Figure 3A**). C'est aussi la façon de visualiser ce qui se passe avec les ondes gravitationnelles. Ce qui produit une onde gravitationnelle n'est pas une pierre tombant dans un étang, mais plutôt le mouvement ou la collision d'objets massifs dans l'espace (**Figure 3B**).

DÉFIS ET SUCCÈS DE LA DÉTECTION DES ONDES GRAVITATIONNELLES

Après que la théorie d'Einstein a prédit l'existence des ondes gravitationnelles, les physiciens expérimentaux ont commencé à essayer de les détecter. J'ai moi-même consacré plus de 20 ans de ma vie à mettre au point des méthodes dans ce but – et je le fais toujours. Il s'avère que, quand il s'agit d'ondes gravitationnelles, nous avons à la fois un grand malheur et une grande chance. Le malheur est que nous ne pouvons actuellement pas produire d'ondes gravitationnelles dans nos laboratoires parce qu'elles sont tout simplement trop faibles pour que nous puissions les détecter avec les techniques dont nous disposons. C'est un malheur parce que les bonnes expériences sont celles où nous comprenons tout ce qui se passe, et cela se fait beaucoup plus facilement en laboratoire.

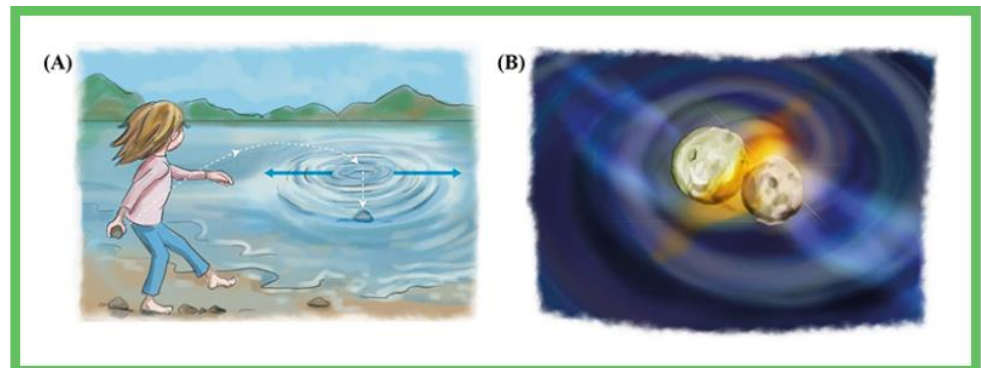


Figure 3. Ondes gravitationnelles. **(A)** Lorsque tu jettes une pierre dans un étang calme, tu peux voir des ondulations (vagues) se déplacer à la surface de l'eau, même lorsque la roche est déjà immobile au fond de l'étang. Selon la théorie de la relativité générale d'Einstein, cela est similaire à la façon dont les ondes gravitationnelles se forment lorsque des objets massifs entrent en collision. **(B)** Les ondes gravitationnelles sont créées lorsque deux objets massifs entrent en collision l'un avec l'autre. Les ondes continuent de voyager dans l'espace, même après la collision.

En revanche, nous avons une grande chance – la nature elle-même crée des ondes gravitationnelles qui sont beaucoup plus fortes que tout ce que nous pourrions créer en laboratoire. Cela signifie que certains événements astronomiques qui créent des ondes gravitationnelles – dont deux que je mentionnerai ci-dessous – peuvent potentiellement être détectés avec nos détecteurs de pointe actuels. Bien que ces événements doivent être les événements astronomiques les plus violents et les plus énergétiques de l'univers pour que nous puissions les détecter, ils se produisent malgré tout assez fréquemment pour pouvoir être étudiés. Les événements les plus

SUPERNOVA. Quand une étoile massive vieillit, elle manque de carburant, se refroidit et s'effondre sur elle-même. Cela produit une énorme quantité d'énergie, déclenchant la fusion nucléaire qui conduit à une explosion massive.

FUSION NUCLÉAIRE. Réaction dans laquelle les noyaux des atomes fusionnent, générant des noyaux plus lourds, ce qui libère une grande quantité d'énergie dans l'environnement. La chaleur et la lumière du Soleil résultent d'une fusion nucléaire.

TROUS NOIRS. Objets les plus massifs connus dans l'univers, où la gravité est si forte que rien, y compris la lumière, ne peut s'en échapper.

ÉTOILES À NEUTRONS. Restes d'étoiles supergéantes qui s'effondrent lorsqu'elles manquent de carburant. Elles ne font généralement que 10 km de diamètre et sont extrêmement denses.

PROTON. Particule chargée positivement présente dans le noyau de tous les atomes. Les protons représentent moins d'un milliardième de la largeur d'un cheveu humain.

INTERFÉROMÉTRIE. Technique de mesure qui utilise des faisceaux laser pour détecter de très petits phénomènes, tels que les ondes gravitationnelles dans notre cas.

violents dans l'univers sont les explosions et les collisions d'objets extrêmement lourds.

Une excellente source d'ondes gravitationnelles est un type d'explosion appelé **supernova**. Une supernova se produit lorsqu'une étoile massive vieillit et s'effondre rapidement sur elle-même. Cela crée une énorme augmentation de la température et de la pression, ce qui peut favoriser la **fusion nucléaire**, lorsque des noyaux plus légers dans les atomes se combinent en noyaux plus lourds et libèrent de l'énergie. Cela peut déclencher ce qu'on appelle une « fusion nucléaire galopante »¹ qui fait exploser l'étoile en libérant une énergie gigantesque et créant, selon la théorie d'Einstein, de fortes ondes gravitationnelles.

En ce qui concerne les collisions violentes dans l'espace, certaines des plus énergétiques se trouvent entre des objets massifs tels que les **trous noirs** et les étoiles à neutrons. Les trous noirs sont les objets les plus massifs connus dans l'univers. La gravité y est si forte qu'ils « avalent » tout ce qui s'approche d'eux, même les étoiles. Rien ne peut s'échapper de l'intérieur des trous noirs, pas même la lumière, d'où leur nom. Les **étoiles à neutrons** sont les restes d'étoiles supergéantes qui se sont effondrées et sont extrêmement denses. Elles sont principalement constituées de particules subatomiques neutres appelées neutrons.

En 2015, les premières ondes gravitationnelles ont été découvertes [5]. Deux ans plus tard, en 2017, j'ai remporté le prix Nobel de physique pour cette découverte, avec mes deux collègues, Rainer Weiss et Kip Thorne. Habituellement, il faut au moins 20 ans avant que les scientifiques reçoivent un prix Nobel pour leur travail, mais la découverte des ondes gravitationnelles était d'une importance particulière, pour des raisons que je vais t'expliquer. Suite à ces premières observations d'ondes gravitationnelles issues de la collision de deux trous noirs, nous en avons détecté provenant d'autres collisions – l'une en 2017, entre deux étoiles à neutrons [6], et une autre en 2020, entre un trou noir et une étoile à neutrons [7].

MESURE DES ONDES GRAVITATIONNELLES

Lorsque nous mesurons les ondes gravitationnelles, nous mesurons en fait les distorsions (ondulations) qu'elles créent dans l'espace et le temps. Lorsque ces distorsions arrivent à nos détecteurs, elles sont incroyablement petites, beaucoup plus petites même que la taille d'un **proton**. Pour mesurer des signaux si petits, nos détecteurs doivent avoir une précision supérieure à 1/1 000 de la taille d'un proton ! Comme tu peux l'imaginer, c'est extrêmement difficile à réaliser, et cela nécessite l'utilisation d'une technique très spéciale appelée **interférométrie**. Je ne vais pas la décrire ici en détail, mais elle utilise les interactions entre faisceaux laser pour repérer de très petites contractions et expansions de l'espace². Pour effectuer des mesures aussi sensibles, nous devons isoler notre équipement afin que rien ne puisse perturber nos mesures – même un petit mouvement aurait pu noyer le signal que nous recherchions. Une source de perturbation est le mouvement de la Terre elle-même, qui tremble lorsqu'elle tourne sur son axe (cette secousse est trop douce pour être ressentie par les humains, mais elle est détectable par des instruments sensibles). Cela signifie que nous devons faire flotter notre instrument de mesure afin qu'il ne capte pas les mouvements de la Terre.

Il a été extrêmement difficile de construire des instruments pour mesurer les ondes gravitationnelles. L'instrument que nous utilisons s'appelle LIGO, qui signifie Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory. LIGO fait quelques kilomètres de long (Figure 4). Sa construction et sa mise en œuvre ont coûté plus de 1 milliard de dollars. Une grande partie de mon travail consiste encore à mettre au point les technologies qui nous permettent d'atteindre une plus grande sensibilité dans la détection des ondes gravitationnelles, sans que des mouvements indésirables ne ruinent nos mesures. Beaucoup de gens me demandent s'il est frustrant de travailler sur le même problème pendant plus de 20 ans. Ma réponse est : absolument pas ! J'ai eu beaucoup de plaisir à résoudre des problèmes en cours de route, et c'est un grand privilège de faire quelque chose que personne n'a jamais fait auparavant.



Figure 4. Le détecteur d'ondes gravitationnelles LIGO (Livingston, Louisiane, États-Unis). Vue aérienne de l'un des deux détecteurs d'ondes gravitationnelles qui ont détecté les premières ondes gravitationnelles en 2015. Chaque détecteur LIGO se compose de deux bras, chacun de 4 km (2,5 miles) de long, faits de tubes à vide en acier de 1,2 m de large disposés en forme de « L » et recouverts d'un abri en béton de 3 m de large et 3,7 m de haut qui protège les tubes de l'environnement. LIGO peut détecter les ondes gravitationnelles provenant de n'importe quelle direction, même d'en bas (Crédit photo : Caltech / MIT / LIGO Lab).

Alors, quelle est l'importance des ondes gravitationnelles lorsqu'on essaie de comprendre l'univers ? Les ondes gravitationnelles nous aident à vérifier que la théorie de la relativité générale d'Einstein est bien correcte. Si la théorie d'Einstein semble valide et très précise, ce n'est pas la seule théorie qui prédit les ondes gravitationnelles. Pour vérifier que la théorie d'Einstein peut expliquer ce qu'est la gravitation et comment elle fonctionne, nous devons mesurer les détails des ondes gravitationnelles que nous détectons.

Les ondes gravitationnelles peuvent aussi nous aider à apprendre de nouvelles choses sur l'univers. Tu peux y penser comme une nouvelle ère en astronomie, un peu comme celle que le célèbre astronome Galileo Galilei a initiée il y a 400 ans, lorsqu'il a fabriqué un télescope pour regarder le ciel. Nous pouvons utiliser les ondes gravitationnelles pour regarder l'univers d'une manière complètement différente de ce que nous pouvions faire auparavant, en utilisant un « télescope gravitationnel ».

L'étude des ondes gravitationnelles peut nous aider à mieux comprendre comment se produisent des événements astronomiques cataclysmiques (très puissants), tels que les collisions entre les trous noirs et les étoiles à neutrons. Ces informations pourraient fournir des informations sur les événements qui se sont produits dans les premiers stades de la formation de l'univers, et pourraient également nous aider à trouver des réponses à des questions intrigantes sur notre propre planète, telles que la façon dont les éléments lourds comme l'or et le platine sont arrivés sur Terre³.

Cependant, notre travail sur les ondes gravitationnelles n'est pas encore très sophistiqué, de sorte que nous combinons généralement les informations que nous obtenons de la mesure de la gravité avec les données que nous fournissons déjà les télescopes. Cela nous permet de construire une image des événements cosmiques qui va bien au-delà de ce que nous pourrions comprendre sans l'utilisation d'ondes gravitationnelles. À l'avenir, à mesure que nous améliorerons la détection des ondes gravitationnelles, nous espérons voir des phénomènes cosmiques en utilisant uniquement des ondes gravitationnelles. Ce sont des moments très excitants en cosmologie, car notre capacité à détecter les ondes gravitationnelles ouvre une nouvelle fenêtre sur les événements cosmiques, ce qui nous aidera à mieux comprendre notre univers.

RECOMMANDATIONS POUR LES JEUNES ESPRITS

L'une des leçons que j'ai apprises dans la vie est qu'il est important de prêter attention à ses rêves et d'essayer de les réaliser. Nos rêves d'avenir nous disent quelque chose sur ce que nous voulons dans la vie, que ce soit pour être physicien ou artiste, ou simplement pour faire quelque chose d'agréable, comme voyager ou s'adonner à un passe-temps que l'on aime. On n'est pas obligé de réussir dans tout ce que nos rêves nous appellent à réaliser, mais ils nous disent quelque chose sur les routes à suivre.

Une autre grande leçon que j'ai apprise est que tout ce que je fais dans ma vie est motivé par un seul mot : curiosité. Les jeunes sont naturellement très curieux, et tu devrais chérir cette curiosité et ne rien laisser l'obscurcir – ni tes professeurs, ni tes parents, ni personne d'autre. Donc, mon conseil est de rester curieux, de t'amuser, de suivre tes rêves et d'ignorer tout ce qui pourrait limiter ton enthousiasme.

Pour ceux d'entre vous qui s'intéressent à la science, la science peut être très amusante. Il n'y a rien de mieux dans la vie que de faire quelque chose de bien, de s'amuser et de gagner sa vie. Donc, pour moi, la science est une très bonne occupation. Mais tu dois te rappeler que l'échec fait partie de la science et accepter que tout ce que tu fais ne réussira pas... Et cet échec peut être une bonne chose. Lorsque tu es à la pointe de la science, et que tu essaies de faire quelque chose qui n'a jamais été fait auparavant, c'est parfois frustrant. Chaque jour, tu es dans une situation où tu ne sais pas vraiment si tu vas faire des progrès ou peut-être même une nouvelle découverte, ou si tu vas faire quelque chose qui ne fonctionne pas du tout. Pour des individus comme moi, cet inconnu contribue au plaisir de faire de la science !

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier Noa Segev d'avoir mené l'interview qui a servi de base à cet article, et d'avoir co-écrit l'article.

POUR EN SAVOIR PLUS

¹ Pour en savoir plus sur l'emballement thermique, voir https://hmn.wiki/fr/Thermal_runaway.

² Pour en savoir plus sur l'interférométrie et comment elle est utilisée pour détecter les ondes gravitationnelles, voir : <https://thekidshouldseethis.com/post/gravitational-waves-explained-using-stick-figures> ou <https://kids.kiddle.co/Interferometer>.

³ Nous savons que des éléments plus lourds peuvent être fabriqués à partir d'éléments plus légers par fusion nucléaire dans les étoiles. Mais, en étudiant le cycle de vie des étoiles, nous avons vu que l'élément le plus lourd créé de cette façon est le fer (numéro atomique 26). Une fois que les étoiles brûlent et utilisent tout leur fer, elles s'effondrent et ne continuent pas à produire des éléments plus lourds. Par conséquent, il doit y avoir un autre mécanisme pour créer les éléments les plus lourds. Actuellement, l'hypothèse la plus répandue est que ces éléments plus lourds sont créés dans les collisions d'étoiles à neutrons, qui sont détectables à l'aide d'ondes gravitationnelles (pour plus d'informations, voir cet article de Jennifer Chu : Neutron star collisions are a "goldmine" of heavy elements, study finds, MIT News Office, 2021). Nous espérons que, dans les prochaines années, suffisamment de données seront collectées à l'aide des détecteurs LIGO et Virgo pour valider cette hypothèse avec une plus grande confiance.

Pour une exploration plus approfondie des ondes gravitationnelles, voir le livre d'introduction de Brian Clegg : *Gravitational Waves: How Einstein's spacetime ripples reveal the secrets of the universe*, Hot Science, 2018.

Pour un livre plus avancé sur la relativité générale et les ondes gravitationnelles, voir le livre de Josephe Weber : *General Relativity and Gravitational Waves*, Interscience Publishers, 1961 ; ou ce lui de Sanjeev Dhurandhar and Sanjit Mitra : *General Relativity and Gravitational Waves, Essentials of Theory and Practice*, Springer Cham, 2022.

RÉFÉRENCES

- [1] Newton, I. 1687. "Principia," in *The Principia : The Authoritative Translation and Guide*, eds I. B. Cohen, and A. Whiteman (University of California Press). doi : 10.1525/9780520964815
- [2] Einstein, A. 1915. Erklärung der Perihelionbewegung der merkur aus der allgemeinen relativitätstheorie. *Sitzungsber. Preuss. Akad. Wiss.* 47:831–9.
- [3] Einstein, A., and Rosen, N. 1937. On gravitational waves. *J. Frank. Inst.* 223:43–54. doi : 10.1016/S0016-0032(37)90583-0
- [4] Barish, B. C., and Weiss, R. 1999. LIGO and the detection of gravitational waves. *Phys. Today* 52:44–50. doi : 10.1063/1.882861
- [5] Abbott, B. P., Abbott, R., Abbott, T. D., Abernathy, M. R., Acernese, F., Ackley, K., et al. 2016. Observation of gravitational waves from a binary black hole merger. *Phys. Rev. Lett.* 116:061102. doi : 10.1103/PhysRevLett.116.061102
- [6] Abbott, B. P., Abbott, R., Abbott, T. D., Abernathy, M. R., Acernese, F., Ackley, K., et al. 2017. GW170817 : Observation of gravitational waves from a binary neutron star inspiral. *Phys. Rev. Lett.* 119:161101. doi : 10.1103/PhysRevLett.119.161101

[7] Abbott, R., Abbott, T. D., Abraham, S., Acernese, F., Ackley, K., Adams, A., et al. 2021. Observation of gravitational waves from two neutron star–black hole coalescences. *Astrophys. J. Lett.* 915:L5. doi : 10.3847/2041-8213/ac082e

VERSION FRANÇAISE

Cet article d'accès libre est une traduction avec modifications d'un article publié par Frontiers for Young Minds (doi: 10.3389/frym.2022.858203 ; Barish B (2022) Gravitational Waves—A New Window on the Universe. *Front. Young Minds.* 10:858203).

TRADUCTION : Jean-Marie Clément, Association Jeunes Francophones et la Science

ÉDITION : Catherine Braun-Breton & Nicole Pasteur, Association Jeunes Francophones et la Science

ARTICLE ORIGINAL (VERSION ANGLAISE)

SOUMIS 19 janvier 2022 ; **ACCEPTÉ** 25 août 2022

PUBLIÉ EN LIGNE 1er novembre 2022.

ÉDITEUR : Joey Key

MENTOR SCIENTIFIQUE : Jian Zhang

CITATION : Barish B (2022) Gravitational Waves—A New Window on the Universe. *Front. Young Minds.* 10:858203. doi : 10.3389/frym.2022.858203

DÉCLARATION DE CONFLIT D'INTÉRÊT

Les auteurs déclarent que les travaux de recherche ont été menés en l'absence de toute relation commerciale ou financière pouvant être interprétée comme un conflit d'intérêt potentiel.

DROITS D'AUTEUR

Copyright © 2022 Barish

Cet article en libre accès est distribué conformément aux conditions de la licence Creative Commons Attribution (CC BY). Son utilisation, distribution ou reproduction sont autorisées, à condition que les auteurs d'origine et les détenteurs du droit d'auteur soient crédités et que la publication originale dans cette revue soit citée conformément aux pratiques académiques courantes. Toute utilisation, distribution ou reproduction non conforme à ces conditions est interdite.

JEUNE EXAMINATEUR

JIARUI, 13 ANS

Je m'appelle Jiarui, et je suis en 7ème année au collège. J'ai remporté des prix nationaux dans des concours de discours en anglais et des prix d'État pour le codage. J'aime le piano et j'ai obtenu le certificat de 8e année de l'ABRSM avec une note de distinction. Je m'intéresse beaucoup à la physique. J'aime aussi la pâtisserie et la cuisine. J'adore les chiens et j'ai deux caniches.

AUTEUR

BARRY BARISH

Le professeur Barry Barish est professeur de physique au laboratoire LIGO du California Institute of Technology (Caltech), aux États-Unis. Il a obtenu sa licence et son doctorat en physique (en 1962) à l'Université de Californie à Berkeley. En 1963, le professeur Barish est arrivé à Caltech, où il a travaillé

dans le domaine de la physique des particules. Au cours des 30 années suivantes, il a travaillé avec plusieurs accélérateurs de particules, dont l'accélérateur SLAC à l'Université Stanford et l'accélérateur CESR à l'Université Cornell. En 1994, il rejoint le projet LIGO (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory) de Caltech, traitant de la détection des ondes gravitationnelles. Le professeur Barish a reçu de nombreux prix académiques distingués, notamment le Klopsteg Memorial Award (2002), le prix Enrico Fermi (2016), la médaille Henry Draper (2017) et le prix Nobel de physique (2017). Il travaille actuellement sur d'autres améliorations des détecteurs LIGO et Virgo, en vue d'une meilleure résolution de détection des ondes gravitationnelles. Barry Barish est marié à Samoan. Ils ont deux enfants, Stephanie et Kenneth, et trois petits-enfants, Milo, Thea et Ariel. *barish@caltech.edu