

de recherche intéressantes. «Je pense depuis longtemps que la relation entre l'information quantique et la gravitation quantique est d'une importance fondamentale», confie Raphael Bousso, physicien à l'université de Californie à Berkeley. «La connexion s'est approfondie au fil des ans, et je suis ravi de voir autant de chercheurs talentueux travailler ensemble pour s'atteler à ces questions et voir où elles nous mènent.»

Théoricienne à l'université Stanford, Eva Silverstein, qui elle non plus n'est pas membre du projet, est du même avis: «Il est clairement utile de développer l'information quantique et de l'appliquer à ces problèmes. Mais pour comprendre la dynamique [de la gravitation quantique], il faut encore d'autres éléments, et il est important que la discipline ne se concentre pas trop sur une approche unique.»

Un projet qui portera des fruits

De plus, même si le projet n'aboutit pas au développement d'une théorie quantique de la gravitation, il aura vraisemblablement des retombées fructueuses. L'application de techniques et d'idées inspirées de la théorie des cordes et de la relativité générale à des questions d'information quantique aidera, par exemple, à mieux définir les différents types d'intrication quantique, à la fois pour comprendre l'espace-temps et pour construire des ordinateurs quantiques.

«Quand vous commencez à jouer avec ces outils dans un cadre différent, il y a de bonnes chances que cela mène à de nouvelles idées qui sont intéressantes et qui pourraient être utiles dans d'autres domaines», s'enthousiasme Dorit Aharonov, spécialiste en informatique quantique à l'université hébraïque de Jérusalem et participante au projet IfQ. «Il semble que l'on soit en train de progresser sur des questions posées depuis de nombreuses années, ce qui est passionnant.» Par exemple, des chercheurs ont trouvé qu'il serait possible de mesurer le temps à l'intérieur d'un trou de ver en le représentant comme un circuit quantique, que l'utilisation de la théorie des cordes et de l'intrication permet de définir certaines phases de la matière condensée, etc.

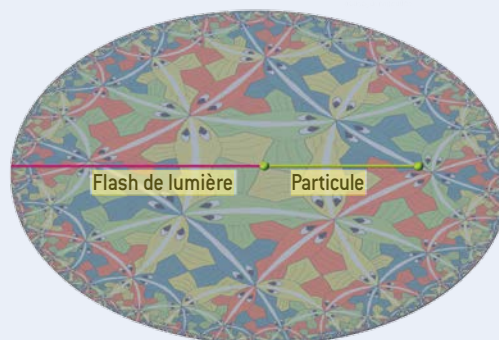
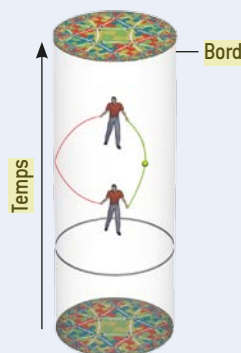
En outre, combiner information quantique et théorie des cordes aiderait aussi à évaluer les théories que les chercheurs proposeront. On peut se représenter n'importe quelle théorie physique comme un ordinateur,

Un univers-jouet à courbure négative

Un univers anti-de Sitter est un monde dont l'espace-temps est à courbure négative, ou hyperbolique. Dans le cas de deux dimensions d'espace, on peut le représenter par un disque de Poincaré (à droite). En y ajoutant le temps (axe vertical, à gauche), on

obtient un cylindre plein dont chaque section est un espace hyperbolique. Cet univers possède une certaine forme de gravitation. Une particule lancée du centre y retourne en un temps fini. Un rayon de lumière ira jusqu'au bord de l'espace avant de revenir

dans le même temps. La description de cet univers est équivalente à une théorie des champs dite conforme définie sur l'enveloppe du cylindre. Elle comporte une dimension spatiale de moins et est dénuée de gravitation, ce qui facilite les calculs.



© A. Kamejima/Univ. Leoy, université du Minnesota

BIBLIOGRAPHIE

P. Binétruy, Au-delà de la relativité générale : «une théorie quantique de la gravitation est nécessaire», *Pour la Science*, n° 457, novembre 2015.

J. Maldacena, La gravité est-elle une illusion ?, *Dossier Pour la Science*, n° 83, avril-juin 2014.

S. Sachdev, Métaux étranges et théorie des cordes, *Pour la Science*, n° 429, juillet 2013.

J. Maldacena, The large-N limit of superconformal field theories and supergravity, *International Journal of Theoretical Physics*, vol. 38(4), pp. 1113-1133, 1999.

Site internet du projet *It from Qubit* : <http://bit.ly/PLS475>IfQ>

ses entrées et ses sorties étant l'équivalent d'un état initial et d'un état ultérieur, mesurable, décrits par la théorie. Lorsque les chercheurs proposeront une théorie candidate pour la gravitation quantique, ils pourront la tester avec cette analogie et se demander quelle est la puissance de calcul de la théorie. «Si cette puissance est trop grande, si notre modèle de gravitation quantique était capable de calculer des choses dont nous pensons qu'elles ne peuvent pas être calculées dans notre monde, cette théorie susciterait un doute», explique Dorit Aharonov. «C'est un moyen de dire, par une approche différente, si la théorie tient la route ou non.»

Le projet *It from Qubit* rappelle à certains physiciens une autre époque grisante où de grandes idées voyaient le jour. «J'ai commencé ma thèse en 1984, au moment de la révolution de la première théorie des cordes», dit Hiroshi Ooguri, physicien à Caltech, l'institut de technologie de Californie. «C'était une période très enthousiasmante, où la théorie des cordes émergeait en tant que principale candidate pour une théorie unifiée de toutes les forces de la nature. Je vois d'un même œil l'actuelle explosion d'intérêt autour de ces idées. C'est clairement une époque passionnante pour les jeunes de la discipline comme pour ceux d'entre nous qui ont obtenu leur thèse de doctorat il y a plusieurs décennies.» ■

Dès le prochain numéro, retrouvez la nouvelle formule de Pour la Science

- ◆ Davantage d'actualités
- ◆ De nouvelles rubriques
- ◆ Un graphisme plus contemporain

ASTROPHYSIQUE

L'ESSENTIEL

- « Un milliardaire de la Silicon Valley finance un projet audacieux : envoyer une sonde vers une des plus proches roches orbitales du Soleil. »
- « La mission baptisée Breakthrough Starshot, utilisant des lasers pour propulser des « voiles solaires », vise à se pointer vers le type d'astéroïde qui pourrait...

L'AUTEUR

ANN FINKELHOR
est astronome scientifique.

En route vers Alpha du Centaure

LE RÊVE D'ATTEINDRE LES ÉTOILES VA-T-IL SE RÉALISER ? UN MILLIARDAIRE FINANCE LE PROJET DE SONDE STARSHOT QUI, TEL UN VOILIER DE L'ESPACE, ATTEINDRA DES VITESSES EXCEPTIONNELLES POUR RENDRE VISITE À L'UNE DES ÉTOILES LES PLUS PROCHES DU SYSTÈME SOLAIRE.

Au printemps 2016, je me suis retrouvé à une réception en compagnie de brillants physiciens et mathématiciens Freeman Dyson, alors âgé de 93 ans et professeur émérite à l'Institut d'études avancées de Princeton, dans le New Jersey. Il est connu pour ne jamais dire ce qu'il entend de lui, et je lui ai donc demandé : « Quoi de neuf ? » Il a souri de son sourire ambigu, et a répondu : « Apparemment, nous allons rendre visite à Alpha du Centaure ». Cette étoile est l'une des plus proches voisines de notre Soleil, et un milliardaire de la Silicon Valley avait récemment annoncé qu'il finançait un projet baptisé Breakthrough Starshot pour y envoyer un vaisseau spatial d'un type nouveau. « Et c'est une bonne idée ? », ai-je demandé. Le sourire de Dyson n'est élargi. « Non, c'est idiot. Mais le vaisseau est intéressant. » Le principe du vaisseau est effectivement intéressant, au lieu de l'habitacle fusée pro-

publié par des réactions chimiques et suffisamment grande pour transporter des humains ou des instruments lourds, Starshot est un essaim de minuscules puces électroniques multifonctions appelées StarChips, munies chacune d'une « voile solaire ». La voile serait tellement légère que quand elle serait frappée par un faisceau laser, elle accélérerait jusqu'à 20 pour cent de la vitesse de la lumière. Alpha du Centaure étant située à 4,37 années lumière de nous, la plus rapide des fusées mettrait quatre mille ans pour aller rendre visite à Alpha du Centaure. À l'antenne : une puce StarChip pourrait faire le voyage en vingt années. À l'arrivée, les puces se « réorientent » pas, mais elles renseignent à tout instant le système formé par Titane et toutes ses éventuelles planètes, en quelques minutes seulement, envoyant au passage des images qui mettront 4,37 années à revenir jusqu'à nous.

L'aspect « idiot » de la mission Starshot, c'est que son intérêt scientifique est très limité. Les choses que les astronomes voudraient ap-

La voile accélérera jusqu'à 20 % de la vitesse de la lumière

Un milliardaire de la Silicon Valley finance un projet audacieux : envoyer une sonde vers une des plus proches roches orbitales du Soleil. La mission baptisée Breakthrough Starshot, utilisant des lasers pour propulser des « voiles solaires », vise à se pointer vers le type d'astéroïde qui pourrait...

En route vers Alpha du Centaure

LE RÊVE D'ATTEINDRE LES ÉTOILES VA-T-IL SE RÉALISER ? UN MILLIARDAIRE FINANCE LE PROJET DE SONDE STARSHOT QUI, TEL UN VOILIER DE L'ESPACE, ATTEINDRA DES VITESSES EXCEPTIONNELLES POUR RENDRE VISITE À L'UNE DES ÉTOILES LES PLUS PROCHES DU SYSTÈME SOLAIRE.

Au printemps 2016, je me suis retrouvé à une réception en compagnie de brillants physiciens et mathématiciens Freeman Dyson, alors âgé de 93 ans et professeur émérite à l'Institut d'études avancées de Princeton, dans le New Jersey. Il est connu pour ne jamais dire ce qu'il entend de lui, et je lui ai donc demandé : « Quoi de neuf ? » Il a souri de son sourire ambigu, et a répondu : « Apparemment, nous allons rendre visite à Alpha du Centaure ». Cette étoile est l'une des plus proches voisines de notre Soleil, et un milliardaire de la Silicon Valley avait récemment annoncé qu'il finançait un projet baptisé Breakthrough Starshot pour y envoyer un vaisseau spatial d'un type nouveau. « Et c'est une bonne idée ? », ai-je demandé. Le sourire de Dyson n'est élargi. « Non, c'est idiot. Mais le vaisseau est intéressant. » Le principe du vaisseau est effectivement intéressant, au lieu de l'habitacle fusée pro-

publié par des réactions chimiques et suffisamment grande pour transporter des humains ou des instruments lourds, Starshot est un essaim de minuscules puces électroniques multifonctions appelées StarChips, munies chacune d'une « voile solaire ». La voile serait tellement légère que quand elle serait frappée par un faisceau laser, elle accélérerait jusqu'à 20 pour cent de la vitesse de la lumière. Alpha du Centaure étant située à 4,37 années lumière de nous, la plus rapide des fusées mettrait quatre mille ans pour aller rendre visite à Alpha du Centaure. À l'antenne : une puce StarChip pourrait faire le voyage en vingt années. À l'arrivée, les puces se « réorientent » pas, mais elles renseignent à tout instant le système formé par Titane et toutes ses éventuelles planètes, en quelques minutes seulement, envoyant au passage des images qui mettront 4,37 années à revenir jusqu'à nous.

L'aspect « idiot » de la mission Starshot, c'est que son intérêt scientifique est très limité. Les choses que les astronomes voudraient ap-

- ◆ Et toujours des articles rédigés par les meilleurs spécialistes du domaine pour un plaisir de lecture renouvelé

L'AVENTURE DES SCIENCES CONTINUE!

Rendez-vous le 24 mai 2017 chez votre marchand de journaux

Disponible également sur pouirlascience.fr