Celui que toute la communauté scientifique mondiale considérait comme le physicien des physiciens, John Archibald Wheeler, est décédé à 96 ans d'une pneumonie, le 13 avril 2008. Il avait connu de très près tous les créateurs de la physique du siècle dernier, notamment Bohr et Einstein. Célèbre pour ses spéculations hardies sur les fondements de la physique et le principe anthropique, il fut aussi l'un des architectes de la bombe H américaine.

Voici un article du 15 avril 2008 présentant ses réflexions sur la question : ***"comment se fait-il que l'existence existe?"***

L'univers existe-t-il si nous ne regardons pas ?

L'éminent physicien John Wheeler affirme qu'il ne lui reste que peu de temps pour travailler sur une seule idée: que la conscience humaine façonne non seulement le présent mais aussi le passé.

Source

John Archibald Wheeler. Crédit : NAAPO

Le monde semble se reconstituer morceau par morceau en ce matin gris et humide sur la côte du Maine. D'abord, les épicéas et les pins blancs qui recouvrent High Island se matérialisent dans le brouillard, puis le promontoire rocheux et enfin la mer, comme si le simple fait de regarder les choses les avait fait naître.
Et c'est peut-être bien le cas.
Pendant que cette genèse brumeuse se déroule, le plus éminent résident de l'île discute de notions qui le laissent toujours perplexe après sept décennies de physique, notamment son intuition que l'univers lui-même pourrait émerger constamment d'une brume de possibilités, que nous habitons un cosmos rendu réel en partie par nos propres observations.

John Wheeler, scientifique et rêveur, collègue d'Albert Einstein et de Niels Bohr, mentor de nombreux physiciens de premier plan est l'homme qui a choisi le nom de "trou noir" pour décrire les objets d'une densité inimaginable qui piègent la lumière et dont on pense aujourd'hui qu'ils sont répandus dans l'univers, a eu 90 ans en juillet dernier. Il est l'une des dernières grandes figures de la physique du XXe siècle, membre de la génération qui a sondé les mystères de la mécanique quantique et délimité les confins de l'espace et du temps. Après une vie de contributions fondamentales dans des domaines allant de la physique atomique à la cosmologie, Wheeler s'est consacré, dans ses dernières années, à ce qu'il appelle "des idées pour des idées".

"J'ai eu une crise cardiaque le 9 janvier 2001, dit-il, j'ai dit : "C'est un signal. Il ne me reste qu'un temps limité, alors je vais me concentrer sur une seule question : Comment se fait-il que l'existence existe ?"

Pourquoi l'univers existe-t-il ? Pour Wheeler, la quête d'une réponse à cette question implique inévitablement de se débattre avec les implications de l'un des aspects les plus étranges de la physique moderne . Selon les règles de la mécanique quantique, nos observations influencent l'univers aux niveaux les plus fondamentaux. La frontière entre un "monde extérieur" objectif et notre propre conscience subjective, qui semblait si clairement définie en physique avant les étranges découvertes du XXe siècle, s'estompe en mécanique quantique. Lorsque les physiciens observent les constituants de base de la réalité: les atomes et leurs entrailles ou les particules de lumière appelées photons, ce qu'ils voient dépend de la façon dont ils ont mis en place leur expérience. Les observations d'un physicien déterminent si un atome, par exemple, se comporte comme une onde fluide ou une particule dure ou quel chemin il suit lorsqu'il se déplace d'un point à un autre. Du point de vue quantique, l'univers est un lieu extrêmement interactif. Wheeler adopte la vision quantique et la met en pratique.

Tout en exprimant ses pensées, Wheeler passe ses doigts derrière sa grosse tête, s'adosse à un canapé et regarde le plafond ou peut-être bien au-delà. Il est assis dos à une large fenêtre. Dehors, le brouillard commence à se lever sur ce qui promet d'être une chaude journée d'été. Sur une table d'appoint près du canapé repose un gros rocher ovale, dont une moitié est polie en noir de sorte que sa surface ressemble au symbole chinois du yin-yang. "Cette roche a environ 200 millions d'années", dit Wheeler. "Une révolution de notre galaxie."

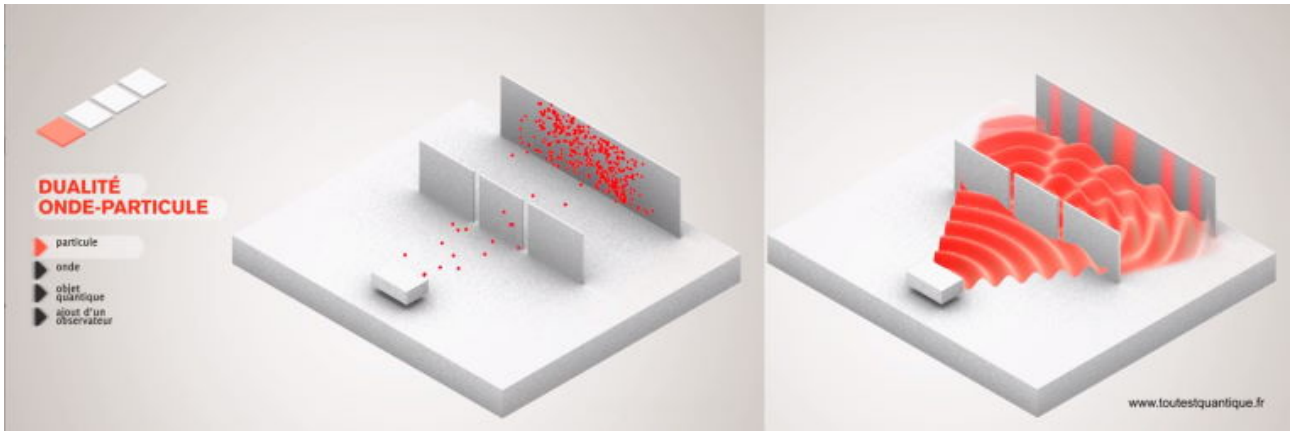
Bien que le visage de Wheeler ait l'air usé et sobre, il devient presque enfantin lorsqu'il sourit, comme lorsque je lui tends la main pour l'aider à se relever du canapé et qu'il dit : "Ah, l'antigravité." Wheeler est petit et solidement bâti, avec des cheveux blancs épars. Il conserve une fascination malicieuse pour les feux d'artifice, un enthousiasme qui lui a coûté une partie d'un doigt lorsqu'il était jeune, et il a parfois allumé des chandelles romaines dans les couloirs de Princeton, où il est devenu membre de la faculté en 1938 et où il a toujours un bureau. À un moment donné, une

forte détonation interrompt notre entretien. Le fils de Wheeler, qui vit sur une falaise à quelques centaines de mètres de là, a tiré avec un petit canon, un cadeau de Wheeler.

Wheeler est gracieux à l'excès ; un collègue le décrit comme "un gentleman caché dans un gentleman". Mais cette attitude courtoise cache aussi autre chose : l'un des esprits les plus aventureux de la physique. Au lieu de fuir les questions sur le sens de tout cela, Wheeler se délecte de la profondeur et du paradoxe. Il a été l'un des premiers défenseurs du principe anthropique, l'idée que l'univers et les lois de la physique sont accordés pour permettre l'existence de la vie. Cependant, au cours des deux dernières décennies, il a poursuivi une idée bien plus provocante, qu'il appelle la genèse par observation. Nos observations, suggère-t-il, pourraient en fait contribuer à la création de la réalité physique. Pour Wheeler, nous ne sommes pas de simples spectateurs sur une scène cosmique ; nous sommes des façonneurs et des créateurs vivant dans un univers participatif.

L'intuition de Wheeler est que l'univers est construit comme une énorme boucle de rétroaction, une boucle dans laquelle nous contribuons à la création continue non seulement du présent et du futur, mais aussi du passé. Pour illustrer son idée, il a conçu ce qu'il appelle son "expérience du choix différé", qui ajoute une variation cosmique étonnante à une pierre angulaire de la physique quantique : l'expérience classique des deux fentes.

Cette expérience est extrêmement étrange en soi, même sans l'ajout de l'astuce de Wheeler. Elle illustre un principe clé de la mécanique quantique : La lumière a une double nature. Parfois, la lumière se comporte comme une particule compacte, un photon ; parfois, elle semble se comporter comme une onde répartie dans l'espace, à l'image des ondulations d'un étang. Dans cette expérience la lumière, un flux de photons, traverse deux fentes parallèles et frappe une bande de film photographique derrière les fentes. L'expérience peut être réalisée de deux manières : avec des détecteurs de photons situés juste à côté de chaque fente, qui permettent aux physiciens d'observer les photons à leur passage, ou sans détecteurs, ce qui permet aux photons de se déplacer sans être observés. Lorsque les physiciens utilisent les détecteurs de photons, le résultat est sans surprise : On observe que chaque photon passe par une fente ou l'autre. En d'autres termes, les photons se comportent comme des particules.



Vidéo à partir de 7 minutes 20 secondes

Mais lorsque les détecteurs de photons sont retirés, quelque chose d'étrange se produit. On s'attendrait à voir deux groupes distincts de points sur le film, correspondant aux endroits où les photons individuels sont tombés après avoir traversé au hasard une fente ou l'autre. Au lieu de cela, un motif de bandes alternativement claires et sombres apparaît. Un tel motif ne peut être produit que si les photons se comportent comme des vagues, chaque photon individuel s'étalant et déferlant sur

les deux fentes en même temps, comme un déferlement sur une jetée. L'alternance de bandes claires dans le motif du film montre où les crêtes de ces ondes se chevauchent ; les bandes sombres indiquent qu'une crête et un creux se sont annulés mutuellement.

Le résultat de l'expérience dépend de ce que les physiciens essaient de mesurer: s'ils installent des détecteurs à côté des fentes, les photons se comportent comme des particules ordinaires, parcourant toujours un chemin ou l'autre, mais pas les deux en même temps. Dans ce cas, le motif rayé n'apparaît pas sur le film. Mais si les physiciens enlèvent les détecteurs, chaque photon semble parcourir les deux voies simultanément, comme une petite onde, ce qui produit le motif rayé.

Wheeler a imaginé une version de cette expérience à l'échelle cosmique qui a des implications encore plus étranges. Alors que l'expérience classique démontre que les observations des physiciens déterminent le comportement d'un photon dans le présent, la version de Wheeler montre que nos observations dans le présent peuvent affecter le comportement d'un photon dans le passé.

Pour le démontrer, il dessine un diagramme sur un bout de papier. Imaginez, dit-il, un quasar - une jeune galaxie très lumineuse et très éloignée. Imaginez maintenant qu'il y a deux autres grandes galaxies entre la Terre et le quasar. La gravité d'objets massifs comme les galaxies peut déformer la lumière, tout comme le font les lentilles de verre classiques. Dans l'expérience de Wheeler, les deux énormes galaxies remplacent la paire de fentes; le quasar est la source de lumière. Tout comme dans l'expérience des deux fentes la lumière, les photons, provenant du quasar peut suivre deux chemins différents, passant devant une galaxie ou l'autre.

Supposons que, sur Terre, des astronomes décident d'observer les quasars. Dans ce cas, un télescope joue le rôle du détecteur de photons dans l'expérience des deux fentes. Si les astronomes pointent le télescope dans la direction de l'une des deux galaxies intermédiaires, ils verront les photons du quasar qui ont été déviés par cette galaxie ; ils obtiendront le même résultat en regardant l'autre galaxie. Mais les astronomes peuvent également imiter la deuxième partie de l'expérience à deux fentes. En disposant soigneusement les miroirs, ils ont pu faire en sorte que les photons arrivant des routes autour des deux galaxies frappent simultanément un morceau de film photographique. Des bandes alternativement claires et sombres apparaîtraient sur le film, identiques au schéma observé lorsque les photons passent par les deux fentes.

Voici la partie étrange. Le quasar pourrait être très éloigné de la Terre, avec une lumière si faible que ses photons ne toucheraient le film qu'un par un. Mais les résultats de l'expérience ne changeraient pas. Le motif rayé serait toujours présent, ce qui signifie qu'un photon isolé non observé par le télescope a emprunté les deux chemins vers la Terre, même si ces chemins étaient séparés par de nombreuses années-lumière. Et ce n'est pas tout.

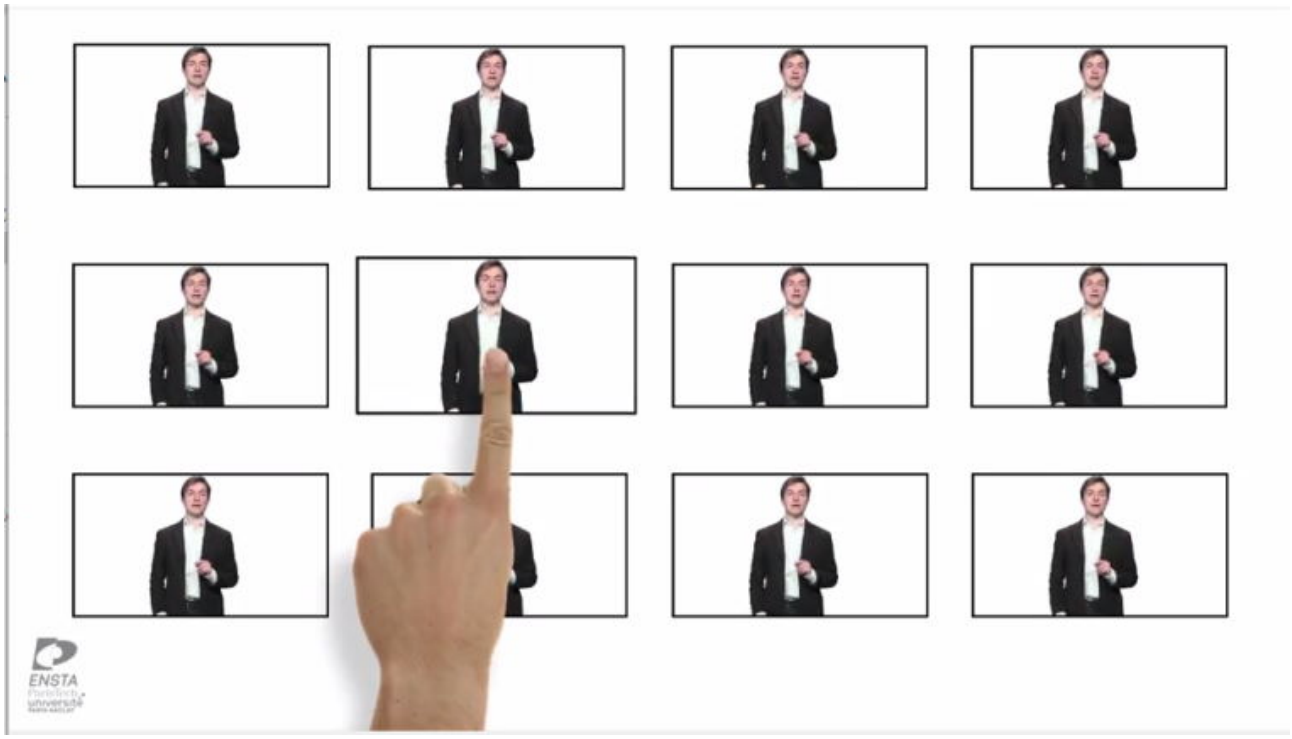
Le temps que les astronomes décident de la mesure à effectuer, qu'il s'agisse de confiner le photon à une route précise ou de lui faire suivre les deux chemins simultanément, le photon pourrait avoir déjà voyagé pendant des milliards d'années, bien avant l'apparition de la vie sur Terre. Les mesures effectuées maintenant, dit Wheeler, déterminent le passé du photon. Dans un cas, les astronomes créent un passé dans lequel un photon a emprunté les deux voies possibles entre le quasar et la Terre. Ou bien, ils forcent rétroactivement le photon à suivre un seul chemin vers leur détecteur, même si le photon a commencé son voyage bien avant l'existence des détecteurs.

Il serait tentant de rejeter l'expérience de Wheeler comme une idée curieuse, sauf pour une chose: elle a été démontrée en laboratoire. En 1984, des physiciens de l'université du Maryland ont mis en place une version de table du scénario du choix différé. À l'aide d'une source lumineuse et d'une disposition de miroirs pour fournir un certain nombre d'itinéraires possibles pour les photons, les

physiciens ont pu montrer que les chemins empruntés par les photons n'étaient pas fixes jusqu'à ce que les physiciens effectuent leurs mesures, même si ces mesures étaient effectuées après que les photons aient déjà quitté la source lumineuse et commencé leur circuit à travers la série de miroirs.

Selon Wheeler, nous faisons partie d'un univers qui est un travail en cours ; nous sommes de minuscules parcelles de l'univers qui se regardent - et se construisent. Ce n'est pas seulement l'avenir qui est encore indéterminé, mais aussi le passé. En remontant dans le temps, même jusqu'au Big Bang, nos observations actuelles sélectionnent l'une des nombreuses histoires quantiques possibles de l'univers.

Cela signifie-t-il que les humains sont nécessaires à l'existence de l'univers? Si les observateurs conscients participent certainement à la création de l'univers participatif imaginé par Wheeler, ils ne sont pas le seul moyen, ni même le principal, par lequel les potentiels quantiques deviennent réels. La matière ordinaire et le rayonnement jouent les rôles dominants. Wheeler aime utiliser l'exemple d'une particule de haute énergie libérée par un élément radioactif comme le radium dans la croûte terrestre. La particule, comme les photons dans l'expérience des deux fentes, existe dans de nombreux états possibles à la fois, se déplaçant dans toutes les directions possibles, pas tout à fait réelle et solide jusqu'à ce qu'elle interagisse avec quelque chose, par exemple un morceau de mica dans la croûte terrestre. À ce moment-là, l'un de ces nombreux états probables devient réel. Dans ce cas, le mica et non un être conscient, est l'objet qui transforme ce qui pourrait arriver en ce qui arrive. La traînée d'atomes perturbés laissée dans le mica par la particule à haute énergie devient une partie du monde réel.



Vidéo à partir de 3 minutes 12 secondes

À chaque instant, selon Wheeler, l'univers entier est rempli de tels événements, où les résultats possibles d'innombrables interactions deviennent réels, où la variété infinie inhérente à la mécanique quantique se manifeste comme un cosmos physique. Et nous ne voyons qu'une infime partie de ce cosmos. Wheeler pense que la majeure partie de l'univers est constituée d'énormes nuages d'incertitude qui n'ont pas encore interagi avec un observateur conscient ou même avec un

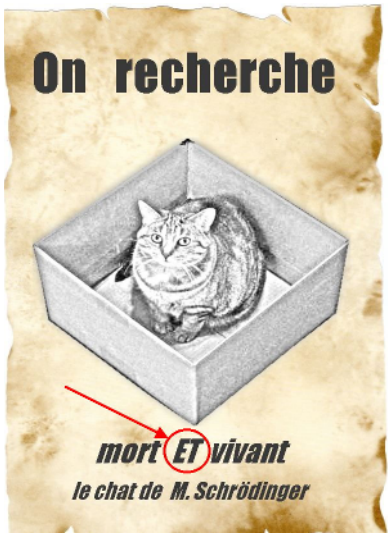
morceau de matière inanimée. Il voit l'univers comme une vaste arène contenant des royaumes où le passé n'est pas encore fixé.

Wheeler est le premier à admettre que c'est une idée qui dépasse l'entendement. Il ne s'agit même pas vraiment d'une théorie, mais plutôt d'une intuition sur ce que pourrait être une théorie finale du tout. C'est une piste ténue, un indice que le mystère de la création pourrait se trouver non pas dans un passé lointain, mais dans le présent vivant. "Ce point de vue est ce qui me donne l'espoir que la question: Comment se fait-il que l'existence existe ? puisse trouver une réponse", dit-il.

William Wootters, l'un des nombreux étudiants de Wheeler et aujourd'hui professeur de physique au Williams College de Williamstown, dans le Massachusetts, considère Wheeler comme une figure presque oraculaire. "Je pense que poser la question: comment se fait-il que l'existence existe? est une bonne chose", déclare Wootters. "Pourquoi ne pas voir jusqu'où vous pouvez vous étirer? Voir où cela vous mène. Cela doit générer au moins quelques bonnes idées, même si la question ne trouve pas de réponse. John s'intéresse à la signification de la mesure quantique, à la manière dont elle crée une réalité à partir de ce qui n'était qu'une simple potentialité. Il en est venu à considérer cela comme l'élément constitutif essentiel de la réalité."

En s'intéressant à la nature des mesures quantiques, John Wheeler aborde l'un des aspects les plus déroutants de la physique moderne: la relation entre les observations et les résultats des expériences sur les systèmes quantiques. Le problème remonte aux premiers jours de la mécanique quantique et a été formulé de manière très célèbre par le physicien autrichien Erwin Schrödinger, qui a imaginé une expérience quantique de type Rube Goldberg avec un chat.

Mettez un chat dans une boîte fermée, avec une fiole de gaz toxique, un morceau d'uranium et un compteur Geiger relié à un marteau suspendu au-dessus de la fiole de gaz. Au cours de l'expérience, l'uranium radioactif peut ou non émettre une particule. Si la particule est libérée, le compteur Geiger la détectera et enverra un signal à un mécanisme contrôlant le marteau, qui frappera la fiole et libérera le gaz, tuant le chat. Si la particule n'est pas libérée, le chat vivra. Schrödinger s'est demandé ce que l'on pouvait savoir du chat avant d'ouvrir la boîte.



Si la mécanique quantique n'existait pas, la réponse serait simple: le chat est soit vivant, soit mort, selon qu'une particule a touché le compteur Geiger. Mais dans le monde quantique, les choses ne sont pas aussi simples. La particule et le chat forment maintenant un système quantique composé de

tous les résultats possibles de l'expérience. Un résultat comprend un chat mort, un autre un chat vivant. Aucun des deux ne devient réel tant que quelqu'un n'a pas ouvert la boîte et regardé à l'intérieur. Avec cette observation, toute une séquence cohérente d'événements: la particule éjectée de l'uranium, la libération du gaz toxique, la mort du chat, devient immédiatement réelle, donnant l'apparence de quelque chose qui a mis des semaines à se produire. Andrei Linde, physicien à l'université de Stanford, pense que ce paradoxe quantique est au cœur de l'idée de Wheeler sur la nature de l'univers: les principes de la mécanique quantique imposent de sévères limites à la certitude de nos connaissances.

" - à propos de votre chat, Monsieur Schrödinger, j'ai une bonne et une mauvaise nouvelle..."

"On peut se demander si l'univers a vraiment existé avant de commencer à l'observer", dit-il. "C'est la même question que pour le chat de Schrödinger. Et ma réponse serait que l'univers a l'air d'avoir existé avant que je commence à le regarder. Lorsque vous ouvrez la boîte du chat après une semaine, vous allez trouver soit un chat vivant, soit un morceau de viande malodorant. Vous pouvez dire que le chat a l'air d'être mort ou d'avoir été vivant pendant toute la semaine. De même, lorsque nous regardons l'univers, le mieux que nous puissions dire est qu'il a l'air d'être là il y a 10 milliards d'années."

Linde pense que l'intuition de Wheeler sur la nature participative de la réalité est probablement juste. Mais il diffère de Wheeler sur un point crucial. Linde pense que les observateurs conscients sont une composante essentielle de l'univers et ne peuvent être remplacés par des objets inanimés.

"L'univers et l'observateur existent en tant que paire", déclare Linde. "Vous pouvez dire que l'univers est là uniquement lorsqu'il y a un observateur qui peut dire : "Oui, je vois l'univers là". Ces petits mots: "on dirait qu'il était là", n'ont peut-être pas beaucoup d'importance dans la pratique, mais pour moi, en tant qu'être humain, je ne connais aucun sens dans lequel je pourrais affirmer que l'univers est là en l'absence d'observateurs. Nous sommes ensemble, l'univers et nous. À partir du moment où vous dites que l'univers existe sans aucun observateur, je ne peux pas donner de sens à cela. Je ne peux pas imaginer une théorie cohérente du tout qui ignore la conscience. Un appareil d'enregistrement ne peut pas jouer le rôle d'un observateur, car qui lira ce qui est écrit sur cet appareil d'enregistrement ? Pour que nous puissions voir que quelque chose se passe et nous dire que quelque chose se passe, il faut un univers, un appareil d'enregistrement et nous. Il ne suffit pas que l'information soit stockée quelque part, totalement inaccessible à quiconque. Il faut que quelqu'un la regarde. Il faut un observateur qui regarde l'univers. En l'absence d'observateurs, notre univers est mort.

"La question de Wheeler: comment se fait-il que l'existence existe? trouvera-t-elle un jour une réponse ? Wootters est sceptique. "Je ne sais pas si l'intelligence humaine est capable de répondre à cette question", dit-il. "Nous n'attendons pas des chiens ou des fourmis qu'ils soient capables de tout comprendre de l'univers. Et dans le balayage de l'évolution, je doute que nous ayons le dernier mot en matière d'intelligence. Il pourrait y avoir des niveaux supérieurs plus tard. Alors pourquoi devrions-nous penser que nous en sommes au point où nous pouvons tout comprendre? En même temps, je pense que c'est formidable de poser la question et de voir jusqu'où on peut aller avant de se heurter à un mur."

Linde est plus optimiste : "Vous savez, si vous dites que nous sommes assez intelligents pour tout comprendre, c'est une pensée très arrogante. Si vous dites que nous ne sommes pas assez intelligents, c'est une pensée très humiliante. Je viens de Russie, où il y a un conte de fées sur deux grenouilles dans une boîte de crème fraîche. Les grenouilles se noyaient dans la crème. Il n'y avait rien de solide ; elles ne pouvaient pas sauter de la boîte. L'une des grenouilles a compris qu'il n'y avait aucun espoir, et elle a arrêté de battre la crème fraîche avec ses pattes. Elle est simplement morte. Elle s'est noyée dans la crème fraîche. L'autre ne voulait pas abandonner. Il n'y avait absolument aucune chance qu'elle puisse changer quoi que ce soit, mais elle a continué à donner des coups de pied, des coups de pied et des coups de pied. Et puis tout d'un coup, la crème fraîche a été baratté en beurre. Puis la grenouille est montée sur le beurre et a sauté hors de la boîte. On regarde la crème fraîche et on se dit : "Je ne peux rien en faire. Mais parfois, des choses inattendues se produisent.

"Je suis heureux que certaines personnes qui pensaient auparavant que cette question: "comment se fait-il que l'existence existe?" était dénuée de sens ne nous ont pas empêchés de la poser. Nous avons tous appris de personnes comme John Wheeler, qui pose des questions étranges et donne des réponses étranges. Vous pouvez être d'accord ou non avec ses réponses. Mais le fait même qu'il pose ces questions, et propose des réponses plausibles et invraisemblables, a ébranlé ces frontières de ce qu'il est possible et impossible de demander."

Et qu'en pense l'oracle de High Island lui-même? Comprendrons-nous un jour pourquoi l'univers a vu le jour?

"Ou du moins comment", dit-il. "Le pourquoi est une chose plus délicate."

Wheeler cite l'exemple de Charles Darwin au XIXe siècle et la façon dont il a fourni une explication simple, l'évolution par la sélection naturelle, à un problème qui semblait totalement insoluble: comment expliquer l'origine et la diversité de la vie sur Terre.

Wheeler pense-t-il que les physiciens pourraient un jour avoir une compréhension tout aussi claire de l'origine de l'univers ?
"Absolument", dit-il. "Absolument."

Albert Einstein, Hidekei Yukawa and John A. Wheeler at Princeton in 1954. Yukawa received the Nobel prize in physics in 1949.

Traduction et illustration de Jacky Kozan, le 11 juillet 2022