



UNIVERSITÉ
DE GENÈVE

COMMUNIQUÉ DE PRESSE

Genève | 26 octobre 2012

attention sous embargo jusqu'au 28 octobre, 19h, heure suisse

LES CHERCHEURS VONT
AU-DELÀ DU TEMPS ET DE
L'ESPACE POUR EXPLIQUER
LA MÉCANIQUE QUANTIQUE

Des chercheurs mettent au
point un test inédit pour
expliquer les bizarreries
quantiques

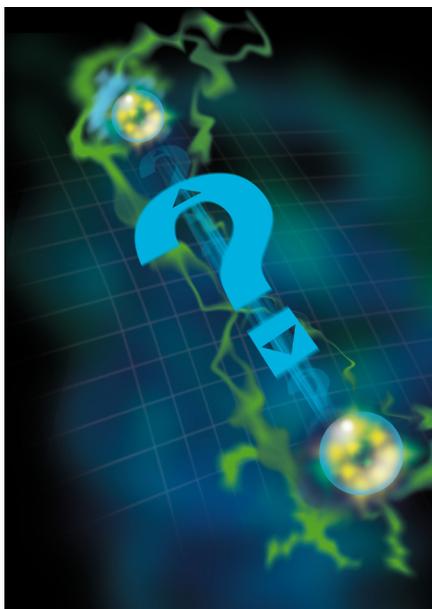


Illustration d'une tentative d'explication
de «l'action fantôme à distance».

Crédit: Timothy Yeo / CQT, National Uni-
versity of Singapore

Des physiciens ont mis au point une expérience qui pourrait nous obliger à choisir entre deux hypothèses extrêmes pour expliquer le comportement de l'univers. Cette proposition a été formulée par une équipe internationale de chercheurs venant de Suisse (Université de Genève), de Belgique, d'Espagne et de Singapour. Publiée dans la revue *Nature Physics*, cette étude se base sur ce que les scientifiques appellent « une inégalité à influence cachée » qui explique comment les prédictions quantiques mettent à l'épreuve notre compréhension de la nature du temps et de l'espace, c'est-à-dire la théorie d'Einstein sur la relativité.

«Ce qui nous intéresse c'est de déterminer si nous parvenons à expliquer les phénomènes quantiques sans pour autant compromettre notre compréhension de l'espace et du temps, selon laquelle toute propagation a lieu de proche en proche», annonce Jean-Daniel Bancal, premier auteur de cette étude qui a mené ses recherches à l'Université de Genève (UNIGE). Il travaille désormais au Centre de technologies quantiques de l'Université nationale de Singapour.

Il y a de réelles possibilités de réaliser cette expérience.

Depuis la création de la théorie quantique au début du XXe siècle, ses implications perturbent les chercheurs. Cette théorie peut, en effet, prédire des comportements étonnants - comme deux particules « intriquées » se comportant comme un seul corpuscule même lorsqu'elles sont séparées par une grande distance. Cette prédiction va à l'encontre de notre compréhension des relations de causes à effets dans le temps et dans l'espace. Les physiciens qualifient ce genre de comportement de «non local».

C'est Einstein qui, le premier, a attiré l'attention sur les implications inquiétantes de ce qu'il appelait «l'action fantôme à distance» prédite par la mécanique quantique. Prenons l'exemple de deux particules intriquées : si le «spin» magnétique de l'une pointe vers le haut, la physique quantique veut que l'autre pointe immédiatement dans la direction opposée, peu importe où elle se trouve et alors même que personne ne peut prédire à l'avance quelle particule fera quoi. Le bon sens (et la physique classique) nous indique que ce type de comportements coordonnés ne peut résulter que de deux causes : soit la coordination s'est faite en amont, soit un signal transmis entre les deux particules a synchronisé les comportements.

Le test de l'inégalité de Bell

Dans les années soixante, John Bell mit au point le premier test capable de vérifier si le phénomène d'intrication quantique relevait du

bon sens. Le test de Bell permet de déterminer si le comportement de deux particules intriquées est le fruit d'un arrangement passé en amont. Si les mesures expérimentales violent l'inégalité de Bell, cela signifie que les deux particules agissent selon la théorie quantique, c'est-à-dire sans que des «variables locales cachées» ne dirigent leur destin.

A partir des années quatre-vingt, les scientifiques ont mené plusieurs expériences qui ont violé l'inégalité de Bell. La théorie quantique avait, semble-t-il, gagné. Cela dit, les tests conventionnels de l'inégalité de Bell ne peuvent jamais complètement réduire à néant une hypothèse impliquant des signaux qui ne contrediraient pas les principes de la relativité. C'est la raison pour laquelle les chercheurs ont imaginé une nouvelle inégalité qui sonderait directement le rôle des signaux.

Un nouveau test pour confirmer la nature quantique du monde

Les expériences ont déjà montré que si l'on considère la présence de signaux entre les particules pour expliquer les phénomènes quantiques, ces signaux devraient voyager à une vitesse 10 000 fois supérieure à celle de la lumière. Pour ceux qui savent que la théorie de la relativité d'Einstein reconnaît la vitesse de la lumière comme la limite universelle, l'hypothèse de signaux voyageant à une vitesse supérieure est difficilement concevable. Les physiciens ont, toutefois, une explication : ces signaux resteraient des « influences cachées », inutilisables à notre échelle et qui, par conséquent, ne violeraient pas les lois de la relativité. Pour contredire ouvertement la relativité, il faudrait que ces influences puissent être utilisées dans une communication qui dépasse la vitesse de la lumière.

Cette nouvelle inégalité à influence cachée, imaginée par Jean-Daniel Bancal et ses collègues, montre que l'explication donnée par les physiciens n'est pas valable lorsqu'il s'agit de prédictions quantiques. Grâce à la mise au point de ce nouveau test, les chercheurs ont montré que l'état quantique de quatre particules peut violer l'inégalité, ce qui implique que si des signaux entraient en jeu, ils devraient voyager à une vitesse infinie pour rester cachés ou que, s'ils avaient une vitesse finie, ils permettraient une communication plus rapide que la lumière (une violation flagrante de la relativité restreinte).

D'un point de vue mathématique (et stupéfiant), ces contraintes définissent un objet en quatre-vingts dimensions. L'inégalité testable est la limite de l'ombre que cette forme en quatre-vingts dimensions projette en quarante-quatre dimensions. Les chercheurs ont prouvé que les prédictions quantiques peuvent se trouver au-delà de cette limite, ce qui signifie qu'elles vont à l'encontre d'une des hypothèses. Au-delà de cette limite, soit les influences ne peuvent pas demeurer cachées, soit elles ont une vitesse infinie.

Etant donné que les scientifiques parviennent déjà à intriquer quatre particules, un nouveau test pourra donc être développé dans un futur proche (il faudra cependant améliorer la précision de ces expériences pour rendre la différence mesurable). Les mesures expérimentales devraient toutes se réduire à un nombre. Dans un univers respectant la relativité, dans lequel des influences supraluminiques demeurent cachées, la limite est de 7. Si les prédictions quantiques sont correctes, cela peut aller jusqu'à 7,3.

Par conséquent, si le résultat est supérieur à 7, en d'autres termes si la nature quantique du monde est confirmée, que cela signifie-t-il ?

Deux hypothèses pour expliquer le comportement quantique

Nous avons ici deux options pour expliquer le comportement quantique. La première consiste à défier les lois de la relativité et à accepter des influences supraluminiques non cachées, ce qui revient à accepter l'existence d'une communication à une vitesse supérieure à celle de la lumière. Mais la relativité est une théorie de référence que les chercheurs ne sont pas prêts à remettre en question ouvertement. Cette interprétation semble donc extrême aux yeux de nombreux physiciens.

L'option restante est que les influences sont infiniment rapides ou qu'il existe un processus qui a un effet équivalent lorsqu'il est observé depuis notre espace-temps. Dans tous les cas cela signifierait que l'univers est fondamentalement non local, puisque chaque morceau de l'univers pourrait être connecté à un autre morceau n'importe où, instantanément. Ces connections paraissent hautement contre-intuitives et représentent une autre solution extrême, qui reste somme toute préférable à l'hypothèse d'une communication à une vitesse supérieure à celle de la lumière.

« Nos résultats étayaient l'idée selon laquelle les corrélations quantiques surgissent de l'extérieur de notre espace-temps, puisqu'aucune histoire dans le temps et dans l'espace ne peut les décrire », déclare Nicolas Gisin, professeur à l'UNIGE et membre de l'équipe de recherche.

Les phénomènes quantiques sont contre-intuitifs et leur compréhension, nous l'avons vu, est difficilement accessible. C'est la raison pour laquelle le professeur Gisin publie un livre de vulgarisation sur le hasard quantique et la non-localité intitulé *L'impensable hasard, non localité, téléportation et autres merveilles quantiques* (édition Odile Jacob).

contact

Nicolas Gisin

022 379 05 02/079 776 23 17
nicolas.gisin@unige.ch

Jean-Daniel Bancal

+ 65 651 65 626
cqtbjd@nus.edu.sg

UNIVERSITÉ DE GENÈVE Service de communication

24 rue du Général-Dufour
CH-1211 Genève 4

Tél. 022 379 77 17

media@unige.ch
www.unige.ch