

Physique théorique

© ESO/S. Brunier



Intrication quantique : un test venu des étoiles

Pour mettre à l'épreuve le phénomène d'intrication quantique tout en éliminant la faille potentielle du libre arbitre de l'expérimentateur, les physiciens ont laissé la lumière venue d'étoiles lointaines choisir la configuration du dispositif...

La nature complotait-elle contre les physiciens? Probablement pas. C'est la conclusion à laquelle sont arrivés Anton Zeilinger, de l'université de Vienne, et ses collègues. La question survient dans certaines expériences de physique quantique, connues sous le nom de tests de Bell, dont le résultat pourrait être altéré selon que « le libre arbitre » des chercheurs est respecté ou non. Pour résoudre ce dilemme, les chercheurs ont utilisé la lumière provenant de deux étoiles lointaines.

L'enjeu de ces tests est de comprendre la nature de l'intrication quantique, un phénomène par lequel les propriétés de deux particules sont corrélées. Prenons, par exemple, deux photons intriqués, notés A et B, dont les polarisations sont toujours opposées. Tant qu'on ne les mesure pas, les états individuels des photons ne sont pas définis. En d'autres termes, on sait que le système global contient deux photons dont les polarisations sont opposées, mais on ne sait pas quel photon porte quel état de polarisation. Au moment où l'on mesure l'état de polarisation de A, celui-ci adopte

une orientation, et instantanément B adopte l'autre, quelle que soit la distance qui les sépare. Ce processus semble violer un principe de la relativité restreinte : aucune information ne se déplace plus vite que la vitesse de la lumière.

Pour Albert Einstein, cela ne s'explique que si la physique quantique est incomplète. Il existerait des variables cachées transportant une certaine information qui donneraient l'impression que les particules s'accordent sur leur polarisation. Pour Niels Bohr, l'intrication quantique est un phénomène non local : les particules A et B forment un « tout » qui ne dépend pas de la distance séparant ses constituants.

Comment savoir qui d'Einstein ou de Bohr a raison? En 1964, le physicien nord-irlandais John Bell a développé une formule, les inégalités de Bell, qui permet de trancher le débat. Jusqu'à présent, le caractère non local a été confirmé par diverses expériences. Cependant, celles-ci sont difficiles à réaliser et les conclusions ne tiennent qu'au prix de certaines suppositions. Il existe des « échappatoires » susceptibles de remettre en question les résultats.

L'une d'elles concerne le libre arbitre du physicien pour configurer les dispositifs de mesure. En effet, un phénomène du passé (variables cachées) pourrait avoir une action causale sur la configuration des détecteurs. Si les choix des physiciens sont limités d'une façon ou d'une autre, les résultats sont peut-être truqués.

Pour écarter cette hypothèse, l'équipe d'Anton Zeilinger a utilisé deux étoiles situées à plus de 500 années-lumière. La longueur d'onde de chaque photon capté en provenance de ces astres a été définie il y a donc plus de 500 ans. Les chercheurs ont servi sur les longueurs d'onde ainsi obtenues la configuration de chacun des deux détecteurs qui mesurent l'état de polarisation des photons intriqués. Les résultats conduisent à une violation des inégalités de Bell, donc l'intrication quantique est non locale. Ainsi, si un mécanisme impliquant les variables cachées a influé sur le libre arbitre des chercheurs, il doit avoir agi il y a plus de 500 ans!

S. B.

J. Handsteiner et al., *Phys. Rev. Lett.*, vol. 118, 060401, 2017

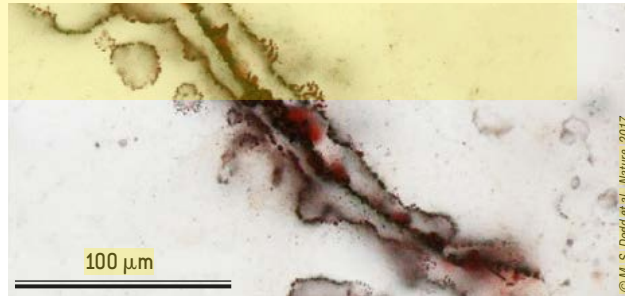
Les physiciens ont utilisé la lumière émise par des étoiles il y a plus de 500 ans dans la Voie lactée pour s'assurer que la nature ne « complotait » pas contre eux dans l'expérience du test de Bell. En exploitant des sources de plus en plus lointaines – étoiles, quasars ou même le fond diffus cosmologique –, ils repousseront les limites sur cette hypothèse.

Paléontologie

Du vivant il y a plus de 3,77 milliards d'années

Nous ignorons où la vie a commencé sur Terre. Une possibilité est que son berceau soit le voisinage d'une source hydrothermale sous-marine. D'où le caractère fascinant des fossiles de microorganismes enfermés dans les sédiments ferrugineux d'une source hydrothermale active il y a entre 3,77 et 4,28 milliards d'années, que vient de mettre au jour l'équipe de Matt Dodd, de l'université de Londres.

Ces microstructures proviennent de la formation de Nuvvuagittuq, au Québec. Elles se présentent sous la forme de tubes et de filaments d'hématite (oxyde de fer) d'échelle micrométrique, que leurs morphologies et assemblages minéraux rapprochent des microorganismes filamenteux observés dans les sources hydrothermales actuelles



Ce filament trouvé dans la formation de Nuvvuagittuq ressemble aux structures formées par des microorganismes vivant dans les sources hydrothermales actuelles et à leurs fossiles d'époques diverses.

et des microfossiles de ces formes de vie d'époques géologiques diverses. Pour leur part, les roches de Nuvvuagittuq contiennent du carbone peu diversifié, sous la forme d'inclusions de graphite au sein de structures de carbonate et de phosphate. Une structure qui ressemble à celle

que produirait l'oxydation d'une biomasse. Ainsi, de la matière organique semble avoir existé près de sources hydrothermales il y a plus de 3,77 milliards d'années, quelque 800 millions d'années après la formation de la Terre.

F. S.

Nature, vol. 543, pp. 60-64, 2017

La fièvre des poissons

Infectés par un virus, les poissons augmentent leur température corporelle en allant dans de l'eau plus chaude. Une étude conduite par Alain Vanderplasschen, de l'université de Liège, a mis en évidence ce phénomène de fièvre comportementale, déjà observé chez d'autres animaux à sang froid. Dans un bassin à gradient de température, les carpes saines restent dans l'eau à 24 °C. Celles qui sont infectées par un virus se déplacent vers l'eau à 32 °C et survivent à leur infection. Une molécule, TNF- α , intervient dans le déclenchement de ce comportement. TNF- α induisant aussi la fièvre chez l'homme, notre ancêtre commun se défendait sans doute déjà par un mécanisme thermique similaire il y a plus de 400 millions d'années.

LES RENDEZ-VOUS DU MUSÉUM

Entrée gratuite

Au Jardin des Plantes

Détails sur mnhn.fr, rubrique : "Les rendez-vous du Muséum"

POUR LA
SCIENCE

CONFÉRENCES

Cycle Quand tourisme responsable rime avec biodiversité

Lundi 3 avril - 18h : Accueillir le public dans les Espaces naturels sensibles, l'exemple du département de l'Essonne

D. Pecquet, chef de service du Conservatoire des Espaces naturels sensibles, Conseil départemental de l'Essonne

FILMS

Cycle Pousse-Pousse (pour les enfants à partir de 5 ans)

Samedi 22 avril - 16h : La petite fabrique du monde (42'), Programme de 6 films

MÉTIER DU MUSÉUM

Dimanche 23 avril - 15h : Bioacousticien, J. Sueur

TABLE-RONDE

Cycle en lien avec l'Année internationale du Tourisme durable pour le développement

Lundi 24 avril - 18h : Tourisme sportif et biodiversité. Cas de Fontainebleau Animée par J.-P. Siblet, directeur du service Patrimoine naturel Muséum, avec D. Bauchard, président de l'association des Amis de la Forêt de Fontainebleau, M. Liron, géologue, vice-présidente de l'association des Naturalistes de la Vallée du Loing et du massif de Fontainebleau, et J.-M. Martin, directeur de la Réserve de biosphère de Fontainebleau-Gâtinais

Auditorium de la Grande Galerie de l'Évolution
36 rue Geoffroy St-Hilaire, Paris 5^e