



Actualité scientifique
Institut de physique

Nanofibre et atomes froids : une nouvelle plateforme quantique

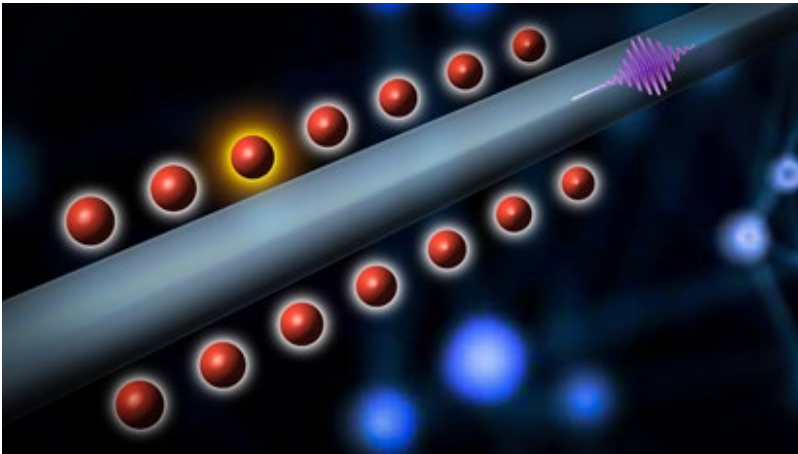
En utilisant quelques milliers d'atomes froids piégés à proximité d'une fibre optique, des physiciens ont créé pour la première fois un état atomique intriqué pouvant être stocké et lu ultérieurement sous la forme d'un photon unique guidé.

L'intégration d'atomes froids avec des guides d'onde nanoscopiques a suscité un vif intérêt ces dernières années, donnant ainsi naissance à un domaine de recherche en plein essor : l'électrodynamique quantique en guide d'ondes. De telles plateformes devraient permettre une intégration plus facile et de meilleures performances que celles des dispositifs en espace libre, aboutissant finalement à des technologies sur puce pour un futur Internet quantique. De plus, le mariage atomes froids-nanophotonique ouvre de nouvelles directions pour l'exploration des interactions atome-photon, grâce aux paramètres inexplorés que cette approche peut offrir. En modifiant la structure du guide d'ondes, il est en effet possible d'augmenter l'interaction entre la lumière et les atomes en passage unique, ou encore de réaliser des interactions de portée accordable entre les atomes. Jusqu'à présent, les progrès expérimentaux ont toutefois été très limités en raison de la difficulté à marier ces deux mondes.

Des physiciens du Laboratoire Kastler Brossel ([LKB](#), CNRS/Sorbonne Université/ENS Paris/Collège de France) décrivent une étape importante dans cette direction. L'équipe a utilisé une chaîne d'atomes de césium piégés le long d'un guide d'onde nanoscopique. Dans cette configuration, les chercheurs ont pu fabriquer et stocker une seule excitation atomique, comme dans une mémoire quantique, et la lire ensuite à la demande sous la forme d'un photon unique guidé. Dans cette expérience, le guide est fabriqué à partir d'une fibre optique commerciale dont le diamètre a été réduit localement à 400 nanomètres. En raison de cette petite taille transversale, une grande partie de la lumière voyage à l'extérieur de la nanofibre dans un champ évanescent fortement focalisé sur 1 centimètre. Ce champ permet de piéger environ 2000 atomes froids à 200 nm de la surface. Cette technique de piégeage a été mise au point il y a quelques années, mais l'utiliser pour réaliser un dispositif quantique fonctionnel était une gageure expérimentale. Initialement, tous les atomes sont préparés dans un seul niveau d'énergie. Ensuite, une impulsion d'écriture, un laser très atténué et hors de résonance, illumine la fibre. La détection d'un photon diffusé par les atomes dans la fibre annonce la création d'une seule excitation collective partagée par l'ensemble de la chaîne atomique. Pour récupérer cette excitation, une impulsion de lecture peut alors être envoyée. Le couplage entre les atomes et le guide d'ondes permet la conversion de cette excitation en un photon unique qui se propage dans la fibre. Les performances obtenues dépassent déjà les valeurs de référence pour développer des versions rudimentaires de réseaux quantiques d'information.

Ce système trouve naturellement des applications pour les réseaux quantiques, car cette expérience fournit désormais un nœud quantique entièrement fibré. Cette démonstration ouvre également la voie à de nouvelles études dans ce système 1D, que ce soit pour l'optique non-linéaire quantique et la simulation quantique.





En utilisant des réseaux 1D d'atomes de césium autour d'une nanofibre, des chercheurs du Laboratoire Kastler Brossel ont réalisé un état intriqué de plusieurs milliers d'atomes et ont réussi à lire cette superposition quantique sous la forme d'un photon unique guidé. © LKB (CNRS/Sorbonne Université/ENS Paris/Collège de France)



Image d'une nanofibre optique (en rouge) à l'intérieur d'une chambre à vide. Des atomes froids sont piégés autour de la fibre, à environ 200 nanomètres de la surface, et interfacés via la lumière guidée. Ces « atomes fibrés » constituent une plateforme intégrée pour les réseaux d'information quantique et un nouveau champ d'investigation pour l'électrodynamique quantique en guide d'onde. © N. V. Corzo, LKB (CNRS/Sorbonne Université/ENS Paris/Collège de France)

Bibliographie

Waveguide-coupled single collective excitation of atomic arrays. Neil V. Corzo, Jérémy Raskop, Aavek Chandra, Alexandra S. Sheremet, Baptiste Gouraud et Julien Laurat, *Nature*, le 4 février 2019

Contacts

Chercheur LKB | Julien Laurat | julien.laurat@sorbonne-universite.fr
Communication INP | inp.com@cnrs.fr