



Les chercheurs injectent une impureté dans un gaz ultrafroid à une dimension, générant ainsi une quasi-particule aux propriétés exotiques.
Crédit : Université d'Innsbruck

Bruxelles, le 28 mai 2025

Observation des anyons : des quasi-particules exotiques dans les recoins les plus froids de l'univers

Physique quantique : des bosons transformés en anyons dans un gaz quantique

Recherche

Une étude publiée dans la revue *Nature* rapporte la première observation de propriétés anyoniques dans un gaz quantique à une dimension. Menée notamment par Nathan Goldman, chercheur à l'Université libre de Bruxelles, cette recherche contribue à mieux comprendre l'émergence de quasi-particules exotiques dans l'univers, ouvrant des perspectives pour les technologies quantiques.

La nature classe les particules en deux catégories fondamentales : les fermions et les bosons. Les particules constituant la matière, comme les quarks et les électrons, appartiennent à la famille des fermions, tandis que les bosons jouent généralement le rôle de vecteurs de force — c'est le cas, par exemple, des photons qui assurent les interactions électromagnétiques, ou des gluons qui régissent les forces nucléaires. Lorsqu'on échange deux fermions, la fonction d'onde quantique acquiert un signe moins, autrement dit une phase de π (pi). La situation est complètement différente pour les bosons : leur phase d'échange est nulle. Cette propriété statistique quantique a des conséquences radicales sur le comportement des systèmes quantiques, qu'ils soient fermioniques ou bosoniques. Elle explique notamment la structure du tableau périodique des éléments, et le comportement de la matière en général.

Cependant, dans des systèmes de faible dimension, une nouvelle classe fascinante de particules émerge : les anyons — ni fermions, ni bosons, avec des phases d'échange comprises entre 0 et π . Contrairement aux particules classiques, les anyons n'existent pas de manière indépendante, mais apparaissent comme des excitations au sein d'états quantiques de la matière. Ce phénomène est comparable aux phonons, qui se manifestent comme des vibrations dans une corde, tout en se comportant comme des « particules de son » distinctes. Si des anyons ont déjà été observés dans des milieux bidimensionnels, leur présence dans des systèmes unidimensionnels (1D) restait insaisissable — jusqu'à présent.

Une étude publiée dans la revue *Nature* rapporte la première observation d'un comportement anyonique émergent dans un gaz bosonique unidimensionnel ultrafroid. Cette recherche est le fruit d'une collaboration entre le groupe expérimental de Hanns-Christoph Nägerl à l'université d'Innsbruck (Autriche), le théoricien Mikhail Zvonarev à l'Université Paris-Saclay, et le groupe théorique de **Nathan Goldman de la Faculté des Sciences de l'Université libre de Bruxelles** (Belgique) et au Collège de France (Paris). L'équipe a réussi cet exploit en injectant et en accélérant une impureté mobile dans un gaz bosonique fortement corrélé, analysant avec précision la distribution de son impulsion. Leurs résultats révèlent que l'impureté permet l'émergence d'anyons dans le système.

« Ce qui est remarquable, c'est que nous pouvons ajuster continûment la phase statistique, ce qui nous permet de passer progressivement d'un comportement bosonique à un comportement fermionique », explique Sudipta Dhar, l'un des auteurs principaux de l'étude. Le théoricien Botao Wang confirme : « Notre modélisation reflète directement cette phase et nous permet de reproduire très fidèlement les résultats expérimentaux dans nos simulations numériques. »

Ce cadre expérimental d'une élégante simplicité ouvre de nouvelles perspectives pour l'étude des anyons dans des gaz quantiques hautement contrôlés. Au-delà de la recherche fondamentale, ces travaux suscitent un grand intérêt, car certains types d'anyons pourraient permettre le calcul quantique topologique — une approche révolutionnaire susceptible de lever des verrous majeurs des processeurs quantiques actuels.

Cette découverte marque une étape clé dans l'exploration de la matière quantique, apportant un nouvel éclairage sur le comportement exotique de particules qui pourraient façonner l'avenir des technologies quantiques.

Publication: Observing anyonization of bosons in a quantum gas. Sudipta Dhar, Botao Wang, Milena Horvath, Amit Vashisht, Yi Zeng, Mikhail B. Zvonarev, Nathan Goldman, Yanliang Guo, Manuele Landini, Hanns-Christoph Nägerl. *Nature* 2025
DOI: [10.1038/s41586-025-09016-9](https://doi.org/10.1038/s41586-025-09016-9) [arXiv: [2412.21131](https://arxiv.org/abs/2412.21131)]

Contact scientifique :

Nathan Goldman, nathan.goldman@ulb.be. Faculté des Sciences, Université libre de Bruxelles

Nathan Goldman a bénéficié d'un financement ERC pour le projet de recherche [LATIS](#) : Local Addressing of Topological Interacting Systems

Contact

Service communication
de l'Université libre de Bruxelles
presse@ulb.be

Vous avez reçu cet e-mail parce que vous êtes un contact de Presse de l'Université libre de Bruxelles.
Si vous ne souhaitez plus recevoir ces courriers électroniques, vous pouvez vous désinscrire en écrivant
à l'adresse presse@ulb.be.