

Repousser les limites de l'information quantique : le projet QINF

9.9.2026 - | École Polytechnique

Marc-Olivier Renou est titulaire d'une chaire de professeur junior au Centre Inria de l'Institut Polytechnique de Paris, au sein de l'équipe PhIQus et affilié au Centre de Physique Théorique (CPHT) et au Laboratoire d'informatique de l'École polytechnique (LIX). Avec le projet QINF, il explore une nouvelle frontière de l'information quantique : les bits fermioniques. Ce projet est financé par une bourse Starting Grant du Conseil européen de la recherche (ERC).

Les développements actuels vers des ordinateurs quantiques reposent sur les qubits, ou bits quantiques, des unités d'information encodées dans des systèmes quantiques comme des photons ou des ions. Généralement, il s'agit de manipuler les états internes de ces systèmes (la polarisation des photons, ou les niveaux d'énergie des ions par exemple), afin de réaliser des opérations de calcul. Mais s'il existait une autre façon de réaliser des bits quantiques, en utilisant plutôt les caractéristiques fondamentales d'un type de particules, les fermions ? C'est l'objectif de Marc Olivier Renou, QINF (Fundamental Laws Ruling Quantum Information: Bits, Qubits and Fermionic Bits in Networks).

Utiliser les propriétés des fermions

En physique quantique, deux grandes familles de particules existent : les fermions (par exemple, les électrons) et les bosons (comme les photons). Ils se distinguent en obéissant à des lois statistiques différentes qui décrivent leur comportement collectif. Ainsi, deux fermions identiques ne peuvent jamais occuper le même état quantique simultanément. C'est le principe d'exclusion de Pauli qui explique la cohésion de la matière, et qui est mathématiquement représenté par une règle dite d'anticommutation ». Au contraire des bosons, qui peuvent s'accumuler, créant des états exotiques comme la superfluidité ou la condensation de Bose-Einstein.

En encodant l'information dans la présence ou l'absence d'un fermion, pour former un bit fermionique, ou febit, l'objectif de Marc Olivier Renou et de son équipe est de montrer qu'on peut réaliser des tâches dans des réseaux quantiques qui seraient impossibles avec des qubits traditionnels.

Des nouveaux comportements qui échapperaient à la théorie actuelle

Cette rupture conceptuelle s'inspire des travaux du physicien John Bell et de son théorème, qui stipule que certaines expériences quantiques ne peuvent pas être expliquées par des théories classiques, ce qui a ouvert la voie aux expériences d'Alain Aspect sur le phénomène d'intrication. De la même manière, QINF cherche à prouver que certains comportements des fermions dans des réseaux quantiques ne peuvent être reproduits par la théorie standard de l'information quantique.

Des résultats théoriques préliminaires (1) indiquent que, dans certains réseaux, les fermions pourraient réaliser des tâches impossibles à reproduire avec des bosons. Une découverte qui pourrait révolutionner la manière dont nous concevons les systèmes de communication quantique.

(1) M. Moradi et al., « Fermions are fundamentally more nonlocal than Bosons », arXiv:2606.12363 (2026)

*CPHT : une unité mixte de recherche CNRS, École polytechnique, Institut Polytechnique de Paris,
91120 Palaiseau, France

*LIX : une unité mixte de recherche CNRS, École polytechnique, Institut Polytechnique de Paris,
91120 Palaiseau, France

<https://www.polytechnique.edu/actualites/repousser-les-limites-de-linformation-quantique-le-projet-qinf>