



Institut de physique  
Actualité scientifique

## Des ondes de matière sous contrôle optimal

**Des chercheurs et des chercheuses sont parvenus à manipuler précisément et simplement des nuages d'atomes ultrafroids, des condensats de Bose-Einstein, à l'aide d'un réseau optique commandé par un algorithme de contrôle optimal.**

La physique quantique a révélé le comportement contre-intuitif de la matière à l'échelle atomique. Désormais, le développement des technologies quantiques tente de maîtriser ce comportement pour construire des appareils de mesure ou de calcul quantique aux performances inégalables par la technologie classique. La maîtrise de la préparation des états quantiques grâce à des techniques de contrôle quantique constitue un élément clé pour cela. C'est sur cet aspect que des physiciens et des physiciennes du Laboratoire collisions agrégats réactivité ([LCAR](#), CNRS/Univ. Toulouse – Paul Sabatier) et du Laboratoire interdisciplinaire Carnot de Bourgogne ([ICB](#), CNRS/COMUE Univ. Bourgogne Franche-Comté) publient de nouveaux résultats dans *PRX Quantum*. En utilisant une nouvelle façon de manipuler un nuage d'atomes formant un condensat de Bose-Einstein, ils démontrent la possibilité de préparer à volonté un état quantique où les atomes de cette onde de matière sont dans une superposition choisie de plusieurs vitesses distinctes, avec l'atout majeur de ne jouer que sur un seul paramètre, alors qu'il en fallait au moins deux jusqu'à présent.

Pour cela, les atomes ultrafroids sont placés dans une structure périodique de lumière, un réseau optique. En utilisant un algorithme de contrôle optimal, technique issue de l'ingénierie, les chercheurs calculent comment faire aller d'avant en arrière le réseau de façon idéale, afin d'amener l'onde de matière dans l'état quantique souhaité. A la fin de la manipulation, les atomes se trouvent dans une superposition de vitesses, multiples d'une vitesse élémentaire, et cette superposition peut être visualisée comme une chaîne de petits nuages atomiques (figure).

Cette technique offre une approche générale pour la préparation d'états quantiques dans les réseaux optiques, qui peut s'appliquer dans plusieurs domaines. Par exemple, dans les expériences de simulation quantique, les atomes dans le réseau périodique jouent le rôle d'électrons pour étudier des problèmes en matière condensée. Dans les expériences de métrologie quantique, des nuages atomiques de vitesses différentes peuvent interférer entre eux, et servir ainsi à la mesure d'une grandeur physique avec précision.





**Légende :** La maîtrise des chaînes de condensat permet de produire à volonté des lignes de points faites de nuages atomiques, avec lesquelles on peut former des lettres, puis des mots.

### **Référence**

#### **Quantum State Control of a Bose-Einstein Condensate in an Optical Lattice**

N. Dupont, G. Chatelain, L. Gabardos, M. Arnal, J. Billy, B. Peaudecerf, D. Sugny, and D. Guéry-Odelin, *PRX Quantum*, paru le 05 octobre 2021.

DOI: [10.1103/PRXQuantum.2.040303](https://doi.org/10.1103/PRXQuantum.2.040303)

disponible sur les bases d'archives ouvertes [arXiv](https://arxiv.org/abs/10.1103/PRXQuantum.2.040303).

### **Contacts**

**David Guéry-Odelin** | Enseignant Chercheur | Univ. de Toulouse Paul Sabatier | LCAR | [dgo@irsamc.ups-tlse.fr](mailto:dgo@irsamc.ups-tlse.fr)  
**Communication CNRS-INP** | [inp.com@cnrs.fr](mailto:inp.com@cnrs.fr)

