

## Contrôle quantique de l'état d'un condensat de Bose-Einstein dans un réseau optique

Juliette Billy<sup>a\*</sup>, Nathan Dupont<sup>a</sup>, Gabriel Chatelain<sup>a</sup>, Lucas Gabardos<sup>a</sup>, Maxime Arnal<sup>a</sup>, Bruno Peaudecerf<sup>a</sup>, Dominique Sugny<sup>b</sup> et David Guéry-Odelin<sup>a</sup>

a. Laboratoire Collisions Agrégats Réactivité, FERMI, Université de Toulouse – CNRS, Toulouse, France

b. Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne, Dijon, France

\* email : [juliette.billy@irsamc.ups-tlse.fr](mailto:juliette.billy@irsamc.ups-tlse.fr)

Les atomes froids constituent une plateforme de choix pour les simulations quantiques, grâce au développement de techniques innovantes pour créer des Hamiltoniens de synthèse. La préparation de l'état initial désiré est également une étape clé pour les simulations quantiques. En effet, la possibilité de préparer des états de manière précise et rapide est un prérequis nécessaire à l'étude de la dynamique de systèmes quantiques complexes.

En utilisant les techniques du Contrôle Optimal [1], nous avons démontré que nous pouvions contrôler la distribution en impulsion d'un condensat de Bose Einstein dans un réseau optique unidimensionnel [2]. Nous considérons un protocole de contrôle simple dans lequel un unique paramètre, la position du réseau, est modifié. Une grande variété d'états cibles peuvent être générés avec notre protocole de contrôle : état d'impulsion arbitraire, superposition d'états avec contrôle de la phase relative entre les composantes d'impulsion ou encore états propre du réseau, et ce de manière accélérée par rapport aux protocoles adiabatiques de contrôle habituellement utilisés. Dans chaque cas, nous obtenons un bon accord entre les résultats expérimentaux et les simulations numériques correspondantes. Enfin pour illustrer la robustesse et la polyvalence de notre protocole de contrôle, nous avons combiné un grand nombre de résultats expérimentaux pour réaliser une « imprimante à atomes ».

[1] S. J. Glaser *et al.*, *Training Schrödinger's cat: quantum optimal control*, Eur. Phys. J. D 69, 279 (2015).

[2] N. Dupont, G. Chatelain, L. Gabardos, M. Arnal, J. Billy, B. Peaudecerf, D. Sugny, D. Guéry-Odelin, *Quantum state control of a Bose-Einstein condensate in an optical lattice*, arXiv:2105.05667.



**Figure 1** : Illustration d'une imprimante à atomes. Chaque colonne de l'image correspond à une image expérimentale d'absorption, obtenue après préparation d'une superposition arbitraire d'états d'impulsion  $p = \{-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3\}\hbar k_L$  (avec  $k_L = \frac{2\pi}{d}$  et  $d$  le pas du réseau) et temps de vol.