

Titre : Étude de la dynamique hors équilibre des gaz de Bosons unidimensionnels

Mots clés : Quantique - Intégrabilité - Unidimensionnel - Boson - Dynamique

Résumé : Cette thèse porte sur l'étude expérimentale et théorique des gaz quantiques unidimensionnels hors équilibre, réalisée avec des atomes ultra-froids de rubidium 87 piégés sur une puce atomique. Ce dispositif permet un confinement transverse fort et un contrôle longitudinal précis, ouvrant la voie à l'exploration de situations exotiques comme l'analogie quantique du pendule de Newton.

Dans ce régime, les interactions sont décrites par le modèle intégrable de Lieb-Liniger, résolu par la méthode de Bethe Ansatz. Les systèmes ainsi obtenus ne se thermalisent pas selon Gibbs, mais via l'ensemble généralisé de Gibbs (GGE). J'ai initié un travail théorique sur le calcul des fluctuations d'observables, nécessaire pour tester cette description, sans toutefois mener de mesures expérimentales correspondantes.

L'hydrodynamique généralisée (GHD) com-

plète le GGE en décrivant la dynamique à grande échelle. Dans ce cadre, nous avons étudié des dynamiques de type « problème de Riemann », et développé expérimentalement un dispositif de micro-miroirs (DMD) pour façonner les potentiels et sonder localement la distribution de rapidité, ouvrant la voie à des situations hors équilibre contrôlées.

Enfin, nous avons exploré des alternatives au confinement magnétique sur puce, en particulier la mise en place d'un piège dipolaire optique offrant une flexibilité accrue dans l'ingénierie de potentiels longitudinaux.

En résumé, cette thèse combine avancées expérimentales et théoriques sur la préparation et la manipulation de gaz bosoniques intégrables, la mise en œuvre d'outils de mesure locaux, et l'articulation avec les cadres modernes de relaxation et de dynamique (GGE et GHD).

Title : Study of the out-of-equilibrium dynamics of one-dimensional Bose gases

Keywords : Quantum – Integrability – One-dimensional systems – Bosons – Dynamics

Abstract : This thesis focuses on the experimental and theoretical study of one-dimensional quantum gases out of equilibrium, using ultracold rubidium-87 atoms trapped on an atom chip. This setup provides strong transverse confinement and precise longitudinal control, enabling the exploration of exotic situations such as the quantum analogue of Newton's cradle.

In this regime, interactions are described by the integrable Lieb–Liniger model, solvable by the Bethe Ansatz method. Such systems do not thermalize according to the standard Gibbs ensemble, but rather via the Generalized Gibbs Ensemble (GGE). I initiated theoretical work on the calculation of observable fluctuations, which are necessary to test this description, although no corresponding experimental measurements were carried out during this thesis.

Generalized Hydrodynamics (GHD) complements the GGE by describing the large-scale

dynamics of integrable gases. In this framework, we investigated dynamics of the “quantum Riemann problem” type, and developed an experimental device based on a Digital Micro-mirror Device (DMD) to shape potentials and locally probe the rapidity distribution, paving the way for controlled out-of-equilibrium configurations.

Finally, we explored alternatives to chip-based magnetic confinement, in particular the implementation of an optical dipole trap providing increased flexibility in engineering longitudinal potentials.

In summary, this thesis combines experimental and theoretical advances in the preparation and manipulation of integrable bosonic gases, the development of novel local probing tools, and the connection to modern theoretical frameworks for relaxation and dynamics (GGE and GHD).