

Processus nonlinéaires dans les fluides quantiques

Divers systèmes quantiques, des vapeurs atomiques ultra-froides à l'hélium superfluide, présentent de riches structures non linéaires telles que des solitons, des tourbillons et des ondes de choc qui fournissent des informations sur des comportements quantiques complexes. Ce projet de stage vise à explorer l'interaction entre la non-linéarité et les effets quantiques, en se concentrant particulièrement (i) sur la dynamique de bosons interagissant dans une géométrie uni-dimensionnelle et (ii) la formation de paires vortex-antivortex dans des condensats Bose-Einstein di-dimensionnels.

Le stage est axé sur un projet de physique théorique. Il est conçu pour être suivi d'un doctorat, où l'on visera à rester en contact étroit avec les questions expérimentales.

Après une période consacrée à l'apprentissage des outils théoriques nécessaires (méthode de Riemann pour les équations aux dérivées partielles hyperboliques), l'étudiant.e étudiera la propagation non linéaire de une tranche de bosons en interaction dans une configuration uni-dimensionnelle. L'idée étant de reproduire la configuration étudiée lors d'une expérience récemment réalisée à l'IOSG.

Un autre aspect de ce projet de doctorat porte sur la formation des tourbillons dans les superfluides bidimensionnels. Dans ces systèmes, les tourbillons sont appelés vortex et possèdent une charge topologique quantique appelée vorticité. La conservation de cette charge nécessite que les vortex apparaissent par paires de vorticités opposées, appelées paires vortex/antivortex. De plus, les vortex sont caractérisés par un autre indice topologique: l'indice de Poincaré. La conservation de la vorticité et de l'indice de Poincaré implique que la création d'une paire vortex/antivortex s'accompagne de l'émergence d'autres points critiques, tels que les extréma de la phase ou des points selles. Un objectif de ce projet de doctorat est l'étude de différents scénarios de formation de vortex/antivortex dans un condensat Bose-Einstein à deux composants. On prévoit que de nouvelles charges topologiques devront être prises en compte, menant à de nouveaux processus de bifurcation pour la formation des paires de vortex. Étant donné que la turbulence est associée à la formation d'un grand nombre de vortex, la compréhension de ces nouvelles contraintes topologiques pourrait également éclairer les voies menant à la turbulence quantique dans les superfluides à deux composants.