

Projet de thèse

Directrice de thèse : Hélène Perrin — Co-encadrant : Romain Dubessy

Dynamique superfluide dans une bulle

L'équipe Rubidium de l'axe Gaz Quantiques du Laboratoire de physique des laser est experte des propriétés de superfluidité des gaz atomiques ultrafroids. Le gaz étudié est confiné dans un piège creux, en forme de bulle, obtenu en combinant des champs magnétiques statiques et radiofréquences. Cette géométrie originale donne accès à plusieurs situations où la dynamique superfluide peut se manifester, dont l'étude fera l'objet de la thèse proposée.

D'une part, on étudiera la stabilité d'un tourbillon quantique (ou vortex) multichargé dans un piège harmonique. Nous avons mis au point une technique de préparation d'un tel vortex multichargé, a priori instable, qui finit par se scinder en plusieurs vortex de charge unité. L'objectif est d'étudier expérimentalement la dynamique de cette scission, et de la comparer à des prédictions théoriques. La préparation du tourbillon initial sera améliorée par la mise en œuvre de la technique d'impression d'un profil d'intensité contrôlé. Un banc SLM a été développé à cette fin par Thomas Badr et Avinash Kumar et doit être installé sur l'expérience.

Le deuxième volet du projet de thèse concerne l'étude de la stabilité d'un écoulement superfluide supersonique en présence d'un obstacle. Nous avons récemment réalisé un anneau superfluide tournant à environ 18 fois la vitesse locale du son [1]. Le superfluide est stable sur des dizaines de secondes, et nous voulons étudier comment un défaut local crée par un potentiel optique contrôlé dynamiquement déclenche la dissipation de la rotation, et les effets d'onde de choc ou de turbulence qui devraient s'ensuivre. Nous avons publié récemment des articles théoriques sur le sujet en collaboration avec Anna Minguzzi et Maxim Olshanii [2, 3], mais pour des vitesses plus modestes. La description de la dissipation superfluide à ces vitesses hypersoniques n'a pas encore été observée expérimentalement, il y a très peu de littérature théorique et de nombreuses questions restent ouvertes.

Le troisième volet a pour but d'étudier l'état d'équilibre et les excitations d'un superfluide piégé à la surface de la bulle habillée quand la gravité est compensée par la force magnétique verticale inhérente à la bulle. Cette configuration originale est riche de développements car elle met en jeu des considérations topologiques fondamentales d'une surface fermée à deux dimensions. Cette partie du projet se fera dans le cadre d'une collaboration avec l'équipe de Vanderlei Bagnato à l'Université de São Paulo au Brésil, spécialiste de turbulence quantique.

Références

- [1] Y. Guo et al., *Supersonic Rotation of a Superfluid : A Long-Lived Dynamical Ring*, *Phys. Rev. Lett.* **124** (2020) 025301.
- [2] J. Polo et al., *Oscillations and Decay of Superfluid Currents in a One-Dimensional Bose Gas on a Ring*, *Phys. Rev. Lett.* **123** (2019) 195301.
- [3] R. Dubessy et al., *Universal shock-wave propagation in one-dimensional Bose fluids*, *Phys. Rev. Res.* **3** (2021) 013098.