

Proposition de stage de master 2

Dynamique loin de l'équilibre dans des fluides quantiques à deux composantes

Pierre-Élie Larré*

Laboratoire de physique théorique et modèles statistiques (LPTMS), Orsay

Octobre 2026

Les fluides quantiques — qu'il s'agisse par exemple de condensats de Bose-Einstein atomiques ou de superfluides de lumière paraxiaux — constituent l'un des piliers de la physique quantique moderne. L'introduction d'un couplage entre deux degrés de liberté internes enrichit considérablement la physique de ces systèmes, en donnant lieu à des phénomènes de miscibilité complexes, à l'hybridation d'excitations collectives et topologiques, ou encore à des comportements singuliers au niveau des fluctuations quantiques.

Ce stage a pour objet l'étude théorique de la dynamique loin de l'équilibre de fluides quantiques à deux composantes soumis à une variation temporelle d'un paramètre de leur hamiltonien. Le cadre formel s'appuie sur des équations de Schrödinger non linéaires couplées et la théorie de Bogoliubov dépendante du temps, complétées au besoin par d'autres approches théoriques.

En concertation avec la personne recrutée, le travail de stage s'articulera autour de l'une des thématiques suivantes :

- 1. Mélange immiscible en piège secoué :** Dynamique des structures « cœur-coquille », dynamique radiale de type Rayleigh-Plesset, modes d'excitation à l'interface fluide-fluide.
- 2. Dynamique de relaxation avec impuretés :** Distribution en impulsion et contact de Tan hors-équilibre d'un condensat de Bose-Einstein relâché après piégeage, en présence d'impuretés de spin diluées.
- 3. Thermalisation sous trempe quantique :** (Pré)thermalisation d'un mélange quantique à deux composantes à travers son espace des phases, consécutive à une trempe des interactions.
- 4. Universalité émergente :** Diffusion de phase selon la dynamique de Kardar-Parisi-Zhang dans un condensat de Bose-Einstein couplé de manière cohérente à des états fuyants.

Le travail, principalement analytique, s'appuiera sur des simulations numériques destinées à étayer et guider la modélisation théorique. La recrue rejoindra l'équipe de physique quantique du LPTMS, où elle bénéficiera d'échanges locaux privilégiés avec Dmitry Petrov et Nicolas Pavloff, ainsi que de discussions régulières avec les équipes expérimentales du Laboratoire Charles Fabry à Palaiseau (David Clément, Thomas Bourdel), du Laboratoire Kastler Brossel à Paris (Quentin Glorieux), du Laboratoire Exotic Quantum Matter à Strasbourg (Tom Bienaimé) et de l'Institut de physique de Nice (Claire Michel, Matthieu Bellec).

Ce stage a vocation à se prolonger par une thèse de doctorat au LPTMS (soumise à l'obtention d'un financement), au cours de laquelle l'ensemble des axes de recherche présentés ci-dessus pourra être pleinement développé.

*Courriel : pierre-elie.larre@universite-paris-saclay.fr ; Web : <https://pierre-elie-larre.github.io/>