

## Projet de thèse

Directrice de thèse: Hélène Perrin  
Co-encadrant: Aurélien Perrin

### Excitations d'un gaz de Bose unidimensionnel avec interactions ajustables

#### Projet

La physique des systèmes à  $N$  corps en interaction présente des spécificités dans les régimes de basse dimension à la fois surprenantes et stimulantes pour les expérimentateurs tout autant que les théoriciens. Avec le développement de simulateurs quantiques basés sur l'utilisation de gaz ultra-froids dont les interactions peuvent être contrôlées, cette physique riche est aujourd'hui accessible à l'expérimentation. Ces avancées rapides laissent espérer le développement de technologies quantiques au sein desquels les propriétés fascinantes des systèmes de basse dimension seraient exploitées.

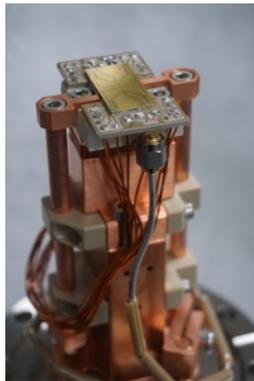


Figure: Vue de la puce à atomes.

Dans ce contexte, le laboratoire de physique des lasers (LPL) a développé une expérience permettant l'obtention de gaz dégénérés de sodium piégés dans des potentiels très anisotropes, rendant accessible l'étude des propriétés des gaz de Bose unidimensionnels (1D). Le confinement est obtenu au moyen d'une puce à atomes (voir figure), qui comporte un guide d'onde micro-onde ouvrant la voie à un contrôle des interactions interatomiques au moyen d'une résonance dite de Feshbach propre aux alcalins. La puce à atomes a été installée dans l'enceinte à vide et l'obtention de gaz froids unidimensionnels est en cours.

Le projet de doctorat vise principalement à explorer les propriétés des deux branches d'excitation du modèle de Lieb-Liniger qui décrit la physique d'un système quantique 1D et homogène. Pour la première branche, une mesure du facteur de structure dynamique via une spectroscopie de Bragg sera réalisée. L'étudiant réalisera le montage des faisceaux laser nécessaires à la réalisation de cette spectroscopie. La seconde branche est propre aux systèmes unidimensionnels et a été associée à l'existence de solitons quantiques dont la nature précise n'a pas été encore déterminée. À l'aide de la résonance de Feshbach, nous aurons accès à l'ensemble du diagramme des phases des gaz 1D. Pour explorer les propriétés de cette branche, nous collaborons dans le cadre du projet ANR Quantum-SOPHA avec des équipes de théoriciens à Nice et Grenoble pour réaliser une mesure de la fonction spectrale.

Dans un second temps, nous nous intéresserons aux propriétés hors équilibre de ces systèmes. D'une part des ondes de choc seront produites au sein du gaz à l'aide d'une méthode d'impression de phase et nous étudierons spécifiquement le front de l'onde de choc dans différents régimes d'interaction. En

particulier dans le régime des interactions fortes, nous nous attendons à ce que l'effet des fluctuations quantiques soient prédominants. D'autre part, nous étudierons les propriétés de transport quantique au travers d'une barrière de potentiel créée optiquement au centre du gaz.

## Calendrier

- Année 1: Mise en place d'un système de détection en fluorescence indispensable pour observer les gaz dans des régimes d'interaction forte. Introduction de barrières de potentiel optiques pour passer d'un confinement harmonique à une boîte permettant d'accéder à des systèmes de densité homogène. Mise en place des faisceaux Bragg.
- Année 2: Réalisation de la spectroscopie de la première branche d'excitation. Mesures de la fonction spectrale pour la seconde branche d'excitation
- Année 3: Mise en place d'une barrière optique au sein du potentiel et mise en mouvement des atomes à l'aide d'un gradient optique. Mesure des propriétés de transport du système. Étude des propriétés des ondes de choc. Rédaction de la thèse.