

Laboratory name :
CNRS identification code :
Internship director's surname :
e-mail :
Phone number :
Web page :
Internship location :
Thesis possibility after internship :
Funding :

LPTMC
UMR7600
Kurkjian
hadrien.kurkjian@gmail.com
+33 6 77 94 83 04
<https://www.lpt.ups-tlse.fr/spip.php?article1549>
LPTMC, 4 place Jussieu, Paris
YES
YES, on ANR grant



Liquides de fermions froids

Directeurs de thèse : Hadrien Kurkjian^{1,2}

¹Laboratoire de Physique Théorique de la Matière Condensée, Sorbonne Université, CNRS, Paris, France

²Laboratoire de Physique Théorique, Université Paul Sabatier, CNRS, Toulouse, France

Le projet de ce stage théorique est d'étudier le comportement des gaz quantiques fermioniques placés hors d'équilibre. Cette thématique de recherche remonte aux débuts de la physique quantique à N corps [1] mais elle a pris une importance nouvelle grâce au dynamisme des expériences de piégeage d'atomes froids. Les nouvelles technologies de piégeage par laser, notamment les boîtes à atomes [2], permettent d'obtenir des gaz de fermions extrêmement propres et malléables, qui peuvent ainsi mettre à l'épreuve notre compréhension fondamentale de la matière quantique. Dans ce nouveau contexte expérimental, on s'aperçoit que les anciennes approches développées pour des systèmes plus complexes tel que l'hélium superfluide ou les gaz d'électrons dans les solides sont trop imprécises et doivent être revisitées.

Lors d'une première étude en collaboration avec le groupe expérimental de Yale university nous avons montré que la propagation du son dans un gaz de fermions en interaction faible est excellentement bien décrite par la théorie de Landau des liquides de Fermi [3]. Cette approche décrit le système de manière effective comme un gaz dilué de quasiparticules avec comme relation de dispersion $\epsilon_{\mathbf{p},\uparrow} = p^2/2m + g\rho_{\downarrow}$ (où g est la constante de couplage de l'interaction entre les atomes, et ρ_{σ} la densité des fermions de spin σ) et comme fonction d'interaction $f_{\mathbf{p},\uparrow,\mathbf{p}',\downarrow} = g$. Ces paramètres de Landau particulièrement simples nous ont permis de résoudre l'équation de transport de manière exacte, et donc de décrire finement la transition entre régime faiblement collisionnel et hydrodynamique pour la propagation du son.

Nous pensons cependant que ce résultat peut se généraliser au régime d'interaction plus forte, à condition d'adapter les paramètres de Landau $\epsilon_{\mathbf{p},\uparrow}$ et $f_{\mathbf{p},\mathbf{p}'}$. L'objectif du stage est donc de pousser la résolution de l'équation de transport à l'ordre g^2 (l'ordre 2 en la force des interactions). À cet ordre, la relation de dispersion des quasiparticules devrait acquérir une masse effective $m^* \neq m$, et des interactions $f_{\uparrow,\uparrow}$ et $f_{\downarrow,\downarrow}$ devraient apparaître. Il s'agit donc d'un scénario plus complexe mais qui permettra de tester la théorie de Landau plus finement. On cherchera notamment à voir si les expériences sont capables de mesurer la masse effective m^* des quasiparticules ou d'identifier d'éventuelles déviations au régime liquide de Fermi.

On pourra aussi s'intéresser au cas d'un gaz fortement polarisé ($\rho_{\downarrow} \ll \rho_{\uparrow}$), où le régime liquide de Fermi existe même en régime d'interaction forte, à condition que $g\rho_{\downarrow}$ reste petit devant l'énergie de Fermi. On s'attend à voir apparaître des modes de polarisation, liés aux fluctuations de $\rho_{\uparrow} - \rho_{\downarrow}$.

Ce stage nécessite une bonne connaissance des outils théoriques de la physique quantique à N corps, et un goût pour les calculs analytiques. Le ou la stagiaire pourra être rémunérée par des crédits ANR.

Les personnes intéressées doivent envoyer leur candidature à Hadrien Kurkjian (kurkjian@irsamc.ups-tlse.fr) avec un CV incluant les résultats de M1, et une brève lettre de motivation. Une ou deux lettres de recommandation seraient un plus.

Références

- [1] E.M. Lifshitz and L.P. Pitaevskii. Physical Kinetics. In *Landau and Lifshitz Course of Theoretical Physics*, volume 9, chapter VII. Pergamon Press, New York, 1981.
- [2] Nir Navon, Robert P. Smith, and Zoran Hadzibabic. Quantum gases in optical boxes. *Nature Physics*, 17(12) :1334–1341, 2021.
- [3] T. Repplinger, S. Huang, Y. Ji, H. Kurkjian, and N. Navon. Emergence of sound in a normal Fermi gas. à paraître, 2024.