

Stage de Master 2 - Créer de la matière synthétique à base de photons dans un Fluide Quantique de Lumière

Aperçu

Institution : Université Sorbonne - École Normale Supérieure - CNRS - Laboratoire Kastler Brossel

Équipe : Fluides Quantiques de Lumière - Alberto Bramati, Quentin Glorieux, Hanna Le Jeannic

Lieu : Campus Jussieu, Paris, France

Durée : 3 à 6 mois - suivi d'une thèse financée par l'ERC

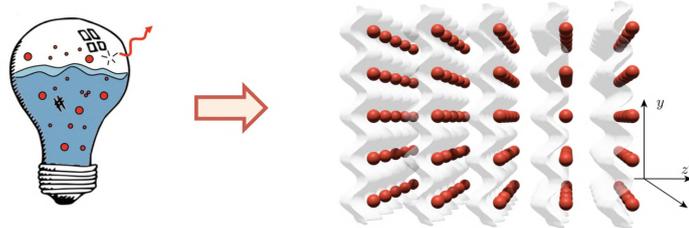
Sites Web : www.quantumoptics.fr et www.quentinglorieux.fr

Fluides quantiques de lumière

Les photons sont d'excellents porteurs d'information, mais ils n'interagissent généralement pas les uns avec les autres. Les atomes interagissent, mais ils sont difficiles à manipuler et ne bénéficient pas de l'arsenal de l'optique quantique pour détecter les fluctuations quantiques et l'intrication. De nombreuses approches ont été proposées pour **marier ces deux systèmes en vue de simuler de la matière condensée avec des photons fortement interagissant**, mais à ce jour, la réalisation de matériaux synthétiques composés de photons fait encore défaut.

Notre équipe vise cet objectif ambitieux, à savoir **la création de Matière Photonique Synthétique**.

Cet objectif repose sur une approche originale consistant à concevoir **une transition de phase quantique dans un fluide quantique de lumière**. En effet, il a été démontré [1] que, dans des circonstances appropriées, les photons peuvent acquérir une masse effective et se comporter comme un fluide quantique de lumière avec des interactions photon-photon. Des réalisations expérimentales impressionnantes de superfluidité [2, 3], de gravité analogue [4, 5] et d'effets de l'hydrodynamique quantique tels que les vortex [6] et les solitons [7] ont été réalisées avec des fluides de lumière. La situation actuelle est la suivante : nous disposons d'un superfluide de lumière (partie gauche de l'image ci-dessous) et nous voulons créer de la Matière Photonique ordonnée (partie droite de l'image).



Graphical abstract: a quantum fluid of light is turned into a 3D photonic Mott insulator

Description du stage

S'appuyant sur les expériences menées par notre groupe au LKB, nous proposons d'utiliser **une plateforme basée sur un nuage atomique de rubidium** pour étudier les fluides quantiques de lumière dans un nouveau régime. Plus précisément, nous examinerons **la transition superfluide - isolant de Mott pour la lumière se propageant dans un nuage atomique froid et dense**. Dans ce régime, les photons suivront une évolution similaire à celle des gaz quantiques atomiques ultrafroids, et notre hypothèse initiale est qu'un fluide de lumière devrait subir la même transition de phase, stimulée par les fluctuations quantiques [8, 9], que les gaz quantiques, et qu'un état à N-corps de lumière émergera de cette transition.

Principales responsabilités

En tant que membre de l'équipe des fluides quantiques de lumière, vous serez chargé de

- Concevoir et construire une nouvelle expérience d'atomes froids pour explorer la physique des fluides de lumière dans le régime des interactions fortes.
- Collaborer avec d'autres membres de l'équipe pour mener des expériences et analyser les données sur les expériences déjà en fonctionnement dans les vapeurs atomiques chaudes.

Impact du projet

Au niveau fondamental, l'état d'isolant de Mott de la lumière permet d'explorer des effets purement quantiques tels que l'émergence d'analogues de transitions de phase dans les systèmes hors équilibre, la présence de la déplétion quantique et des états préthermiques, ainsi que la dynamique de l'intrication dans les systèmes à plusieurs corps. Du côté appliqué, un isolant de Mott photonique est **une source géante de photons uniques (ou de tout état Fock)** avec potentiellement plusieurs centaines de sites de réseau fournissant des états de nombre de photons accordables et en parallèle. Cela devrait révolutionner les problèmes de mise à l'échelle pour les **technologies quantiques photoniques**.

Comment postuler - Contactez-nous

Nous proposons **une opportunité de stage (suivie d'une thèse financée par l'ERC)** pour étendre les capacités de notre plateforme à un nouveau niveau en augmentant de plusieurs ordres de grandeur les interactions effectives photon-photon et en entrant **dans le régime des interactions fortes**.

Pour toute question ou plus d'informations sur ce stage, ou pour postuler, veuillez nous contacter directement à l'adresse quentin.glorieux@lkb.upmc.fr.

Groupe des Fluides Quantiques de Lumière au LKB

Nous sommes un groupe de scientifiques accueillants, et nous visons à créer **un environnement de recherche inclusif et sécurisant**. Nous croyons fermement en la valeur de la diversité et de l'inclusion dans le domaine de la physique quantique, et nous encourageons **les femmes et/ou les personnes issues de groupes sous-représentés en physique** à postuler pour ce stage.



References

- [1] Q. Glorieux, T. Aladjidi, P. D. Lett, and R. Kaiser, “Hot atomic vapors for nonlinear and quantum optics,” *New Journal of Physics*, vol. 25, no. 5, p. 051201, 2023.
- [2] Q. Fontaine, T. Bienaimé, S. Pigeon, E. Giacobino, A. Bramati, and Q. Glorieux, “Observation of the bogoliubov dispersion in a fluid of light,” *Physical review letters*, vol. 121, no. 18, p. 183604, 2018.
- [3] C. Piekarski, W. Liu, J. Steinhauer, E. Giacobino, A. Bramati, and Q. Glorieux, “Measurement of the static structure factor in a paraxial fluid of light using bragg-like spectroscopy,” *Physical Review Letters*, vol. 127, no. 2, p. 023401, 2021.
- [4] M. J. Jacquet, L. Giacomelli, Q. Valnais, M. Joly, F. Claude, E. Giacobino, Q. Glorieux, I. Carusotto, and A. Bramati, “Quantum vacuum excitation of a quasinormal mode in an analog model of black hole spacetime,” *Physical Review Letters*, vol. 130, no. 11, p. 111501, 2023.
- [5] J. Steinhauer, M. Abuzarli, T. Aladjidi, T. Bienaimé, C. Piekarski, W. Liu, E. Giacobino, A. Bramati, and Q. Glorieux, “Analogue cosmological particle creation in an ultracold quantum fluid of light,” *Nature Communications*, vol. 13, no. 1, p. 2890, 2022.
- [6] A. Maitre, G. Lerario, A. Medeiros, F. Claude, Q. Glorieux, E. Giacobino, S. Pigeon, and A. Bramati, “Dark-soliton molecules in an exciton-polariton superfluid,” *Physical Review X*, vol. 10, no. 4, p. 041028, 2020.
- [7] T. Bienaimé, M. Isoard, Q. Fontaine, A. Bramati, A. Kamchatnov, Q. Glorieux, and N. Pavloff, “Quantitative analysis of shock wave dynamics in a fluid of light,” *Physical Review Letters*, vol. 126, no. 18, p. 183901, 2021.
- [8] M. Abuzarli, N. Cherroret, T. Bienaimé, and Q. Glorieux, “Nonequilibrium prethermal states in a two-dimensional photon fluid,” *Physical Review Letters*, vol. 129, no. 10, p. 100602, 2022.
- [9] Z. Li, F. Claude, T. Boulier, E. Giacobino, Q. Glorieux, A. Bramati, and C. Ciuti, “Dissipative phase transition with driving-controlled spatial dimension and diffusive boundary conditions,” *Physical Review Letters*, vol. 128, no. 9, p. 093601, 2022.