

Température et autres inhomogénéités en condensation de Bose-Einstein

Anne de BOUARD, CNRS et Ecole Polytechnique

Depuis les premières réalisations expérimentales de condensats il y a maintenant plus de vingt ans, l'étude des systèmes d'atomes froids a connu une véritable explosion dans la communauté des physiciens théoriciens. L'évolution d'un condensat est classiquement décrite par une fonction d'onde macroscopique qui vérifie, à température nulle, l'équation de Gross-Pitaevskii, qui n'est autre qu'une équation de Schrödinger non linéaire, à laquelle on ajoute généralement un potentiel – par exemple harmonique – décrivant le confinement des atomes.

L'une des questions d'intérêt apparue ces dix dernières années concerne la prise en compte de certaines fluctuations dans la dynamique. On s'intéressera ici en particulier à deux types de fluctuations : celles dues au paramètres du laser utilisé pour le confinement des atomes – qui généralement se traduisent par des fluctuations du potentiel de confinement – et celles dues à la prise en compte des effets de la température.

La dynamique hors équilibre des condensats à température finie a ainsi été à l'origine d'un modèle apparu en 2008 qui décrit les états (très peuplés) de basse énergie des atomes à l'aide d'un champ classique, couplé à un bain d'atomes hautement excités proches de l'équilibre thermique. Ce modèle, connu des physiciens sous le nom de “Stochastic Projected Gross Pitaevskii Equation” a notamment permis d'illustrer des phénomènes tels que la génération spontanée de vortex dans les condensats ([6]), et des phénomènes de transition de phase.

On décrira dans cet exposé quelques résultats mathématiques obtenus sur les modèles d'EDP stochastiques utilisés par les physiciens en présence de fluctuations de diverses origines – notamment l'influence de ces perturbations sur les structures présentes dans le modèle déterministe (vortex obtenus par mise en rotation du condensat par exemple) ou la convergence à l'équilibre dans le modèle à température finie. On décrira par ailleurs les méthodes numériques développées spécifiquement pour ces modèles, notamment dans le cadre du projet ANR BECASIM (becasim.math.cnrs.fr), projet entièrement dédié à la simulation numérique des condensats de Bose-Einstein. Ces résultats ont été obtenus dans divers travaux en collaboration avec Reika Fukuizumi, Arnaud Debussche et Romain Poncet.

Références

- [1] F.KH. ABDULLAEV, B.B. BAIZAKOV AND V.V. KONOTOP, *Dynamics of a Bose-Einstein condensate in optical trap*, Nonlinearity and Disorder : Theory and Applications, edited by F.Kh. Abdullaev, O. Bang and M.P. Soerensen, NATO Science Series vol. 45, Kluwer Dodrecht, 2001.
- [2] A. DE BOUARD, R. FUKUIZUMI, *Stochastic fluctuations in the Gross-Pitaevskii equation*, Nonlinearity, vol. 20, 2007.
- [3] A. DE BOUARD, R. FUKUIZUMI, *Representation formula for stochastic Schrödinger evolution equations and applications*, Nonlinearity, vol. 25, 2012.
- [4] A. DE BOUARD, R. FUKUIZUMI, R. PONCET, *Vortex solutions in Bose-Einstein condensation under a trapping potential varying randomly in time*, Discrete Contin. Dyn. Syst., vol. 20, 2015.
- [5] A. DE BOUARD, R. FUKUIZUMI, A. DEBUSSCHE, *Convergence to equilibrium in BEC*, en préparation.
- [6] C.N. WEILER, T.W. NEELY, D.R. SCHERER, A.S. BRADLEY, M.J. DAVIS, B.P. ANDERSON, *Spontaneous vortices in the fluctuations of Bose-Einstein condensates*, Nature, 2008.