

Dynamique des vortex dans un modèle non local de superfluide

Jason Reneuve, Julien Salort & Laurent Chevillard

Laboratoire de Physique, ENS de Lyon, 46 allée d'Italie 69007 Lyon
jason.reneuve@ens-lyon.fr

Les vortex quantiques sont les objets essentiels à l'établissement du régime de la turbulence superfluide [1]. Microscopiquement, ils sont communément décrits par l'équation de Gross-Pitaevskii, qui donne la dynamique du paramètre d'ordre Ψ du superfluide en interaction à deux corps locale (i.e. avec un pseudo-potentiel delta de Dirac) [2]. Cette approche permet de décrire des phénomènes essentiels tels que la reconnexion entre vortex [3]. Cependant un modèle en interaction locale n'explique pas la relation de dispersion observée expérimentalement [4] dans l'Hélium superfluide, qui est marquée par un minimum roton [5]. De plus en négligeant les variations de densité à l'échelle de la longueur d'interaction, ce modèle ne peut décrire précisément le coeur des vortex.

Nous étudions l'influence d'un modèle à pseudo-potentiel non-local sur la structure interne des vortex et sur le phénomène de reconnexion. Pour cela, nous utilisons une généralisation de l'équation de Gross-Pitaevskii [6] en interaction non-locale qui permet de reproduire la relation de dispersion observée avec le minimum roton :

$$i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \Psi + (\theta_a \star |\Psi|^2) \Psi, \quad (1)$$

où m et a sont respectivement la masse et la longueur de diffusion de l'atome d'hélium, \star le produit de convolution et θ_a un potentiel d'interaction de taille typique a . L'équation 1 est intégrée dans une boîte périodique par une méthode pseudo-spectrale avec déaliasing. Nous nous concentrons sur une condition initiale particulière constituée de deux vortex perpendiculaires et étudions leur reconnexion.

Nous comparons les cas local et non-local d'abord dans la structure interne des vortex stationnaires, où le cas non-local présente une échelle de longueur nouvelle par rapport au cas local. Nous continuons la comparaison des deux modèle à travers l'étude de la reconnexion. L'implémentation d'un algorithme de tracking 3D nous permet de nous intéresser à l'évolution de la longueur des vortex, ainsi qu'à l'énergie cinétique qu'ils portent. Enfin, nous observons des ondes hélicoïdales le long des vortex que nous caractérisons à l'aide d'une étude géométrique.

Références

1. BARENGHI C., L'VOV V. AND ROCHE, P., *Experimental, numerical, and analytical velocity spectra in turbulent quantum fluid*, PNAS **111**(Supplement 1), 4683-4690 (2014).
2. STRINGARI S., PITAEVSKII L., *Bose-Einstein Condensation*, Oxford University Press (2003)
3. KOPLIK J., LEVINE H., *Vortex Reconnection in Superfluid Helium*, Phys. Rev. Lett. **71** : 1375–1378, 1993.
4. ROUSSET B. ET AL., *Superfluid high REynolds von Kármán experiment*, Review of Scientific Instruments **85.10** (2014).
5. VILLEROT S., CASTAING B., CHEVILLARD L., *Static spectroscopy of a dense superfluid*, J. Low Temp. Phys. **169.1-2** (2012) : 1-14.
6. POMEAU Y. AND RICA S., *Model of superflow with rotons*, Phys. Rev. Lett. **71.2** (1993) : 247
7. VILLOIS A., KRSTULOVIC G., PROMENT D., SALMAN H., *Vortex filament tracking method in the Gross-Pitaevskii Model*, Journal of Physics A : Mathematical and Theoretical **49** (2016) : 41