

Dynamique des vortex dans un modèle non local de superfluide

Jason Reneuve, Laurent Chevillard & Julien Salort

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

Les vortex quantiques sont l'objet essentiel 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-potential 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-potential 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 observons l'émergence de petites échelles de taille a dues à la nature non-locale de l'interaction. Nous nous proposons d'étudier et de quantifier quelques aspects de cette reconnexion, à savoir : (i) l'évolution temporelle des énergies cinétique et potentiel des deux vortex, (ii) l'émergence des petites échelles, i.e. les *rotons* et (iii) la nature des perturbations se propageant le long des vortex à l'aide d'algorithmes de tracking [7]. Enfin nous nous intéressons à des conditions initiales plus complexes constituées de faisceaux de vortex et comparons les fluctuations obtenues avec celles observées en turbulence classique.

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