Identification des vortex dans les fluides quantiques : une toolbox éléments finis

Victor KALT, LMRS - Rouen
Georges SADAKA, LMRS - Rouen
Ionut DANAILA, LMRS - Rouen
Frédéric HECHT, LJLL - Paris

Les superfluides et les condensats de Bose-Einstein sont modélisés par l'équation de Gross-Pitaevskii, qui est une équation de Schrödinger non linéaire pour la fonction d'onde complexe ψ. Une caractéristique essentielle des superfluides est la présence de vortex quantiques : des points (en 2D) ou lignes (en 3D) où la densité atomique s'annule et la circulation autour de ces défauts topologiques est quantifiée. Obtenir des informations sur la position et le rayon des vortex est nécessaire pour étudier de nombreux phénomènes, de la formation d'un réseau d'Abrikosov triangulaire aux instabilités (ondes de Kelvin, oscillations de Tkachenko) et à la turbulence quantique. Les méthodes existantes [4, 3] utilisent une interpolation de Fourier précise mais coûteuse en temps. Dans ce poster, nous présentons une toolbox utilisant la méthode des éléments finis et basée sur FreeFem++ [2]. Un algorithme rapide d'identification des vortex à partir de données obtenues par simulation numérique ou extraites d'images expérimentales [1] est proposé et testé.

[1] J. R. Abo-Shaeer, C. Raman, J. M. Vogels, W. Ketterle. *Observation of vortex lattices in Bose-Einstein condensates.* Science, **292(5516)**, 476–479, 2001.

[2] F. Hecht. *New development in freefem++.* Journal of numerical mathematics, **20(3-4)**, 251–266, 2012.

[3] D. Liu, C. Xiong, X. Liu. *Vectorizing quantum turbulence vortex-core lines for real-time visualization.* IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 2020.

[4] A. Villois, G. Krstulovic, D. Proment, H. Salman. *A vortex filament tracking method for the Gross-Pitaevskii model of a superfluid.* Journal of Physics A : Mathematical and Theoretical, **49(41)**, 415502, 2016.

Contact : `victor.kalt@univ-rouen.fr`