

## Master OAM – Proposition de projet M1

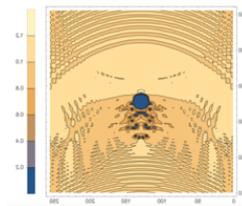
A l'Institut de Physique de Nice  
CNRS & Université Côte d'Azur

### Comment s'écoule un superfluide autour d'un obstacle ?

#### Etude numérique

**Contexte général** – L'hélium à basse température peut avoir une phase superfluide dans lequel il s'écoule sans aucun frottement visqueux [1]. Pour des vitesses d'écoulement assez grandes autour d'obstacles, l'hélium peut perdre son caractère superfluide suite à la présence de tourbillons qui induisent une force de traînée [2]. La dynamique des écoulements superfluides dans une première approche peut être modélisée par l'équation de Schrödinger non-linéaire [3]. Cette équation est générique et apparaît aussi dans de nombreux domaines de la physique : hydrodynamique, plasma, optique non linéaire, condensation de Bose-Einstein. Elle s'écrit sous la forme suivante pour la fonction d'onde  $\psi$  :

$$i\partial_t\psi = |\psi|^2\psi - \nabla^2\psi + iv\frac{\partial\psi}{\partial x}$$



**Objectifs** – Le but de ce sujet de stage est de comprendre la dynamique d'un écoulement bidimensionnel de superfluide autour d'un obstacle de forme circulaire.

- 1) Pour cela, vous développerez un simple code numérique qui résout l'équation de Schrödinger non-linéaire à deux dimensions d'espaces par une méthode de différence finie. La méthode de différence finie vous a été présentée durant les travaux pratiques de méthodes numériques en L3. Vous devrez l'adapter à l'équation de Schrödinger non-linéaire. Vous observez qu'au-delà d'une certaine vitesse critique de l'écoulement, il apparaît une traînée de vortex (tourbillons) derrière l'obstacle [2].
- 2) Vous mesurerez la force traînée sur l'obstacle en calculant le flux de quantité de mouvement. Vous essayerez de quantifier la force de traînée en fonction du paramètre de contrôle qui est la  $v$  vitesse du fluide. Pour réaliser à bien ce projet, un intérêt pour la simulation numérique est nécessaire.

**Contact** – Thomas Frisch [thomas.frisch@inphyni.cnrs.fr](mailto:thomas.frisch@inphyni.cnrs.fr) 04 89 15 28 67

#### Références

- [1] B. Diu, C. Guthmann, D. Lederer, B. Roulet, "Physique Statistique", Hermann, 1996  
[2] T. Frisch, S. Rica, Y. Pomeau, "Transition to Dissipation in a superflow", *Physical Review Letters*, volume **69** (11), 1992  
[3] V. L. Ginzburg, L. P. Pitaevski, "On the theory of superfluidity", *Sov. Phys. JETP* **7**, 858 (1958);  
E.P. Gross, *J. Math. Phys.* **4**, 195 (1963)