Centrale Méditerranée

Proposition de sujet d'alternance recherche 1A
2026-27

Laboratoire:	Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique	
Titre du sujet :	Ondes de choc dispersives dans les condensats de Bose-Einstein	
Candidat* :		
Encadrement **:	Premier tuteur :	Second tuteur
Nom :	LOMBARD	KECINA
Prénom :	Bruno	Marko
Qualité *** :	Directeur de Recherches CNRS	Doctorant
Localisation :	Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique	Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique
Coordonnées *(e-mail/tel)*	lombard@lma.cnrs-mrs.fr 04-84-52-42-53	kecina@lma.cnrs-mrs.fr
Déplacements possibles **** :		

** si vous avez déjà accepté un alternant recherche*
*** un co-encadrement est possible.*
**** l'encadrement devra être assuré de préférence par au moins un permanent du laboratoire, au minimum titulaire d'un Doctorat.*
***** au cas ou dans le cadre de son travail l'alternant serait amené à se déplacer vers un second laboratoire.*

Descriptif du sujet et de la mission :

Les équations d'Euler de la mécanique des fluides compressibles développent des singularités en temps fini. Ces ondes de choc correspondent à une discontinuité des champs de pression, densité, etc. Dans certains cas, notamment au voisinage du point critique, on doit affiner la modélisation en prenant en compte la tension superficielle du fluide. Les équations d'Euler-Korteweg ainsi obtenues admettent alors des ondes de choc *dispersives* : les discontinuités sont remplacées par des trains d'oscillations (Figure 1 gauche). Des phénomènes similaires interviennent dans de nombreux domaines de la physique, par exemple dans le cas d'ondes élastiques à la surface d'un cristal (Figure 1 centre).

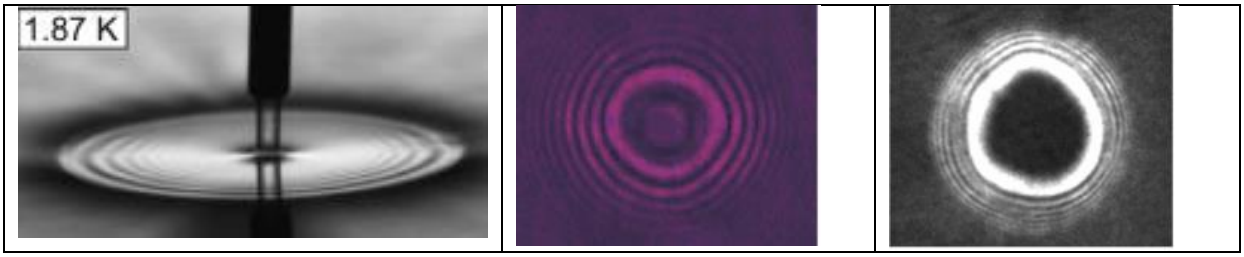


Figure : ondes de choc dispersives dans un superfluide (gauche), un cristal (centre) et un condensat de Bose-Einstein (droite)

L'objectif de l'alternance est d'étudier et de simuler l'équation de Schrödinger non linéaire, en 1D. On s'intéressera en particulier à différentes formes de la fonction pilotant la dispersion dans cette équation: le cas linéaire est connu dans la littérature, mais d'autres types de fonction peuvent être pertinents et restent à étudier.

Le plan de travail est le suivant :

- Transformation de l'équation de Schrödinger en une formulation « hydrodynamique », similaire aux équations de la mécanique des fluides ;
- calcul de solutions analytiques de ces équations (solitons inversés, enveloppe des ondes de choc dispersives) ;
- utilisation d'une méthode (dite de « Lagrangien augmenté ») pour mettre ces équations sous forme d'un système hyperbolique d'équations aux dérivées partielles, bien adapté à la résolution numérique ;
- implémentation d'un schéma numérique de volumes finis, validation par comparaison aux solutions analytiques ;
- application à des données réelles et comparaison à des résultats expérimentaux.

Les disciplines mises en jeu sont :

- Mécanique quantique, mécanique des fluides, ondes, acoustique ;
- Méthodes mathématiques : équations différentielles, algèbre linéaire ;
- Calcul scientifique : méthodes numériques, codes de calcul sous Python

Validation pour mise en ligne ECM :