

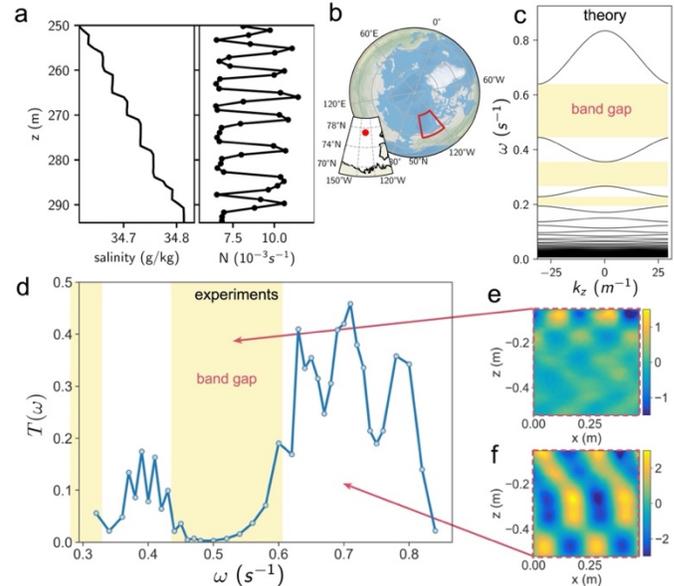
Ondes de gravités internes en milieux stratifiés périodiquement

Encadrants : Severine Atis, Michel Fruchart and Germain Rousseaux
Chercheurs CNRS à l'Institut Pprime

severine.atis@cnrs.fr, <https://severineatis.wordpress.com/>, <http://germain-rousseau.cnrs.fr>

Date de début: à partir de Sept. 2025

Contexte : Les ondes de gravité internes sont des ondes mécaniques qui se propagent à l'intérieur de milieux stratifiés, tels que les océans et l'atmosphère. Lorsque la stratification en densité n'est pas uniforme, les ondes internes peuvent être sujettes à des phénomènes de résonances, d'effet tunnel et de transmission dépendante de la fréquence. Dans l'Océan Arctique, le réchauffement climatique a entraîné une rapide diminution de la couverture en glace de mer et conduit à une augmentation saisonnière de l'activité en ondes internes. Dans cette région, des structures singulières connues sous le nom d'escaliers thermohalins forment des profils de densité périodiques. Récemment, des expériences en laboratoire ont pu montrer l'apparition de structures de bandes et d'états de bords avec des ondes internes. L'existence de bandes interdites dans la transmission des ondes à travers ces structures périodiques thermohalines pourrait profondément affecter les processus de transfert d'énergie dans les océans, pourtant leur modélisation représente un défi fondamental qui requiert le développement de méthodes pluridisciplinaires. Durant le doctorat, nous identifierons les caractéristiques des stratifications périodiques qui peuvent conduire à la formation de bandes interdites. Nous développerons une nouvelle approche pour étudier les états de bords formés par les ondes internes en utilisant des méthodologies existantes dans les systèmes photoniques multicouches ou les isolants topologiques. Dans un deuxième temps, nous explorerons d'autres phénomènes ondulatoires tels que la localisation d'Anderson dans les stratifications désordonnées ou des phénomènes de rétroaction dans les régimes non-linéaires.



a) Escaliers thermohalins mesurés proche de b) dans l'Océan Arctique. c) Structure de bandes prédites pour les ondes internes. d) Fonction de transmission mesurée en laboratoire. e) Composant vertical de l'écoulement pour une fréquence d'onde dans la bande interdite e), et f) dans la bande de conduction.

Objectifs : Ce projet de recherche propose de développer une nouvelle approche pour étudier l'interaction entre les ondes internes et des milieux complexes en s'inspirant de méthodes issues de la matière condensée. En tissant des analogies avec des systèmes de photoniques multicouches et d'isolants topologiques, nous identifierons les mécanismes physiques qui gouvernent la propagation d'onde dans des environnements géophysiques complexes, et analyserons la formation d'états de bords et de phénomènes de localisation d'onde dans les fluides stratifiés. Les profils de stratification seront préparés en laboratoire à l'aide de la méthode dite de "double-buckets" et les profils non-uniformes seront récrés en faisant varier le taux de mélange entre eau salée et eau douce à l'aide d'un système de pompes contrôlées par ordinateur. L'interaction entre la convection double-diffusive et la formation de bandes interdites d'ondes internes sera analysée en contrôlant le profil de température de la colonne d'eau dans un deuxième temps. Les mesures de champs de vitesse d'écoulement seront réalisées avec une technique de vélocimétrie par image de particules (PIV), accompagnées de méthodes de filtrage et d'analyses spectrales pour déterminer la dynamique des ondes internes. En parallèle, des simulations combinées avec des données de profils de stratification expérimentales permettront de déterminer les champs de vitesse en régime linéaire. Les expériences prendront place à l'Institut Pprime en collaboration proche avec Michel Fruchart à ESPCI (Paris) où les approches théoriques sont actuellement développées.

Profil : Le·a candidat·e doit être intéressé·e par les techniques de recherche expérimentale et la modélisation en physique, doit avoir une connaissance basique des langages Python ou Matlab, et avoir une formation en physique, mécanique des fluides ou matière molle.

Environnement : L'Institut Pprime est l'un des plus large laboratoire de France en physique et sciences de l'ingénieur, et possède une [plateforme d'hydrodynamique environnementale](#) partagée. Le·a doctorant·e bénéficiera de l'environnement de recherche interdisciplinaire de l'équipe CURIOSITY et interagira régulièrement avec des collaborateurs à l'ESPCI.

Contact : envoyer un CV et une lettre de motivation à severine.atis@cnrs.fr