

Proposition de sujet de stage de M2/thèse :

## Mélange par déferlement d'ondes internes : étude expérimentale, application à l'océan.

Philippe.Odier@ens-lyon.fr - Thierry.Dauxois@ens-lyon.fr

Les ondes internes sont des ondes se développant dans les fluides où existe un gradient de densité. Ces ondes possèdent des propriétés particulières (relation de dispersion ne faisant intervenir que l'orientation du vecteur d'onde et non sa norme, vitesse de groupe orthogonale à la vitesse de phase) qui en font un objet d'étude particulièrement intéressant pour le physicien. Par ailleurs, ces ondes sont présentes naturellement dans l'océan et l'atmosphère et leur étude permet donc aussi de contribuer à la compréhension de certains phénomènes géophysiques.

En particulier, les océanographes considèrent que l'un des mécanismes responsables du mélange des eaux de différentes densités dans l'océan - un aspect crucial de la dynamique océanique et du climat - est le déferlement d'ondes internes, tout comme les vagues déferlant sur une plage créent une agitation turbulente. Les simulations numériques de la dynamique océanique ne peuvent résoudre les échelles caractéristiques de ce mélange, qui sont très petites en comparaison des échelles océaniques, et il doit donc être modélisé par une paramétrisation appropriée. Ce genre de modélisation doit s'appuyer sur des observations in situ, ou sur des mesures expérimentales.

Dans notre équipe, nous avons développé une technique, la PIV/LIF, permettant de mesurer simultanément le champ de vitesse et de densité dans un écoulement. Grâce à cette technique, on peut observer non seulement les ondes, mais aussi les flux de densité induits par le retournement de ces ondes (figure ci-dessous, à gauche), observation qui n'avait jamais été réalisée jusqu'à maintenant. Nous nous proposons donc d'utiliser ces mesures pour caractériser le mélange induit par les ondes. Une approche locale, basée sur la mesure des flux et leur paramétrisation, pourra être utilisée, tout comme une approche globale utilisant des bilans énergétiques. Les conditions du déferlement pourront être obtenues de différentes manières : par collision d'ondes, par réflexion sur une pente à l'angle critique, qui conduit à une forte augmentation de l'amplitude de l'onde ou par l'intermédiaire d'une instabilité de l'onde. L'aspect géophysique de l'étude pourra être mieux pris en compte par l'utilisation d'une table tournante de 2 m de diamètre, dont nous disposons dans l'équipe. Il est aussi envisagé pour ce travail une participation à des mesures in situ effectuées dans l'océan arctique (figure ci-dessous, droite) et à leur analyse, pour en tirer des informations à comparer aux résultats expérimentaux.

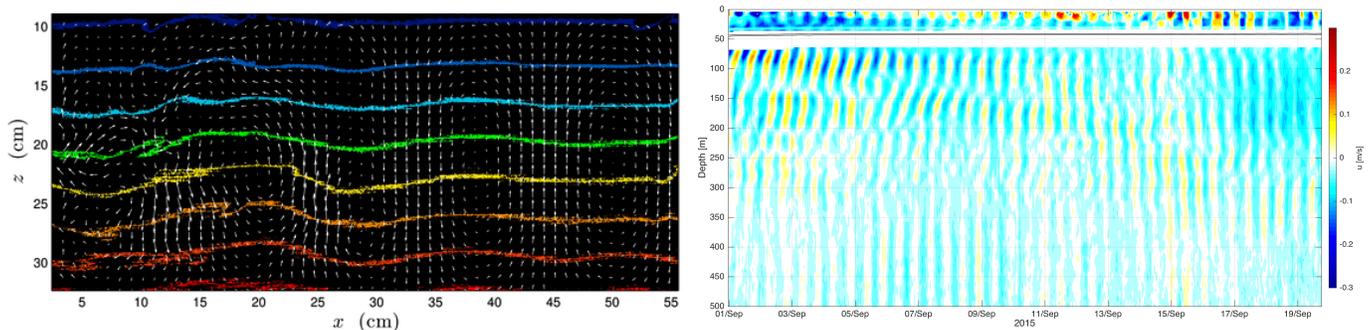


Figure 1: Gauche : Visualisation par PIV/LIF des retournements de densité induits par une onde interne, conduisant à du mélange. Les lignes de couleur sont des lignes isodenses, les flèches représentent le champ de vitesse. Droite : Observation in situ (croisière ArcticMix sur le R/V Sikuliak, septembre 2015) de la propagation d'ondes internes dans l'océan arctique, à travers l'évolution temporelle d'un profil de vitesse, courtoisie de Jennifer McKinnon.