

Génération d'ondes à la surface d'un fluide par un fond mobile.

**Laboratoire Matière et Systèmes Complexes (MSC), Université Paris Diderot.
UMR CNRS 7057**

Bâtiment Condorcet, 10 rue Alice Domon et Léonie Duquet 75013 Paris

Nom des responsables du stage: **Eric Falcon** (Directeur de recherche) et **Michael Berhanu** (Chargé de recherche)

Contact :

michael.berhanu@univ-paris-diderot.fr Eric.Falcon@univ-paris-diderot.fr

téléphone : 01 57 27 70 44

téléphone : 01 57 27 62 19

Site internet : <http://www.msc.univ-paris-diderot.fr/~berhanu/>
<http://www.msc.univ-paris-diderot.fr/~falcon/>

Lieu du stage: **Laboratoire Matière et Systèmes Complexes (MSC)**

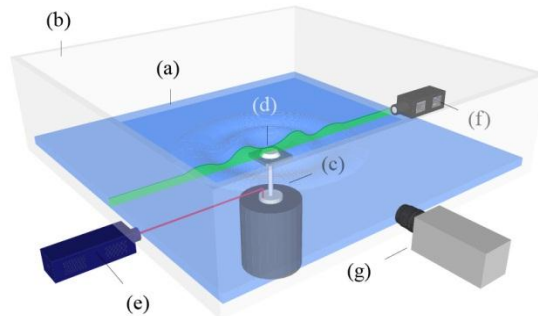
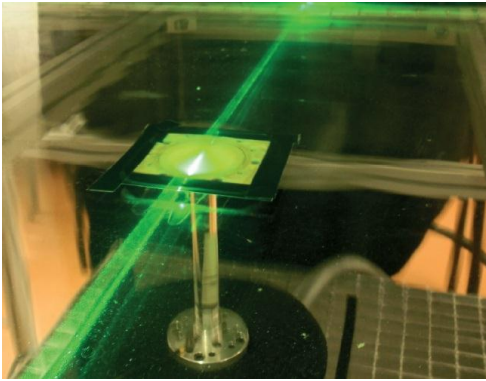
Niveau souhaité : M1 ou L3, stage à dominante expérimentale. Avoir déjà suivi un cours en mécanique des fluides est souhaitable.

Encadrement : Leonardo Gordillo (Post doctorant 2^{ème} année) et Timothée Jamin (Doctorant 2^{ème} année) participeront activement à l'encadrement.

Contexte :

Les tsunamis sont des ondes de grande longueur d'onde se propageant à la surface des mers, créés par le mouvement brusque du fond marin lors d'un séisme. La phase de propagation du tsunami, ainsi que celle relative à son déferlement destructeur près des côtes sont des aspects bien étudiés, mais sa formation n'est pas actuellement encore bien comprise. Il s'avère qu'une connaissance détaillée du processus initial de formation du tsunami est d'une importance capitale pour connaître son évolution future. Nous reproduisons expérimentalement l'analogie du mécanisme d'apparition des tsunamis à l'échelle du laboratoire. Bien que les ordres de grandeur entre l'expérience et le phénomène naturel restent très différents, nos mesures sont d'un apport certain dans la compréhension et la modélisation de ce problème. Nous avons réalisé des expériences relatives à l'observation de la formation de vagues produites par le déplacement d'un fond mobile afin de déterminer l'influence de sa dynamique sur la déformation de la surface libre [**Jamin**]. Typiquement, dans une cuve carrée d'un mètre dix de côté remplie avec une épaisseur d'eau de quelques centimètres, une membrane de caoutchouc au centre permet d'appliquer une déformation axisymétrique contrôlée du fond grâce à un vibreur électromagnétique. Ce mouvement dynamique du fond créé en surface un train d'ondes qui se propage vers les bords de la cuve. Le champ de vitesse au sein du fluide et la forme de la surface libre sont mesurés avec un dispositif de vélocimétrie par images de particules (PIV). Les mesures de l'interface pour une excitation impulsionnelle sont en excellent accord avec un modèle hydrodynamique linéaire, justifié dans le cas des véritables tsunamis. Ce modèle est obtenu par linéarisation de l'équation d'Euler et utilisation d'une transformée de Laplace pour le temps et

d'une transformée Fourier pour les variables d'espace **[Hammack]**. Ainsi, dans le cas d'une déformation lente du fond (devant la vitesse de phase des ondes de surfaces), on a pu montrer que la déformation spatiale de la surface libre ne se déduit pas simplement d'une translation de la déformation spatiale du fond à la surface libre, comme le présuppose la majorité des codes numériques de recherche ou d'alerte modélisant les tsunamis.



Objectifs et résultats attendus :

Une prolongation de cette étude consistera à considérer les cas non-axisymétriques et aussi ceux de plus forte amplitude pour lesquels l'hypothèse de faible non-linéarité n'est plus justifiée. La technique de « *profilométrie par Transformée de Fourier* » permettra d'étudier ces deux questions, en permettant de mesurer précisément la déformation de la surface libre dans le plan bidimensionnel.

Tout d'abord en conservant la géométrie axisymétrique, cette technique permettra de caractériser expérimentalement des déformations de la surface libre de plus forte amplitude et ainsi de déterminer les limites du modèle utilisé. Ensuite on caractérisera la forme du front d'onde, lorsque la zone du fond subissant l'impulsion est anisotrope (par exemple en forme d'ellipsoïde). Enfin l'influence de dispositifs modifiant la profondeur locale de liquide, voire même d'obstacles (cône modélisant la présence d'une île) pourra être considérée. En raison d'une déviation du front d'ondes, la hauteur de la vague pourrait être localement augmentée et induire des déferlements localisés du fait de l'augmentation des non-linéarités.

Une autre piste d'étude sera de considérer le cas d'une bathymétrie initialement non plate, sachant que les tsunamis sont produits au niveau de failles sous-marines (zone de subduction). Des mesures précises pourraient permettre de valider une approche théorique complémentaire du modèle précédemment utilisé, permettant justement de considérer un fond marin de forme complexe.

Références :

- **[Jamin]** T. Jamin, L. Gordillo, G. Ruiz Chavarria, M. Berhanu and E. Falcon, submitted to *Physical Review Letters Experiments on surface waves generation by an underwater moving bottom*
- **[Hammack]** J. L. Hammack, *Journal of Fluids Mechanics* **60**, 769 (1973) *A note on tsunamis: their generation and propagation in an ocean of uniform depth*