

# Proposition de thèse de doctorat: Etude expérimentale de la turbulence d'ondes de gravité à 1D: La turbulence faible est-elle instable ?

**Supervision:** Nicolas Mordant (Professeur à l'Université de Grenoble),

**Lieu:** Laboratoire des Ecoulements Géophysiques et Industriels (LEGI)  
Campus universitaire de Saint Martin d'hères

**Financement:** European Research Council (ERC)

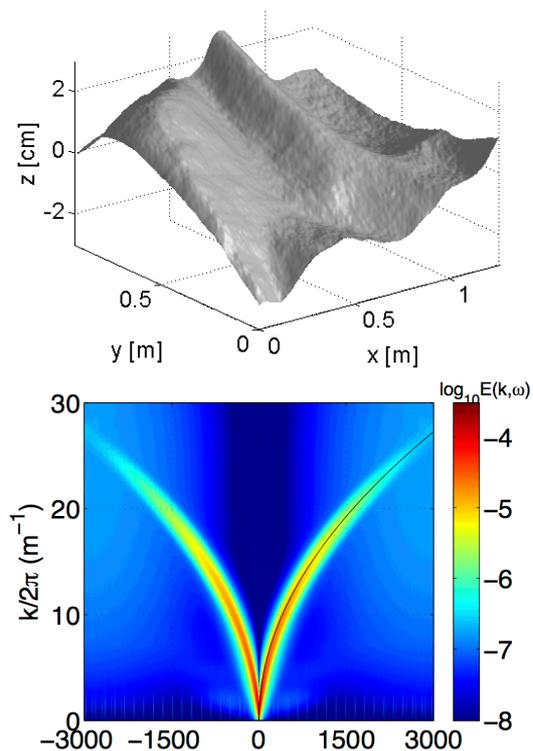
Durée trois ans, début de la thèse: automne 2015

## Cadre de la thèse de doctorat

Le projet WATU "*Wave turbulence: beyond weak turbulence*" est un programme de recherche de 5 ans dirigé par N. Mordant et sélectionné par l'ERC avec un budget de 2 millions d'euros pour étudier les propriétés statistiques de la turbulence d'onde (à partir de septembre 2015). La turbulence d'onde est un état statistique d'un grand nombre d'ondes couplées entre elles par des effets non linéaires. L'exemple typique de turbulence d'onde est le cas des vagues océaniques (ondes de surface de gravité) qui développent un spectre très large de longueurs d'ondes entre le centimètre et plusieurs dizaines de mètres. De nombreux autres systèmes d'ondes peuvent donner lieu à de la turbulence d'onde: optique dans les fibres, lasers, ondes magnétohydrodynamiques dans les vents solaires, turbulence superfluide, plasmas confinés type ITER...

La turbulence d'onde présente la particularité qu'une théorie statistique dite de turbulence faible (weak turbulence) a été développée à partir des années 1960 qui permet de prédire notamment l'évolution du spectre de Fourier des vagues. La phénoménologie prédite ressemble fortement à la cascade d'énergie dans les échelles observée en turbulence hydrodynamique: l'énergie injectée à grande échelle est transférée vers des échelles de plus en plus petites jusqu'à ce qu'elle soit dissipée. Suite à cette théorie, le domaine de la turbulence d'onde a vu de nombreux développements théoriques mais qui sont peu étayés par des résultats expérimentaux. Le but du projet WATU est de fournir un effort significatif en vue de combler ce manque et obtenir ainsi des informations expérimentales avancées dans le cadre de turbulence faible mais aussi dans le cas d'ondes fortement non linéaires.

Au cours de ce projet nous nous intéresserons à plusieurs types d'ondes: ondes élastiques sur une tôle vibrée (figure ci-dessus), ondes de gravité ou de capillarité à la surface d'un fluide, ondes internes de gravité et d'inertie dans un fluide stratifié tournant. Ces ondes présentent des dimensionnalités variées de 1D à 3D et les mécanismes de couplage non linéaires peuvent être différents impliquant de 3 à 5 ondes. Par ailleurs, plusieurs types de cascades ont été prédits et nous testeront leur existence en laboratoire. Du point de vue expérimental, notre but est de développer des techniques de mesure de ondes résolues en espace et en temps de manière à pouvoir tester de



En haut: exemple de déformation d'une tôle vibrée en acier, mesurée à 10000 images/s. En bas: spectre spatiotemporel des ondes de flexion sur une telle plaque montrant un spectre turbulent d'ondes faiblement non linéaire. On observe des fréquences allant du Hz à plusieurs kHz.



European Research Council  
Established by the European Commission

Université  
Joseph Fourier   
GRENOBLE



manière fine la structure des ondes et les couplages non linéaires dans des conditions de turbulence faible ou forte. Ces expériences seront également de tailles variées: expériences en petite cuve, canal à houle de 30m, plateforme Coriolis (cuve tournante de 13m de diamètre).

### Thèse de doctorat proposée

Dans le cadre de la thèse de doctorat proposée ici, on s'intéressera au cas des ondes de gravité à 1D: cette situation se rapproche du cas de la houle observée dans les océans qui se propage de manière quasi unidirectionnelle. La turbulence d'ondes de gravité à 1D présente des particularités fondamentales assez singulières selon que l'on autorise une propagation d'onde uni- ou bidirectionnelle. L'énergie peut cascader vers les petites échelles ou au contraire vers les grandes, la turbulence faible peut être instable et les vagues peuvent évoluer en solitons... La turbulence d'ondes à 1D est donc un objet d'étude potentiellement très riche et connecté à des problématiques océaniques.

Au cours de cette thèse expérimentale, le doctorant sera amené à mettre en place des expériences dans le canal à houle 1D du LEGI. Ce canal a une longueur de 36 mètres et est actuellement utilisé pour des études de dynamique sédimentaire sur les plages (photo ci-contre). Le doctorant développera un nouveau système de génération et contrôle des vagues (fréquences jusqu'à 5Hz) et un système de mesure du profil de vagues par imagerie fournissant une mesure résolue en temps et en espace des déplacements de la surface libre. Pour les besoins de contrôle ces mesures seront complétées par des mesures ponctuelles de déplacement de surface libre et de vitesse par vélocimétrie ultrasonore. On pourra ainsi étudier de manière très fine les couplages forts ou faibles entre ondes et effectuer des comparaisons avancées entre théories et expériences. Le doctorant sera également associé aux autres études du projet pour partager notamment les techniques de mesures et comparer les résultats obtenus dans différentes configurations.



Canal à houle de 30 m du LEGI qui sera adapté au cours du projet WATU pour étudier la turbulence d'onde à 1D

### Compétences

L'étudiant retenu sera amené à effectuer du traitement de nombreuses données et images qui nécessitera d'utiliser des moyens de type HPC du laboratoire. Il devra aussi se familiariser avec la mécanique des ondes de gravité à la fois pour concevoir les expériences et les analyser.

Les candidats éventuels auront donc de préférence une formation en physique non linéaire et/ou en mécanique des fluides avec des notions de turbulence. Des compétences en analyse statistique des signaux ou en expérimentation en mécanique des fluides seront favorablement appréciées.

### Contacts pour davantage d'informations:

Nicolas Mordant [nicolas.mordant@ujf-grenoble.fr](mailto:nicolas.mordant@ujf-grenoble.fr), 04 76 82 50 47

Eric Barthélémy, [eric.barthelemy@grenoble-inp.fr](mailto:eric.barthelemy@grenoble-inp.fr), 04 76 82 51 17

Hervé Michallet, [hervé.michallet@legi.grenoble-inp.fr](mailto:hervé.michallet@legi.grenoble-inp.fr), 04 76 82 50 60

Informations sur le laboratoire: <http://www.legi.grenoble-inp.fr>

*Pour une candidature, fournir un CV et le nom d'une personne susceptible de vous recommander.*



European Research Council  
Established by the European Commission

