

## Proposition de stage M2

### Mélange de traceurs passifs par les cisaillements stratifiés atypiques

Laboratoire proposant : Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiales (LEGOS).

Encadrants:

- 1- Jared Penney, 05 61 33 29 72, [jared.penney@legos.obs-mip.fr](mailto:jared.penney@legos.obs-mip.fr)
- 2- Yves Morel, 05 61 33 30 55, [yves.morel@legos.obs-mip.fr](mailto:yves.morel@legos.obs-mip.fr)
- 3- Francis Auclair, 05 61 33 27 75, [francis.auclair@aero.obs-mip.fr](mailto:francis.auclair@aero.obs-mip.fr)
- 4- Peter Haynes, 05 61 33 46 28, [peter.haynes@legos.obs-mip.fr](mailto:peter.haynes@legos.obs-mip.fr)

Compétences requises:

Formation en océanographie physique ou mécanique des fluides de niveau master  
Bon niveau de softwares type MATLAB (et/ou Octave), FORTRAN, C++  
Bon niveau en mathématiques et analyse numérique, anglais (lecture d'articles scientifiques).

### Contexte

Ce stage se place dans le cadre du projet TEASAO-chaire d'attractivité Peter Haynes de l'IDEX de l'Université de Toulouse.

Le contexte du projet TEASAO vise la préparation de la prochaine génération de modèles à très haute résolution pour l'océan. Pour cela, l'un des défis scientifiques majeurs est d'améliorer la compréhension et la modélisation de l'effet de la turbulence à petite échelle et du mélange vertical sur l'évolution des espèces chimiques ou biologiques dans l'océan. En effet, ces processus sont la clé de notre capacité à comprendre, modéliser et prévoir l'évolution des ressources, la qualité de l'eau, le développement et la dispersion de certains polluants, la production primaire (plancton) et l'évolution des ressources (pêche) dans l'océan, ... qui représentent des problèmes de société importants pour une gestion et une exploitation durable de l'environnement. Un des aspects les plus intrigant est la structure verticale de certains traceurs dans la couche de mélange océanique : alors que la température ou la salinité y sont quasiment homogènes, la Chlorophylle exhibe un comportement beaucoup plus variable, avec des maxima locaux sur des échelles de quelques mètres.

Le projet est construit sur la base d'une approche originale combinant théorie et études appliquées. Un objectif scientifique du projet TEASAO est ainsi de construire un cadre commun pour étudier les aspects théoriques de l'évolution de traceurs passifs, actifs et réactifs dans des écoulements turbulents stratifiés, en particulier l'évolution de leur distribution selon les classes de densité.

### Mots-clés

Etude des effets du mélange  
Cisaillement stratifié  
Instabilités de Kelvin-Helmholtz

Instabilités de Holmboe  
Etude académique sur des cas tests simplifiés

### **Objectifs et description du stage**

Dans la plupart des études sur les instabilités Kelvin-Helmholtz en milieu stratifié, une stratification symétrique, correspondant également à la couche de cisaillement de vitesse prescrite, est généralement supposée. Nous proposons pour ce projet de stage de recherche, d'étudier l'effet de différentes stratifications atypiques (tels que des stratifications à trois couches où asymétriques) et des couches de cisaillement asymétriques sur le développement des instabilités de cisaillement non-hydrostatiques (par exemple, les instabilités de Kelvin-Helmholtz ou de Holmboe). La modélisation utilisera le code non-hydrostatique CROCO-NH (<https://www.croco-ocean.org/>), les expériences numériques seront réalisées sur des supercalculateurs parallèle (mais aucune compétence en programmation parallèle n'est nécessaire pour ce stage).

L'objectif est aussi d'étudier l'effet des stratifications et couches de cisaillement atypiques sur la distribution des traceurs passifs dans la colonne d'eau par le mélange. Il s'agira donc de mettre en place des expériences numériques permettant le développement d'une instabilité de cisaillement, jusqu'à sa phase turbulente de mélange vertical et d'analyser le devenir de traceurs passifs lors de cette évolution, notamment leurs flux turbulents au travers des isopycnes.

Ce sujet doit nous permettre d'apporter quelques explications à la structuration verticale de certains traceurs, notamment biogéochimiques, dans la couche de mélange.

Les traceurs seront, au moins dans un premier temps, considérés comme passifs.

### **Planning indicatif (stage de 5 à 6 mois)**

- 1- Etude bibliographique initiale. Appropriation de la problématique, de la méthodologie, et des modèles fournis ( $\approx$  3 à 4 semaines)
- 2- Proposition des configurations et des diagnostics à effectuer ( $\approx$  2 à 3 semaines)
- 3- Mise en oeuvre informatique, réalisation des expériences numériques et des diagnostics ( $\approx$  12 à 16 semaines)
- 4- Rédaction du rapport et présentation des résultats ( $\approx$  3 à 4 semaines)

Ce stage doit se dérouler sur une durée de 5 à 6 mois.