

ECOLE DOCTORALE DES SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT
D'ILE DE France N° 129
Proposition de sujet de thèse pour la rentrée 2020

Laboratoire d'accueil : Laboratoire d'Océanographie et du Climat (LOCEAN) (UMR 7159)
Directeur : Jean-Benoît Charrassin
Adresse : IPSL Boîte 100, 4 Place Jussieu. 75252 Paris CEDEX 09.

Nom de l'équipe d'accueil : PROTEO

Nom du Directeur de thèse HDR : Pascale Bouruet Aubertot

Nom du co-directeur de thèse: Yannis Cuypers

(Y. Cuypers a déposé le rapport 1 en vue d'une soutenance d'HDR en septembre, dépôt manuscrit en mai, et prendra en pratique la direction de la thèse par la suite)

Téléphone: +33 6 10 67 63 49

Mail: yannis.cuypers@locean-ipsl.upmc.fr,

pba@locean-ipsl.upmc.fr

• **Titre de la thèse en Français :** *Dynamique de la marée interne sous inertielle, caractérisation et paramétrisation.*

• **Titre de la thèse en Anglais :** *Sub-inertial internal tides dynamics and parameterization*

Résumé en Français

La Marée Interne générée à une fréquence Sous Inertielle (MISI) est une onde interne de marée générée à une fréquence sous inertielle, soit à des latitudes supérieures à 74.5°N/S pour la marée semi diurne et à 30°N/S pour la marée diurne. Celle-ci n'a pas la possibilité de se propager sous formes d'ondes libres et prend donc la forme d'ondes piégées à la topographie à laquelle est souvent associée une forte dissipation d'énergie (Fer et al, 2016, Tanaka, 2010). Si la marée interne super-inertielle a été très étudiée ces dernières années, la dynamique de la MISI est encore mal connue et le mélange qu'elle induit n'est pas paramétrée dans les OGCM. Quelques observations et/ou études numériques montrent que celle-ci peut constituer localement la principale source de variabilité barocline haute fréquence et de mélange, par exemple dans les régions polaires comme le plateau de Yermak (Fer et al 2016) et ainsi induire une fonte de la banquise comme observée par exemple en Antarctique (Sun et al, 2019). A l'échelle globale (Muller 2013) a montré à l'aide d'un modèle globale à haute résolution que 30% de la marée interne diurne était générée à des fréquences sous inertielles. Le sujet de thèse que nous proposons vise dans un premier temps à caractériser la structure du champ de marée sous inertielle (échelle de piégeage de l'énergie et de la dissipation, conditions de résonance, non-linéarité, décomposition modale). Pour cela nous nous appuyerons sur des configurations idéalisées du modèle CROCO afin d'explorer l'espace des paramètres fréquence, stratification, pente topographique. Ces analyses devront permettre dans un second temps de proposer une paramétrisation de la dissipation de la MISI pour le modèle NEMO. Cette paramétrisation sera élaborée dans le prolongement de ce qui a été fait pour la paramétrisation de la marée interne libre, à savoir en construisant des cartes semi-statiques du champ de dissipation (Delavergne et al 2019, Delavergne et al subm.). Pour ce volet, une collaboration est prévue avec C.

Delavergne de l'équipe NEMO. Les cartes produites pourront être testées sur des régions aux caractéristiques dynamiques contrastées et pour lesquelles nous disposons de simulations régionales haute résolution avec marée et de riches jeu de données (mouillage longue durée, microstructure) issu de projets précédents (ANR OPTIMISM, LEFE/ STEP LEFE/GRAVILUCK, JERICHO NEXT DYNAS) et de sorties de modèles régionaux haute résolution (ANR LuckyScales):

- Un fjord arctique, le Svalbard, où la variabilité haute fréquence est dominée par la M2.
- Le détroit de Sicile un hot spot de turbulence en Méditerranée (Vladoiu et al 2018, 2019, Ferron et al 2017) pour lequel une part importante de la variabilité est associée à la M2 diurne
- Le secteur Lucky Strike de la dorsale médio atlantique. La dorsale médio-atlantique a constitué ces dernières années un laboratoire d'observations pour la dissipation de la marée (Polzin et al 1997, Pasquet et al 2016, Vic et al 2018)

Dans un dernier volet de la thèse, la paramétrisation implémentée pourra être testée sur des runs globaux NEMO afin d'analyser son impact sur le mélange des masses d'eau et la dynamique de la glace avec un focus sur les régions polaires.

English summary

Internal Tide generated at Sub Inertial frequencies (SIIT) can not propagate freely in the ocean interior it is trapped at the bottom topography where it will either dissipate or propagate as topographic waves. SIIT has been shown to represent locally an important source of mixing for instance in the Kuril archipelago (Tanaka 2010) or in the Yermak plateau (Fer et al) 2016. At the global scale GCM have shown that as much as 30% of the diurnal tides was generated above its critical latitude (Muller 2013). Yet it is not parameterized in state of the art GCM model. The thesis will aim at characterizing the structure of the SIIT (trapping scales, resonance, non-linearity, modal decomposition). To this end we will use idealized setup of the CROCO model that will allow to explore the response of the SIIT as a function of frequency, stratification, topographic slope. These analyses shall allow to build a parameterization of the SIIT dissipation for the NEMO model in collaboration with C. Delavergne from the NEMO team. We will use and adapt the framework developed by C. Delavergne for the propagative internal tides dissipation to the SIIT. The parameterized dissipation will be tested against high resolution model outputs and data sets in in three contrasted regions available from previous projects:

- An arctic fjord in Svalbard, where the high frequency variability is dominated by the SIIT M2.
- The Sicily strait a turbulent hot spot in the Mediterranean sea where a large part of the variability is associated with the SIIT.
- The Lucky Strike region of the Mid Atlantic ridge, which has constituted in the past years a natural laboratory for the observation of the internal tides dissipation (Polzin et al 1997, Pasquet et al 2016).

In a last part of the thesis the parametrization will be implemented in NEMO runs and its impact on water mass transformation and ice dynamics characterized in polar regions.

Encadrement : Y. Cuypers et P. Bouruet Aubertot n'encadrent plus d'étudiants en thèse depuis septembre 2019.

Contexte inter-equipe: La thèse se fera dans le cadre d'une collaboration avec l'équipe NEMO (C. Delavergne) qui a notamment émergé dans le cadre de l'axe mélange océanique.

Environnement : La thèse fait partie du projet LEFE DISSIP 4 ans (actuellement dans sa 3^{ème} année) qui pourra accompagner le début de thèse

Références

1. Ferron, B. , P. Bouruet Aubertot , Y. Cuypers , K. Schroeder, and M. Borghini, 2016: Dissipation rates, mixing, geothermal heating and the overturning circulation of the Western Mediterranean Basin, in rev for Geophys. Res. Lett.
2. Lazure, P., Le Cann, B., & Bezaud, M. (2018). Large diurnal bottom temperature oscillations around the Saint Pierre and Miquelon archipelago. *Scientific reports*, 8(1), 13882.
3. Müller, M. (2013). On the space and Time dependence of barotropic to baroclinic tidal energy conversion. *Ocean Modelling*, 72, 242252.
4. Pasquet, S., BouruetAubertot, P., Reverdin, G. , Turnherr, A., & Laurent, L. S. (2016). Finescale parameterizations of energy dissipation in a region of strong internal tides and sheared flow, the LuckyStrike segment of the MidAtlantic Ridge. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 112,7993
5. Polzin, K. L., Toole, J. M., Ledwell, J. R., & Schmitt, R. W. (1997). Spatial variability of turbulent mixing in the abyssal ocean. *Science*, 276(5309), 9396.
6. Rousset, C. , Vancoppenolle, M., Madec, G., Fichfet, T., Flavoni, S., Barthélemy, A., ... & Vivier, F. (2015). The LouvainLaNeuve sea ice model LIM3. 6: global and regional capabilities. *Geoscientific Model Development*, 8(10), 29913005.
7. Sun, S., Hattermann, T., Pattyn, F., Nicholls, K. W., Drews, R., & Berger, S. (2019). Topographic shelf waves control seasonal melting near Antarctic Ice Shelf grounding lines. *Geophysical Research Letters*, 46(16), 9824-9832.
8. Tanaka, Y., Hibiya, T., Niwa, Y., & Iwamae, N. (2010). Numerical study of K1 internal tides in the Kuril straits. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 115(C9).
9. Vic, C., Gula, J., Roulet, G., & Pradillon, F. (2018). Dispersion of deep-sea hydrothermal vent effluents and larvae by submesoscale and tidal currents. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 133, 1-18.