

PhD subject

“ Détermination des fronts de sub-mésoséchelle et de leur production primaire grâce aux données altimétriques : mission spatiale SWOT “

“ Submescale Fronts Dynamics and Primary Production from Space ”)

Dir. thèse : Pascal Rivière (LEMAR UMR6539) - Financement : CNES – ISBlue

Contact : Pascal.Riviere@univ-brest.fr

IMPORTANT : 2 dossiers à déposer pour postuler (1) Présélection CNES (2) Sélection EDSML

- **CNES (deadline : 16/03/2023) :** <https://recrutement.cnes.fr/fr/annonce/2037949-23-158-submesoscale-fronts-dynamics-and-primary-production-from-space-29280-plouzane>
- **EDSML-TEBL (deadline : 16/03/2023) :** <https://theses.doctorat-bretagneoire.fr/sml/campagne-2023>

Ce sujet de thèse est dans la continuité d'un projet ST-SWOT (DIEGO, WP6 - P. Rivière) financé par le CNES-TOSCA. Il s'appuie sur les données altimétriques haute résolution qui sortiront de la phase d'échantillonnage rapide de la mission spatiale SWOT en 2023.

Dans l'océan, les structures de submésoséchelle (fronts et filaments, 1-50 km) sont associées à des vitesses verticales intenses lors de la frontogénèse. Elles peuvent ainsi stimuler la production primaire de surface par des apports locaux de nutriments dans les couches superficielles éclairées et ainsi impacter l'ensemble du réseau trophique jusqu'aux prédateurs supérieurs (Rivière et al. 2019, Siegelman et al 2019-a, Lévy et al. 2012). Cependant, seules quelques études ont abordé cette question en raison de la grande difficulté à observer les processus physiques et biologiques impliqués en même temps et à ces échelles. Mais une autre raison est la difficulté d'obtenir une estimation précise du champ de déformation qui est responsable de la frontogénèse. Plusieurs études récentes (Zhang et al. 2019, Zhang et Qiu 2020), menées avec de l'altimétrie conventionnelle basse résolution (AVISO, 100 km), ont clairement confirmé que les filaments de chlorophylle observés dans les images couleur de l'océan sont stimulés par la dynamique des structures de submésoséchelle (en particulier les vitesses verticales). La mission SWOT (Surface Water Ocean Topography, NASA-CNES), lancée en décembre 2022, fournira d'ici quelques mois un nouveau jeu de données altimétriques avec une haute résolution jamais atteinte auparavant, dix fois plus fine que l'altimétrie conventionnelle. En particulier, la haute résolution spatiale de SWOT permettra de décrire le champ de déformation associé aux tourbillons de mésoéchelle comme cela n'a jamais été fait auparavant. Ce champ de déformation à fine échelle est crucial pour l'estimation des vitesses verticales dans les fronts (Siegelman et al 2020) et donc de la production primaire qui s'y déroule. Dans ce projet de thèse, nous proposons de combiner ces données altimétriques haute résolution SWOT pendant la phase de CalVal (échantillonnage rapide qui a lieu en 2023) en raison de la haute résolution spatiale et temporelle attendue, avec des images haute résolution de couleur de l'océan pour estimer avec une précision sans précédent la production primaire dans les structures de submésoséchelle.

La première étape de ce sujet de thèse développera de nouveaux outils pour estimer le champ de déformation à partir des données altimétriques SWOT. Des études récentes utilisant des outils lagrangiens innovants (Berti & Lapeyre 2014) ont montré à l'aide de simulations numériques SQG qu'il était possible de reconstruire un champ de température de surface (SST) haute résolution à partir de données basse résolution et d'altimétrie. Cette méthodologie sera testée, dans la zone du Gulf Stream, en utilisant une simulation numérique haute résolution (GIGATL) pour déduire une estimation haute résolution du champ de déformation. Ces estimations seront comparées aux exposants de Lyapunov qui se sont avérés être de bons indicateurs de la frontogénèse (Siegelman et al. 2019-b). Cette méthodologie sera ensuite mise en œuvre dans différentes régions avec des données altimétriques réelles issues de la phase d'échantillonnage rapide SWOT.

La deuxième étape de cette thèse de doctorat utilisera alors ces nouvelles estimations du champ de déformation pour détecter et quantifier les fronts de submésoséchelle, y compris le diagnostic de la vitesse verticale, pendant la phase d'échantillonnage rapide de SWOT. Cette étape cruciale permettra d'identifier et de caractériser les fronts de submésoséchelle avec un jeu de données altimétriques satellitaires complètement nouveau.

Enfin, la troisième étape de la thèse caractérisera et quantifiera la production primaire de ces fronts de submésoséchelle en utilisant des bouées de surface dans différentes régions océaniques combinées à l'altimétrie SWOT et à des produits de couleur de l'océan à haute résolution (Zhang et al. 2019). Les résultats attendus révéleront, à une résolution sans précédent avec des observations, la production primaire de surface induite par les fronts de submésoséchelle.

Le ou la doctorant(e), basé(e) au LEMAR, sera supervisé(e) par Pascal Rivière (HDR, LEMAR, Brest), en collaboration avec Guillaume Lapeyre (LMD Paris) et Jonathan Gula (LOPS, IUEM) qui sont tous deux impliqués dans DIEGO CNES-TOSCA, et Patrice Klein (LMD, Paris – CalTech-JPL, Pasadena, USA).

Références :

- Berti, S. & G. Lapeyre (2014). Lagrangian reconstructions of temperature and velocity in a model of surface ocean turbulence, *Ocean Modelling*, Volume 76, pp 59-71, ISSN 1463-5003.
- Lawrence, A., & Callies, J. (2022). Seasonality and Spatial Dependence of Mesoscale and Submesoscale Ocean Currents from Along-Track Satellite Altimetry, *Journal of Physical Oceanography*, 52(9), 2069-2089.
- Lévy, M., Ferrari, R., P.J.S. Franks, A. Martin, P. Rivière, (2012). Bringing physics to life at the submesoscale. *Geophysical Research Letter*, 39, L14602, doi:10.1029/2012GL052756
- Rivière, P., T. Jaud, L. Siegelman, P. Klein, C. Cotté, J. Le Sommer, G. Dencausse and C. Guinet (2019). Sub-mesoscale Fronts modify Elephant Seals foraging behavior. *Limnology and Oceanography Letters*. doi:10.1002/lol2.10121
- Siegelman, L., M. O'Toole, M. Flexas, P. Rivière and P. Klein (2019-a). Submesoscale ocean fronts act as biological hotspot for southern elephant seal. *Nature Scientific Reports*, 9(1), 2045-2322. doi:10.1038/s41598-019-42117-w
- Siegelman, L., P. Klein, P. Riviere, A. F. Thompson, H. S. Torres, M. Flexas, D. Menemenlis (2019-b) Enhanced upward heat transport at deep submesoscale ocean fronts. *Nature Geoscience*, 13 (1), pp.50
- Siegelman, L., P. Klein, A. F. Thompson, H. S. Torres, D. Menemenlis (2020). Altimetry-Based Diagnosis of Deep-Reaching Sub-Mesoscale Ocean Fronts. *Fluids*, 5, 145; doi:10.3390/fluids5030145
- Zhang, Z., Bo Qiu, P. Klein, S. Travis (2019). The influence of geostrophic strain on oceanic ageostrophic motion and surface chlorophyll. *Nautre Comunications*. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-10883-w>
- Zhang, Z., & Qiu, B. (2020). Surface Chlorophyll Enhancement in Mesoscale Eddies by Submesoscale Spiral Bands. *Geophysical Research Letters*, 47, e2020GL088820. <https://doi.org/10.1029/2020GL088820>