

Titre du stage : Comparaison des données SWOT et glider à (sous)mésoéchelle : application à la Mer Méditerranée et aux Mers Nordiques

Encadrant principal :

Nom prénom (statut), email : Anthony Bosse (Physicien-adjoint CNAP), anthony.bosse@mio.osupytheas.fr

Laboratoire : Institut Méditerranéen d'Océanographie (MIO), Marseille

Lieu(x) du stage : Institut Méditerranéen d'Océanographie (MIO), Marseille

Durée du projet: 6 mois

Présentation du stage :

La dynamique de meso et sous-mesoéchelle, ie aux échelles allant de 1 à 50km, a un impact majeur sur les flux verticaux et horizontaux de traceurs et d'énergie dans l'océan. Cependant, notre connaissance de cette dynamique reste encore limitée, en particulier à cause de la difficulté à observer toutes les variables physiques à ces échelles. Ces flux verticaux résultant activés par la dynamique à (sous)mesoéchelle jouent en particulier un rôle crucial dans la structuration des écosystèmes marins (Lévy *et al.*, 2018).

Les planeurs sous-marins (ou glider) sont des instruments autonomes apparus au début des années 2000 et qui permettent un échantillonnage à haute résolution (2km/2h entre profiles verticaux à 1000m) (Testor *et al.*, 2019). Ces plateformes sont aujourd'hui de plus en plus utilisées, en particulier dans les systèmes d'observations (comme le SNO MOOSE en Méditerranée [<https://www.moose-network.fr/fr/>] ou NorGliders dans les Mers Nordiques [<https://norgliders.gfi.uib.no/>]). En Méditerranée, ces vecteurs ont notamment permis de résoudre la dynamique de processus nouveaux comme des tourbillons cohérents de sous-mésoéchelle dont le rayon est de 5-10km, auparavant impossible à caractériser par des techniques classiques de mesure (Bosse *et al.*, 2015, 2016).

Le satellite altimétrique SWOT, lancé en décembre 2022, a permis une grande avancée dans la résolution de ces échelles de la dynamique océanique en mesurant pour la première fois la hauteur dynamique de l'océan sur sa large fauchée de 150km, à haute résolution (2km) et à fréquence journalière durant la période de Calibration/Validation (CalVal) d'avril à juillet 2023 (Morrow *et al.*, 2019). Cette période a représenté une occasion unique pour étudier le cycle de vie des structures de (sous)mésoéchelle, souvent invisibles sur les cartes altimétriques avant SWOT, et pourtant omniprésentes dans les régions à faible rayon de déformation de Rossby (ie O(10-20)km), comme la Méditerranée et les Mers Nordiques.

La Méditerranée Nord-occidentale est une région clé pour le fonctionnement de la Méditerranée car c'est là qu'a lieu la convection profonde en hiver, capable de renouveler et ventiler ses eaux profondes (Testor *et al.*, 2018). Dans cette région, la stratification des eaux est faible et le rayon de déformation de Rossby de l'ordre de 10km. C'est également la zone la plus productive de la Méditerranée grâce à l'efflorescence phytoplanctonique printanière qui y a lieu après la de convection hivernale (D'Ortenzio & Ribera d'Alcalà, 2009).

Les Mers Nordiques sont constituées de plusieurs bassin séparés par la dorsale medio-Atlantique, et constituent un point de transit clé pour les Eaux chaudes et salées provenant de l'Atlantique remontant vers l'Arctique. Situé à haute latitude, et soumis à un fort mélange vertical hivernal, la mésoéchelle y est caractérisée par des échelles horizontales de O(10-20km). Les intenses courants de bord transportant les Eaux Atlantiques génèrent de nombreux tourbillons: en particulier, dans le bassin du Lofoten, qui est reconnu comme un hotspot de l'énergie cinétique à mésoéchelle (Koszalka, 2011) et abritant un anticyclone de mésoéchelle permanent (Bosse *et al.* 2019).

Contexte du stage et jeux de données :

Le cadre de ce stage s'intégrera dans plusieurs projet du consortium international SWOT Adopt-a-Crossover (www.swot-adac.org) :

- la campagne BIOSWOT-Med (<https://doi.org/10.17600/18002392>) qui a eu lieu en avril-mai 2023 et pendant laquelle quatre gliders ont permis d'échantillonner un tourbillon de mésoéchelle sous la trace de SWOT.

- le SNO MOOSE qui déploie des gliders le long d'une radiale d'endurance T02 (Marseille-Minorque), dont l'un des déploiements a été réalisé d'avril à juillet 2023 sous la trace SWOT.

- NorGliders : infrastructure glider portée par l'Université de Bergen qui a également déployé des gliders sous la trace de SWOT dans les Mers Nordiques durant la CalVal, en particulier au niveau du tourbillon permanent du bassin du Lofoten.

Objectifs :

Ce travail de Master portera sur l'analyse des données collectées lors de plusieurs missions glider sous la trace du satellite SWOT durant la phase de CalVal, dans deux régions pour lesquelles le satellite SWOT doit permettre une nette amélioration dans la résolution de la dynamique de mésoéchelle : la Mer Méditerranée et les Mers Nordiques.

L'objectif du stage sera de quantifier la plu-value apportée par le satellite SWOT dans la résolution de la mésoéchelle dans ces deux régions. Pour cela, plusieurs produits altimétriques seront utilisés : le champ altimétrique classique (DUACS), les données SWOT L3 et le produit combiné L4 (altimétrie classique et SWOT). Différentes métriques objectives seront construites pour comparer les données altimétriques de surface de SWOT avec les mesures collectées par les gliders de 0 à 1000m: hauteur dynamique reconstituée, intensité des vitesses (cyclo)géostrophiques, localisation des centres des tourbillons rencontrés, ...

Environnement du stage :

L'étudiant(e) sera intégré(e) à l'équipe OPLC du MIO, et son stage de master sera mené dans le cadre du projet CNES GLISS mené par A. Bosse au sein consortium BioSWOT-Med avec lequel l'étudiant pourra interagir au MIO (A. Doglioli, G. Gregori, E. Pulido-Villena, L. Berline, A. Petrenko, S. Barillon) et au LOCEAN (F. D'Ovidio, L. Rousselet, L. Izard). Des interactions auront également lieu avec I. Fer (PI NorGliders), A. Brakstad, G. Damerell de l'Université de Bergen en Norvège, qui ont travaillé et/ou participé aux déploiements des gliders sous la trace SWOT dans les Mers Nordiques.

Les jeux de données des gliders et altimétriques sont d'ores et déjà disponibles. L'étudiant(e) pourra donc se concentrer uniquement sur l'analyse de données.

Une participation à un leg de 12 jours de la prochaine campagne MOOSE-GE 2025 auquel l'encadrant principal participera, sera envisagée, selon la motivation de l'étudiant(e), afin de compléter le stage par une expérience de terrain en interaction avec des experts de la Méditerranée.

Une poursuite en thèse pourra être discutée en fonction du profil et de la motivation du/de la candidat(e) retenu(e) et des financements (bourse ministérielle, région SUD, CNES, DGA, ...).

Profil du candidat recherché

- cursus universitaire ou d'école d'ingénieur incluant idéalement des cours de dynamique de l'océan, de l'atmosphère ou du climat.
- Bonnes connaissances de la dynamique des fluides géophysiques et la turbulence.
- Maîtrise d'un outil de programmation (Python, Matlab...).
- Motivation pour l'analyse et la collecte de données océanographiques de terrain.

Références:

Bosse, et al. (2015). *Spreading of Levantine Intermediate Waters by submesoscale coherent vortices in the NW Med Sea as observed with gliders*. JGR : Oceans.

Bosse, et al. (2016). *Scales and dynamics of Submesoscale Coherent Vortices formed by deep convection in the NW Med Sea*. JGR : Oceans.

Bosse, et al. (2019). *Dynamical controls on the longevity of a non-linear vortex: The case of the Lofoten Basin Eddy*. Scientific reports.

Bosse, et al. (2021). *Wind-forced submesoscale symmetric instability around deep convection in the NW Med Sea*. Fluids.

D'Ortenzio & Ribera d'Alcalá (2009). *On the trophic regimes of the Mediterranean Sea: a satellite analysis*. Biogeosciences.

D'Ovidio, et al. (2019). *Frontiers in fine-scale in situ studies: Opportunities during the swot fast sampling phase*. Front. in Marine Sciences.

Morrow, et al. (2019). *Global Observations of Fine-Scale Ocean Surface Topography With the Surface Water and Ocean Topography (SWOT) Mission*. FMS.

Koszalka, I., et al. (2011). *Surface circulation in the Nordic Seas from clustered drifters*. DSR.

Lévy, et al. (2018). *The role of submesoscale currents in structuring marine ecosystems*. Nature communications.

Testor, et al. (2018). *Multiscale observations of deep convection in the NW Med Sea during winter 2012–2013 using multiple platforms*. JGR : Oceans.

Testor, et al. (2019). *OceanGliders : a component of the integrated GOOS*. Front. in Marine Sciences.