

Sujet de stage de M2 2019-20	<i>Dynamique océanique à fines échelles et vitesses verticales</i>
Mots clés	Fines échelles, vitesses verticales, instrumentation <i>in situ</i> , observations satellite, FUMSECK, BioSWOT, SWOT
Encadrants	Stéphanie Barrillon (stephanie.barrillon@mio.osupytheas.fr) Anne Petrenko (anne.petrenko@mio.osupytheas.fr)
Lieu du stage	Institut Méditerranéen d'Océanologie, MIO Oceanomed, Bâtiment Méditerranée Campus de Luminy 13288 Marseille

Présentation de la thématique

Les fines échelles océaniques (de 0.1 à 100 km pour une durée de vie de quelques jours à quelques semaines/mois) peuvent impliquer par leurs interactions une dynamique agéostrophique et tridimensionnelle [McWilliams 2016, Ferrari & Wunsch 2009, Capet *et al.* 2008], généralement associée à la présence de vitesses verticales, point critique pour la compréhension des échanges verticaux [Ferrari 2011]. Par conséquent, ces fines échelles jouent un rôle clef dans l'équilibre global des océans et, malgré leur faible intensité, impactent nettement des processus tels que le transfert vertical de sels nutritifs et l'export de Carbone. Cependant, leur caractère éphémère complexifie leurs mesures *in situ* [Petrenko *et al.* 2017, Rousselet *et al.* 2019], néanmoins nécessaires pour mieux les comprendre et confirmer les prévisions des modèles et les observations par satellite. De plus, la mesure *in situ* des vitesses verticales, de plusieurs ordres de grandeur inférieures aux vitesses horizontales, représente un réel défi.

Contexte expérimental

Le stage s'inscrit dans le projet FUMSECK-vv demandé au LEFE (PIs Stéphanie Barrillon & Anne Petrenko, MIO), qui étudie la mesure des vitesses verticales *in situ*, et plus largement dans le contexte international du programme BioSWOT soutenu par le CNES (PI F. d'Ovidio, LOCEAN-IPSL, co-PIs A.M. Doglioli and G. Grégori, MIO), qui développe l'exploitation scientifique des observations du futur satellite SWOT (*Surface Water and Ocean Topography*, <https://swot.cnes.fr/>), en combinant l'océanographie physique et biogéochimique par des expériences interdisciplinaires *in situ* autour de la mission SWOT en 2022.

La campagne FUMSECK (*Facilities for Updating the Mediterranean Submesoscale-Ecosystem Coupling Knowledge*, PI S. Barrillon), réalisée au printemps 2019 en mer Ligure, a testé diverses innovations technologiques pour l'étude de la dynamique à fines échelles et son couplage avec la biogéochimie (voir Figure 1 (a)). En particulier, de multiples méthodes de mesure des vitesses verticales ont été exploitées, à l'aide de différents ADCP (ADCP de coque, L-ADCP et Sentinel V (5 faisceaux) à profondeur fixe et en profil, FF-ADCP (*Free Fall ADCP*) en chute libre), du prototype de profileur de vitesses verticales VVP (*Vertical Velocities Profiler*) développé au MIO, et du glider du MIO.

Objectifs et perspectives

Le candidat abordera directement la question de la mesure des vitesses verticales dans le cadre de la dynamique à fines échelles, en exploitant une partie des données de la campagne FUMSECK 2019. Le stage concernera ainsi le traitement et l'analyse des données déjà acquises issues d'un ou plusieurs instruments.

Le premier objectif est l'analyse plus approfondie des données du Sentinel dans le but d'atteindre une mesure sensible à des vitesses verticales de l'ordre du mm/s (voir Figure 1 (b) pour les premiers résultats).

Le deuxième objectif est d'appliquer la méthode ainsi obtenue aux données du L-ADCP.

Le troisième objectif est l'exploitation des données glider en vue d'une interprétation en vitesses verticales. En effet, toute déviation de la vitesse verticale prédite par le modèle de vol du glider (équilibre mécanique entre son poids dans l'eau et sa traînée hydrodynamique) pourra être interprétée comme une vitesse verticale [Fuda *et al.* 2013, Frajka-Williams *et al.* 2011, Merckelbach *et al.* 2010].

Une poursuite en thèse de doctorat est envisagée en continuation directe du stage, qui servira de base pour une étude plus approfondie et pour la préparation des futures campagnes.

Intérêts et compétences

- Océanographie physique
- Programmation (Matlab, Python, Shell)
- Travail en équipe

Liens utiles

- Pages Web FUMSECK :
<https://www.mio.osupytheas.fr/fr/dynamique-oceanique/fumseck-une-campagne-du-projet-bioswot>
<https://campagnes.flotteoceanographique.fr/campagnes/18001155/>
- Pages Web BioSWOT :
<https://www.mio.osupytheas.fr/fr/dynamique-oceanique/bioswot-les-satellites-au-service-de-letude-du-plancton>

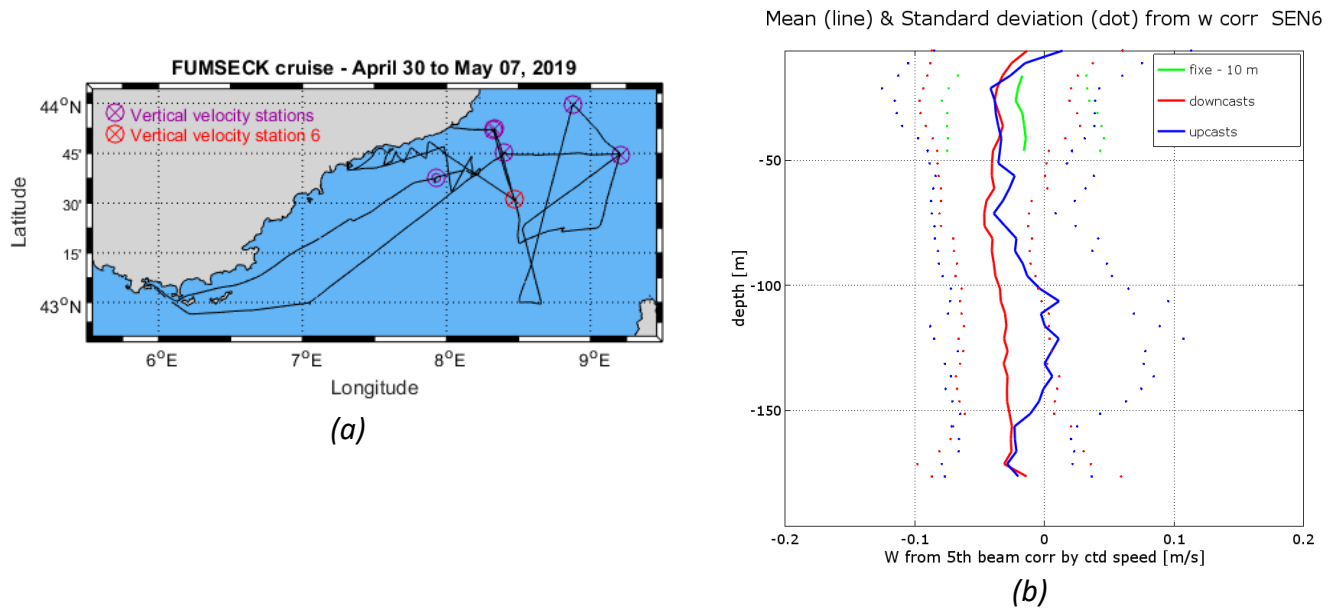


Figure 1 : (a) Trajectoire et stations vitesses verticales de la campagne FUMSECK. (b) Moyennes et écart-types des mesures de vitesses verticales par le 5^{ème} faisceau du Sentinel V, en fonction de la profondeur, lors de la station 6 (en rouge dans (a)) ; vert : instrument à 10 m de profondeur, rouge : instrument en plongée, bleu : instrument en remontée.

Références bibliographiques

- X. Capet, J.C. McWilliams, M.J. Molemaker and A.F. Shchepetkin, (2008). *Mesoscale to Submesoscale Transition in the California Current System*. J. Phys. Ocean., 38. (Part 1: 29-43, Part 2 : 44-64, Part 3 : 2256-2269)
- Ferrari, R. (2011). *A frontal challenge for climate models*. Ocean science 332, 316–317. doi: 10.1126/science.1203632
- Ferrari, R., and Wunsch, C. (2009). *Ocean circulation kinetic energy: reservoirs, sources, and sinks*. Annu. Rev. Fluid Mech. 41, 253–282. doi: 10.1146/annurev.fluid.40.111406.102139
- Frajka-Williams, E., C.C. Eriksen, P.B. Rhines, and R.R. Harcourt (2011). *Determining Vertical Water Velocities from Seaglider*. J. Atmos. Oceanic Technol., 28, 1641–1656, <https://doi.org/10.1175/2011JTECHO830.1>
- Fuda J-L, F.Marin, F.Durand, T.Terre, (2013) *Diagnosing ocean vertical velocities off New Caledonia from a SPRAY glider*. Geophysical Research Abstracts Vol. 15, EGU2013-9721.
- McWilliams, J. C. (2016). *Submesoscale currents in the ocean*. Proc. R. Soc. A 472:20160117. doi:10.1098/rspa.2016.0117
- Merckelbach, Lucas, David Smeed, and Gwyn Griffiths (2010). *Vertical water velocities from underwater gliders*. J. Atmos. Oceanic Technol., 27(3), 547-563
- Petrenko, A.A., Doglioli, A.M., Nencioli, F., Kersalé, M., Hu, Z., d'Ovidio, F. (2017). *A review of the LATEX project: mesoscale to submesoscale processes in a coastal environment*. Ocean Dynam., doi: 10.1007/s10236-017-1040-9.
- Rousselet L., Doglioli, A.M., de Verneil, A., Pietri, A., Della Penna, A., Berline, L., Marrec, P., Gregori, G., Thyssen, M., Carlotti, F., Barrillon, S., Simon-Bot, F., Bonal, M., d'Ovidio, F. and Petrenko, A.A. (2019). *Vertical motions and their effects on a biogeochemical tracer in a cyclonic structure finely observed in the Ligurian Sea*. J. Geophys. Res., 124, doi:10.1029/2018JC014392.