

Proposition de sujet de thèse 2020

(A remplir par les équipes d'accueil et à retourner à Isabelle HAMMAD : hammad@cerege.fr
*à renseigner obligatoirement pour la validation du sujet, (1) : A remplir lors de la campagne d'attribution des allocations, à l'issue de la session de juin des Masters

Sujet de doctorat proposé *: *Vitesses verticales et dynamique océanique à fines échelles*

Encadrant(s), nom, prénom, adresse mail *:

BARRILLON Stéphanie, stephanie.barrillon@mio.osupytheas.fr

PETRENKO Anne, anne.petrenko@mio.osupytheas.fr

Laboratoire *: MIO

Tableau récapitulatif du sujet

Candidat(e)⁽¹⁾	
Nom - Prénom :	
Date de naissance :	
Licence (origine, années, mention) :	
Mention et classement au Master 1 année (Xème sur Y)	
Mention et classement au S3 du Master 2 (Xème sur Y)	
Mention et classement au S4 du Master 2 (Xème sur Y)	
Mention et classement au M2 (année) (Xème sur Y)	
MASTER (nom, université)	
Sujet de doctorat proposé*	Vitesses verticales et dynamique océanique à fines échelles
Encadrants (2 max, indiquer si HDR ou pas)*	Stéphanie Barrillon (HDR), Anne Petrenko (HDR)
Laboratoire*	MIO
Programme finançant la recherche (indiqué si obtenu ou envisagé) (1) Programmes et financements :	BIOSWOT 2016-2020, CNES, obtenu AT COUPLAGE 2019, MIO, obtenu IMIS 2020-2021, Région Sud, soumis BIOSWOT-AdAC, 2020-2025, CNES, envisagé FUMSECK-vv, 2021-2023, LEFE, envisagé
Campagnes :	VVPTest 2019, effectuée FUMSECK 2019, effectuée VVPTest 2020, programmée PROTEVS-Gibraltar 2020, programmée CALYPSO 2021, soumise PROTEVS-BIOSWOTMED 2022, envisagée

Sujet de doctorat proposé*

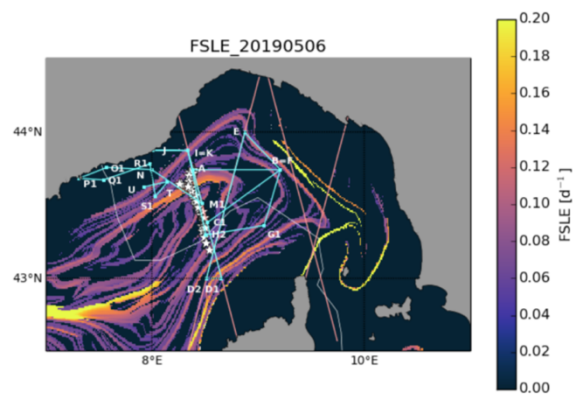
Intitulé* : *Vitesses verticales et dynamique océanique à fines échelles*

Descriptif* :

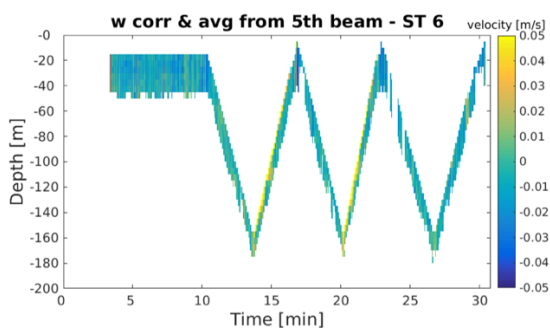
De longue date, la composante verticale de la vitesse des courants océaniques a été négligée, paramétrée de façon très simpliste, ou considérée comme non mesurable, en raison de sa faible intensité par rapport à celle des composantes horizontales et des difficultés de son estimation *in situ*. L'intérêt croissant pour la dynamique à fines échelles lors de la dernière décennie a remis à l'ordre du jour le besoin d'informations directes sur cette composante verticale de vitesse. Les fines échelles océaniques, caractérisées par des structures telles que des tourbillons ou des filaments, s'étendent sur des échelles spatiales allant de 0.1 à 100 km pour une durée de vie de quelques jours à quelques semaines. Elles jouent un rôle clef dans l'équilibre global des océans et impactent nettement des processus tels que le transfert vertical de sels nutritifs et l'export de carbone, fortement corrélés au changement climatique [Mahadevan 2016, Mc Gillicuddy 2016, Lévy *et al.* 2001]. Elles 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. Cependant, le caractère éphémère de ces fines échelles complexifie leurs mesures *in situ*, 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.

Dans ce contexte, le futur satellite SWOT (*Surface Water and Ocean Topography*, NASA, CNES, <https://swot.cnes.fr/>) sera lancé fin 2021 et effectuera une mesure précise et à très haute résolution de l'élévation de l'eau, permettant ainsi, entre autres, une observation précise des circulations océaniques jusqu'aux fines échelles. Le sujet de thèse s'inscrit dans le programme international BioSWOT suivi de BioSWOT-AdaC, soutenus par le CNES (PI F. d'Ovidio, LOCEAN-IPSL, co-PIs A.M. Doglioli and G. Grégori, MIO), qui développent l'exploitation scientifique des observations de SWOT, en combinant océanographie physique et biogéochimie lors d'expériences interdisciplinaires *in situ* durant la mission SWOT en 2022 [d'Ovidio *et al.* 2019].

La campagne FUMSECK (*Facilities for Updating the Mediterranean Submesoscale-Ecosystem Coupling Knowledge*, PI S. Barrillon, <https://doi.org/10.17600/18001155>), 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 dans le cadre de la préparation à l'exploitation des observations de SWOT (Figure 1 (a)). Plusieurs méthodes de mesure des vitesses verticales ont été expérimentées, à l'aide de différents ADCP (ADCP de coque, L-ADCP et Sentinel V (5 faisceaux) à profondeur fixe et en profil (Figure 1 (b)), FF-ADCP (*Free Fall ADCP*) en chute libre), du prototype de profileur de vitesses verticales VVP (*Vertical Velocity Profiler*) développé au MIO (Figure 1 (c)), et du glider du MIO.



(a)



(b)



(c)

Figure 1 : (a) Trajectoire et points de passage de la campagne FUMSECK (bleu) superposés aux FSLE (Finite Size Lyapunov Exponents, couleurs) calculés pour le dernier jour de campagne. (b) Vitesses verticales mesurées par le 5^{ème} faisceau du Sentinel V, en fonction du temps et de la profondeur, lors de la dernière station. (c) Photo du VVP (Vertical Velocity Profiler).

En collaboration avec le SHOM, nous participerons à une campagne dans le détroit de Gibraltar en septembre 2020 durant laquelle nous déploierons nos instruments de mesure de vitesses verticales et effectuerons des mesures cytométriques. Nous participons également à une demande de campagne en mer pour accompagner et compléter la campagne CALYPSO en 2021, avec le même objectif de mesure des vitesses verticales couplées avec la biologie.

Le sujet de doctorat s'attaque directement à la question de la mesure des vitesses verticales dans le cadre de la dynamique à fines échelles. Mêlant développement instrumental, campagnes en mer (2020, possiblement 2021, et 2022), analyse de données, et modélisation, l'étudiant s'efforcera de développer la meilleure méthode de mesure des vitesses verticales *in situ* et de l'exploiter pour une compréhension interdisciplinaire approfondie des mécanismes en œuvre dans la dynamique à fines échelles. La levée de ce verrou apportera ainsi une contribution majeure à la connaissance de nos océans.

Détail du Programme finançant la recherche* :

Le futur satellite SWOT sera mis en orbite fin 2021, et effectuera une mesure précise, et avec une résolution sans précédent, de l'élévation de l'eau sur la globalité de notre planète, permettant ainsi une observation précise des circulations océaniques à fines échelles. En particulier, lors la première phase de la mission, dite "phase d'échantillonnage rapide", les orbites se croiseront en certains points spécifiques avec une fréquence de deux fois par jour. Les programmes internationaux BioSWOT et BioSWOT-AdaC, soutenus par le CNES (PI F. d'Ovidio,

LOCEAN-IPSL, co-PIs A.M. Doglioli and G. Grégori, MIO), développent l'exploitation scientifique des observations de SWOT, en combinant océanographie physique et biogéochimie lors d'expériences interdisciplinaires *in situ* prévues durant la phase d'échantillonnage rapide de la mission SWOT en 2022.

La mer Méditerranée est une région où l'altimétrie actuelle ne capture qu'une petite partie de la dynamique à fines échelles, pour laquelle SWOT devrait apporter une amélioration substantielle. Un des points de croisement de la phase d'échantillonnage rapide de SWOT se situe en Méditerranée occidentale, entre l'Algérie et les Baléares, dans une zone riche en dynamique à fine échelles. Enrichis de l'expérience de multiples campagnes océanographiques en Méditerranée occidentale (LATEX, OSCAHR, PROTEVS-SWOT, et FUMSECK) sur la mise en œuvre de mesures physiques et biologiques à haute résolution, nous préparons en ce point de croisement une campagne multiplateforme et multidisciplinaire synchronisée avec la phase d'échantillonnage rapide de SWOT. En particulier, nos instruments de mesure de vitesses verticales y seront déployés.

De plus, des collaborations avec des modélisateurs sont prévues, de façon à compléter et comparer l'information issue des mesures *in situ* avec celle issue de simulations numériques à haute résolution.

Collaborations au sein du MIO : A. Doglioli, J-L. Fuda, A. Bosse (équipe OPLC), G. Grégori, M. Thyssen (équipe CYBELE), Axe Transverse COUPLAGE, Plateformes SAM et PRECYM.

Collaborations nationales : F. d'Ovidio (LOCEAN, Paris), F. Dumas (SHOM), P. Garreau (IFREMER), C. Estournel, P. Marsaleix (LA, Toulouse)

Collaborations internationales : A. Pascual (IMEDEA, Palma de Mallorca, Spain), F. Cyr (DFO, NAFC, Canada), Consortium BIOSWOT-AdAC, approuvé par Clivar

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)
- d'Ovidio, F., Pascual, A., Wang, J., Doglioli, A.M., Jing, Z., Moreau, S., Gregori, G., Swart, S., Speich, S., Cyr, F., Légresy, B., Chao, Y., Fu, L., Morrow, R. (2019), *Frontiers in fine scale in-situ studies: opportunities during the SWOT fast sampling phase*, Front.Mar.Sci. 6:168. doi:10.3389/fmars.2019.00168
- 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
- Lévy, M., Klein, P., and Treguier, A. M. (2001). *Impact of sub-mesoscale physics on production and subduction of phytoplankton in an oligotrophic regime*. J. Mar. Res. 59, 535–565. doi: 10.1357/00222400176 2842181
- Mahadevan, A. (2016). *The impact of submesoscale physics on primary productivity of plankton*. Annu. Rev. Mar. Sci. 8, 161–184. doi: 10.1146/annurev-marine-010814-015912
- McGillicuddy Jr.D.J, (2016). *Mechanisms of Physical-Biological-Biogeochemical Interaction at the Oceanic Mesoscale*. Annual Review of Marine Science, 8, 125-159.
- McWilliams, J. C. (2016). *Submesoscale currents in the ocean*. Proc. R. Soc. A 472:20160117. doi:10.1098/rspa.2016.0117

Directeur(s) de thèse proposé(s)*

(limiter au plus à deux personnes principales, dont au moins une titulaire de l'HDR)

Stéphanie BARRILLON

Anne PETRENKO

Directeur HDR proposé*

Nom - Prénom : **BARRILLON Stéphanie**

Corps : CRCN CNRS

Laboratoire (i.e. formation contractualisée de rattachement, éventuellement équipe au sein de cette formation) :

MIO, OPLC

Adresse mail : stephanie.barrillon@mio.osupytheas.fr

Note :

Le directeur de thèse proposé est co-auteur de plus de 800 publications en physique des particules (http://inspirehep.net/search?ln=en&ln=en&p=find+author+baffioni&of=hb&action_search=Search&sf=earliestdate&so=d&rm=&rg=25&sc=0). Elle a récemment opéré un changement thématique de la physique des particules vers l'océanographie, son nombre de publications dans le domaine est ainsi limité aux deux mentionnées ci-dessous. Elle a encadré une thèse dans son ancien domaine.

Choix de cinq publications récentes (souligner éventuellement les étudiants dirigés co-signataires) :

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](https://doi.org/10.1029/2018JC014392)

Guieu, C., D'Ortenzio, F., Dulac, F., Taillandier, V., Doglioli, A., Petrenko, A., **Barrillon, S.**, Mallet M., Nabat P., Desboeufs, K. (2020). *Process studies at the air-sea interface after atmospheric deposition in the Mediterranean Sea: objectives and strategy of the PEACETIME oceanographic campaign (May-June 2017), submitted to Biogeosciences*, doi:10.5194/bg-2020-44

Thèses encadrées ou co-encadrées au cours des quatre dernières années*

Aucune

Autre directeur proposé (éventuellement)

Nom - Prénom : **PETRENKO Anne** (HDR) : encadrement **50%**

Corps : MCF AMU OSU Institut Pythéas

Laboratoire : Institut Méditerranéen d'Océanologie (MIO) ; équipe Physique

Adresse mail : anne.petrenko@mio.osupytheas.fr

Choix de cinq publications récentes (souligner éventuellement les étudiants dirigés co-signataires) :

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](https://doi.org/10.1029/2018JC014392)

Costa, A., Martin González, A., Guizien, K., Doglioli, A.M., Gómez, J.M., **Petrenko, A.A.**, Allesina S. (2019). *Ecological networks: Pursuing the shortest path, however narrow and crooked*. Sci.Rep., 9, 17826, doi:[10.1038/s41598-019-54206-x](https://doi.org/10.1038/s41598-019-54206-x), doi biorxiv: [10.1101/475715](https://doi.org/10.1101/475715)

Raapoto, H., Martinez, E., **Petrenko, A.A.**, Doglioli, A.M., Gorgues T., Sauzede R., Maamaatuaiahutapu K., Maes C., Menkès C., Lefèvre J. (2019). *Role of iron in the remarkable Marquesas island mass effect*. Journal of Geophysical Research - Oceans, doi:[10.1029/2019JC015275](https://doi.org/10.1029/2019JC015275).

Costa, A., **Petrenko, A.A.**, Guizien, K., Doglioli, A.M. (2017). *On the calculation of betweenness centrality in marine connectivity studies using transfer probabilities*. PLOS ONE, 12, 110. [10.1371/journal.pone.0189021](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189021). see preprint [PDF biorxiv source code & data](#)

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.

Thèses encadrées ou co-encadrées au cours des quatre dernières années :

Nom : **Fuménia, Alain**

Intitulé : *Dynamique spatiale et temporelle de la biomasse organique particulaire synthétisée dans une région fortement influencée par la fixation de diazote atmosphérique (campagne océanographique OUTPACE dans le Pacifique tropical sud-ouest)*

Type d'allocation : *bourse MENRT*

Date de début de l'allocation de doctorat : 1er octobre 2016

Date de soutenance (si la thèse est soutenue) : 22 avril 2020

Programme finançant la recherche : OUTPACE (PIs T. Moutin et S. Bonnet).

Situation actuelle du docteur (si la thèse est soutenue) : en fin de thèse

Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement en cas de codirection : **20 %**

Nom : **Rousselet, Louise**

Intitulé : *Étude des circulations à (sous)mésoéchelle et de leur influence sur la distribution spatiale des éléments biogéochimiques et biologiques à l'aide de mesures in situ et satellites couplées physique biogéochimie.*

Type d'allocation : *bourse MENRT*

Date de début de l'allocation de doctorat : 1er octobre 2015

Date de soutenance (si la thèse est soutenue) : 4 décembre 2018

Programme finançant la recherche : OUTPACE (PIs T. Moutin et S. Bonnet), OSCAHR (PIs A. Doglioli et G. Gregory).

Situation actuelle du docteur (si la thèse est soutenue) : Postdoc à SCRIPPS, San Diego, CA (USA)

Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement en cas de codirection : **50 %**

Nom : **Raapoto, Hirohiti**

Intitulé : *Impacts des cycles climatiques sur l'effet d'île aux Marquises et répercussions sur les ressources marines.*

Type d'allocation : *bourse du gouvernement de la Polynésie française.*

Date de début de l'allocation de doctorat : janvier 2015

Date de soutenance (si la thèse est soutenue) : 13 septembre 2018

Programme finançant la recherche : MOANA-MATY *Efflorescence biologique des îles Marquises dans l'Océan Pacifique : de l'étude de processus à la variabilité décennale* (PI Elodie Martinez).

Situation actuelle du docteur (si la thèse est soutenue) : Postdoc à l'Univ. du Pacifique, Papeete, Tahiti

Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement en cas de codirection : **25 %**

Nom : **Costa, Andrea**

Intitulé : *Connectivité entre aires marines protégées et biorégionalisation de la Méditerranée : une approche Lagrangienne.*

Type d'allocation : *bourse MENRT*

Date de début de l'allocation de doctorat : octobre 2013

Date de soutenance (si la thèse est soutenue) : 28 avril 2017

Programme finançant la recherche : CoCoNET (*Towards COast to COast NETWORKS of marine protected areas from the shore to the high and deep sea, coupled with seabased wind energy potential*), projet européen financé dans le cadre du FP7

Situation actuelle du docteur (si la thèse est soutenue) : *Data Scientist chez Decathlon (après postdoc en Corée)*

Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement en cas de codirection : **50 %**