

# Etude comportementale de flotteurs Argo virtuels en présence de Meddies au large de la péninsule ibérique

**NIVEAU DU STAGE : M2**  
**DURÉE DU STAGE : 5-6 MOIS**

## Contexte :

Le Shom est l'opérateur public pour l'information géographique maritime et littorale de référence. Établissement public administratif sous tutelle du ministère des armées, il a pour mission de connaître et décrire l'environnement physique marin dans ses relations avec l'atmosphère, avec les fonds marins et les zones littorales, d'en prévoir l'évolution et d'assurer la diffusion des informations correspondantes.

L'exercice de cette mission se traduit par trois activités primordiales :

- de l'hydrographie nationale, pour satisfaire les besoins de la navigation de surface, dans les eaux sous juridiction française et dans les zones placées sous la responsabilité cartographique de la France ;
- du soutien de la défense, caractérisé par l'expertise apportée par le Shom dans les domaines hydro-océanographiques à la direction générale de l'armement et par ses capacités de soutien opérationnel des forces ;
- du soutien des politiques publiques de la mer et du littoral, par lequel le Shom valorise ses données patrimoniales et son expertise en les mettant à la disposition des pouvoirs publics, et plus généralement de tous les acteurs de la mer et du littoral.

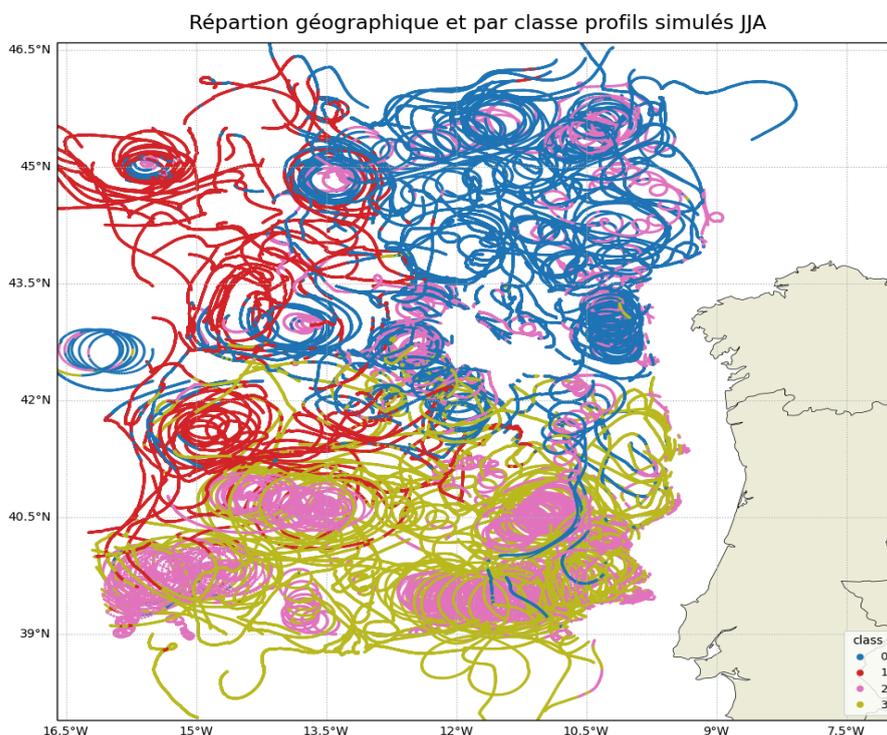
## Description du stage :

Les flotteurs Argo dérivent dans tous les océans du globe à 1000 mètres de profondeur et effectuent des profils entre 2000 mètres et la surface où ils transmettent leurs données tous les 10 jours. Ils sont une composante essentielle du réseau d'observation mondial de l'océan (Wong et al. 2020). Leurs données permettent par exemple de calculer des climatologies, d'estimer la variabilité climatique ou de corriger en temps réel les systèmes de prévisions océanographiques par assimilation de données.

Ces flotteurs dérivent notamment au large de la Galice à la même profondeur que les eaux méditerranéennes qui coulent vers le nord le long de la côte sous la forme d'une veine plus salée que son environnement. Cette veine n'est pas totalement stable et peut exporter son eau sous la

forme de tourbillons (Paillet et al. 2002; 1999). Ces tourbillons peuvent ainsi être caractérisés par des anomalies locales de salinité qui dépendent de leur sens de rotation. Il est ainsi envisageable qu'il puissent être détectés grâce aux profils Argo (McCoy, Bianchi, et Stewart 2020).

Un précédent stage a notamment permis de montrer que la classification (Maze et al. 2017) des profils de température Argo virtuel peut mettre en évidence des régimes dynamiques différents par classe comme le montre la figure suivante (Grima 2024). La procédure a consisté à simuler le cycle de vie de plusieurs flotteurs Argo virtuels (Maze et Balem 2024) dans des simulations à haute résolution de CROCO GIGATL1 (Gula et al. 2021) puis d'appliquer la classification.



*Simulations de flotteurs ARGO dans le bassin ibérique en été. Chaque couleur représente une des classes de profils calculées par mélange gaussien (Grima 2024). On devine par exemple que les profils roses sont plus intra-eddies et ceux jaunes plutôt extra-eddies.*

L'objet du stage est de croiser les résultats de classification de profils Argo virtuels et de leur trajectoire avec la détection des Meddies à 1000 m. Des simulations flotteurs seront réalisées à diverses périodes de l'année au large de la péninsule ibérique en testant plusieurs scénarios de répartition spatiale et de durée de cycle Argo, dont la période par défaut est de 10 jours. On testera ensuite sur les profils simulés la classification et ses paramètres tels que le nombre de classes ou les variables cibles type température, salinité ou *spiciness*. Afin d'étudier le lien entre les classes trouvées et les trajectoires des flotteurs et les Meddies, on utilisera un outil de détection de tourbillons appliqué aux courants vus par les flotteurs. Les diagnostics et les tests de sensibilité permettront de savoir sous quelles conditions la classification peut attester de la présence ou non d'un Meddy et permettre une estimation de ses propriétés. On se penchera en outre sur la trajectoire des flotteurs dans ou à proximité d'un tourbillon. Il est en effet probable que les

tourbillons significatifs signent dans les trajectoires, même échantillonnées à 10 jours, sous certaines conditions. Cette étude lagrangienne pourra être complétée par une analyse environnementale des conditions qui mènent un flotteur Argo à entrer ou sortir d'un tourbillon.

Les travaux seront réalisés en langage python sous Linux, à la fois sur PC et sur le calculateur datarmor.

Ce stage est effectué en collaboration avec le LOPS et des déplacements réguliers sont à prévoir à l'IUEM à Plouzané.

### Profil recherché :

- Niveau master 2
- Fortes compétences en océanographie physique
- Compétences en calcul numérique
- Connaissances souhaitables en calcul sous python

### Modalités de candidature :

Les dossiers de candidatures doivent être composés d'un **CV** et d'une **lettre de motivation**. Ils sont à adresser par courriel à [stagiaires@shom.fr](mailto:stagiaires@shom.fr)

### Conditions de travail au Shom :

- 7 heures par jour
- Restauration sur place
- Prise en charge à 75% de l'abonnement aux transports en commun pour venir au shom
- Gratification

Localisation du poste	durée du stage	Date limite de candidature	Référence à rappeler
Brest	5-6 mois	08/12/2024	ARGOMEDDIES

### Contacts

Stéphane Raynaud ([stephane.raynaud@shom.fr](mailto:stephane.raynaud@shom.fr))

Jonathan Gula ([jonathan.gula@univ-brest.fr](mailto:jonathan.gula@univ-brest.fr))

Kevin Balem ([kevin.balem@ifremer.fr](mailto:kevin.balem@ifremer.fr))

### Bibliographie

Grima, Elisa. 2024. « Etude de la représentativité des profils Argo dans le bassin ibérique ». Shom.  
Gula, Jonathan, Sébastien Theetten, Gildas Cambon, et Guillaume Rouillet. 2021. « Description of the GIGATL simulations (v1.1) ». Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4948523>.  
Maze, Guillaume, et Kévin Balem. 2024. « VirtualFleet ». <https://doi.org/10.5281/zenodo.7568985>.

- Maze, Guillaume, Herlé Mercier, Ronan Fablet, Pierre Tandeo, Manuel Lopez Radcenco, Philippe Lenca, Charlène Feucher, et Clément Le Goff. 2017. « Coherent heat patterns revealed by unsupervised classification of Argo temperature profiles in the North Atlantic Ocean ». *Progress in Oceanography* 151 (février):275-92.  
<https://doi.org/10.1016/j.pocean.2016.12.008>.
- McCoy, Daniel, Daniele Bianchi, et Andrew L. Stewart. 2020. « Global observations of submesoscale coherent vortices in the ocean ». *Progress in Oceanography* 189.  
<https://doi.org/10.1016/j.pocean.2020.102452>.
- Paillet, Jérôme, B. Le Cann, A. Serpette, Y. Morel, et X. Carton. 1999. « Real-time tracking of a galician Meddy ». *Geophysical Research Letters* 26 (13): 1877-80.  
<https://doi.org/10.1029/1999GL900378>.
- Paillet, Jérôme, Bernard Le Cann, Xavier Carton, Yves Morel, et Alain Serpette. 2002. « Dynamics and Evolution of a Northern Meddy ». *Journal of Physical Oceanography* 32 (1): 55-79.  
[https://doi.org/10.1175/1520-0485\(2002\)032<0055:DAEOAN>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0485(2002)032<0055:DAEOAN>2.0.CO;2).
- Wong, Annie P.S., Susan E. Wijffels, Stephen C. Riser, Sylvie Pouliquen, Shigeki Hosoda, Dean Roemmich, John Gilson, et al. 2020. « Argo Data 1999–2019: Two Million Temperature-Salinity Profiles and Subsurface Velocity Observations From a Global Array of Profiling Floats ». *Frontiers in Marine Science* 7 (June): 1-23.  
<https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00700>.