

## Fiche sujet de stage

### Réseaux de neurones pour la modélisation de la dynamique spatio-temporelle de courants océaniques de surface

#### Description du sujet (1 page maximum) :

Le sujet porte sur la modélisation de phénomènes physiques complexes : la dynamique de la circulation océanique, qui est une composante des modèles du climat. Il est aujourd'hui possible d'observer par altimétrie les courants marins de surface, mais à une résolution basse. Le lancement de nouveaux projets d'observations satellitaires en 2021 va générer une quantité de données à petite échelle. Cependant, celles-ci ne sont pas directement exploitables par les techniques actuelles de modélisation physique. Une nouvelle approche émergente (1, 2, 3) s'appuie sur ces observations satellitaires et des modèles statistiques à base de réseaux de neurones profonds pour apprendre leur dynamique.

Un de ces modèles permet de reconstituer les variables d'état d'un système (les champs de vitesse des courants océaniques) tout en apprenant la dynamique de l'état complet (à la fois des observations et des champs reconstruits). Pour le moment, ce modèle a été développé et testé sur des données représentant une dynamique simplifiée de la vraie circulation océanique. Le but du stage sera d'adapter et d'étendre ce modèle à des données réelles, en travaillant sur des données satellitaires. On se trouverait alors confronté à des difficultés liées aux nouvelles incertitudes, en particulier la prise en compte de données manquantes, dont des pistes de résolution ont été étudiées dans (4).

**Compétences du candidat :** Le stage demande des compétences en machine learning, des connaissances en géophysique et en mathématiques appliquées. Une pratique de la programmation est nécessaire. La connaissance de plateformes Deep Learning (PyTorch TensorFlow) facilitera le travail.

#### Références :

- (1) Ibrahim Ayed, Emmanuel de Bézenac, Arthur Pajot, and Patrick Gallinari. Learning the spatio-temporal dynamics of physical processes from partial observations. In ICASSP 2020 - 2020 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), pages 3232-3236, 2020
- (2) Emmanuel de Bezenac, Arthur Pajot, and Patrick Gallinari. Deep learning for physical processes: Incorporating prior scientific knowledge. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, 2019(12):124009, 2019
- (3) Vincent Le Guen, Yuan Yin, Jérémie Dona, Ibrahim Ayed, Emmanuel de Bézenac, Nicolas Thome, and Patrick Gallinari. Augmenting physical models with deep networks for complex dynamics forecasting, 2020

(4) Arthur Pajot, Emmanuel de Bézenac, Patrick Gallinari. Unsupervised Adversarial Image Reconstruction. In ICLR 2020.

**Résumé en anglais (5 lignes) :**

The internship topic concerns the modeling of complex physical phenomena: the dynamics of ocean circulation, which is a component of climate models. It is now possible to observe by altimetry surface ocean currents. The launch of new satellite observation projects in 2021 will generate small-scale data. However, these are not directly exploitable by current physical modeling techniques. The internship objective is to develop statistical models based on deep neural networks to learn their dynamics. Starting from an existing model developed for simplified dynamics, the goal is then to extend this model to real satellite data.

**Responsables du stage (Nom/prénom/statut) :**

Patrick Gallinari, Professeur, Sorbonne Université, LIP6, [Patrick.gallinari@lip6.fr](mailto:Patrick.gallinari@lip6.fr)  
Sylvie Thiria, Professeur Emerite LOCEAN-IPSL, [thiria@locean.ipsl.fr](mailto:thiria@locean.ipsl.fr)  
Marina Levy, DR CNRS, LOCEAN-IPSL, [marina.levy@locean.ipsl.fr](mailto:marina.levy@locean.ipsl.fr)  
Marie Dechelle, Doctorante, LIP6 et LOCEAN-IPSL, [marie.dechelle@lip6.fr](mailto:marie.dechelle@lip6.fr)

**Laboratoire concerné :** LIP6 – LOCEAN-IPSL

**Equipe de recherche concernée :** MLIA

**Niveau du stage :** M2

**Master(s) où sera proposé le sujet :** DAC, M2A, TRIED, WAPE, École d'ingénieur

**Thème scientifique de l'IPSL concerné :** SAMA, Intelligence artificielle et réseaux neuronaux appliqué à l'océanographie physique.

**Durée du stage :** 6 mois

**Période :** 01/04/2021 - 30/09/2021

Est-il prévu une thèse dans le prolongement du stage ? éventuellement, mais rien de sûr pour l'instant.

