

Offre de Stage IPSL 2024

(soutenu par le programme EUR IPSL-*Climate Graduate School*)

Titre du sujet de stage : **Validation d'une configuration idéalisée de l'océan global par classification non supervisée des régimes dynamiques**

Description du sujet :

Les modèles de climat sont des outils cruciaux pour comprendre le climat actuel et son évolution future. Néanmoins, ils présentent encore des biais significatifs par rapport aux observations en raison de leur faible résolution spatiale, qui implique de représenter les processus de petite échelle par des paramétrisations. De nombreux projets visent l'amélioration de ces paramétrisations, mais cela passe par une re-calibration de tous les autres paramètres, ce qui est très coûteux (en temps humain + en empreinte environnementale). Pour simplifier l'évaluation de nouvelles paramétrisations de processus océaniques de fine échelle dans les modèles de climat, il est fréquent d'employer des configurations idéalisées de l'océan global, moins coûteuses. C'est dans cette perspective qu'est développée la nouvelle configuration DINO (Diabatic NeverwOrld) du modèle NEMO (<https://www.nemo-ocean.eu>).

Le gain en calcul induit par la simplification de la configuration DINO, ne doit pas se faire au détriment de sa capacité à représenter les régimes dynamiques de grande échelle spatiale que sont les gyres, les jets zonaux équatoriaux, ou encore le courant Antarctique Circumpolaire. Ces régimes sont bien décrits par la théorie des fluides géophysiques, mais leur représentation dans les modèles d'océan de type GCM souffre de biais structurels importants, notamment à basse résolution spatiale (dans la trajectoire du Gulf Stream par exemple). Il n'est donc pas immédiat de qualifier si DINO représente une bonne approximation de la dynamique des océans globaux.

Il existe, depuis 2019, une technique de classification non supervisée des variables produites par les modèles d'océan de type GCM, pour identifier les régimes océaniques (<https://github.com/maikejulie/DNN4Cli>). L'objectif du stage est de prendre en main cette technique (avec assistance des deux développeurs initiaux, M. Sonnewald et R. Lguensat, co-superviseur du stage) pour l'appliquer à des simulations de la configuration DINO préalablement produites, afin d'évaluer les régimes océaniques produits, par rapport à des simulations indépendantes du même modèle d'océan dans une configuration réaliste (ie la composante océanique du modèle de climat de l'IPSL). Il est possible que la qualité de la représentation des régimes océaniques par DINO, dépende de la résolution spatiale. Pour valider cette hypothèse, on s'attachera ensuite à déployer l'outil de classification, dans sa version approximée par réseau de neurone (dont il faudra assurer l'entraînement, au préalable).

Ce stage de Master 2 offre une opportunité unique à des experts en Machine Learning, de découvrir la modélisation du climat, et de contribuer effectivement au développement des paramétrisations pour les modèles océaniques de basse résolution spatiale. Tous les outils ML ont déjà été développés et documentés dans des publications scientifiques, avec des adaptations possibles (en mode *quantification d'incertitude ou bien en mode explainable AI*, par exemple). Il faudra néanmoins les adapter à la configuration DINO, et ajuster leur implémentation sur le mésocentre de calcul de l'IPSL.

Résumé en anglais (5 lignes) :

The improvement of climate models, that suffer from structural biases due to their coarse spatial resolution, is often approached through idealized configurations, like the new configuration DINO of the ocean model NEMO that is currently developed at LOCEAN-IPSL. While computational efficiency is gained through idealization of the configuration, the challenge lies in ensuring DINO accurately captures large-scale dynamic oceanic regimes. Evaluating the latter is not straightforward, but there exists an established unsupervised classification technique to do so. In this internship, the student will apply this technique to evaluate DINO's representation of oceanic regimes as compared to realistic ocean model configurations. It is open to Machine Learning experts that have no experience in ocean and climate modelling nor dynamics.

Références :

Sonnewald M. and R. Lguensat. Revealing the Impact of Global Heating on North Atlantic Circulation Using Transparent Machine Learning (2021). Journal of Advances in Modeling Earth Systems, 13.
Sonnewald M., C. Wunsch and P. Heimbach (2019). Unsupervised learning reveals geography of global ocean dynamical regions. Earth and Space Science, 6, 05.

Responsable du stage (Nom/prénom/statut) : **Julie Deshayes, Directrice de Recherches, CNRS**

Laboratoire concerné : **LOCEAN-IPSL**

Adresse à laquelle a lieu le stage : **4, place de Jussieu, 75005, Paris**

Equipe de recherche concernée (si pertinent) ou autre participant à l'encadrement du stage:

- **Redouane Lguensat, ingénieur de recherche IRD/IPSL**
- **Etienne Meunier, postdoctorant CNRS/LOCEAN-IPSL**

Niveau du stage (M1, M2, internship) : **M2**

Thème scientifique de l'IPSL concerné : **SAMA**

Durée du stage : **5 ou 6 mois**

Période : **01/03/2024 30/09/2024**

Rémunération de l'ordre de **580 euros par mois**

Compétences souhaitées: **Python, bibliothèques deep learning: Keras ou PyTorch (et ses surcouches), bibliothèques d'analyse de données de géoscience comme xarray, familiarité avec les outils Git/Bash/JupyterNotebooks.**

Est-il prévu une thèse dans le prolongement du stage ? **Selon les résultats du stage**