

## Offre de Stage IPSL 2021

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

**Titre du sujet de stage :** Projections du climat Antarctique par émulation d'un modèle atmosphérique régional avec des méthodes de Machine Learning.

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

La calotte Antarctique est le plus grand réservoir d'eau douce sur Terre. Grâce aux observations satellitaires, nous savons que l'Antarctique perd de la masse de façon accélérée depuis les années 2000. Ces observations ont mis à jour la réponse rapide de la calotte (écoulement glaciaire vers l'océan) aux changements atmosphériques et océaniques. De ce fait, l'Antarctique est aujourd'hui la plus grande source d'incertitude pour estimer l'évolution du niveau des mers au cours du 21<sup>ème</sup> siècle.

L'action de l'océan et de l'atmosphère sur l'écoulement glaciaire se joue au niveau des plateformes de glace flottante de la calotte qui retiennent l'écoulement de la glace. Un réchauffement de l'atmosphère peut entraîner la fonte et la dislocation de ces plateformes flottantes, conduisant à l'accélération des flux de glace vers l'océan. Les changements de vents en surface de l'océan modifient les courants océaniques qui font fondre les plateformes par en dessous.

Les modèles de climat **globaux** sont le principal outil pour réaliser des projections climatiques. Les larges ensembles de simulations réalisés à partir de ces modèles globaux permettent de couvrir un spectre important des incertitudes liées au changement climatique. Cependant leur basse résolution spatiale et leur représentation inadaptée de la neige ne leur permettent pas de simuler correctement le climat Antarctique.

Les modèles de climat atmosphériques **régionaux** «polaires» sont des modèles à haute résolution sur un domaine à aire limitée, emboîtés dans les modèles globaux. Ils permettent une bonne représentation des processus spécifiques au continent Antarctique, notamment le manteau neigeux ([Agosta et al., 2019](#) ; [Kittel et al., 2020](#)). Néanmoins leur coût de calcul élevé ne permet pas de réaliser un grand nombre de simulations et donc de couvrir la gamme des futurs possibles.

**Nous proposons dans ce stage de mettre en œuvre des méthodes de Machine Learning pour émuler un modèle atmosphérique régional polaire.** Il s'agira de faire apprendre à l'émulateur les relations entre les variables atmosphériques des modèles de climat globaux à basse résolution (champs 2D) et les variables de surface à haute résolution simulées par le modèle régional (champs 2D). L'étudiant.e se concentrera sur les champs de fonte de surface et utilisera un jeu de simulation couvrant la période récente et des projections futures. L'émulateur créé sera évalué à partir d'un jeu indépendant de simulations. Des méthodes statistiques montrent déjà des relations fortes entre la température mensuelle des modèles globaux et la quantité de fonte sur les plateformes de glace flottante. Ce stage permettra d'obtenir une vision 2D (cartes) de ces résultats, indispensable pour les modèles de calotte.

Les méthodes récentes d'apprentissage statistique basées sur les réseaux de neurones apportent des résultats intéressants sur le traitement et la reproduction d'images. Différentes architectures de réseaux, basées sur différents types de couches, pourront être inter-comparées.

Ce stage sera encadré par une chercheuse spécialiste de la modélisation du climat Antarctique (Cécile Agosta, LSCE) et un chercheur spécialiste du Machine Learning (Patrick Gallinari, LIP6), en collaboration avec un doctorant mettant en place ce type d'approche appliqué au climat des Pyrénées (Antoine Doury, CNRM).

L'étudiant.e participera aux activités du groupe IPSL SAMA Machine Learning :

- Participation aux séminaires AI4Climate (<https://ai4climate.lip6.fr/list-of-the-seminars/>)
- Participation aux Ateliers AI4Climate (<https://ai4climate.lip6.fr/category/wgroup/>)
- Reproductibilité des travaux réalisés (GitLab de l'IPSL : <https://gitlab.in2p3.fr/ips/espri/espri-ia>)

**Résumé en anglais (5 lignes) :**

Modelling the Antarctic surface melt is key for improving projections of the ice sheet contribution to sea level. Exploring plausible futures require a large number of climate projections performed by global climate models (GCMs), but they are not adapted for Antarctica because of low resolution and inadequate representation of snow. Polar-oriented regional climate models are used to correct GCMs, but at high computational cost. The student will develop Machine Learning methods to create an emulator of a regional climate model, that will allow projecting surface melt (2D maps) from any GCM.

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

Patrick Gallinari, Professeur à Sorbonne Université, LIP6 (Jussieu)

Cécile Agosta, Post-doctorante Marie Curie au Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (Paris-Saclay).

Co-encadrement : Antoine Doury, doctorant au CNRM (Toulouse), mettant en œuvre des méthodes d'apprentissage statistique pour émuler un modèle atmosphérique régional.

**Laboratoires concernés :** LSCE, LIP6, CNRM

**Laboratoire principal :** LIP6

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

**Masters où sera proposé le sujet :**

Master DAC <http://dac.lip6.fr/master/>

Master M2A <https://sciences.sorbonne-universite.fr/formation-sciences/masters/master-mathematiques-et-applications/m2-parcours-apprentissage-et>

Master Data Science UPS <https://www.universite-paris-saclay.fr/formation/master/informatique/m2-data-science>

Master MVA <http://math.ens-paris-saclay.fr/version-francaise/formations/master-mva/>

Master IASD <https://dauphine.psl.eu/formations/masters/informatique/m2-intelligence-artificielle-systemes-donnees>

Master Data Science Polytechnique

<https://portail.polytechnique.edu/mathematiquesappliquees/fr/masters/masters/m2-data-science>

Master MOCIS <https://sciences.sorbonne-universite.fr/formation-sciences/masters/master-physique-fondamentale-et-applications/m2-parcours-meteorologie>

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

Groupe SAMA de l'IPSL Groupe Statistiques pour l'Analyse, la Modélisation et l'Assimilation

Dynamique IA de l'IPSL

**Durée du stage :** 5 mois

**Période :** début entre Février et Avril 2021.

**Est-il prévu une thèse dans le prolongement du stage ?** Non (pas de financement pour l'instant) ██████████