

Offre de Stage IPSL 2025

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

Titre du sujet de stage : **Modèles de diffusion conditionnelle pour l'estimation quantitative des précipitations par radiométrie IR spatiale**

Description du sujet (1 page maximum) :

Description of the internship work

L'estimation quantitative des précipitations (QPE) à partir de données satellitaires constitue un enjeu majeur pour la météorologie et la climatologie. Les satellites géostationnaires Meteosat Seconde Génération (MSG) équipés du radiomètre SEVIRI (*Spinning Enhanced Visible and Infra-Red Imager*), permettent une observation quasi continue et à large échelle. Toutefois, la relation entre la température de brillance mesurée en infrarouge (IR) et les précipitations reste indirecte et incertaine. Dans l'équipe, deux approches récentes d'apprentissage profond ont déjà été explorées à l'échelle du territoire métropolitain : Un modèle basé sur U-Net, fournit une bonne localisation spatiale des précipitations mais génère des champs trop lissés. Un modèle basé sur les *diffusion probabilistic models* (DDPM), qui parvient à produire des échantillons de pluie avec une distribution statistique réaliste, mais souffre d'un aléa important dans la localisation des structures.

Objectif du stage

Le stage vise à développer un modèle qui combine les avantages des deux approches précédentes. Les pistes envisagées, qui devront être confirmées par une revue bibliographique, sont : L'utilisation de modèles de diffusion de type *flow matching* pour limiter l'aléa spatial de l'inférence tout en conservant une distribution de précipitations réaliste. L'introduction de la composante temporelle dans l'algorithme d'inversion en utilisant en entrée plusieurs images successives dans le temps afin de profiter de l'évolution dynamique des structures de nuages pour mieux caractériser les champs de pluie.

Programme de travail

- Revue bibliographique sur les modèles, en particulier les approches de type *flow-matching* appliquées à la génération conditionnelle.
- Implémentation du modèle retenu avec entrées multi-temporelles.
- Choix des indicateurs pertinents pour une évaluation selon deux axes :
 - **Performances spatiales** (localisation des précipitations, scores de détection).
 - **Qualité statistique** des champs générés (distribution, extrêmes, variabilité).
- Comparaison avec les modèles de référence de l'équipe et de la littérature
- Selon l'avancement du travail et l'intérêt de l'étudiant, des tests de généralisation à partir de la mosaïque de pluie [OPERA](#) sur l'Europe entière sera abordée.

Compétences attendues

- Connaissances et intérêt pour l'**apprentissage profond** et les modèles génératifs (PyTorch).
- Intérêt pour les applications de l'IA à la **télédétection spatiale et à l'observation de la terre**.
- Goût pour l'expérimentation numérique et l'analyse critique des résultats.

Encadrement

Le stage sera encadré au sein de l'équipe météo-climat-IA spécialisée en télédétection et IA appliquée à la météorologie, en relation avec l'équipe projet ARCHES (INRIA Paris-LATMOS)

Viltard, N., Sambath, V., Lepetit, P., Martini, A., Barthès, L., & Mallet, C. (2023). Evaluation Of Drain, A Deep-Learning Approach To Rain Retrieval From Gpm Passive Microwave Radiometer. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*.

Morau A, Dewitte S, Cornelis B, Munteanu A. A Deep Learning Multimodal Method for Precipitation Estimation. *Remote Sensing*.2021; 13 (16) : 3278. <https://doi.org/10.3390/rs13163278>

Amell, A., Hee, L., Pfreundschuh, S., & Eriksson, P. (2025). Probabilistic near real-time retrievals of Rain over Africa using deep learning. Authorea Preprints.

Ho, Jonathan, Ajay Jain, and Pieter Abbeel (2020). "Denoising Diffusion Probabilistic Models". In: Proceedings of the 34th International Conference on Neural Information Processing Systems. NIPS'20. Red

Hook, NY, USA: Curran Associates Inc., pp. 6840–6851.

Lipman, Yaron, Ricky T. Q. Chen, Heli Ben-Hamu, Maximilian Nickel, and Matt Le (2023). Flow Matching for Generative Modeling. arXiv: 2210.02747. Pre-published.

Responsable du stage (Nom/prénom/statut) :

Nicolas Viltard -Cécile Mallet-Matthieu Meignin (Doctorant)

Laboratoire concerné : LATMOS

Adresse à laquelle a lieu le stage : 11 Blvd d'Alembert, Guyancourt

Equipe de recherche concernée (si pertinent): Équipe Météo-Climat-IA

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

Licence ou Master(s) où sera proposé le sujet : Master en IA

Thème scientifique de l'IPSL concerné : SAMA

Durée du stage : 6 mois

Période : Entre Février et Septembre

Est-il prévu une thèse dans le prolongement du stage ? Éventuellement, selon financement et qualité du candidat.

Pour postuler contacter : nicolas.viltard@latmos.ipsl.fr et cecile.mallet@latmos.ipsl.fr