

## PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES

Référence : **PHY-2025-24**

(à rappeler dans toute correspondance)

Lieu : Toulouse

Département/Dir./Serv. : DOTA/POS

Tél. : 0562252619

Responsable(s) du stage : Pierre-Yves Foucher

Email : [Pierre-yves.foucher@onera.fr](mailto:Pierre-yves.foucher@onera.fr)

### DESCRIPTION DU STAGE

Thématique(s) : Télédétection

Type de stage :  Fin d'études bac+5  Master 2  Bac+2 à bac+4  Autres

**Intitulé : Apport de méthodes d'apprentissage statistique pour régulariser l'inversion de propriétés de panache de gaz ou d'aérosols par télédétection optique**

Sujet :

#### Problématique :

La caractérisation de panaches de gaz ou d'aérosols (e.g. panaches de fumée de feux de forêts, d'aérosols ou de méthane de sites industriels, pétroliers, etc.) est un enjeu de santé publique et de contrôle des émissions de polluants par les industriels. La télédétection par imagerie optique permet un suivi à large échelle et régulier dans le temps, en particulier depuis les récents lancements des satellites hyperspectraux PRISMA et ENMAP [1]. Si ces outils sont principalement dédiés à l'études des surfaces continentales, des récents travaux ont permis de montrer que l'imagerie hyperspectrale satellitaire permet d'identifier et de caractériser les « hots-spots » de principaux émissaires de rejets de polluants atmosphériques. Néanmoins, la principale limitation réside dans le fait que l'estimation conjointe des propriétés optiques du sol sous le panache et des caractéristiques du panache lui-même est un problème inverse sous-déterminé [1]. L'objectif du stage est ainsi d'étudier l'apport de méthodes d'apprentissage statistique (e.g. réseaux de neurones) pour contraindre le problème en fournissant un a priori sur la réflectance de la surface sous le panache.

#### Données, langages, méthodologie et outils :

Le ou la stagiaire travaillera avec des images hyperspectrales PRISMA et des séries temporelles d'images multispectrales Sentinel-2, actuellement utilisées pour des travaux à l'ONERA sur différents sites industriels. Le stage visera à étudier l'apport de méthodes d'apprentissage statistique pour fournir un meilleur a priori sur la réflectance de surface sous le panache, nécessaire à l'algorithme d'estimation optimale [2] de restitution des propriétés des panaches, par rapport aux approches existantes basés en particulier sur des approches de démixage linéaire [3]. Compte tenu des spécificités spatiales et spectrales des signatures des panaches de gaz ou d'aérosols sur les images hyperspectrales satellite, une première famille de méthodes non-supervisées [6] sera étudié pour estimer la réflectance dans les zones corrompues par le panache. De plus, il existe aussi différents modèles d'apprentissage, déterministes (e.g. Masked Autoencoders) ou stochastiques (e.g. VAE) couramment utilisés dans la littérature [4, 5] pour la reconstruction d'images hyperspectrales qui pourront être étudiées.

Plus précisément, le travail de stage consistera à faire un choix parmi les méthodes de l'état de l'art citées ci-dessus puis de les adapter à la problématique de la reconstruction des réflectances hyperspectrales sous les panaches dans le cas des aérosols industriels et finalement de les appliquer sur les données hyperspectrales mises à disposition. En sortie du stage, il s'agira donc d'estimer quantitativement l'apport des méthodes par apprentissage utilisées par rapport aux approches existantes de démixage linéaire. Lors de ce stage des échanges et une collaboration sera mise en place avec le CNES pour la mise en place des méthodes d'apprentissage appliquées aux images satellites hyperspectrales.

Références :

- [1] Gabriel Calassou, "Téledétection par imagerie hyperspectrale pour la cartographie des émissions de particules d'aérosols dans l'atmosphère", ISAE-SUPAERO, 2023
- [2] Rodgers, C. D.: Inverse Methods for Atmospheric Sounding, World Scientific, <https://doi.org/10.1142/3171>, 2000.
- [3] Calassou, G., Foucher, P.-Y., and Léon, J.-F.: Quantifying particulate matter optical properties and flow rate in industrial stack plumes from the PRISMA hyperspectral imager, *Atmos. Meas. Tech.*, 17, 57–71, <https://doi.org/10.5194/amt-17-57-2024>, 2024.
- [4] Garima Jaiswal, Ritu Rani, Harshita Mangotra, Arun Sharma, "Integration of hyperspectral imaging and autoencoders: Benefits, applications, hyperparameter tuning and challenges", *Computer Science Review*, Volume 50, 2023, <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2023.100584>.
- [5] R. A. Borsoi, T. Imbiriba and J. C. M. Bermudez, "Deep Generative Endmember Modeling: An Application to Unsupervised Spectral Unmixing," in *IEEE Transactions on Computational Imaging*, vol. 6, pp. 374-384, 2020, doi: 10.1109/TCI.2019.2948726.
- [6] Thoreau, Romain, et al. "Toulouse Hyperspectral Data Set: A benchmark data set to assess semi-supervised spectral representation learning and pixel-wise classification techniques", *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2024.

Est-il possible d'envisager un travail en binôme ?    Non

**Méthodes à mettre en oeuvre :**

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Recherche théorique            | <input type="checkbox"/> Travail de synthèse             |
| <input checked="" type="checkbox"/> Recherche appliquée | <input type="checkbox"/> Travail de documentation        |
| <input type="checkbox"/> Recherche expérimentale        | <input type="checkbox"/> Participation à une réalisation |

Possibilité de prolongation en thèse : Oui

**Durée du stage :**                      Minimum : 4 mois    Maximum : 5 mois

Période souhaitée : Mars-Juillet 2025

**PROFIL DU STAGIAIRE**

Connaissances et niveau requis :  
Solides connaissances en Traitement du signal et des images. Des connaissances en Optique, physique-chimie de l'atmosphère et en radiométrie sont un plus.

Ecoles ou établissements souhaités :  
Master 2 Universitaire ou 3eme année Ecole d'Ingénieur.