

## Résumé du projet de thèse :

L'ozone ( $O_3$ ) est une molécule clé de l'atmosphère terrestre qui se répartit principalement en deux couches distinctes : la stratosphère et la troposphère. Dans la stratosphère, située entre 10 et 50 km d'altitude, l'ozone joue un rôle crucial dans l'équilibre radiatif et thermique de l'atmosphère. Cette couche nous protège des rayons UV nocifs et est vulnérable aux émissions de substances destructrices comme les chlorofluorocarbones (CFC), bien que le Protocole de Montréal ait permis de ralentir son appauvrissement. Le suivi de l'ozone stratosphérique nous permet ainsi de suivre l'évolution et le rétablissement de la couche d'ozone.

Dans la troposphère, en revanche, l'ozone est un polluant secondaire formé par des réactions photochimiques impliquant des oxydes d'azote ( $NO_x$ ) et des composés organiques volatils (COV) en présence du rayonnement solaire. Ce "mauvais ozone" a des effets délétères sur la santé humaine, provoquant des maladies respiratoires et cardiovasculaires, et sur les écosystèmes en réduisant la productivité agricole. Par ailleurs, l'ozone troposphérique est un puissant gaz à effet de serre, et son suivi dans la troposphère est ainsi crucial.

Comprendre la répartition verticale de l'ozone, de la surface jusqu'à la stratosphère, est donc essentiel pour évaluer son impact sur la santé, l'environnement et le climat. Les profils d'ozone permettent d'identifier les contributions relatives des sources locales et des échanges inter-couches, tout en apportant des données cruciales pour les modèles climatiques et les stratégies de gestion de la qualité de l'air (dans la troposphère), ainsi que pour le protocole de Montréal (dans la stratosphère).

IASI (Infrared Atmospheric Sounding Interferometer), instrument de référence pour les mesures spectrales infrarouges depuis 2006, a ouvert de nouvelles perspectives en permettant l'observation globale des profils d'ozone avec une couverture spatio-temporelle inégalée. La version Nouvelle Génération d'IASI, intégrée aux satellites Metop Seconde Génération, offre une résolution spectrale et radiométrique améliorée, renforçant son potentiel pour capturer des variations fines des concentrations d'ozone, tant dans la stratosphère que dans la troposphère.

Cependant, l'exploitation des données IASI-NG nécessite des algorithmes avancés capables de restituer avec précision et rapidité les profils d'ozone. Les réseaux de neurones artificiels (RNA), grâce à leur capacité à modéliser des relations non linéaires complexes et à traiter de grands volumes de données, se présentent comme une solution prometteuse pour relever ce défi.

## Positionnement, ambition scientifique et programme

L'algorithme FORLI-Ozone (Fast Optimal Retrievals on Layers for IASI) est actuellement utilisé pour restituer les profils verticaux d'ozone à partir des données de l'instrument IASI de première génération. Bien que performant pour les besoins de IASI, cet algorithme présente certaines limitations lorsqu'il est appliqué à IASI-NG, en raison du long temps de calcul (l'algorithme se base sur l'estimation optimale sur 40 niveaux de pressions).

Cette thèse vise à développer un algorithme basé sur les réseaux de neurones pour la restitution des profils d'ozone à partir des données IASI-NG, et en utilisant les données IASI existantes depuis 2006 comme base d'entraînement, dans le but d'avoir un algorithme rapide, flexible et opérationnel.

Les objectifs spécifiques sont :

1. **Optimisation des réseaux de neurones** : Tester différentes architectures, notamment des réseaux convolutifs et récurrents, pour capturer les signatures spectrales caractéristiques de l'ozone.
2. **Validation des résultats** : Comparer les profils d'ozone restitués avec des mesures de référence issues d'autres instruments satellitaires (par exemple, IASI sur Metop C et TROPOMI) ou de campagnes de validation au sol.
3. **Sensibilité aux conditions atmosphériques** : Évaluer l'impact des variations de température, de vapeur d'eau et de pression sur la qualité des inversions.
4. **Application scientifique** : Étudier les variations spatiales et temporelles des concentrations d'ozone en exploitant les données issues de IASI-NG

## **Perspectives**

Ce travail contribuera à améliorer la précision des estimations de l'ozone atmosphérique et à soutenir les études sur les interactions entre la chimie atmosphérique et le changement climatique. Les résultats pourront également être intégrés dans des modèles de prévision et d'assimilation pour mieux anticiper les phénomènes liés à la pollution et à la variabilité climatique. Comme l'instrument sera lancé en 2025, tout développement de produit fera lieu d'une production scientifique innovatrice. L'encadrante possède les financements adéquats pour les frais de publications et le partage des résultats dans les conférences internationales.

## **Compétences requises :**

- Connaissance de la télédétection ou du traitement des données satellitaires ou dans le traitement du signal pour les analyses spectrales
- Bonnes compétences en programmation (Python ou Matlab)
- Connaissance de l'IA, avec une préférence pour une application à l'analyse des données atmosphériques

## **Encadrement :**

Le doctorant sera encadré par une experte dans l'exploitation et l'analyse des données IASI en temps quasi-réel. Sarah Safieddine travaille sur la mission IASI/Metop depuis 2011 et a fait sa thèse sur l'ozone et mis en place les premières inversions de la température de surface de IASI en utilisant un réseau de neurones (<https://iasi-ft.eu/skt>). Pour les côtés IA, Sarah Safieddine est co dirigeante du Pôle IA et environnement au LATMOS, dirigeante du groupe spatial à l'IPSL, et dirige le thème IA et Spatial dans le groupe spatial. Elle a des collaborations avec l'équipe SAMA, ESPRI-IA à l'IPSL, avec des experts en IA, et assurera le bon déroulement de la thèse.