

**PROPOSITION DE SUJET DE THESE**

**Intitulé : Amélioration de la restitution des profils atmosphériques issus de missions spatiales par une approche fondée sur l'inversion d'interférogrammes parcellaires**

Référence : **PHY-DOTA-2022-28**  
(à rappeler dans toute correspondance)

**Début de la thèse** : Octobre 2022

**Date limite de candidature** : Avril 2022

**Mots clés :**

Modélisation du transfert radiatif, inversion de spectre atmosphérique, télédétection spatiale

**Profil et compétences recherchées :**

Grande école ou université. Master 2 recherche; Le candidat devra justifier de compétences dans au moins un des domaines suivant: physique atmosphérique, transfert radiatif, spectroscopie moléculaire, télédétection atmosphérique

**Présentation du projet doctoral, contexte et objectif :**

Les missions spatiales d'observation de la Terre offrent un apport majeur en réponse aux défis sociétaux primordiaux tels que par exemple la qualité de l'air, la météorologie ou le changement climatique. Or ces missions conduisent aujourd'hui à la production de volumes de données croissantes dont l'analyse et le traitement deviennent difficiles. De plus, les précisions requises sur les gaz trace en termes de concentration et de résolution spatiale ne sont pas encore atteintes pour répondre aux enjeux actuels, en particulier pour la qualité de l'air et les émissions anthropiques. Le but de cette thèse est de s'attaquer à cet enjeu majeur pour les missions existantes mais aussi de préparer aux mieux et d'orienter la définition des futures plateformes d'observation.

Un grand nombre de ces missions comportent des spectromètres à transformée de Fourier qui produisent des interférogrammes, qui sont ensuite traités pour être exploités sous forme de luminances. L'idée que l'information utile pour retrouver un jeu de variable atmosphérique donné est concentrée dans une faible portion de l'interférogramme est apparue dès la fin des années 1970 [1]. Plus récemment, une équipe a démontré l'intérêt d'une telle approche pour la mesure au nadir de composants atmosphériques à l'état de trace (CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O) : les biais induits par les incertitudes sur les profils de vapeur d'eau, de température sont largement réduits, la méthode est totalement insensible aux fonds de sol dans la gamme spectrale d'intérêt.

De plus, le fait de réaliser les inversions directement sur les interférogrammes permet d'améliorer le rapport signal sur bruit des données à traiter et donc d'améliorer la sensibilité instrumentale aux grandeurs atmosphériques [2].

L'ONERA développe actuellement de nouveaux spectro-imageurs qui utilisent ces propriétés [4], [3] et sont fondés sur l'acquisition d'interférogrammes parcellaires. En s'appuyant sur les travaux récents réalisés conjointement au LATMOS et à l'ONERA pour la mesure de CO en occultation solaire, nous avons démontré qu'avec une approche de traitement des mesures dans l'espace de Fourier il était possible de décorréler certains paramètres (concentration des différents gaz atmosphériques et potentiellement des aérosols par exemple) avec à la clé un gain de précision des paramètres inversés.

L'objectif des travaux de la thèse est donc de développer et d'améliorer une approche originale de restitution d'observables géophysiques en travaillant directement dans l'espace de Fourier sur des interférogrammes parcellaires pour ceci dans le cadre plus spécifique de deux missions spatiales :

- IASI-MetOp (voir <https://www.insu.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/iasi-un-allie-spatial-pour-etudier-atmosphere-meteo-et-climat>) pour lesquels de nombreux paramètres géophysiques ont déjà

été obtenus. IASI servira de banc d'essai pour valider notre nouvelle approche et quantifier les gains de précision et/ou de temps calcul par rapport aux méthodes utilisées aujourd'hui.

- MTG-IRS (voir <https://www.eumetsat.int/mtg-infrared-sounder>) qui produira d'ici quelques années des volumes de données très importantes et pourra permettre des études scientifiques innovantes, comme par le suivi d'émissions anthropiques localisées, l'évolution spatiale et temporelle d'épisodes de pollution.

Le/la doctorant(e) prendra en main les outils pré-existants au LATMOS et à l'ONERA pour la restitution des profils d'absorption à partir de luminances ou d'interférogrammes complets ou parcellaires. Un travail d'optimisation et d'accélération des algorithmes sera effectué. Il s'agira ensuite de comparer les performances (temps de calcul, contenu en information/qualité des produits géophysiques restitués) pour différentes méthodes (inversion des luminances, inversion des luminances et portion d'interférogrammes sélectionnés par le ou la doctorant(e), inversion de portions d'interférogrammes seules). On s'appuiera pour cela sur un jeu de données IASI-MetOp. En fonction des résultats, le choix des portions d'interférogramme à analyser sera affiné. Enfin les performances de cette méthode seront comparées avec celles des méthodes deep-learning qui ont été mises en œuvre au LATMOS avec en perspective le couplage des deux méthodes afin de tirer parti de leurs avantages respectifs.

Le développement de méthodes optimisées permettant d'accélérer la détection d'évènements dans un ensemble de données spatiales, et d'améliorer le traitement de ces données, en termes de temps de calculs et de précision est essentiel dans le contexte de croissance des volumes de données fournies par les missions spatiales et en particulier dans le cadre de la mission MTG-IRS. A plus long terme les travaux proposés permettront d'accroître notre compréhension de l'information contenue dans les différentes portions d'interférogrammes et donc d'optimiser les futurs designs de spectro-imageurs à interférogrammes parcellaires pour les gaz cibles.

Ces travaux se dérouleront au LATMOS (Laboratoire Atmosphères, Observations Spatiales) spécialisé dans l'étude des processus physico-chimiques fondamentaux régissant les atmosphères terrestre et planétaires et leurs interfaces avec la surface, l'océan, et le milieu interplanétaire. Ils seront effectués en collaboration avec le Département DOTA (Département Optique et Techniques Associées) de l'ONERA dont les équipes sont investies dans le développement de concepts instrumentaux innovants pour le sondage atmosphérique fondés sur des interférogrammes partiels.

- [1] G. Fortunato, « Application of interferential correlation of spectrum to the detection of atmospheric pollutants », J. Opt., vol. 9, no 5, p. 281, 1978.
- [2] C. Serio, G. Masiello, et G. Grieco, « Fourier Transform Spectroscopy with Partially Scanned Interferograms as a Tool to Retrieve Atmospheric Gases Concentrations from High Spectral Resolution Satellite Observations - Methodological Aspects and Application to IASI », in Atmospheric Model Applications, Intech, 2012.
- [3] S. Gousset, L. Croizé, E. Le Coarer, Y. Ferrec, *et al.* "NanoCarb hyperspectral sensor: on performance optimization and analysis for greenhouse gas monitoring from a constellation of small satellites." CEAS Space Journal 11.4 (2019): 507-524.

**Collaborations envisagées :**

LATMOS, MONARIS, LISA (observatoire OASIS)

**Laboratoire d'accueil à l'ONERA :**

Département : Optique et Techniques Associées

Lieu (centre ONERA) : Palaiseau

**Contact :** Laurence Croizé

Tél. : 01.80.38.63.22 Email : [laurence.croize@onera.fr](mailto:laurence.croize@onera.fr)

**Directeur de thèse**

Nom : Sébastien Payan

Laboratoire : LATMOS

Tél. : 06.23.56.12.10

Email : [sebastien.payan@sorbonne-universite.fr](mailto:sebastien.payan@sorbonne-universite.fr)

Pour plus d'informations : <https://www.onera.fr/rejoindre-onera/la-formation-par-la-recherche>