

## PROPOSITION DE SUJET DE THESE

**Intitulé : Apport des mesures depuis une plateforme de haute altitude pour estimer les émissions de méthane à l'échelle régionale**

Référence : **PHY-DOTA-2025-01**  
(à rappeler dans toute correspondance)

**Début de la thèse : octobre 2025**

**Date limite de candidature : mars 2025**

**Mots clés :**

Méthane, transfert radiatif, HAPS, imagerie hyperspectrale

**Profil et compétences recherchées :**

Formation : Master ou diplôme d'ingénieur en physique, physique de l'environnement, télédétection, optique, mathématiques appliqués.

Spécificités souhaitées : Compétences en physique de l'atmosphère requises. Connaissances en instrumentation spatiale fortement souhaitées. Goût prononcé pour les travaux numériques.

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

Le méthane ( $\text{CH}_4$ ) est un puissant gaz à effet de serre (GES), responsable d'environ 20 % du réchauffement induit par les GES. La caractérisation des puits et des sources de méthane, tant à l'échelle planétaire que régionale, est donc un enjeu majeur pour mieux comprendre le changement climatique à venir. Les sondes satellitaires permettent de répondre à cette problématique, mais l'estimation des flux à l'échelle régionale nécessite un niveau de précision très élevé sur les produits, des biais faibles, une revisite fréquente et une excellente couverture spatiale.

D'importants efforts sont déployés par la communauté scientifique pour répondre au besoin d'observation des gaz à effet de serre, qu'il s'agisse du développement du réseau au sol, de l'organisation de campagnes aéroportées, de missions sous drones ou sous ballons, et de la préparation de futures missions embarquant des concepts actifs (ex. : mission MERLIN), passifs (ex. : missions MicroCarb et CO2M, projet de constellation SCARBO). Chacun de ces efforts contribue au suivi de l'évolution du méthane. Des inventaires d'émissions précis et spatialisés à haute résolution, avec des mises à jour rapides et régulières, sont essentiels pour cela. Les différentes infrastructures et missions spatiales apportent des données complémentaires propres à leurs avantages et inconvénients respectifs. Par exemple, les réseaux de mesure au sol permettent des mesures locales et continues, très précises, mais au détriment d'une couverture globale. Certaines missions satellitaires permettent ou permettront une meilleure couverture globale sur de longues périodes, mais avec une résolution spatiale et temporelle relativement faible. D'autres ciblent une forte résolution spatiale, mais au détriment d'une couverture globale. Cependant, cet ensemble de moyens d'observation reste insuffisant. Pour répondre aux enjeux de la décennie à venir, il faudrait donc pouvoir accéder à des mesures plus précises, plus fréquentes et à une résolution spatiale et temporelle plus élevée, et permettant d'accéder à davantage d'espèces chimiques traceuses de l'origine du méthane.

Les plateformes de haute altitude (HAPS) - telles que les drones solaires, les ballons manœuvrant ou les dirigeables de haute altitude - offrent ou offriront, selon leur maturité, de nouvelles perspectives d'observation complémentaires au réseau d'observation des GES (infrastructures d'observation au sol, aéroportées, ballons et satellites). En permettant de longues séries temporelles d'observation (quelques mois à une année), à une altitude d'environ 19 km, ces plateformes quasi-géostationnaires offriront des séries temporelles bien mieux résolues spatialement et temporellement, permettant ainsi potentiellement d'accéder à des processus sous-jacents encore inaccessibles.

L'objectif des travaux du ou de la doctorant(e) sera d'analyser dans quelles conditions et dans quelle mesure ces nouvelles plateformes pourront contribuer à consolider la caractérisation des sources et des puits de méthane. Pour cela, on s'appuiera sur l'approche end-to-end de la physique de la mesure jusqu'à l'estimation des sources et des puits de GES, en cours de développement entre le Département d'Optique et Techniques Associées (DOTA) et le Laboratoire de Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE).

Le système analysé dans le cadre de cette thèse sera un concept de spectro-imageur compact pour l'observation du méthane embarqué sous un drone solaire. Ce concept utilise une stratégie d'observation dite "passive" et présente un certain nombre d'avantages, parmi lesquels la compacité compatible avec une intégration dans un petit drone solaire.

Après une analyse bibliographique portant sur l'état de l'art du suivi du méthane à partir des différentes infrastructures et du réseau satellitaire, le ou la candidate prendra en main le modèle approché de mesure physique qui permet d'évaluer les erreurs (erreurs aléatoires et systématiques, c'est-à-dire écart-type et biais) commises par le spectro-imageur dans différentes conditions de mesure, ainsi que la manière dont ces erreurs se propagent jusqu'à la restitution du produit final (flux de méthane). Dans un second temps, ces modèles seront exploités afin d'analyser dans quelles conditions et avec quelle amplitude une réduction d'erreur peut être permise par un suivi du méthane embarqué sur une telle plateforme, et quels sont les apports et la complémentarité de la persistance d'observation offerte par ces plateformes par rapport à l'existant. L'enjeu est la définition d'un futur concept de mission HAPS capable de relever le défi posé par la mesure du méthane.

Ces travaux seront réalisés en collaboration étroite entre le LSCE et le DOTA.

**Collaborations envisagées :**

LSCE, ADS :

**Laboratoire d'accueil à l'ONERA :**

Département : Optique et Techniques Associées

Lieu (centre ONERA) : Palaiseau

**Contact :** Laurence Croizé

Tél. : 06.81.90.85.94

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>