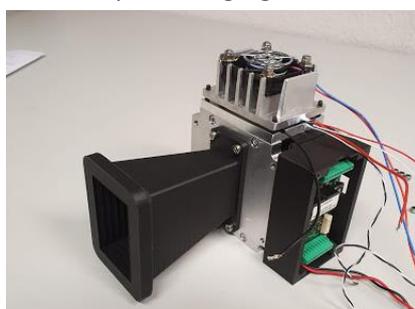


# Imagerie hyperspectrale embarquée pour la surveillance de l'environnement : de la calibration en laboratoire à l'exploitation des données

- Stage Master 2 ou PFE dès Janvier 2022, 5 à 6 mois, localisé à l'Institut de Planétologie et d'Astrophysique de Grenoble (IPAG), campus universitaire de Saint-Martin-d'Hères.
- Encadrement : Silvère Gousset (IPAG), Sylvain Douté (IPAG), Mauro Dalla Mura (GIPSA-lab)
- Projet support : ANR FuMultiSPOC (<https://anr.fr/Project-ANR-20-ASTR-0006>)

## Contexte

ImSPOC, pour *Imaging SPectrometer On Chip* est un concept compact d'imageur hyperspectral inventé



*Prototype d'imageur hyperspectral ImSPOC*

conjointement par l'ONERA et l'Université de Grenoble. Cette thématique de R&D instrumentale débutée il y a 6 ans, a permis de passer de l'état de concept à celui de prototypes opérationnels. Les efforts actuels concernent le déploiement du concept et sa mise en œuvre sur un grand nombre de thématiques couvertes par l'Observatoire des Sciences de l'Univers de Grenoble (OSUG), allant de la Planétologie ou de l'observation des aurores polaires, à la mesure des gaz à effet de serre ou de polluants dans l'atmosphère, au monitoring de végétations et de sédiments dans les cours d'eau. Le concept est idéal pour

des applications embarquées : drone, avion<sup>1</sup>, satellites<sup>2,3</sup> ou instrumentation légère de terrain<sup>4</sup>.

Une collaboration avec le GIPSA-lab, porteur de l'ANR FuMultiSPOC, s'intéresse aux problématiques liées au traitement du signal, et entre autre l'apport de la fusion de données multi-résolutions multi-échelles avec des concepts plus classiques d'imageurs multi-spectraux.

Le cadre du stage concerne principalement ImSPOC-UV, une déclinaison du concept dans le domaine proche-UV visible, possédant une centaine de canaux spectraux, et mis en œuvre pour la surveillance de polluants dans la troposphère (NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, ...). Néanmoins, les problématiques abordées dans ce stage sont communes et fondamentales dans beaucoup d'applications de cette instrumentation.



*Mesure de NO<sub>2</sub> à l'OHP*

<sup>1</sup> Campagne aéroportée <https://www.osug.fr/actualites/faits-marquants/un-instrument-grenoblois-pour-mesurer-les-gaz-a-effet-de-serre-depuis-l-espace.html>

<sup>2</sup> Mission SCARBO <https://scarbo-h2020.eu/>

<sup>3</sup> Centre Spatial Universitaire de Grenoble <https://www.csug.fr/>

<sup>4</sup> Mesures au Lautaret dans le cadre des Alpes Volants <https://www.osug.fr/actualites/communiques-de-presse/quand-les-scientifiques-demenagent-les-alpes-pour-mimer-le-rechauffement.html>

## Problématique

Le concept repose sur l'association d'une matrice de micro-interféromètres de Fabry-Perot (FP) de faible finesse à une trame de micro-lentilles. Chaque micro-lentilles vient réaliser une image de la scène observée, modulée en intensité par le FP en amont. La distribution d'épaisseur des FP permet alors d'échantillonner un interférogramme, ou de réaliser des fonctions optiques avancées comme de la corrélation de signatures spectrales. L'avantage d'un tel dispositif repose sur sa compacité, son utilisation optimale de détecteurs bi-dimensionnels et son rapport signal-à-bruit, mais aussi son mode de fonctionnement snapshot. Néanmoins, la reconstruction d'une information spectrale dans le champ de vue nécessite d'être capable de co-aligner spatialement chacune des imagerie acquises avec une précision sub-pixellique, mais aussi d'avoir une très bonne connaissance de la réponse optique en tout pixel de l'instrument.

Si des prototypes de haut niveau ont été à ce jour produits et ont permis de mettre en place des procédures de traitements des données, leur exploitation se heurte encore à une méconnaissance relative du système. Cela se répercute sur la qualité de reconstruction de l'information spectrale à partir des acquisitions.

## Objectif et cadre du stage

1. Calibration spectro-spatiale et radiométrique en laboratoire de l'instrument. Étude des limites fondamentales et pratiques de ses calibrations.
2. Construction d'un modèle instrumental à partir des expériences de laboratoire.
3. Établissement de la précision requise sur la connaissance du système pour restituer une information spectrale.
4. Evaluation des performances des algorithmes existants de caractérisation de l'instrument et estimation du spectre à partir d'acquisitions. Mise en œuvre de méthodes d'inversion pour la restitution du signal issu d'une scène par deux approches, 1) inversion du modèle analytique de l'instrument et du système physique et 2) exploration des possibilités offertes par les algorithmes d'apprentissage.

L'étudiant aura comme cadre de stage plusieurs prototypes d'imageurs hyperspectraux, un laboratoire d'optique équipé de moyens de caractérisation spectro-spatiale (monochromateur, platine goniométrique, diverses sources lumineuses), et bénéficiera en outre des travaux réalisés à l'IPAG et au GIPSA-lab sur le traitement des données (thèse 2017-2021). Des expériences complémentaires en laboratoire ou en extérieur pourront être menées pour tester les méthodes développées et appliquées.

## Candidats recherchés

- Niveau Master 2 recherche ou pro, dernière année d'école d'ingénieur.
- Compétence en optique de base et optique instrumentale, détection.
- Appétence pour l'expérimentation optique.
- Connaissances solides en traitement du signal et image.
- Maîtrise/base d'un langage de programmation et de calcul scientifique (Python – notebook Jupyter -, IDL, Matlab).
- Ténacité, prise d'initiatives, communication en équipe.

## Ouverture

- Synergies avec autres stage sur le même concept instrumental.
- Possibilité de thèse suivant motivation de l'étudiant, avancement des travaux pendant le stage, et situation financière du projet.

- Participation à une publication scientifique suivant résultats obtenus.

Pour candidater /contacts

- Envoi d'un CV et d'une lettre de motivation à [silvere.gousset@univ-grenoble-alpes.fr](mailto:silvere.gousset@univ-grenoble-alpes.fr) ;  
[sylvain.doute@univ-grenoble-alpes.fr](mailto:sylvain.doute@univ-grenoble-alpes.fr) ; [mauro.dalla-mura@gipsa-lab.grenoble-inp.fr](mailto:mauro.dalla-mura@gipsa-lab.grenoble-inp.fr)