

PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES

Référence : **DOTA-2026-27**
(à rappeler dans toute correspondance)

Lieu : Châtillon

Département/Dir./Serv. : DOTA-HRA

Tél. : 01 46 73 43 83

Responsable(s) du stage : Yann Lai-Tim

Email : Yann.lai-tim@onera.fr

DESCRIPTION DU STAGE

Thématique(s) : Maîtrise de la surface d'onde, Optique adaptative

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

Intitulé : Mesures du mode de basculement de la turbulence atmosphérique avec la caméra SIRIS

Sujet :

La turbulence atmosphérique dégrade la résolution des systèmes d'imagerie optique à travers l'atmosphère ainsi que la capacité à focaliser un faisceau laser se propageant dans l'atmosphère. L'optique adaptative (OA), qui consiste à corriger les effets de la turbulence en temps réel, permet d'atteindre une résolution angulaire et une focalisation laser à la limite de diffraction. Traditionnellement, les systèmes d'imagerie par OA classiques ont recours à deux voies optiques : l'une qui analyse en temps réel, à haute cadence (> 100 Hz), les déformations à corriger à l'aide d'un analyseur de front d'onde (voie d'analyse) ; et l'autre qui capture l'image corrigée sur une autre caméra (voie d'imagerie). En plus des complexités optique et technique liées aux deux voies, une partie non négligeable du flux optique provenant de la source doit être mise à disposition pour l'analyseur de front d'onde, ce qui réduit le flux disponible pour la voie d'imagerie.

Dans le cadre de l'ANR ASTRID DFC (Distortion Free Camera), l'ONERA (Office National d'Etudes et de Recherches Aérospatiales) et le LPENS (Laboratoire de Physique de l'Ecole Normale Supérieure) cherchent à développer un système novateur d'optique stabilisée permettant de mesurer et corriger les effets de basculement et de distorsion d'images liés à la turbulence à l'aide d'un seul et même détecteur servant à la fois pour l'analyse et l'imagerie. Le système proposé offre des avantages de compacité et de simplification d'étalonnage (un seul détecteur et une seule voie optique) par rapport à un système de correction par OA classique. Ce stage s'inscrit dans ce projet de recherche.

L'objectif du stage porte sur la mesure du basculement et des distorsions liés à la turbulence à l'aide de la caméra SIRIS [1], qui sera intégrée dans le système d'optique stabilisée DFC. La caméra SIRIS est un détecteur CMOS à réponse native logarithmique qui présente une très grande dynamique et un bruit de lecture très faible dans la bande SWIR (0.9 à 1.7 μm). Elle dispose de deux modes de lecture, linéaire et logarithmique [2], qui s'associent lors de l'acquisition d'une image : tant que les pixels ne sont pas saturés dans leur réponse classique linéaire, alors le signal s'accumule et augmente pendant le temps de pose fixé. Les pixels qui voient leur réponse linéaire atteindre la saturation avant la fin de la pose, vont transiter dans le mode logarithmique du détecteur avec une réponse qui varie alors en temps réel. Dans un premier temps, le travail consistera à simuler le signal acquis par la caméra SIRIS. Ces simulations pourront être validées et complétées par des tests en laboratoire avec un prototype de caméra SIRIS fourni par le LPENS, sous réserve de disponibilité de la caméra. A l'issue de ce travail de simulation du signal de la caméra SIRIS, les modes de lecture de la caméra SIRIS seront intégrés dans un module de simulation numérique d'optique adaptative afin de simuler des images

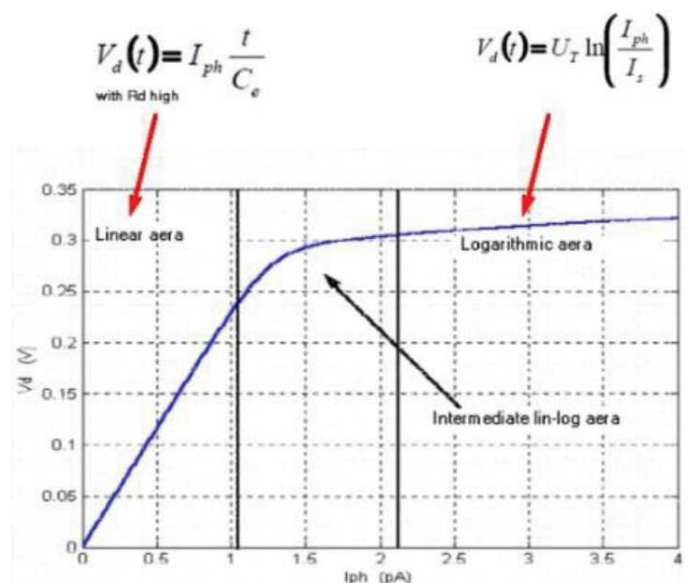


Figure 1 : Réponse typique de la caméra SIRIS en fonction du photocourant (source : [2]).

acquises en présence de turbulence atmosphérique. Enfin, le/la stagiaire étudiera des méthodes de mesure du mode de basculement de la turbulence (basculement global + effets de distorsions locales) sur les images simulées.

Pour mener à bien ces travaux, le/la stagiaire pourra s'appuyer sur les outils de simulation numérique d'optique adaptative développés au sein de l'équipe Haute Résolution Angulaire (HRA) du Département Optique et Techniques Associées (DOTA) de l'ONERA et sur l'expertise du LPENS sur les systèmes d'imagerie à faibles bruits.

Votre profil est idéalement le suivant :

- Solides connaissances en optique et/ou en traitement du signal.
- Bonnes connaissances en Python.
- Curieux(se), rigoureux(se), autonome et motivé(e) par les défis scientifiques et techniques.

A noter qu'une poursuite de ces travaux à travers une thèse sur un sujet dans la continuité est possible.

L'équipe HRA de l'ONERA est reconnue mondialement pour son expertise en OA, pour des applications allant de l'astronomie à l'imagerie biomédicale, en passant par les télécommunications laser et la focalisation de faisceau à travers l'atmosphère sur cibles non coopératives.

Le LPENS, créé le 1^{er} janvier 2019, est un laboratoire de recherche fondamentale interdisciplinaire en physique et ses interfaces. Il dispose d'une expertise solide, reconnue, dans le design des systèmes d'imagerie à faibles bruits, notamment dans le SWIR.

<https://www.onera.fr/fr/dota-unites-de-recherche#hra>

<https://www.lpens.ens.psl.eu/laboratoire/presentation/>

Références :

- [1] J. Dubouil, M. Lebreton, F. Colas, et D. Darson, « SIRIS: a new, fast, high dynamic, and very low noise SWIR camera », in *X-Ray, Optical, and Infrared Detectors for Astronomy XI*, SPIE, août 2024, p. 23-30. doi: 10.1117/12.3018145.
- [2] D. Darson *et al.*, « Real-time High Dynamic Range based on Multiple Non Destructive ReadOut during a Single Exposure: application to IR imaging », in *Proceedings of the 11th International Conference on Distributed Smart Cameras*, in ICDSC 2017. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, sept. 2017, p. 21-28. doi: 10.1145/3131885.3131910.

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

Méthodes à mettre en oeuvre :

- | | |
|---|--|
| ☒ Recherche théorique | ☐ Travail de synthèse |
| ☒ Recherche appliquée | ☐ Travail de documentation |
| ☐ Recherche expérimentale | ☐ Participation à une réalisation |

Possibilité de prolongation en thèse : Oui

Durée du stage :	Minimum : 5 mois	Maximum : 5 mois (6 mois sur dérogation uniquement)
-------------------------	------------------	---

Période souhaitée : mars-septembre 2026

PROFIL DU STAGIAIRE

Connaissances et niveau requis : Niveau master 2 en physique / optique / traitement du signal Appétences pour le travail expérimental Bonne connaissance en programmation (Python)	Ecoles ou établissements souhaités : Ecole d'ingénieur ou master 2 avec spécialisation en optique
---	--