

## PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES

Référence : **DOTA-2025-27**  
(à rappeler dans toute correspondance)

Lieu : Châtillon

Département/Dir./Serv. : DOTA-HRA

Tél. : 01 46 73 47 57

Responsable(s) du stage : Nicolas Védrenne,  
Laurent Mugnier, Axel Vincent

Email. : [nicolas.vedrenne@onera.fr](mailto:nicolas.vedrenne@onera.fr)

### DESCRIPTION DU STAGE

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

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

**Intitulé : Mise en œuvre expérimentale d'un analyseur de front d'onde par diversité de phase sur la station sol FEELINGS**

Sujet :

La propagation d'une onde optique à travers l'atmosphère est soumise à la turbulence optique qui dégrade sa cohérence spatiale et empêche une focalisation à la limite de diffraction. L'utilisation d'analyseurs de front d'onde permet d'évaluer l'impact de ces aberrations sur la phase de l'onde optique. Toutefois, en présence de perturbations d'amplitude, les analyseurs de front d'onde communément utilisés qui reposent sur une hypothèse de continuité de la phase atteignent leurs limites du fait de la présence de variations importantes de l'amplitude. Des méthodes dites de diversité de phase exploitant des mesures au voisinage du plan focal, intrinsèquement sensibles aux perturbations de l'amplitude, ont démontré leur pertinence en présence de fortes perturbations de l'amplitude. Parmi celles-ci la méthode CAMELOT, développée à l'ONERA, repose sur une inversion du modèle de formation d'images défocalisées au foyer d'un imageur pour estimer le champ dans la pupille de l'instrument [Védrenne-14]. La méthode exploite un dispositif expérimental particulièrement simple, une lame à faces parallèles traitée semi-réfléchissante, qui crée sur le capteur plusieurs images focales affectées d'aberrations calibrées [Védrenne-15]. Le dispositif expérimental existant, baptisé IPADS pour *Integrated Phase and Amplitude Diversity Sensor* est illustré à gauche de la

Figure 1. La résolution du problème inverse, qui relie les images mesurées au champ en entrée du dispositif de mesure par une minimisation numérique à l'aide d'un code spécifique existant, permet d'estimer l'amplitude complexe dans la pupille. Cette méthode n'a à ce jour jamais été appliquée à la caractérisation d'aberrations en présence de turbulence atmosphérique, à plus forte raison en présence de perturbations fortes.

Dans le but d'étudier les phénomènes qui compromettent la propagation d'onde optique à travers l'atmosphère l'ONERA a développé la station sol FEELINGS (<https://www.onera.fr/feelings>). Ce moyen, unique en son genre par l'instrumentation qu'il regroupe, constitue une plateforme de tests en conditions réelles de dispositifs de mesure innovants. Le foyer Nasmyth du télescope de la station sol FEELINGS est représenté à droite de la Figure 1.

L'objectif du stage porte sur la mise en œuvre du dispositif expérimental existant de mesure de champ complexe par diversité de phase au foyer Nasmyth de la station sol FEELINGS pour mener une caractérisation des aberrations statiques du télescope. Il pourra inclure également la mise en œuvre de la technique de masquage pupillaire (ou *aperture masking*), qui permet de réduire l'impact de la turbulence sur la résolution des images.

Les travaux menés par l'étudiant consisteront, dans une première phase, à vérifier le fonctionnement du dispositif de mesure en laboratoire, en présence d'aberrations calibrées sur un montage existant. Il s'agira de définir le montage de laboratoire, d'acquies les données et de les traiter en présence d'aberrations calibrées grâce au logiciel existant. Une étude de sensibilité de la mesure sera menée par modélisation numérique pour évaluer la précision attendue du dispositif utilisé sur le flux d'une étoile brillante. L'étudiant analysera l'influence de la gamme spectrale de fonctionnement et établira le compromis largeur de bande spectrale/bilan radiométrique permettant de disposer de la meilleure sensibilité compte tenu des étoiles disponibles. Parallèlement l'étudiant définira les interfaces mécaniques nécessaires à l'installation du dispositif sur la table d'instrumentation de la station sol. Une fois le comportement du dispositif validé en laboratoire l'étudiant participera à l'installation du dispositif au foyer Nasmyth de la station sol FEELINGS (région toulousaine) puis à une campagne d'acquisition de données dans le but d'évaluer expérimentalement, en conditions réelles, les limites d'emploi de la méthode pour caractériser les aberrations statiques du télescope. Enfin, l'étudiant pourra implanter un masque pupillaire pour réduire l'effet des

aberrations turbulentes sur la qualité image et évaluer expérimentalement l'amélioration de la résolution. L'essentiel des travaux effectués pendant le stage s'effectueront à Châtillon (92). En fonction de l'avancement des travaux l'étudiant aura l'opportunité d'intervenir sur la station sol FEELINGS pour tester le dispositif sur ciel.

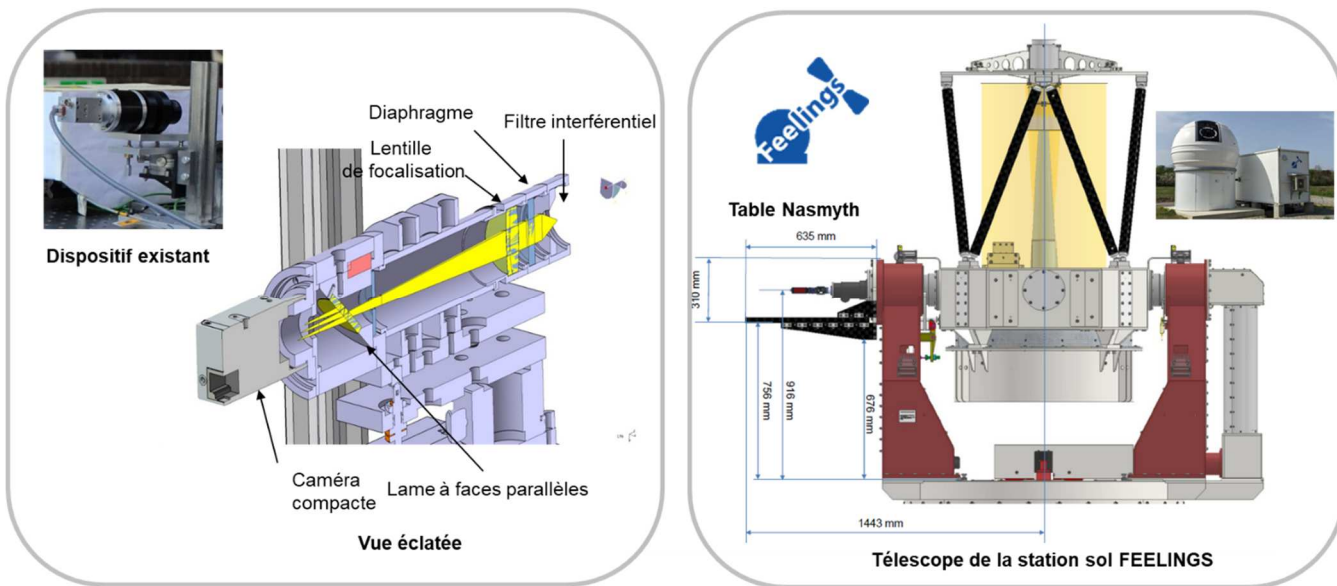


Figure 1 : A gauche dispositif expérimental de mesure de champ complexe (dispositif IPADS : Integrated Phase and Amplitude Diversity Sensor. A droite : télescope de la station sol ONERA FEELINGS installée sur le site du Fauga-Mauzac, en périphérie de Toulouse.

[Védrenne-14] N. Védrenne, L. M. Mugnier, V. Michau, M.-T. Velluet, et R. Bierent, « Laser beam complex amplitude measurement by phase diversity », Opt. Express, vol. 22, no 4, Art. no 4, févr. 2014, doi: 10.1364/OE.22.004575.  
 [Védrenne-15] N. Védrenne et al., « Design and performance of an integrated phase and amplitude diversity sensor », in CLEO: 2015 (2015), paper STu2N.2, mai 2015, p. STu2N.2. doi: 10.1364/CLEO\_SI.2015.STu2N.2.

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

**Méthodes à mettre en oeuvre :**

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

Possibilité de prolongation en thèse : Oui

**Durée du stage :** Minimum : 4 mois Maximum : 5 mois

Période souhaitée : Mars - Août 2025

**PROFIL DU STAGIAIRE**

Connaissances et niveau requis :  
 Master recherche instrumentation  
 Ecole d'ingénieur en optique / sciences physiques  
 Un goût pour l'expérimentation, le traitement de données et/ou la résolution de problèmes inverses sera un plus

Ecoles ou établissements souhaités :  
 Formation universitaire ou école d'ingénieur