

PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES

Référence : **DOTA-2025-25**
(à rappeler dans toute correspondance)

Lieu : Centre de Salon de Provence /
Laboratoire d'Astrophysique de Marseille
(LAM)

Département/Dir./Serv. : DOTA-HRA

Tél. : 06 63 57 35 40

Responsable(s) du stage : Sauvage Jean-François,
Fusco Thierry

Email. : sauvage@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 : Event-based camera : développement d'un simulateur numérique et caractérisation expérimentale

Sujet :

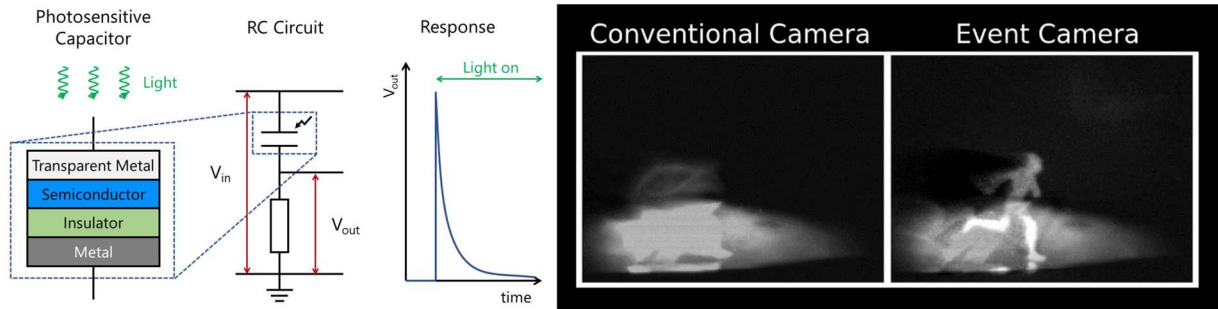
Contexte :

Les processus d'acquisition d'images sont au cœur des activités scientifiques en surveillance de l'espace et astronomie. En effet, ce sont des domaines où la seule information exploitable scientifiquement est l'onde électromagnétique (la lumière quand on s'intéresse aux bandes spectrales visibles et infra-rouges) qui nous provient des objets que l'on souhaite étudier. Ainsi l'astronomie a depuis toujours été un vecteur d'innovation et de progrès dans le domaine de la détection et le développement de caméras que l'on veut toujours plus précises, sensibles et rapides tout en étant capable de gérer des grandes dynamiques d'éclairement.

L'augmentation des besoins en terme de résolution et de taille des capteurs a conduit à des compromis limitants entre nombre de pixels, vitesse de lecture, niveaux de bruit et dynamique des senseurs.

Pour certaines applications, comme l'optique adaptative, ou les limitations des performances sont souvent liées à la vitesse de la boucle de rétroaction et à la qualité intrinsèque des données produites par l'analyseur de surface d'onde, l'étage de détection est un élément clé du système. Les nouveaux besoins, en particulier dans les domaines de la détection directe et la caractérisation de planètes extrasolaires, d'astéroïdes, de satellites en orbite basse ou encore des télécommunications haut débit en espace libre entre le sol et l'espace, nécessitent des capteurs et des processus de mesures toujours plus rapides et utilisant de larges plages de dynamiques. Répondre à ces besoins avec des technologies classiques demande des développements spécifiques à la fois longs, coûteux et risqués avec des résultats limités.

Une alternative est de changer de paradigme et de considérer de nouveaux modes de détection pour lever quelques-unes des limitations fondamentales des technologies actuelles. Dans ce cadre, le développement récent d'un nouveau type de camera bio-inspirée par les processus de détection de l'œil humain semble être une solution attractive aux différentes limitations actuelles rencontrées en optique adaptative. Ces caméras dites « neuromorphique », ou « Event Based Camera » [EBC] en anglais, ont un processus de détection, de lecture et de transfert de données basés sur une mesure directe de la variation locale d'intensité (au niveau du pixel) associée à une lecture et à un transfert de données avec des temps caractéristiques de la microseconde (contre la milliseconde pour les technologies classiques). Chaque pixel d'une EBC fonctionne de façon asynchrone, délivrant un évènement en cas de changement et restant silencieux dans le cas contraire. Un autre avantage de ces cameras réside dans la frugalité des données transmises et stockées puisque les seuls signaux générés sont liés à des changement d'éclairement local au niveau de la scène. En fonction des applications, un gain d'un facteur 100 à 1000 sur le traitement et le stockage des données est attendu.



Le principe de fonctionnement de ces caméras représente un fort intérêt, permettant à un système d'OA l'utilisant d'atteindre potentiellement de très hautes cadences. L'objectif à long terme consiste à étudier l'intérêt de ces caméras pour l'analyse de front d'onde au sens large (plan pupille, plan focal), pour l'imagerie et la détection de sources faibles.

Objectifs du stage :

- 1) Développer un simulateur numérique de ces caméras d'un type nouveau, qui nous permettra de mieux les comprendre et de proposer des analyseurs les utilisant, ou de proposer de nouveaux concepts d'analyseurs.

Ce simulateur de détecteur EBC devra être développé préférentiellement en python, et devra être compatible avec les bibliothèques python que nous utilisons quotidiennement pour modéliser une boucle d'optique adaptative. Le simulateur sera utilisé pour illustrer le fonctionnement de ces caméras couplé à nos utilisations habituelles : un imageur plan focal classique, un imageur coronographique, un analyseur de type Shack-Hartmann, un analyseur à filtrage de Fourier, un analyseur à étoile laser. Seule la brique « détection » fait l'objet de développement, puisque nous disposons de nombreuses bibliothèques permettant de simuler les analyseurs sus-nommés. Il s'agit donc d'un travail de développement de code, afin de modéliser le fonctionnement physique d'un détecteur.

Certaines bibliothèques existent déjà en open source, il pourra être pertinent de se baser sur ces bibliothèques comme base <https://github.com/SensorsINI/jaer/>.

Les bibliothèques que nous utilisons pour modéliser l'optique adaptative sont développées en langage python orienté objet et sont disponibles ici <https://github.com/cheritier/OOPAO>.

- 2) Etudier et caractériser une caméra EBC en cours d'approvisionnement, et comparer son comportement mesuré au simulateur.

Nous prévoyons d'approvisionner une de ces caméras EBC (modèle DAVIS ou équivalent), en cours d'étude et de fourniture de devis. Ces caméras seront approvisionnées et interfacées début 2025, au LAM ou à l'ONERA Salon et seront utilisées pendant le stage. Leurs performances seront comparées au simulateur pendant le stage.

Le stage sera associé à l'équipe Haute Résolution Angulaire du Département d'Optique et Techniques Associées, accueilli au sein du laboratoire d'Astrophysique de Marseille (LAM).

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

<https://www.lam.fr/recherche/equipe/groupe-rd-optique-instrumentation/presentation/>

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

Méthodes à mettre en oeuvre :

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Recherche théorique | <input type="checkbox"/> Travail de synthèse |
| <input checked="" type="checkbox"/> Recherche appliquée | <input type="checkbox"/> Travail de documentation |
| <input checked="" type="checkbox"/> Recherche expérimentale | <input checked="" type="checkbox"/> 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.

Il est souhaitable d'avoir des facilités en codage, Python.

Un goût pour l'expérimentation sera un plus

Ecoles ou établissements souhaités :