

## PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES

Référence : **DOTA-2024-14**

(à rappeler dans toute correspondance)

Lieu : Palaiseau

Département/Dir./Serv. : DOTA/MPSO

Tél. : 01 80 38 63 76

Responsable(s) du stage : Sidonie Lefebvre

Email : sidonie.lefebvre@onera.fr

## DESCRIPTION DU STAGE

Thématique(s) : Optimisation, incertitudes, CMA-ES, multispectral

Type de stage :  Fin d'études bac+5  Master 2  Bac+2 à bac+4  Autres**Intitulé : Optimisation sous incertitudes par algorithme évolutionnaire pour des données hyperspectrales**

Sujet : Depuis une dizaine d'années, on constate un intérêt croissant pour la spécification et la conception d'imageurs multispectraux, qui permettent d'acquérir simultanément l'image d'une scène dans plusieurs (typiquement entre 2 et 10) bandes spectrales en infrarouge ou en visible. Les applications de ces instruments sont très variées : télédétection satellitaire ou spatiale, détection de drones,... Lors de l'exploitation des données, des algorithmes de détection d'anomalies sont couramment utilisés pour rechercher des objets potentiels d'intérêt sur une image. Le principe consiste à analyser le signal lu sur les pixels spectraux de l'image et à distinguer deux classes : une classe majoritaire associée au fond, et une classe de pixels qui se démarque du signal de fond, les anomalies. Celles-ci peuvent ensuite être analysées de façon plus détaillée par d'autres méthodes, pour savoir si elles correspondent aux objets recherchés.

Afin d'optimiser le choix des bandes spectrales pour la conception d'instruments multispectraux, il est important de tenir compte des incertitudes qui affectent certaines données, comme les conditions météorologiques, et qui conduisent à une variabilité des scènes observées, ainsi que de la diversité des objets susceptibles d'être rencontrés. Il faut donc évoluer d'une stratégie d'optimisation classique et déterministe vers une optimisation robuste, qui a pour but de concevoir des systèmes dont les performances sont peu sensibles aux variabilités induites par les paramètres incertains. Elle s'appuie sur des mesures de robustesse pour quantifier les variations des objectifs dues aux incertitudes. On recherche ainsi le système qui possède la meilleure performance moyenne, ou bien celui dont la performance varie le moins, ou encore les deux à la fois.

Différents critères ont été proposés pour l'optimisation sous incertitudes : espérance, variance, quantile, superquantile [2] (qui permet de quantifier le poids des événements situés au-dessus d'un quantile donné)...et l'objectif du stage sera de les adapter à la problématique des données hyperspectrales, et donc à un problème d'optimisation sur des variables discrètes, avec des contraintes de faisabilité technologique à prendre en compte. Il faudra de plus coupler de façon pertinente ces critères de robustesse à ceux de détection d'anomalies, tels que le critère de référence, le RX [1] et des variantes tirant profit des tests robustes [4].

Enfin, le calcul de critères du type quantile nécessite un grand nombre d'évaluations des objectifs afin d'observer l'effet des variations des paramètres incertains autour de chaque solution considérée. Un des points clés du stage sera donc le choix de l'algorithme d'optimisation et sa mise en œuvre efficace sur des données hyperspectrales. On envisagera notamment des évolutions récentes de méthodes de type cross-entropy associées à des familles de loi en réseaux bayésiens [3] et des algorithmes évolutionnaires (CMAES - Covariance Matrix Adaptation Evolution Strategy).

La méthodologie sera appliquée sur des données hyperspectrales qui servent de benchmark dans la littérature et sur une base de données simulées d'avions sur fond de ciel contenant plusieurs dizaines de milliers d'images dans différentes bandes spectrales infrarouge [1], qu'il faudra mettre en forme pour tester les approches de détection d'anomalies.

Les travaux de stage pourront se poursuivre dans le cadre d'une thèse dédiée à l'optimisation du choix de bandes spectrales pour la détection d'anomalies.

Bibliographie :

[1] F. Maire, S. Lefebvre, Detecting aircraft in low-resolution multispectral images: specification of relevant IR wavelength bands, J. of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing 8 (9), 4509-4523, 2015.

[2] R. T. Rockafellar, Coherent approaches to risk in optimization under uncertainty, Tutorials in operations research, 3, 38–61, 2007.

[3] C. Musso, F. Dambreville and C. Chahbazian, "Filtering and sensor optimization applied to angle-only navigation," 2021 IEEE 24th International Conference on Information Fusion (FUSION), 2021

[4] P.J. Huber, "Robust statistics. In International encyclopedia of statistical science" (pp. 1248-1251). Springer, Berlin, Heidelberg, 2011

Ces travaux seront réalisés en collaboration avec l'équipe RandOpt INRIA/CMAP

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

**Méthodes à mettre en oeuvre :**

- |   |  |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Recherche théorique | <input type="checkbox"/> Travail de synthèse             |
| <input checked="" type="checkbox"/> Recherche appliquée | <input type="checkbox"/> Travail de documentation        |
| <input type="checkbox"/> Recherche expérimentale        | <input type="checkbox"/> 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 : Premier semestre 2024

### PROFIL DU STAGIAIRE

Connaissances et niveau requis : Optimisation, statistiques, machine learning	Ecoles ou établissements souhaités : Master 2 ou école d'ingénieur
--	---