

## PROPOSITION DE SUJET DE THESE

### **Intitulé : Optimisation robuste sous incertitudes du choix de bandes spectrales pour la détection d'anomalies**

Référence : **PHY-DOTA-2018-09**  
(à rappeler dans toute correspondance)

**Laboratoire d'accueil à l'ONERA :**

Branche : Physique	Lieu (centre ONERA) : Palaiseau
Département : Optique et Techniques Associées (DOTA)	
Unité : Modélisation Physique de la Scène Optronique	Tél. : 0180386376
Responsable ONERA : Sidonie Lefebvre	Email : sidonie.lefebvre@onera.fr

**Directeur de thèse envisagé :**

Nom : Anne Auger  
Adresse : RandOpt Team - Inria Saclay CMAP, École polytechnique, 91128 Palaiseau Cedex, FRANCE  
Tél. : 01 69 33 45 91                      Email : anne.auger@inria.fr

**Sujet :**

Depuis quelques 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 d'aéronefs, de drones,... Lors de l'exploitation des données, les 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 des applications de type détection d'anomalies, 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 fluctuations 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.

En s'appuyant sur les travaux de thèse de Florian Maire (prix de thèse DGA 2016) sur la prise en compte simultanée des variabilités spectrale et spatiale des objets d'intérêt et du fond pour la détection d'anomalies [1], le doctorant sera amené à proposer une méthodologie de sélection robuste de bandes spectrales. Cette problématique, cruciale pour le dimensionnement des futurs systèmes opérationnels multispectraux, n'est encore que très peu abordée dans la littérature. En effet, si on note depuis une dizaine d'années un essor des méthodes de sélection de bandes qui prennent en compte l'application visée (classification pour la plupart) pour effectuer le choix, il existe

peu de travaux qui prennent en compte les regroupements de bandes spectrales adjacentes et très corrélées, et encore moins qui tiennent compte de la diversité de la cible et du fond.

Les travaux de thèse porteront sur les points suivant :

- modélisation des incertitudes sur les cibles et les fonds,
- mise au point de critères d'optimisation robuste couplés à une méthodologie d'estimation efficace,
- validation sur des cas simulés : détection d'aéronefs et réels : télédétection.

Différents critères ont été proposés pour l'optimisation robuste sous incertitudes [2-3] : espérance, variance, quantile, superquantile [4] (qui permet de quantifier le poids des événements situés au-dessus d'un quantile donné)..., mais il faudra les adapter à la problématique du choix de bandes spectrales, qui est 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. On considèrera le critère de référence, le RX [5], ainsi que des critères proposés par notre équipe, à base de lignes de niveaux [1] ou de méthodes à noyaux de type Maximum Mean Discrepancy [5-6].

Enfin, le calcul de critères du type quantile ou superquantile nécessite un grand nombre d'évaluations des objectifs afin d'observer l'effet des variations des paramètres incertains autour de chaque solution considérée. Il faudra donc proposer des estimateurs efficaces adaptés à la problématique du choix de bandes spectrales, et mettre en œuvre et adapter les algorithmes d'optimisation les plus prometteurs. On s'appuiera sur des méthodes de type machine learning et on envisagera notamment les algorithmes évolutionnaires de la toolbox GENETIC (GENERIC Evolutionary computation Toolbox for Identification and Control) mise au point par le département Traitement de l'Information et Systèmes de l'ONERA.

La méthodologie mise au point sera validée sur différentes applications de détection (visée rasante sol-sol ou sol-air, télédétection aéroportée) sur des fonds naturels : zone rurale, zone désertique, forêt, fond nuageux...

#### *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] V. Baudoui, *Optimisation robuste multiobjectifs par modèles de substitution*, Thèse de l'Université de Toulouse, 2012.

[3] V. Gabrel, C. Murat, A. Thiele, *Recent advances in robust optimization: An overview*, *European J of Operational Research* 235, 471-483, 2014.

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

[5] I.S. Reed et X. Yu, *Adaptative multiple-band CFAR detection of an optical pattern with unknown spectral distribution*, *IEEE Trans. Acoustics Speech, Signal Process.*, 38, 1760-1770, 1990.

[6] W. Zaremba, A. Gretton, M. Blaschko, *B-tests : Low variance Kernel Two-Sample Tests*, *Neural Information Processing Systems, Lake Tahoe, United States*, 2013.

[7] S. Li, Y. Xie, H. Dai, L. Song, *M-Statistic for Kernel Change-Point Detection*, *J. of Machine Learning Research* 1, 1-48, 2016.

**Collaborations extérieures :** CMAP Polytechnique

## **PROFIL DU CANDIDAT**

**Formation :** Ecole d'Ingénieurs ou Master 2

**Spécificités souhaitées :** Mathématiques appliquées, machine learning, statistiques, optimisation