www.onera.fr

ONERA
THE FRENCH AEROSPACE LAB

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Traitements radar robustes : cas des erreurs de modèle dites « hors grille »

Référence : **PHY-DEMR-2024-19**

(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : 10/2024	**Date limite de candidature :** 01/06/2024

Mots clés

Détection , estimation radar, cleaning, fouillis, cibles non résolues, erreurs de modèle

Profil et compétences recherchées

Grande école d'ingénieur ou Master 2 avec excellent dossier. Bonnes connaissances en traitement du signal, connaissances en théorie de la détection et de l'estimation, des connaissances en radar seraient un plus.

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

Les traitements radar actuels, qu'il s'agisse de la détection ou de l'estimation, font pour la plupart l'hypothèse implicite que les cibles recherchées sont décrites par un jeu de paramètres (distance, Doppler, angle …) qui appartiennent à un espace discret. Or, par essence, la scène observée par le radar est continue et les paramètres qui caractérisent les cibles n'ont par conséquent aucune raison d'être discrets. Cette simplification est pourtant une des raisons qui conduit à l'élaboration de détecteurs sous-optimaux et à la dégradation des performances d'un bon nombre d'algorithmes de la littérature (cleaning, méthodes parcimonieuses, filtre désadapté, etc.) [1]. En détection radar, la problématique des cibles hors grille se traduit par une perte de quelques dB par dimension (retard, Doppler et/ou angle) pour le filtre adapté et a des impacts dramatiques sur le filtre adapté normalisé pouvant conduire à la non détection de cibles ayant pourtant une puissance infinie. Ces deux détecteurs sont pourtant les détecteurs les plus employés dans la littérature. L'erreur de grille est présente dans tous les systèmes radars, mais rarement traitée : elle fait l'objet d'une caractérisation grossière que l'on nomme souvent « perte en gain de traitement ».

Une solution efficace et naturelle pour traiter le problème est de considérer le GLRT (Generalized Likelihood Ratio Test) du problème hors grille. Comme la dépendance au paramètre est non linéaire, il n'existe généralement pas de solution analytique au problème d'optimisation posé : la mise en œuvre du détecteur GLRT hors grille est plus couteuse et ses performances sont bien plus complexes à étudier. En particulier, la relation liant le seuil de détection à appliquer à la probabilité de fausse alarme est souvent inconnue, alors qu'elle est un paramètre nécessaire et crucial en radar pour contrôler la probabilité de fausse alarme.

Cette problématique a déjà fait à l'ONERA l'objet de travaux préliminaires concluants [2-4] et d'une thèse (2020-2023) qui a permis de proposer une expression analytique asymptotique des relations Pfa/seuil à la fois pour le filtre adapté normalisé hors grille [5] et le filtre adapté hors grille sous hypothèse de bruit blanc [6], en supposant à chaque fois la matrice de covariance du bruit connue. Ces résultats s'appuient sur des résultats théoriques sur les champs aléatoires et les tubes [7]. Les expressions proposées se révèlent souvent exactes à faible taux de fausse alarme, qui est le cas d'emploi standard en radar.

Plusieurs questions demeurent ouvertes et feront l'objet de cette thèse, on pourra citer par exemple :

- La caractérisation des performances du filtre adapté dans le cas d'un bruit non blanc, en supposant la matrice de covariance connue.

- La caractérisation des performances en contexte de matrice de covariance inconnue des méthodes classiques et du GLRT hors grille.
- La redéfinition de la notion de case de résolution sur les performances en présence de bruit avec une covariance non identité.

Il sera envisageable au cours de la thèse d'exploiter des données réelles existantes ou d'effectuer de nouvelles mesures afin d'évaluer la pertinence des traitements proposés au cours de la thèse.

Le doctorant sera accueilli au sein de l'unité Traitement du Signal du département Electromagnétisme et Radar sur le site de l'ONERA à Palaiseau. Il sera amené à développer au cours de sa thèse ses compétences en traitement du signal (détection/estimation statistique) et ses connaissances en radar.

[1] Tang, G., Bhaskar, B. N., Shah, P., & Recht, B. (2013). Compressed sensing off the grid. IEEE transactions on information theory, 59(11), 7465-7490.

[2] O. Rabaste, J. Bosse and J.-P. Ovarlez, "Off-grid target detection with normalized matched subspace filter", Signal Processing Conference (EUSIPCO), 2016

[3] J Bosse, O Rabaste, JP Ovarlez, « Adaptive subspace detectors for off-grid mismatched targets", ICASSP 2020.

[4] O. Rabaste and J. Bosse, "Robust mismatched filter for off-grid target," IEEE Signal Processing Letters, 2019.

[5] P Develter, J Bosse, O Rabaste, P Forster, JP Ovarlez , "On the false alarm probability of the Normalized Matched Filter for off-grid target detection", ICASSP 2022.

[6] P Develter, J Bosse, O Rabaste, P Forster, JP Ovarlez, "False Alarm Regulation for off-grid target detection with the Matched Filter", soumis à ICASSP 2023

[7] H. Hotelling, "Tubes and spheres in n-spaces, and a class of statistical problems," American Journal of Mathematics, vol. 61, no. 2, pp. 440– 460, 1939.

Collaborations envisagées

Laboratoire SONDRA (Centrale-Supélec) et le Laboratoire SATIE (ENS CACHAN).

Laboratoire d'accueil à l'ONERA	**Directeur de thèse**
Département : Département Electromagnétisme et radar	Nom : Jean-Philippe Ovarlez /Philippe Forster
Lieu (centre ONERA) : Palaiseau	Laboratoire : SONDRA/ SATIE
Contact : jonathan Bosse, Olivier Rabaste	Tél. :
Tél. : 86296 Email : jonathan.bosse@onera.fr, olivier.rabaste@onera.fr, jean-Philippe.Ovarlez@onera.fr	Email :

Pour plus d'informations : https://www.onera.fr/rejoindre-onera/la-formation-par-la-recherche