

## PROPOSITION DE SUJET DE THESE

**Intitulé :** Synthèse de formes d'onde Radar et communications par réseau MIMO

Référence : **PHY-DEMR-2025-8**  
(à rappeler dans toute correspondance)

**Début de la thèse :** 10/2025

**Date limite de candidature :** 04/2025

### Mots clés

Radar – MIMO – optimisation – Communication

### Profil et compétences recherchées

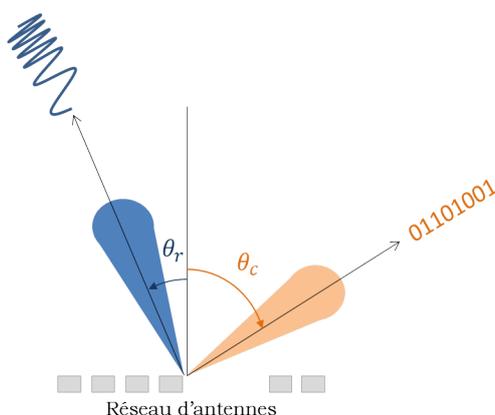
Grande école d'ingénieur ou Master 2 avec excellent dossier. Bonnes connaissances en traitement du signal, connaissances en optimisation, des connaissances en radar seraient un plus.

### Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

Le radar MIMO (Multiple Input Multiple Output) cohérent colocalisé est une technique d'émission récente de signal radar à partir d'un réseau d'antennes : contrairement à un réseau phasé classique pour lequel toutes les antennes du réseau émettent la même forme d'onde, le radar MIMO émet des formes d'onde différentes avec les différentes antennes du réseau. Selon les formes d'onde employées, il est alors possible de générer une très grande variété de diagrammes d'émission adaptés à des problématiques et des applications différentes.

Cette thèse a pour objectif de proposer des algorithmes d'optimisation de formes d'ondes d'un radar MIMO s'inscrivant dans un cadre applicatif radar multifonctions. Plus précisément, les formes d'ondes devront à terme permettre d'assurer deux fonctions simultanées : le radar (détection de cibles, pistage), et la communication (transmission d'information). On parle alors de système Dual-Function Radar and Communication (DFRC).

Parmi les méthodes de DFRC existantes, le MIMO permet de synthétiser des formes d'ondes souhaitées dans un certain nombre de directions, permettant ainsi d'assurer les fonctions correspondantes dans ces directions.



*Système MIMO DFRC. Les formes d'ondes se recombinaient en un signal radar dans la direction  $\theta_r$ , et un signal de communication dans la direction  $\theta_c$ .*

La littérature sur le sujet est cependant laconique sur la robustesse des signaux, notamment lorsqu'un écart angulaire est présent. Or, il est assez peu probable que les cibles d'intérêt soient localisées exactement dans les directions envisagées. De fait, les formes d'ondes peuvent alors présenter des écarts avec celles initialement prévues, conduisant ainsi à une dégradation potentiellement importante des performances

attendues. En particulier, pour le radar, les lobes secondaires ainsi que le gain de compression se retrouvent détériorés. Similairement, les formes d'ondes de communication deviennent plus difficiles à décoder.

Dans cette thèse, on s'intéressera donc à la synthèse de formes d'onde particulières par radar MIMO cohérent colocalisé, en prenant en compte en particulier un besoin important de robustesse des formes d'onde synthétisées.

Le premier objectif de la thèse sera de faire un état de l'art des méthodes d'optimisation existantes dans la littérature pour synthétiser les formes d'onde radar MIMO dans le cadre particulier DFRC et de proposer une ou plusieurs méthodes permettant cette optimisation. En particulier, on pourra utiliser, améliorer et accélérer des méthodes de type MM (Majoration Minimisation), visant à remplacer des fonctions compliquées à optimiser par des fonctions plus simples et présentant de bonnes propriétés pour l'optimisation (par exemple, la convexité). Il conviendra par ailleurs d'étudier et de quantifier les erreurs commises, en fonction de l'angle, des formes d'ondes, et du nombre d'émetteurs. En particulier, le type de formes d'onde à sélectionner pour un décodage optimal en communication peut être impactant ; certaines constellations / modulations pourront se révéler plus robustes aux erreurs. Il sera donc intéressant d'étudier la sensibilité aux erreurs en fonction du type de modulation considéré.

Le deuxième objectif de la thèse portera sur les traitements appliqués à la réception : on étudiera les algorithmes qui peuvent permettre de corriger les erreurs causées par les décalages angulaires, en se basant sur certaines connaissances a priori du système émetteur (constellation, nombre d'émetteurs).

La robustesse des signaux vis-à-vis des multi-trajets pourra également être étudiée. En effet, dans un environnement urbain, plusieurs échos plus ou moins retardés d'un signal, lui-même plus ou moins dégradé par un écart angulaire, vont se recombinaison. Il conviendra donc d'étudier cet effet, et de proposer des méthodes permettant une réception correcte du signal en communication, ou un traitement approprié pour la détection en radar.

[1] F. Liu, C. Masouros, A. P. Petropulu, H. Griffiths and L. Hanzo, "Joint Radar and Communication Design: Applications, State-of-the-Art, and the Road Ahead," in IEEE Transactions on Communications, vol. 68, no. 6, pp. 3834-3862, June 2020.

[2] P. M. McCormick, S. D. Blunt and J. G. Metcalf, "Simultaneous radar and communications emissions from a common aperture, Part I: Theory," 2017 IEEE Radar Conference (RadarConf), Seattle, WA, USA, 2017, pp. 1685-1690.

[3] X. Liu, T. Huang, N. Shlezinger, Y. Liu, J. Zhou and Y. C. Eldar, "Joint Transmit Beamforming for Multiuser MIMO Communications and MIMO Radar," in IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 68, pp. 3929-3944, 2020.

[4] L. Liu, X. Liang, Y. Li, Y. Liu, X. Bu, and M. Wang, "A Spatial-Temporal Joint Radar-Communication Waveform Design Method with Low Sidelobe Level of Beampattern," Remote Sensing, vol. 15, no. 4, p. 1167, Feb. 2023.

### Collaborations envisagées

CNAM

#### Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : Electromagnétisme et radar

Lieu (centre ONERA) : Palaiseau

Contact : Abigael Taylor, Olivier Rabaste

Tél. : +33 1 80 38 63 14

Email :

[abigael.taylor@onera.fr](mailto:abigael.taylor@onera.fr) ; [olivier.rabaste@onera.fr](mailto:olivier.rabaste@onera.fr)

#### Directeur de thèse

Nom : Arnaud Breloy

Laboratoire : CNAM-CEDRIC

Tél. :

Email : [arnaud.breloy@lecnam.net](mailto:arnaud.breloy@lecnam.net)

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