

## **Détection flexible de cibles par des techniques de radiogoniométrie embarquées dans une munition**

### **Contexte**

Cette étude est proposée par l'Institut franco-allemand de recherche de Saint-Louis (ISL) et l'Institut d'Électronique et des Technologies du numéRique (IETR) de Nantes, avec un possible cofinancement par la Direction Générale de l'Armement (DGA).

L'ISL travaille entre autres à la conception des munitions d'artillerie de demain. Les munitions guidées, notamment, permettent de radicalement augmenter la précision des batteries, suivre des trajectoires non balistiques, ou encore de dissimuler sa position à l'ennemi et éviter les ripostes. Les défis technologiques s'expriment en termes de contre-mesures. Ainsi, dans une ère où le brouillage des radiocommunications est de plus en plus omniprésent, des solutions « GNSS-denied » où la munition peut se guider seule indépendamment d'une réception GPS sont donc plus que jamais d'intérêt. Il s'agit donc de permettre à une munition de localiser sa cible, ce qu'on se propose ici de réaliser dans le domaine RF à l'aide d'un réseau d'antennes et d'algorithmes de radiogoniométrie, pilotés à l'aide de radios logicielles.

### **Problématique recherche**

Les travaux de recherche proposés portent sur le développement d'un système de goniométrie (« Direction Of Arrival estimation ») passif basé sur la radio logicielle pour permettre, avec un système unique appliqué aux munitions d'artillerie guidées, la localisation de la plus grande variété possible de sources de signaux, par exemple un radar ou un brouilleur militaire, ou des communications qui emploient possiblement des techniques de furtivité. La problématique se situe ainsi dans les domaines de la radiogoniométrie et de la classification d'émetteurs, en environnement très dynamique. Il s'agit d'étudier les techniques et algorithmes à mettre en œuvre pour localiser et caractériser des émetteurs à l'aide d'un réseau d'antennes embarqué dans un projectile volant à très grande vitesse (Mach 1 voire plusieurs Mach). Un démonstrateur expérimental sera conçu avec des radios logicielles du commerce et permettra de comparer les résultats obtenus lors de mesures réalisées en environnement anéchoïque et en extérieur avec le simulateur numérique développé, afin de fournir une première évaluation des performances atteignables par un tel système dans le cadre des munitions d'artillerie.

La localisation d'émetteurs à l'aide de réseaux d'antennes est un domaine de recherche actif. Certaines études ont d'ailleurs utilisé de telles techniques pour des applications de surveillance de drones utilisant des radios logicielles. Cependant, les travaux existants cherchent à détecter des formes d'ondes propres aux applications visées (applications classiques des télécommunications comme le réseau de téléphonie ou des véhicules lents comme des voitures, etc.). Mais une munition d'artillerie vole à plusieurs fois la vitesse du son, peut suivre une trajectoire balistique ou être guidée, subit un effet Doppler non négligeable dû aux vitesses vertigineuses, et peut tourner sur elle-même à des vitesses allant jusqu'à 300 Hz.

D'autre part, l'embarquement d'un tel système apporte inévitablement des contraintes de volume, de puissance et temps de calcul ou encore de résolution angulaire en fonction du réseau angulaire embarqué.

### **Planning prévisionnel**

Pour répondre à ces nombreux défis, nous adapterons donc en premier lieu des techniques de goniométrie issues de l'état de l'art en tenant compte des contraintes du projet (puissance de calcul nécessaire, durée

d'exécution, résolution angulaire de l'estimation, etc.) et validerons les choix réalisés à travers un simulateur numérique, implémenté par exemple sous Matlab. Nous implémenterons les fonctionnalités nécessaires pour simuler les signaux échantillonnés reçus par un réseau d'antennes, en fonction de la cible considérée (e.g. un radar ou un brouilleur militaires) et de l'évolution des informations d'état du canal (CSI) telles que l'effet Doppler induit par les trajectoires de la munition et de la cible, le rapport signal à bruit, d'éventuelles réflexions, etc. On s'intéressera par exemple à la détection d'impulsions ou de signaux large bande avec modulation de fréquence, dans une même bande de fréquence. Des techniques d'exploration et d'analyse du spectre électromagnétique pourront également être implémentées pour améliorer la flexibilité du récepteur et choisir la technique de goniométrie adaptée dans un scénario où la munition est tirée sans connaissance sur la cible.

Nous implémenterons ensuite le système de localisation de cibles sur une plateforme radio logicielle du commerce et évaluerons les performances et les limites du système lors de campagnes de mesures réalisées à l'ISL. Les résultats des campagnes de mesure et du simulateur numérique pourront constituer une première démonstration de faisabilité d'un goniomètre RF flexible et capable de répondre aux contraintes très spécifiques des munitions guidées, qui aujourd'hui n'est pas disponible dans la littérature.

Cette étude se déroulera dans un premier temps à l'IETR (F-44) puis à l'ISL (F-68). Des séjours dans le laboratoire partenaire ponctueront les avancées des travaux de l'étudiant. Des publications dans des conférences internationales et des revues scientifiques seront encouragées, afin de valoriser les travaux de l'étudiant au sein de la communauté scientifique.

## Profil du candidat

Nous recherchons un candidat titulaire, au mois d'octobre 2024, d'un Master ou équivalent en électronique, traitement du signal ou systèmes de télécommunications ou radar. Le candidat devra avoir des compétences en traitement de signaux numériques et en programmation (Matlab). Des connaissances sur les techniques de goniométrie ou la radio logicielle seraient un plus, mais pourront être acquises pendant le début de la thèse.

## Informations

Dates : démarrage début octobre 2024, durée 3 ans

Lieux : Première partie de la thèse dans les laboratoires de l'IETR de Nantes (F-44), seconde partie sur site à l'ISL (F-68).

Contact : Envoyer une lettre de motivation et un CV détaillé par email à l'équipe d'encadrement.

Encadrant	Affiliation	Contact
Pascal Chargé	IETR, Nantes Université Polytech Nantes	<a href="mailto:pascal.charge@univ-nantes.fr">pascal.charge@univ-nantes.fr</a>
Jean-François Diouris	IETR, Nantes Université Polytech Nantes	<a href="mailto:jean-francois.diouris@univ-nantes.fr">jean-francois.diouris@univ-nantes.fr</a>
Guillaume Andrieux	IETR, Nantes Université Polytech Nantes	<a href="mailto:guillaume.andrieux@univ-nantes.fr">guillaume.andrieux@univ-nantes.fr</a>
Clément Campo	Institut franco-allemand de Saint-Louis	<a href="mailto:clement.campo@isl.eu">clement.campo@isl.eu</a>

