

Sujet thèse / PhD subject 2026

Titre Thèse	Propagation maritime et axée sur la mobilité pour l'ISAC à partir de réseaux MIMO distribués	
PhD Title	Mobility-Driven and Maritime Propagation for ISAC from distributed MIMO networks	
(Co)-Directeur	Davy GAILLOT	E-mail : davy.gaillet@univ-lille.fr
(Co)-Directeur	Jose-Maria MOLINA GARCIA PARDO	E-mail : JoseMaria.Molina@upct.es
(Co)-Encadrant (s)		E-mail :
Laboratoire	IEMN	Web : www.iemn.fr
Groupe(s)	TELICE	Web : https://www.iemn.fr/la-recherche/les-groupes/telice
Projet phare principal	Transports	
Financement acquis Oui ☐ Non ☒ Partiel ☐	Si acquis (total ou partiel), préciser : (contrat, organisme, Université étrangère...) :	
Financement demandé	Contrat Doctoral Etablissement	ULille ☐ Centrale Lille ☐ JUNIA ☐
	Région ou Autre ☒ Préciser : Région, le sujet se place dans le CPER RITMEA	Co financement (Préciser l'origine, demande en cours, et si acquis ou pas) : Cotutelle Internationale avec financement 50% projet Européen en attente de résultat porté par Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT, Espagne)

Résumé (français)

Les réseaux de communication véhiculaires terrestres, aériens et maritimes sont en plein essor et deviennent indispensables pour répondre aux besoins croissants en sécurité, confort de conduite, et efficacité énergétique. Cependant, la communication entre véhicules et infrastructures pose des défis, notamment en matière de fiabilité, latence, sécurité, et interopérabilité. Les réseaux 6G visent à répondre à ces exigences, avec une couverture étendue et une capacité accrue, en intégrant des technologies de rupture comme le concept "cell-free massive MIMO" qui généralise les réseaux MIMO distribués. En particulier, un des points critiques des systèmes sans fil de nouvelle génération porte sur l'intégration transparente de la communication et de la détection (ISAC) dans des environnements dynamiques et hétérogènes. L'approche ISAC permet conjointement des communications robustes mais également une localisation des véhicules et une description de l'environnement de propagation électromagnétique [1].

De plus, ces systèmes sans fil 6G doivent être validés sur l'ensemble du spectre dans lequel les communications futures sont censées fonctionner. De ce point de vue, plusieurs gammes de fréquences envisagées dans le cadre de la 6G doivent être conjointement étudiées en fonction des applications cibles :

- La bande FR1 (moins de 7 GHz) garantit une connectivité fiable et durable dans des scénarios difficiles tels que l'IoT industriel, les réseaux non terrestres (NTN) et les domaines maritime et aéronautique.
- La bande FR3 (7-24 GHz) offre un nouveau paradigme pour la conception de nouveaux systèmes dotés de capacités de formation de faisceaux hybrides pour une détection et une communication écoénergétiques.
- La bande FR2 (24-52,6 GHz) prend en charge les architectures ISAC reconfigurables avec une résolution de détection et une capacité de communication élevées.
- La bande sub-téraherz (100-400 GHz) exploite la convergence sans fil-photonique pour les liaisons à bande ultra-large et la détection de haute précision.

Dans ce contexte, un réseau dense de points d'accès (APs) connectés à un centre de calcul couvre une zone étendue, offrant une meilleure connectivité grâce au déploiement de points d'accès MIMO distribués. Cette approche permet une couverture plus uniforme, une meilleure connectivité, ainsi qu'une réduction des coûts opérationnels et énergétiques pour les opérateurs. Cependant, le développement de ces systèmes passe par une modélisation réaliste de ses canaux de propagation [2].

Ce sujet de thèse en co-tutelle avec le Prof. Jose-Maria Garcia Molina-Pardo de Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT) s'intéresse particulièrement à la caractérisation et la modélisation de la propagation maritime et axée sur la mobilité pour l'ISAC à partir de réseaux MIMO distribués. Le ou la candidate contribuera par une étude bibliographique complète aussi bien théorique qu'expérimentale sur les communications sans-fil maritimes et l'apport des techniques MIMO. Dans ce cadre, une nouvelle approche technologique basée sur le sondeur de canal MaMIMOSA est développée à

L'IEMN pour être opérationnelle en 2026 sur la bande FR1 et FR3 jusqu'à 12 GHz. UPCT a également un sondeur basé sur un VNA permettant de la mesure en statique jusqu'aux fréquences THz. L'objectif premier est donc de réaliser des mesures haute résolution variables dans le temps pour des scénarios de mobilité à des fréquences de 1,3 GHz, 5,9 GHz, 26-40 GHz, en capturant l'évolution dynamique des trajets multiples, les blocages, le comportement Doppler, la diversité angulaire et les structures de corrélation MIMO. Dans un deuxième temps, la caractérisation sera étendue aux plateformes de véhicules de surface sans pilote (USV) dans les environnements côtiers afin d'obtenir des statistiques de retard/Doppler/angle des canaux maritimes proches de la surface. Les résultats alimenteront les algorithmes ISAC en mobilité.

Ainsi, le candidat contribuera à la mise en œuvre des mesures expérimentales de sondage dans des scénarios en condition de mobilité à définir avec l'équipe de Direction, l'exploitation des données générées par le sondeur et la caractérisation du canal de propagation dans les bandes dédiées des sondeurs. La personne recrutée devra rédiger avec les chercheurs de l'équipe TELICE de l'IEMN et SICOMO de UPCT les rapports de caractérisation associés ainsi que participer à l'écriture des articles dans des conférences internationales et dans des journaux à comité de lecture.

[1] F. Liu et al., "Integrated Sensing and Communications: Toward Dual-Functional Wireless Networks for 6G and Beyond," in IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2022

[2] J. Zhang, G. Wang, H. Yang, B. Liu and B. Li, "Multiuser Maritime Integrated Sensing and Communication Shipboard Base Station Deployment Optimization," in IEEE Internet of Things Journal, 2024

Abstract (anglais)

Land, air, and maritime vehicular communication networks are booming and becoming indispensable in meeting growing needs for safety, driving comfort, and energy efficiency. However, communication between vehicles and infrastructure poses challenges, particularly in terms of reliability, latency, security, and interoperability. 6G networks aim to meet these requirements, with extended coverage and increased capacity, by integrating disruptive technologies such as the "cell-free massive MIMO" concept, which generalizes distributed MIMO networks. In particular, one of the critical issues for next-generation wireless systems is the seamless integration of communication and sensing (ISAC) in dynamic and heterogeneous environments. The ISAC approach enables robust communications as well as vehicle localization and description of the electromagnetic propagation environment [1].

In addition, these 6G wireless systems must be validated across the entire spectrum in which future communications are expected to operate. From this perspective, several frequency ranges being considered for 6G must be studied together based on the target applications:

- The FR1 band (below 7 GHz) ensures reliable and sustainable connectivity in challenging scenarios such as industrial IoT, non-terrestrial networks (NTN), and maritime and aeronautical domains.
- The FR3 band (7-24 GHz) offers a new paradigm for designing new systems with hybrid beamforming capabilities for energy-efficient sensing and communication.
- The FR2 band (24-52.6 GHz) supports reconfigurable ISAC architectures with high sensing resolution and communication capacity.
- The sub-terahertz band (100-400 GHz) exploits wireless-photonics convergence for ultra-wideband links and high-precision detection.

In this context, a dense network of access points (APs) connected to a computing center covers a large area, providing better connectivity through the deployment of distributed MIMO access points. This approach enables more uniform coverage, better connectivity, and reduced operational and energy costs for operators. However, the development of these systems requires realistic modeling of their propagation channels [2].

This thesis topic, co-supervised by Prof. Jose-Maria Garcia Molina-Pardo of the Universidad Politécnica de Cartagena, focuses on the characterization and modeling of maritime and mobility-oriented propagation for ISAC based on distributed MIMO networks. The candidate will contribute to a comprehensive theoretical and experimental literature review on maritime wireless communications and the contribution of MIMO techniques. In this context, a new technological approach based on the MaMIMOSA channel sounder is being developed at IEMN to be operational in 2026 on the FR1 and FR3 bands up to 12 GHz. UPCT also has a VNA-based sounder that allows static measurements up to THz frequencies. The primary objective is therefore to perform high-resolution, time-varying measurements for mobility scenarios at frequencies of 1.3 GHz, 5.9 GHz, and 26-40 GHz, capturing the dynamic evolution of multipath, blockages, Doppler behavior, angular diversity, and MIMO correlation structures. In a second phase, the characterization will be extended to unmanned surface vehicle (USV) platforms in coastal environments in order to obtain delay/Doppler/angle statistics for maritime channels close to the surface. The results will feed into ISAC algorithms in mobility.

The candidate will contribute to the implementation of experimental sounding measurements in mobility scenarios to be defined with the management team, the exploitation of data generated by the sounder, and the characterization of the propagation channel in the sounders' dedicated bands. The successful candidate will be required to write the associated characterization reports with researchers from the TELICE team at IEMN and SICOMO at UPCT, as well as participate in writing articles for international conferences and peer-reviewed journals.

[1] F. Liu et al., "Integrated Sensing and Communications: Toward Dual-Functional Wireless Networks for 6G and Beyond," in IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2022

[2] J. Zhang, G. Wang, H. Yang, B. Liu, and B. Li, "Multiuser Maritime Integrated Sensing and Communication Shipboard Base Station Deployment Optimization," in IEEE Internet of Things Journal, 2024