

## Soutenance de thèse

Leila MOUNSIF soutiendra sa thèse de doctorat préparée au sein de l'ISAE-ONERA SCANR et intitulée «*Conception de séquences pilotes pour la synchronisation au-delà de la cadence de Nyquist*»

**Le 14 juin 2022 à 14h00,  
Salle des thèses – ISAE-SUPAERO**

devant le jury composé de

M. Damien ROQUE	Professeur ISAE-SUPAERO	Directeur de thèse
M. Guillaume FERRÉ	Maître de conférences ENSEIRB MATMECA	Rapporteur
Mme Charlotte LANGLAIS	Directrice des études IMT Atlantique	Rapporteuse
M. Ronan COSQUER	Docteur DGA Maîtrise de l'information	
M. Yves LOUET	Professeur Centrale Supélec	
M. Charly POULLIAT	Professeur INP Toulouse	

**Résumé :** La transmission Faster-than-Nyquist (FTN) monoporteuse consiste à transmettre avec un rythme symbole supérieur à la bande occupée par le signal émis. Cette stratégie s'est révélée pertinente pour accroître l'efficacité spectrale atteignable sur des canaux contraints en puissance et pour rendre le signal de communication difficile à identifier pour un éventuel nœud espion. Alors que de très nombreuses contributions se sont focalisées sur la détection symbole (ou séquence) en présence d'interférence entre impulsions de mise en forme, nous nous intéressons à la synchronisation, peu étudiée pour ce mode de transmission mais essentielle pour pouvoir envisager des récepteurs pratiques. En particulier, nous considérons l'estimation et la compensation du délai et de la phase au moyen d'une séquence de symboles pilotes. L'objet principal de ces travaux de thèse est la conception de séquences pilotes adaptées à la synchronisation en FTN, au sens de la minimisation de la borne de Cramér--Rao (CRB) des paramètres, en fonction de la densité de transmission. À travers une étude analytique de la CRB du délai, nous révélons qu'une séquence optimale pour l'estimation de ce paramètre pour un système Nyquist est non-informative pour les systèmes FTN, dans le cas d'un filtre de mise en forme réel de type root-raised cosine (RRC). Les courbes de CRB des paramètres de synchronisation obtenues sont comparées à des estimateurs basés sur le maximum de vraisemblance, asymptotiquement efficaces. Des études complémentaires à ces travaux pourraient inclure une évaluation de la robustesse des estimateurs basés sur le maximum de vraisemblance à une contamination des symboles pilotes par des symboles de données. Aussi, il serait pertinent de prévoir une étape préliminaire de synchronisation du décalage en fréquence avant de réaliser l'estimation du délai et du décalage en phase. Une autre perspective serait la mise en œuvre d'estimateurs pratiques à faible complexité calculatoire (basés sur des méthodes d'estimation récursives par exemple).

**Mots-clés :** Au-delà de Nyquist, Synchronisation, Estimation, Séquence pilote, Borne de Cramér-Rao

**Summary:** Faster-than-Nyquist (FTN) signalling for single-carrier modulations consists in transmitting data with a symbol rate greater than the occupied bandwidth. It is a promising strategy to increase the spectral efficiency at fixed constellation size, especially in power-constrained channels. FTN signals are also more difficult to intercept by a possible eavesdropper. While many contributions focus on symbol (or sequence) detection in presence of interpulse interference, we address the synchronization issue. It is poorly studied for FTN transmissions whereas it is essential to envision practical FTN receivers. In particular, we consider pilot-aided timing and phase synchronization. The main problem of this PhD work is the conception of CRB-minimizing pilot sequences for synchronization in FTN scenarios. We perform an analytical study of the CRB for timing synchronization and we show that an optimal sequence for a Nyquist system becomes non-informative at higher densities, considering a real-valued root-raised cosine shaping filter. The obtained CRBs of the synchronization parameters are benchmarked by asymptotically efficient maximum-likelihood (ML)-based estimators. Perspectives may include an evaluation of the robustness of the ML-based estimators to a pilot contamination with data symbols. Also, a coarse frequency synchronization step can be relevant before considering timing and phase estimation. Additionally, low-complexity estimators (e.g. based on recursive estimation methods) can be realized.

**Keywords:** Faster than Nyquist, Synchronization, Estimation Theory, Pilot sequence, Cramér-Rao bound