

Ecole Doctorale

*Mathématiques et Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication*

*Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Information, de la Communication et de la Connaissance*

## **AVIS DE SOUTENANCE DE THESE**

**Le jeudi 24 juin 2021 à 14h**

à l'ENSTA Bretagne, amphithéâtre 1, 2 rue François Verny, Brest.

**Monsieur PEN ALLAN**

soutiendra une thèse de doctorat sur le sujet suivant :

" Topologie Antennaire pour Liaison Full-Duplex Inter-NanoSat ".

### **Le jury sera ainsi composé :**

- **M. DEVAL YANN, Professeur**  
Université Bordeaux I - TALENCE
- **M. FERRARI PHILIPPE, Professeur des universités**  
Université Grenoble Alpes - GRENOBLE
- **M. LABABIDI RAAFAT, Maître de conférences**  
ENSTA Bretagne - BREST
- **M. LE JEUNE DENIS, Enseignant-chercheur**  
ENSTA Bretagne - BREST
- **M. LE ROY MARC, Maître de conférences**  
Univ. de Bretagne Occidentale - BREST
- **M. PERENNEC ANDRE, Maître de conférences**  
Univ. de Bretagne Occidentale - BREST
- **M. RACHID ELIAS, Professeur**  
Université Saint-Joseph - RIAD EL SOLH - BEYROUTH - LIBAN
- **MME SADEK SAWSAN, Professeure**  
Université Libanaise - BEYROUTH - LIBAN

### **invité(e) :**

- **M. ISSLER JEAN-LUC, Ingénieur**  
CNES - TOULOUSE
- **M. RADOI EMANUEL, Professeur des universités**  
Univ. de Bretagne Occidentale - BREST

A BREST, le 11 juin 2021

Le Président de l'Université de  
Bretagne Occidentale,



A handwritten signature in black ink, appearing to read 'J. Gallo'.

**M. GALLOU**

**Titre :** Topologie Antennaire pour Liaison Full-Duplex Inter-NanoSat

**Mots clés :** Full-Duplex, Annulation de l'auto-interférence, Liaison Inter-Satellite, CubeSat, Réseau d'antennes

**Résumé :** Ce travail de thèse, réalisé au Lab-STICC, en partenariat avec le CNES et l'entreprise Syrlinks, porte sur l'étude de faisabilité d'une communication Full-Duplex (FD) pour une liaison inter-satellite. Cette étude cible la conception et le développement de dispositifs Full-Duplex du front-end RF, dédiés aux satellites CubeSats. Le principal objectif consiste à supprimer le phénomène d'auto-interférence ou Self-Interference (SI) en isolant la partie réception de celle de la transmission à partir de topologies d'antennes innovantes. Pour cet étage RF/antennaire, des solutions passives de découplage des antennes sont privilégiées. Un état de l'art présente les différentes techniques existantes pour cet étage afin de répondre aux exigences CubeSats pour du FD. De façon générale, les solutions d'isolation TX/RX par découplage des antennes proposées dans la littérature ne permettent pas

un comportement identique du lobe de rayonnement principal en réception et transmission. Une topologie innovante a été réalisée pour émettre et recevoir dans la même direction tout en annulant en champ proche la SI en RX. Le réseau d'antennes comporte quatre éléments répartis selon une rotation géométrique séquentielle de  $90^\circ$ . Un déphasage de  $180^\circ$  est alors introduit entre les paires d'éléments TX et aussi en RX grâce à des baluns. Deux étapes d'annulation de la SI permettent alors d'atteindre une isolation importante entre les deux voies d'environ 60 dB. Plusieurs démonstrateurs intermédiaires ont été réalisés et testés et ont permis de valider la topologie mise en œuvre. Ces démonstrateurs ont servi de référence afin d'augmenter le gain et la qualité de polarisation en vue de proposer un système complet à même de répondre aux spécifications d'une liaison inter-CubeSat FD.

**Title:** Antenna design for Full-Duplex Inter-Nanosat Link

**Keywords:** Full-Duplex, Self-Interference Cancellation, Simultaneous Transmit And Receive (STAR), Inter Satellite Link, antenna array

**Abstract:** This thesis, conducted at Lab-STICC in collaboration with CNES and Syrlinks, concerns the study of feasibility for a Inter-satellite Link Full-Duplex communication. The focus of this study, design, and development pertains to Full-Duplex at the RF stage and for CubeSat applications. More specifically, the study targets the mitigation of the high self-interference (SI) due to the high power transmit (TX) signal interfering into the receive (RX) path. The main objective of the study consists of isolating the two paths with specific antenna topologies. At the RF/antenna stage, passive decoupling of the antennas is considered. A state-of-the-art presents existing techniques for this stage to apply for CubeSat. In general, the current solutions for Self-Interference Cancellation do not allow the signals to be transmitted or

received in the same direction. An innovative topology has been constructed to transmit and receive in the same direction and also cancel the SI at the near field level. The antenna network is composed of four elements respectively geometrically shifted of  $90^\circ$  from one to each other. Each antenna pair (TX and RX) is fed with opposite phase by using baluns. Those two steps of SIC bring a high isolation level of about 60 dB between the RX and TX paths. Several proof-of-concept systems have been designed and validated and further improved in order to put forward a complete system with improved performances in gain and quality of polarization as required by the specifications of inter-CubeSat FD link.