

*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 mercredi 6 novembre 2019 à 10h30**

à l'UFR Sciences et Techniques, amphithéâtre "E", 6 avenue Victor Le Gorgeu, Brest

**Monsieur EL MASRI IHSAN**

soutiendra une thèse de doctorat sur le sujet suivant :

" Caractérisation électromagnétique du canal de propagation sur Silicium ".

**Le jury sera ainsi composé :**

- **MME ALLANIC ROZENN, Docteure**  
Univ. de Bretagne Occidentale - BREST
- **M. FERRARI PHILIPPE, Professeur des universités**  
Université Grenoble Alpes - GRENOBLE
- **M. GILLARD RAPHAEL, Professeur des universités**  
INSA de Rennes - RENNES
- **M. LAHEURTE JEAN-MARC, Professeur des universités**  
Univ Paris-Est Marne-La-Vallée - CHAMPS-SUR-MARNE
- **M. LE GOUGUEC THIERRY, Maître de conférences**  
Univ. de Bretagne Occidentale - BREST
- **M. VARANI LUCA, Professeur des universités**  
Université de Montpellier - MONTPELLIER

**invité(e)s :**

- **M. MARTIN PIERRE-MARIE, Maître de conférences**  
Univ. de Bretagne Occidentale - BREST
- **M. QUENDO CEDRIC, Professeur des universités**  
Univ. de Bretagne Occidentale - BREST

A BREST, le 18 octobre 2019

Le Président de l'Université de  
Bretagne Occidentale,



A handwritten signature in black ink, appearing to read "J. Galloù", is written over a horizontal line.

**M. GALLOU**

**Présidence**

3, rue des Archives  
CS 93837  
29238 Brest cedex 3

---

**Titre :** Caractérisation électromagnétique du canal de propagation sur silicium - Applications aux interconnexions sans fils intra-puce pour les systèmes WiNoC

**Mots clés :** Canal de propagation, antennes, silicium, système WiNoC, communication intra-puce

**Résumé :** À l'ère de l'intelligence artificielle, de Big Data et de l'Internet des Objets, le développement des NoC est devenu une priorité. Dans le cadre du projet BBC, nous avons opté pour les interconnexions WiNoC, qui assurent les besoins de communications efficaces au niveau intra-puce (latence faible, débit élevé, efficacité énergétique minimale, compatibilité avec la technologie CMOS, adaptabilité pour le broadcast).

Cette thèse se concentre sur l'étude électromagnétique la couche physique de WiNoC, et particulièrement sur la caractérisation des canaux de propagation sur des substrats silicium.

Dans ce contexte, nous mettons en évidence au travers de simulations et de mesures en bandes Ka et V, les problèmes de la propagation à très hautes fréquences dans des structures sur Si (cavités, ondes de surface et trajets multiples).

Par la suite, nous proposons une solution permettant de limiter ces problèmes dus aux réflexions sur les interfaces Si/Air en ajoutant une couche absorbante autour du substrat. Nous montrons à l'aide de simulations et de mesures en bandes Q et V, l'amélioration de la transmission et l'élargissement des bandes passantes.

Dans le but de réduire la taille des antennes et d'augmenter le débit, nous étudions dans la bande Sub-THz des réseaux de monopoles intégrés dans un substrat Si placé entre deux plaques métalliques.

Finalement, nous estimons les performances et nous montrons la possibilité de transmettre au moins 12 Gbps sur une portée de 21,2 mm et avec une efficacité énergétique de l'ordre de 4,5 pJ/bit. Ces résultats sont comparables avec les solutions concurrentes (WiNoC, RF guidées, optiques).

---

**Title :** Electromagnetic characterization of the propagation channel on Silicon – Intra-chip wireless interconnections - applications for WiNoC systems

**Keywords :** Propagation channel, antennas, silicon, WiNoC system, intra-chip communication

**Abstract:** In the age of artificial intelligence, Big Data and the Internet of Things, the development of NoCs has become a priority. As part of the BBC project, we have opted for WiNoC interconnects, which provide efficient communication requirements at the intra-chip level (low latency, high throughput, minimal energy efficiency, compatibility with CMOS technology, adaptability for broadcast).

This thesis focuses on the electromagnetic study the physical layer of WiNoC, and particularly on the characterization of propagation channels on silicon substrates.

In this context, we highlight, through simulations and measurements in Ka and V bands, the problems of propagation in Si structures at very high frequency (cavities, surface waves and multiple paths).

Subsequently, we propose a solution to limit these problems (due to reflections on the Si / Air interfaces) by adding an absorbing layer around the substrate. Using simulations and measurements in Q and V bands, we show improved transmission with a large bandwidth (>16 GHz).

In order to reduce the size of the antennas and to increase the data rate, we study in the Sub-THz band, networks of monopoles embedded in a Si substrate placed between two metal plates.

Finally, we estimate the performance and we show the possibility of transmitting at least 12 Gbps over a range of 21.2 mm and with an energy efficiency of the order of 4.5 pJ / bit. These results are comparable with competing solutions (WiNoC, RF interconnects, optical interconnects).