

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 lundi 12 juillet 2021 à 10h45**

à l'UFR Sciences et Techniques, 6 avenue Victor le Gorgeu, Brest.

**Madame HAMDASH NOOR**

soutiendra une thèse de doctorat sur le sujet suivant :

" High Frequency Tunable Delay by Microwave-Photonics Techniques for Antenna Networks ".

**Le jury sera ainsi composé :**

**- MME AUPETIT-BERTHELEMOT CHRISTELLE, Professeure des universités**

ENSIL - LIMOGES

**- MME BERGER PERRINE, Ingénieure de recherche**

Thales Research&Technology - PALAISEAU

**- M. FERRARI PHILIPPE, Professeur des universités**

Université Grenoble Alpes - GRENOBLE

**- M. LE BERRE DENIS, Maître de conférences**

Univ. de Bretagne Occidentale - BREST

**- M. MARTIN NOHAM, Maître de conférences**

Univ. de Bretagne Occidentale - BREST

**- M. RAMPONE THIERRY, Maître de conférences**

ENIB - BREST

**- M. SHARAIHA AMMAR, Professeur des universités**

ENIB - BREST

**- M. VILCOT JEAN-PIERRE, Directeur de recherche**

Université de Lille 1 - VILLENEUVE-D'ASCQ

**invité(e) :**

**- M. QUENDO CEDRIC, Professeur des universités**

Univ. de Bretagne Occidentale - BREST

A BREST, le 05 juillet 2021

Le Président de l'Université de  
Bretagne Occidentale,



**M. GALLOU**

# THESE DE DOCTORAT DE

L'UNIVERSITE  
DE BRETAGNE OCCIDENTALE

ECOLE DOCTORALE N° 601  
*Mathématiques et Sciences et Technologies  
de l'Information et de la Communication*  
Spécialité : *Électronique*

Par

**« Noor HAMDASH »**

**« High Frequency Tunable Delay by Microwave-Photonics Techniques  
for Antenna Networks »**

Thèse présentée et soutenue à Brest, le « 12 Juillet 2021 »  
Unité de recherche : Lab-STICC  
Thèse N° :

## Membres :

Christelle AUPETIT-BERTHELEMOT  
Philippe FERRARI  
Jean-Pierre VILCOT  
Perrine BERGER  
Thierry RAMPONE  
Noham MARTIN  
Denis LE BERRE  
Ammar SHARAIHA

Professeur des universités, Université de Limoges, XLIM / *Rapporteur*  
Professeur des universités, Université de Grenoble, RFIC-Lab / *Rapporteur*  
Directeur de Recherche, CNRS, IEMN / *Examineur*  
Ingénieur Docteur, Thales / *Examineur*  
Maîtres de conférences, Lab-STICC, ENIB / *Encadrant*  
Maîtres de conférences, Lab-STICC, UBO / *Encadrant*  
Maîtres de conférences, Lab-STICC, UBO / *Encadrant*  
Professeur des universités, Lab-STICC, ENIB/ *Co-directeur de thèse*

## Invité(s)

Cédric QUENDO

Professeur des universités, Lab-STICC, UBO / *Directeur de thèse*

**Titre :** Génération de retards accordables hyperfréquences par des techniques optique-hyperfréquences pour des réseaux d'antennes.

**Mots clés :** Photonique hyperfréquence, Filtres hyperfréquence, Optoélectronique, Déphaseur, Photonique, Retards accordables vrais, SOA (amplificateurs optiques à semi-conducteurs).

**Résumé :** La génération de retards accordables vrais (TTD) pour des signaux hyperfréquence par association de technologies hyperfréquence et photonique (MWP) est fondamentale pour les systèmes embarqués, les communications par satellite et les radars. De plus, une structure hybride utilisant les technologies MWP augmente les capacités et les libertés de conception des fonctions à réaliser, tout en bénéficiant d'une forte immunité aux interférences électromagnétiques et des faibles pertes des fibres. Une des approches photoniques les plus prometteuses est l'oscillation de population cohérente (CPO) et la CPO avec montée en fréquence (Up-CPO) dans un amplificateur optique à semi-conducteurs (SOA).

Dans cette thèse, nous analysons, théoriquement par une analyse petit signal puis expérimentalement, les réponses en fréquences

CPO et Up-CPO pour quatre structures de SOA différentes. Nous proposons aussi une nouvelle architecture, combinant deux étages, basée sur une approche photonique pour le premier étage utilisant une technique Up-CPO. Le deuxième étage consiste en un déphaseur RF accordable et un filtre RF accordable, qui corrige à la fois les réponses de non-linéarité du premier étage et ajoute un décalage de phase nécessaire pour obtenir un TTD. En utilisant une approche hyperfréquence-photonique combinant Up-CPO dans un SOA avec un filtre accordable RF à une fréquence de fonctionnement de 9,7 GHz, nous démontrons par des simulations utilisant les résultats expérimentaux la possibilité de réaliser un TTD accordable à haute fréquence d'environ 56 ps avec une amélioration maximale de 80% pour une bande de fréquences de 0,375 GHz.

**Title :** High Frequency Tunable Delay by Microwave-Photonics Techniques for Antenna Networks.

**Keywords :** Microwave photonics, Microwave filters, Optoelectronics, Phase shifter, Photonics, True time delay, SOAs (Semiconductor Optical Amplifiers).

**Abstract :** Tunable true-time delay (TTD) at a microwave frequency by association of microwave and photonic (MWP) technologies is extremely valuable for embedded systems, satellite communications and radars. Moreover, a hybrid structure using MWP technology increases the capabilities and design freedoms of functions to be realized while benefiting from a high immunity to electromagnetic interference and low losses of optical fibers. Two of the most promising photonic approaches to provide a tunable microwave phase shift are the Coherent Population Oscillation (CPO) and the Up-converted CPO in a semiconductor optical amplifier (SOA).

In this PhD thesis, we analyze theoretically by small signal analysis and experimentally CPO

and Up-CPO RF responses for four different SOA structures. We then proposed a new architecture combining two stages based on a photonics approach for the first stage using an Up-converted CPO technique. The second stage consists of a tunable RF phase shifter and a tunable RF filter, which corrects the non-linearity responses of the first stage and adds a phase offset needed to obtain a TTD.

By using a microwave-photonics approach combining Up-converted CPO in a SOA with an RF tunable filter at an operating frequency of 9.7 GHz, we demonstrate by simulations using the experimental results the possibility of realizing high frequency tunable TTD of about 56 ps with a maximum improvement of 80% for a 0.375 GHz frequency band.