

# *Composants Hyperfréquences par Micro-Fabrication Additive pour la Combinaison de Puissance et le Filtrage Fort Q*

Pierre Blondy, pblondy@xlim.fr  
Tél : 033555457263  
Tél : 0

Equipe : MINT, limoges

**Mots clés :** Passive RF components, Microfabrication, fabrication additive

## **Résumé de la thèse :**

La thèse que nous proposons débutera par l'étude théorique d'un circuit de combinaison de puissance par lignes de transmission dites «micro-coaxiales» qui permettent d'obtenir des atténuations linéiques très faibles, qui permettront de réaliser des combineurs de puissance à très faibles pertes. La tenue en puissance (claquage, échauffement des parties métalliques) sera étudiée à l'aide de logiciels de simulations multi-physique comme COMSOL, pour évaluer les effets des dimensions des circuits sur leur tenue en puissance.

Des premiers résultats présentés dans la littérature scientifique [ref] ont montré que des structures micro coaxiales pouvaient supporter des puissances RF jusqu'à 120W, avec des pertes en excès inférieurs à xx dB, ce qui pourrait convenir pour certains étages d'amplification en bande Ka-Ku. De plus, les travaux de François David ont montré qu'il est possible d'intégrer des piliers métalliques de soutien, qui pourraient servir de drain thermique, et améliorer encore la tenue en puissance de ces structures [ref].

En coopération étroite avec Thales Alenia Space, le doctorant effectuera des simulations électromagnétiques et multi-physiques de ces structures 3D, avant de passer à des étapes de maquettage en utilisant le procédé de fabrication développé à XLIM.

Les composants seront caractérisés en puissance, pour valider les développements théoriques conduits dans la première partie de la thèse.

Par la suite, le doctorant étudiera des circuits de filtrage entre 30 et 40 GHz pour les applications spatiales. En partant des travaux de la thèse de François David, un filtre 4 pôles sera développé par le doctorant pour valider la pertinence du procédé de micro fabrication 3D. Dans cette phase, le filtre sera construit au dessus d'une carte RF, en tirant avantage de la précision supérieure de la micro fabrication, et de la faible rugosité des métallisations.

En effet, un filtre quatre pôles centré sur 35 GHz dont la bande passante relative est de l'ordre de 2%, la longueur physique des résonateurs doit être réglée avec une précision meilleure que 4 micromètres, pour ne pas avoir recours à un réglage post réalisation.

Le doctorant effectuera des simulations électromagnétiques d'un filtre à 4 pôles, en tenant compte des incertitudes des dimensions pour évaluer leur influence sur la réponse du filtre.

Par la suite, ces calculs seront validés par une réalisation de plusieurs circuits de filtrage sur carte RF, suivant les spécifications de Thales Alenia Space.

Les différentes étapes de la thèse pourront donner lieu à plusieurs publications ou brevets dans les journaux ou conférences du domaine de micro ondes.

Nous attendons ainsi de cette thèse deux avancées principales:

1 - Démontrer la faisabilité de circuits de combinaison de puissance à très faibles pertes pour l'utilisation d'amplificateurs à l'état solide (GaN) dans les systèmes de communications spatiales par micro-fabrication additive.

2 - Démontrer la faisabilité de filtres volumiques fort Q sans réglages jusqu'aux bandes Q et V directement sur carte ou intégrables sur carte par le même procédé de micro-fabrication additive.



The thesis that we propose will begin with the theoretical study of a circuit of combination of power by transmission lines called "micro-coaxial" which make it possible to obtain very weak line attenuations, which will make it possible to realize power combiner to very Low losses. The power resistance (breakdown, heating of the metal parts) will be studied using multi-physical simulation software such as COMSOL, to evaluate the effects of circuit sizes on their power holding.

Initial results in the scientific literature have shown that micro-coaxial structures can withstand RF power up to 120W, with excess losses of less than xx dB, which might be suitable for some band amplification stages Ka-Ku. In addition, François David's work has shown that it is possible to integrate supporting metal pillars, which could serve as a thermal drain, and further improve the strength of these structures [ref].

In close cooperation with Thales Alenia Space, the doctoral student will carry out electromagnetic and multi-physical simulations of these 3D structures, before moving on to the mapping stages using the manufacturing process developed at XLIM.

The components will be characterized in power, to validate the theoretical developments conducted in the first part of the thesis.

Subsequently, the doctoral student will study filtering circuits between 30 and 40 GHz for space applications. Starting from the work of François David's thesis, a 4-pole filter will be developed by the doctoral candidate to validate the relevance of the 3D micro manufacturing process. In this phase, the filter will be built on top of an RF card, taking advantage of the higher precision of the micro fabrication, and the low roughness of the metallizations.

Indeed, a four-pole filter centered on 35 GHz with a relative bandwidth of the order of 2%, the physical length of the resonators must be adjusted with a precision better than 4 micrometers, so as not to use a post adjustment production.

The doctoral student will perform electromagnetic simulations of a 4-pole filter, taking into account the uncertainties of the dimensions to evaluate their influence on the response of the filter.

Subsequently, these calculations will be validated by carrying out several RF filtering circuits according to Thales Alenia Space specifications.

The various stages of the thesis may give rise to several publications or patents in the newspapers or conferences of the microwave field.

We thus expect two major advances from this thesis:

1 - Demonstrate the feasibility of very low loss power combining circuits for the use of Solid State Amplifiers (GaN) in spatial communications systems by additive micro fabrication.

2 - Demonstrate the feasibility of high volume volumetric filters Q without adjustments to the Q and V bands directly on board or integrated on board by the same additive micro-fabrication process.

## **Objectifs :**

Nous attendons ainsi de cette thèse deux avancées principales:

1 - Démontrer la faisabilité de circuits de combinaison de puissance à très faibles pertes pour l'utilisation d'amplificateurs à l'état solide (GaN) dans les systèmes de communications spatiales par micro-fabrication additive.

2 - Démontrer la faisabilité de filtres volumiques fort Q sans réglages jusqu'aux bandes Q et V directement sur carte ou intégrables sur carte par le même procédé de micro-fabrication additive.

## **Description complète du sujet de thèse :**

Composants Hyperfréquences par Micro-Fabrication Additive pour la Combinaison de Puissance et le Filtrage Fort Q

La montée en fréquence des systèmes de télécommunication spatiaux se fait conjointement avec une réduction des coûts de ces équipements, de façon à pouvoir répondre aux nouvelles demandes comme les constellations de satellites.

Concrètement, cela se traduit par l'arrivée de technologies issues de la téléphonie mobile pour le spatial, comme les circuits RF sur carte (« PC Boards »), dont les performances électriques se sont grandement améliorées. Ces cartes peuvent être utilisées jusqu'à pouvoir être utilisées pour des applications aux longueurs d'ondes millimétriques, pour l'interconnexion ou les circuits passifs

Cependant, certaines fonctions comme le filtrage bande étroite fort Q, la combinaison de puissance se heurtent aux limites de ce qu'il est possible de réaliser sur ces cartes, avec notamment des précisions de gravure qui ne sont pas compatibles avec la réalisation de filtres multi-pôles à bande étroite sans réglage post réalisation.

De la même manière, si les pertes de ces substrat sont devenues acceptables grâce aux progrès générés par la demande de l'industrie de la téléphonie mobile, elles restent trop élevées pour la réalisation de composants de puissance comme des combineurs pour lesquels des pertes minimales se traduisent par des puissances dissipées très importantes.

Dans ce contexte, l'équipe Elite-RF du laboratoire XLIM a développé une technique de fabrication dite « micro fabrication additive » qui permet de construire des structures métalliques avec une précision micrométrique au dessus de substrats quelconques, qui peuvent être organiques ou micro-électronique. Cette technologie consiste à réaliser des électrolyses de cuivre dans des moules polymères réalisés par lithographie.

Ces étapes sont répétées N fois, par tranches de 50 micromètres d'épaisseur, et une structure 3D en cuivre est ainsi ajoutée au dessus d'un substrat par électrolyses successives. Le métal est ajouté par couches successives et ce procédé est donc appelé micro-fabrication additive.

Vue schématique des étapes de fabrication du procédé. A partir d'une couche initiale de métal (a), une structure en cuivre est ajoutée par électrolyse sélective (b-h). Enfin, le polymère est enlevé pour laisser les éléments dans l'air (i-j).

Par rapport à d'autres techniques de fabrication additive, comme le SLS (Selective Laser Sintering), ce procédé est conduit à basse température (

**Compétences à l'issue de la thèse :**

Conception RF, circuits passifs, micro fabrication additive

**Présentation de l'équipe d'accueil :**

L'équipe MINT travaille dans le domaine des circuits intégrés pour les hyperfréquences en collaboration avec de nombreux industriels. Les travaux de l'équipe vont de l'élaboration des matériaux jusqu'à la réalisation de composants hyperfréquences fonctionnels.

**Financement :** Lot 2: Sujet avec demande de financement institutionnel en cours

**Spécialité de Doctorat :** Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication

**Domaine de compétences principal:** Informatique-Electronique

**Domaine de compétences secondaire:** Informatique-Electronique

**Candidat :**

**Compétences souhaitées :** Master 2 ou ingénieur hyperfréquences

**Conditions restrictives de candidature :** Aucune

**Date Limite de candidature :** 8 Juin 2017 - 18h