

## *Filtres hyperfréquences embarqués reportables en surface*

Serge Verdeyme, serge.verdeyme@unilim.fr

Tél : 0555457262


Tantot Olivier, olivier.tantot@unilim.fr


Tél : 0

Equipe : MACAO, LIMOGES

**Mots clés :** Filtres hyperfréquences, conception de composants microondes, analyse et optimisation multiphysique, technologies 3D

### **Résumé de la thèse :**

 Dans le domaine des systèmes microondes, les filtres sont des composants de plus en plus complexes, qui nécessitent des méthodes de conception et de réalisation avancées. Au delà des spécifications électriques, une étape supplémentaire importante dans bien des cas est d'intégrer des contraintes thermiques et mécaniques (report en particulier), pour envisager d'éventuels défauts de fonctionnement, liés à des dérives de réponse électrique, ou à des ruptures mécaniques non réversibles. En particulier pour la réalisation de filtres à faible bande passante relative, il est ainsi nécessaire de mettre en place des approches d'analyse et d'optimisation multiphysique, ce qui sera le principal objectif de cette thèse

 In micro-wave engineering, filter becomes more and more complex and needs advanced studies. Once the design is achieved to observe the required electrical specifications, the next important step is in many case to think about thermal and mechanical aspects to anticipate unwanted failures. Indeed a high RF/microwave supply or extreme environment will cause high rising temperature which lead to material properties shift and thermal expansion. That has a huge impact on the frequency response of the device, especially for narrow bandwidth filters. Method to lead multi-physics simulations and analyses are approached, to deal with Electromagnetic-Thermal-Mechanical coupled simulations applied on high-Q filters.

### **Objectifs :**

D'une manière synthétique, les trois années de la thèse seront organisées en quatre phases chronologiques:

- Etablissement avec Thales d'un cahier des charges pour les filtres : fréquence d'utilisation, gamme de température, comportement thermo-mécanique, ...
- Mise au point d'une méthodologie de Simulation et de modélisation RF et thermo-mécanique de résonateurs et filtres
- Evaluation théorique et expérimentale de solutions de résonateurs et benchmark permettant de retenir les solutions les plus prometteuses
- Conception et validation expérimentale des filtres reportés basés sur les résonateurs sélectionnés

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

L'objectif des travaux est de proposer de nouvelles solutions technologiques pour les équipements électroniques, en particulier pour les marchés du spatial, de la défense et de la sécurité. Il s'agit plus précisément d'adresser le filtrage microondes, fonction essentielle dans le traitement de l'information. Ce sujet propose de développer une nouvelle génération de filtres microondes compacts et faibles pertes destinés à être reportés en surface sur des cartes organiques mono ou multiniveaux (2 épaisseurs typiquement).

Les méga constellations de satellite annoncées par diverses sociétés (One Web, Space X, Samsung) amènent en effet à repenser les modes de fabrication, les coûts et les volumes des équipements de cette génération de satellites de télécommunication basse altitude (LEO). Etant donné les volumes annoncés (4600 satellites par Samsung par exemple) et le nombre de canaux et filtres présents par satellite, les besoins en filtres sont énormes. L'évolution est similaire dans le domaine de la sécurité et de la défense, par exemple au niveau des systèmes radars. L'objectif est là encore de réduire les coûts de fabrication, d'augmenter les niveaux d'intégration des fonctions, tout en préservant des contraintes de performance (qualité de traitement du signal, fiabilité des systèmes, propriétés mécaniques, gamme de température de fonctionnement,...) qui restent spécifiques à ces applications.

Dans ce contexte, il est essentiel de se tourner vers des substrats d'accueil non plus traditionnellement en céramique (équipements d'aujourd'hui) mais plutôt organique. L'emploi d'un support organique pour ces applications s'accompagne de problèmes concrets : comment reporter à leur surface des filtres en fréquence alors que les spécifications requises pour ces composants sont extrêmement contraintes (très forte sensibilité aux dimensions des dispositifs entraînant des très fortes contraintes pour leur réalisation, niveau de pertes très faibles donc dispositifs peu intégrés, volumiques plutôt que planaires) ? Comment gérer les contraintes de coefficients de dilatation différents entre le substrat et les filtres reportés (les variations importantes de température auxquelles sont soumis les composants entraînent des dilatations ou compressions, donc au mieux des évolutions des réponses électriques, au pire des casses mécaniques) ? De plus, comment rendre leur fabrication compatible avec le volume nécessaire et les reporter sur ce substrat d'accueil via des moyens de report automatisés (machine de pick & place par exemple) ?

Cette étude propose ainsi d'amener des réponses concrètes à ces questions et de tester expérimentalement les plus pertinentes. En partenariat avec Thales, nous proposons de trouver un équilibre optimisé entre contraintes de performances RF, de coût, de masse et de volume de fabrication. Le travail proposé s'appuiera sur une phase d'optimisation RF mais aussi thermo-mécanique (problématique de retrait des filtres montés en surface d'un substrat organique d'accueil) intégrant un cahier des charges précis apporté par Thales. L'originalité des solutions proposées reposera en partie sur des matériaux originaux (céramiques, polymères, ...) et les technologies de fabrication proposées (fabrication additive) pour les composants reportés.

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

le futur docteur aura acquis à l'issue de sa thèse les compétences et connaissances suivantes : Méthodes de synthèse, d'analyse, techniques de réalisation et de test de structures de filtrage microondes - Technologies innovantes 3D de réalisation de composants - Méthodes et outils

d'analyse multiphysiques (EM, thermique, mécanique) - Expertise de l'évolution des systèmes RF pour applications spatiales et militaires, expérience industrielle au travers de la collaboration avec Thales

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

L'équipe MACAO est spécialisée dans la conception, le développement et la réalisation de composants passifs et de capteurs dans le domaine hyperfréquence. Cette équipe a développée au cours des dernières années des compétences reconnus dans le développement d'outils numériques spécifiques de simulation et d'optimisation de phénomènes électromagnétiques et thermique ainsi que dans l'utilisation de technologies de fabrications 2D et 3D (LTCC, SIW, stereolithographie, jet d'encre, ...). Ces compétences ont entre autres été mises à profits dans la conception de capteur RF et de composants passifs (filtres, multiplexeurs, ...) reconfigurables ou non.

**Financement :** Lot1: Sujet financé sur crédits institutionnels (sujets fléchés)

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

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

**Domaine de compétences secondaire:** Sciences pour l'Ingénieur

**Candidat :**

**Compétences souhaitées :** Les candidats devront être familiers avec la conception de circuits hyperfréquences. Une connaissance des outils de simulation tels que CST Microwave Studio ou Ansoft HFSS est souhaitée. Une expérience dans le domaine de la caractérisation des circuits serait également appréciée, de même qu'une certaine familiarité avec les nouvelles technologies (imprimantes 3D, ...).

**Conditions restrictives de candidature :** Aucune

**Date Limite de candidature :** 08 juin 2017 – 18H