

Sujet de thèse

Titre : Conception et réalisation d'une chaîne complète de transmission RF sur substrat biosourcé.

Mots-clés : Electronique durable, Hyperfréquences, Electromagnétisme, Antenne active, Analyse de cycle de vie.

Contexte :

CISTEME, Centre de Ressource Technique (CRT) spécialisé dans l'électronique RF et télécommunications, s'est positionné, depuis quelque temps, comme un acteur de la transition écologique dans son domaine d'expertise sur le thème de l'écoconception électronique et en particulier la conception des systèmes RF offrant les mêmes services et performances mais avec des impacts environnementaux beaucoup plus faibles, à la fois sur le plan du bilan carbone mais aussi sur le plan des consommations de matériaux [1-4]. En tant que doctorant, vous intégrerez nos équipes pour travailler sur la partie écoconception et réalisation d'une chaîne complète de transmission RF sur substrat biosourcé incluant mélangeur, filtre, amplificateur, antennes. L'un des enjeux est de comparer ses performances avec le même système réalisé de manière classique, notamment en matière de consommation d'énergie et d'encombrement. Ces deux derniers points sont des enjeux critiques dans le domaine de l'électronique durable où la consommation et le coût sont des éléments-clés du point de vue du déploiement. Un autre enjeu majeur est de définir les matériaux bio-sourcés susceptibles d'être utilisés dans la bande de fréquences désirée, pour optimiser et intégrer le système antennaire actif.

Objectifs :

Le travail de thèse portera sur la définition, la conception et la réalisation de deux chaînes de transmissions RF. La première sera réalisée sur des matériaux classiques, par exemple le RO4003C. La deuxième sera réalisée sur des matériaux biosourcés (à définir). Le doctorant devra rechercher les substrats RF écologiques disponibles sur le marché et évaluer leur degré de maturité technologique en tenant compte des contraintes liées à leurs possibilités de métallisation et des procédés nécessaires au tirage du circuit. La chaîne TX à concevoir sur des matériaux biosourcés abordera le problème de la tenue mécanique, tenue en puissance et sa performance électromagnétique afin d'étudier sa faisabilité selon des spécifications opérationnelles. L'objectif général est de faire un benchmark des technologies PCB (Printed Circuit Board) écologiques pour les circuits hyperfréquences passifs et actifs, ainsi qu'un comparatif des performances obtenues pour les mêmes circuits réalisés sur différents substrats, classiques ou écologiques, tenant compte à la fois des contributions respectives du substrat, de la métallisation et des procédés de fabrication.

➤ Les principales tâches durant cette thèse sont :

- ✓ Modélisation avancée pour les deux chaînes de transmission, la conception des filtres, des amplificateurs et des antennes sur deux substrats différents et la mesure de deux prototypes.

- ✓ Caractérisation RF dans la bande de fonctionnement pour les différents matériaux écologiques choisis afin de connaître les propriétés diélectriques des substrats en termes de constante diélectrique et de tangente de pertes. Choisir le meilleur substrat pour notre application.
 - ✓ Evaluer les performances des deux chaînes visant à optimiser la performance globale du système rayonnant en traitant les problèmes de matériaux biosourcés avec la présence des dispositifs actifs, en fonction des caractéristiques diélectriques et mécaniques du matériau et de la bande de fréquence.
 - ✓ Minimiser l'encombrement du système, tout en tenant compte des contraintes liées à l'interface entre la partie rayonnante et le réseau d'alimentation (filtre + ampli). L'objectif sera de viser à réduire et à optimiser sa consommation énergétique.
 - ✓ Définir les règles à respecter pendant la conception et la réalisation des chaînes RF sur des substrats biosourcés.
 - ✓ Après avoir réalisé et mesuré les deux chaînes, une analyse de cycle de vie utilisant le logiciel Bilan Produit de l'ADEME sera effectuée pour évaluer les impacts environnementaux des deux chaînes de transmission fabriquées. Le doctorant ou la doctorante pourra ainsi en déduire un « facteur de mérite » correspondant au quotient des performances sur les impacts environnementaux.
- Pour mener à bien cette thèse, le plan de travail prévisionnel se décompose comme suit :
- ✓ Phase 1 : Etude bibliographique ayant pour objectif de faire un état des lieux des principales architectures de la littérature avec leurs avantages et inconvénients par rapport à la mission visée. En particulier, les substrats biosourcés éligibles pour cette étude seront étudiés en détail, notamment la sensibilité des caractéristiques diélectriques en fonction de la température, l'humidité et de la fréquence.
 - ✓ Phase 2 : Prise en main des principales méthodes et outils numériques nécessaires à la conception conjointe et caractérisation d'une chaîne de transmission.
 - ✓ Phase 3 : Définition d'un substrat biosourcé compatible pour l'application et étude de sa mise en place. Au cours de cette étape, une autre chaîne sera désignée et réalisée sur un substrat classique. Les différents paramètres électromagnétiques (coefficient de réflexion, diagramme de rayonnement, lobes secondaires, etc.) seront analysés sur les bandes de fréquences ciblées. Une étape expérimentale de validation des deux choix technologiques (Biosourcé Vs Classique) sera réalisée.
 - ✓ Phase 4 : Analyse prospective des performances et des prérequis des éléments nécessaires à la définition d'un système de transmission RF sur substrat biosourcé. Il s'agira de lister les principales solutions disponibles dans les bandes de fréquences d'intérêt, et de définir, le cas échéant, les principales caractéristiques d'une conception spécifique le cas échéant.
 - ✓ Phase 5 : rédaction du manuscrit de thèse et valorisation du travail.

PROFIL RECHERCHE

- Master 2 dans le domaine de l'électronique et les hyperfréquences. Des connaissances de base sur les antennes et de l'électromagnétisme avec une petite expérience (stage) dans la conception de réseaux d'antennes et la technologie frontale RF seront appréciées.
- Connaissance des outils de simulation pour EM : CST MWS, Keysight ADS et Matlab.
- Maîtrise de l'anglais pour les conférences et la communication sera également appréciée.



SUPERVISEUR :

Pour postuler, veuillez envoyer une lettre de motivation, un CV détaillé et des références académiques à :

- Georges ZAKKA EL NASHEF, elnashef@cisteme.net

Lieu : Centre d'Ingénierie des Systèmes en Télécommunications en ElectroMagnétisme et Electronique (CISTEME), Bâtiment 2 – 12, rue Gémini – 87068 Limoges

DIRECTION DE RECHERCHE UNIVERSITAIRE :

- Pascal XAVIER et Nhu-Huan NGUYEN

Institut de Micro-électronique, Electromagnétisme et Photonique – Laboratoire d'Hyperfréquences et de Caractérisation, IMEP-LaHC, Grenoble

REFERENCES

- [1] Xavier P. et al. « Dispositifs hyperfréquences à faible impact environnemental », Journée Nationale Microondes (JNM), Juin 2022, Limoges France.
- [2] Zakka El Nashef and al. « Low Environmental Impact RF Devices for IoT Applications », European Microwave Week (EUMW), September 2022, Milan Italy.
- [3] Zakka El Nashef et al. « Modélisation et Caractérisation des Antennes Biosourcés pour des Applications WIFI », Journées de Caractérisation Microondes et Matériaux (JCMM), avril 2023, Tours France.
- [4] Zakka El Nashef and al. « Optimized Printed Antennas Based On Paper Substrate For Wifi Applications », European Conference on Antennas and Propagation (EUCAP), March 2023, Florence Italy.