



## Offre de thèse

**Titre :** DOSIMETRIE BIOELECTROMAGNETIQUE POUR LA 5G/6G AUTOUR DE 60 GHz

**Champs de recherche :** ondes millimétriques, instrumentation et métrologie micro-ondes, dosimétrie électromagnétique, antennes, modèles équivalents de tissus

**Laboratoire de Recherche :** Institut d'Electronique et des Technologies du Numérique (IETR), UMR CNRS 6164

**Type d'offre :** offre de thèse (contrat doctoral de 36 mois)

**Etablissement :** Université de Rennes 1

**Date de début de thèse :** octobre 2022

## Projet de recherche

### *Contexte*

L'utilisation prochaine et massive des technologies sans fil en bande K-Ka (26-28 GHz) ou en bande V (57-64 GHz) dans les futurs réseaux hétérogènes 5G/6G au sein de « small cells », induira inévitablement de nouvelles sources d'exposition (fréquences, usages, exposition en champ proche), en environnement extérieur (outdoor) ou intérieur (indoor), y compris de façon chronique. Ces nouveaux usages et services impliqueront en particulier l'exposition de l'utilisateur, en champ proche, par des dispositifs portables communicants situés à proximité du corps (smartphones, tablettes, etc.). Les puissances rayonnées par les terminaux mobiles, de l'ordre d'une dizaine de mW, pourraient induire des niveaux d'exposition localement élevés à cause de l'absorption très localisée des ondes millimétriques par la peau humaine. Par conséquent, le déploiement massif de ces services nécessite urgemment de développer de nouvelles techniques dosimétriques pour comprendre, quantifier et maîtriser l'exposition des utilisateurs à ces nouveaux signaux.

Par ailleurs, dans les scénarios d'exposition représentatifs 5G/6G (par ex. un terminal mobile avec un transceiver 60 GHz tenu à proximité de l'oreille ou du visage), l'utilisateur sera exposé en champ proche, et ce de façon relativement forte. Dans ces conditions, l'interaction complexe du champ émis par le dispositif sans fil avec son environnement (corps, etc.) rend difficile (et dans plupart des cas, impossible) la mesure directe de la densité de puissance [1]. Proposer de nouvelles méthodologies et solutions pour l'évaluation de l'exposition en champ proche est l'enjeu de cette thèse. A notre connaissance, aucune étude ou projet de recherche n'existe encore à ce jour sur cette thématique, malgré l'importance majeure de ces questionnements environnementaux et sociétaux.

### *Objectif*

L'objectif de cette thèse est d'adresser les défis liés à la dosimétrie en champ proche, pour contribuer à la sécurité environnementale des systèmes de communication 5G/6G émergents en ondes millimétriques. Les recommandations internationales, normes limites et standard actuels ne proposent aucune solution pour l'évaluation des niveaux d'exposition en champ proche dans ces bandes de fréquences. Ceci constitue l'enjeu majeur de ce projet, et ce afin d'éviter tout risque de surexposition lié au déploiement prochain des futurs réseaux 5G/6G.

## Méthodologie

Dans le cadre de cette thèse, nous proposerons une méthodologie pour la dosimétrie en champ proche en ondes millimétriques et développerons un nouveau système dosimétrique qui tiendra compte de la perturbation du rayonnement du terminal mobile en champ proche induit par la présence du corps. Cela permettra de se placer d'emblée dans des scénarios d'usage réalistes et représentatifs. Les solutions existantes pour les mesures dosimétriques en ondes millimétriques sont limitées aux mesures du champ en espace libre à proximité de dispositifs sans fil. Cette solution ne tient pas compte de l'augmentation potentielle des niveaux d'exposition liée à la présence du corps. Pour franchir ces limites actuelles, nous proposons une approche fondamentalement différente. Elle est basée sur le concept de modèle solide avec les propriétés électromagnétiques équivalentes à celles de la peau introduit par notre équipe [2]. Ce modèle est composé d'une fine couche de diélectrique de PDMS saturé en poudre de carbone (de l'ordre du millimètre d'épaisseur). Les propriétés électromagnétiques de ce diélectrique à pertes sont optimisées pour reproduire le coefficient de réflexion de la peau humaine. En partant de ce nouveau concept, notre ambition est de développer dans le cadre de cette thèse le premier système dosimétrique dédié à la mesure en champ proche en ondes millimétriques qui présentera l'avantage de tenir compte de la perturbation de champ rayonné par un dispositif sans fil à cause de la présence du corps humain. Les travaux de recherche dans le cadre de cette thèse s'appuieront sur les méthodes numériques avancées et sur les équipements de point disponibles à l'IETR (chambre anéchoïques jusqu'à 500 GHz, caractérisation en champ proche, impression 3D à haute résolution, dosimétrie multi-physique, etc.)

## Références

- [1] M. Ziane, R. Sauleau, M. Zhadobov. Antenna / body coupling in the near-field at 60 GHz: impact on the absorbed power density. *Applied Sciences*, 10(12), 7392(16pp), Oct. 2020
- [2] A. R. Guraliuc, M. Zhadobov, O. De Sagazan, R. Sauleau. Solid phantom for body-centric propagation measurements at 60 GHz. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 62(6), pp. 1373–1380, Mai 2014.
- [3] M. Ziane, M. Zhadobov, R. Sauleau. High-resolution power density measurement technique in the near-field accounting for antenna/body coupling at millimeter-waves. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 20(11), pp. 2151-2155, Nov. 2021.
- [4] A. Guraliuc, M. Zhadobov, R. Sauleau, L. Marnat, L. Dussopt. Near-field user exposure in forthcoming 5G scenarios in the 60-GHz band. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 65(12), pp. 6606–6615, Dec. 2017.
- [5] M. Zhadobov, C. Leduc, A. Guraliuc, N. Chahat, R. Sauleau. Antenna / human body interactions in the 60 GHz band: state of knowledge and recent advances. *State-of-the-Art in Body-Centric Wireless Communications and Associated Applications*, IET, pp. 97–142, Jun. 2016.

## Candidat(e)

*Compétences requises* : électromagnétisme, modélisation numérique, microondes (théorie et instrumentation).  
Connaissances en électronique sont les bienvenues mais pas obligatoires.

## Contacts

Pour candidater merci d'adresser votre CV, relevés de notes, lettre de motivation, et lettres de recommandations (optionnelles) à :

- ⇒ Maxim ZHADOBOV, CNRS (maxim.zhadobov@univ-rennes1.fr)
- ⇒ Ronan SAULEAU, Université de Rennes 1 (ronan.sauleau@univ-rennes1.fr)