

# Dispositif de protection microonde par décharge plasma : un modèle numérique auto-consistant confronté aux mesures expérimentales

L. Fuster<sup>1,2,3</sup>, R. Pascaud<sup>3</sup>, G. Hagelaar<sup>2</sup>, P. Hoffmann<sup>1</sup>, L. Liard<sup>2</sup>, O. Pascal<sup>2</sup>, T. Callegari<sup>2</sup>

<sup>1</sup> CEA, DAM, CEA-Gramat, France

<sup>2</sup> LAPLACE, CNRS, UPS, INP, Université de Toulouse, Toulouse, France

<sup>3</sup> ISAE-SUPAERO, Université de Toulouse, Toulouse, France

La multiplication des systèmes communicants sans fil en technologie planaire et le développement de sources microondes de forte puissance nécessitent de développer des limiteurs afin de protéger les chaînes de réception. Le durcissement électromagnétique dans ces topologies est traditionnellement assuré par des éléments actifs tels que les diodes PIN [1], mais celles-ci peuvent être endommagées si la puissance du signal reçu est trop importante. De par leur capacité à contrer des menaces de très haute puissance, les plasmas apparaissent alors comme de bons candidats.

Pour pouvoir se substituer aux limiteurs à semi-conducteur en technologie planaire, il faut parvenir à concevoir des dispositifs peu encombrants pouvant être insérés dans les chaînes de réception. Plusieurs topologies en technologie circuit imprimé utilisant des techniques de pré-ionisation et/ou des circuits résonnants ont été proposées par divers auteurs [2-3]. De notre côté, des premiers prototypes ont été développés, intégrant des décharges plasma localisées à une dizaine de millibars dans l'argon [4-5] et leurs capacités de protection ont été démontrées.

Au cours de cette communication, nous présenterons un limiteur en technologie microruban suspendue. Des simulations multi-physiques de ce dispositif, couplant la dynamique du plasma à celle de l'onde électromagnétique, et intégrant un modèle chimique simplifié pour l'argon, ont été conduites à l'aide d'un code de calcul développé au laboratoire LAPLACE [6], afin d'obtenir les paramètres de la décharge et de mieux comprendre les mécanismes de couplage non-linéaire microonde / plasma.

Nous présenterons tout d'abord une confrontation entre les bilans de puissance (mesure des puissances transmises absorbées et réfléchies par le plasma) expérimentaux et numériques, qui permet de relier la dynamique du plasma à l'évolution des taux de puissance. Nous expliciterons les mécanismes à l'œuvre dans l'alimentation de la décharge ainsi que la physique en jeu dans le mouvement du plasma. Pour finir, nous montrerons quelques résultats de simulation qui témoignent du fait que la dynamique du plasma est particulièrement sensible au choix de la fonction de distribution utilisée pour le calcul des paramètres de transport et des taux de réaction.

## Remerciements

Les auteurs remercient la Direction Générale de l'Armement (DGA), l'Agence de l'Innovation de Défense (AID) et la région Occitanie pour leur support financier.

## Références

- [1] S. S. Yang, T. Y. Kim, D. K. Kong, S. S. Kim, and K. W. Yeom, *IEEE Trans. Microw. Theory Tech*, Jun. 2009.
- [2] L. W. Cross, M. J. Almkawi, and V. K. Devabhaktuni, *IEEE Trans. Electromagn. Compat.*, Dec. 2013.
- [3] R. Pascaud, F. Pizarro, T. Callegari, L. Liard, O. Pigaglio and O. Pascal, *Electron. Lett.*, Jul. 2015.
- [4] A. Simon, R. Pascaud, T. Callegari, L. Liard, and O. Pascal, *IEEE Trans. Plasma Sci.*, Jul. 2018.
- [5] A. Simon, R. Pascaud, T. Callegari, L. Liard, and O. Pascal, *IEEE CAMA 2018*, Vasteras (Sweden), Sep. 2018.
- [6] G. J. M. Hagelaar *et al.*, *Journal of Physics D*, 2009.