



Etude de l'interaction d'une onde électromagnétique brève et intense avec une antenne résonateur plasma

Date de début de thèse : Octobre 2023

Cette thèse proposée s'inscrit dans la continuité de travaux réalisés concernant la mise au point et l'évaluation d'un nouveau type d'antenne miniature exploitant une décharge plasma et fonctionnant en bande VHF (Thèse A. Laffont [1]). Ces travaux de recherche sont réalisés dans le cadre d'une collaboration entre l'Institut Supérieur de l'Aéronautique et de l'Espace (ISAE-SUPAERO), le Laboratoire PLASMA et Conversion d'Energie (LAPLACE) et le CEA Gramat.

Le fonctionnement de ce nouveau type d'antenne repose sur l'utilisation de la résonance plasmonique [2-4] d'une décharge plasma hémisphérique. Les premiers tests expérimentaux d'illumination de l'antenne ont suggéré qu'il existait une relation non linéaire entre le niveau de tension en sortie d'une antenne à résonateur plasma et le niveau de champ électromagnétique impulsionnel illuminant l'antenne. Plus précisément un phénomène de saturation de la tension de sortie a été observé pour des niveaux importants de champ incident. Des expérimentations complémentaires d'illumination seront réalisées afin de consolider ce résultat d'intérêt. D'un point de vue applicatif, cette particularité pourrait rendre l'utilisation d'une antenne de ce type particulièrement intéressante dans le cadre d'une application de protection d'équipements en aval de l'antenne vis-à-vis d'une agression électromagnétique telle que l'Impulsion Electromagnétique d'origine Nucléaire Haute Altitude (IEMN-HA).

La thèse proposée, réalisée en étroite collaboration entre les trois partenaires, comprendra deux grandes parties. La première partie de la thèse sera consacrée tout d'abord à la compréhension physique du couplage d'un champ électromagnétique bref et intense avec le plasma d'antenne. Cette approche sera basée sur la modélisation numérique réalisée grâce aux codes plasmas [5] et méthodes développés par le LAPLACE et l'ISAE. Une approche fluide sera proposée et une comparaison avec une méthode PIC est également envisagée. Ces travaux devraient permettre d'identifier les paramètres physiques qui gouvernent la réponse de l'antenne lors de l'illumination. La seconde partie sera consacrée à la réalisation d'expérimentations d'illumination sous les grands simulateurs électromagnétiques du CEA visant à confirmer et optimiser le mécanisme de saturation. Ces expérimentations permettront également de tester l'approche numérique développée précédemment. Enfin, l'antenne prototype fonctionnant actuellement sur la bande VHF (aux alentours de 200 MHz), un objectif secondaire des travaux de thèse sera d'étudier s'il serait possible de dimensionner un système antennaire vers la bande HF [3 MHz – 30 MHz].

[1] Thèse A. Laffont, « Contribution à l'étude théorique, numérique et expérimentale d'une antenne VHF miniature exploitant une décharge plasma », soutenue le 2 février 2022 à l'ISAE-SUPAERO.



- [2] A.E. Rider, K. Ostrikov, and S.A. Furman, « Plasmas meet plasmonics », *Eur. Phys. J. D* (2012) 66: 226, DOI: 10.1140/epjd/e2012-30273-3
- [3] Jacob B Khurgin, « How to deal with the loss in plasmonics and metamaterials », *Nature Nanotechnology* · January 2015, DOI: 10.1038/nnano.2014.310 ·
- [4] Wei Liu, Rupert F. Oulton & Yuri S. Kivshar, « Geometric interpretations for resonances of plasmonic nanoparticles », *Sci. Rep.* 5, 12148; doi: 10.1038/srep12148 (2015).
- [5] Lucas Fuster, Gerjan Hagelaar, Romain Pascaud, Antoine Simon, Patrick Hoffmann, Laurent Liard, Olivier Pascal and Thierry Callegari, "Plasma-based microwave power limitation in a printed transmission line: a self-consistent model compared with experimental data", *Plasma Sources Science and Technology*, Volume 31, Number 2, <https://doi.org/10.1088/1361-6595/ac4848> (2022).
-

Date de début de thèse : Octobre 2023

Type de contrat : CDD pour une durée de 3 ans.

Lieu de travail principal : Laboratoire LAPLACE, Université de Toulouse, Paul Sabatier.

Contacts encadrants :

- Gerjan HAGELAAR, LAPLACE, CNRS, gerjan.hagelaar@laplace.univ-tlse.fr
- Thierry CALLEGARI, LAPLACE, Université de Toulouse, thierry.callegari@laplace.univ-tlse.fr
- Rémi MAISONNY, CEA Gramat, remi.maisonny@cea.fr
- Romain PASCAUD, DEOS, ISAE-SUPAERO, romain.pascaud@isae-supaeero.fr