



HAL
open science

Antenne Plasma Miniature en Bande VHF/UHF

Romain Pascaud, Cyril Cailhol, Adrien Laffont, V. Laquerbe, M. Juste, G J M Hagelaar, Thierry Callegari, Laurent Liard, Olivier Pascal, R. Maisonnny, et al.

► **To cite this version:**

Romain Pascaud, Cyril Cailhol, Adrien Laffont, V. Laquerbe, M. Juste, et al.. Antenne Plasma Miniature en Bande VHF/UHF. Journées scientifiques d'URSI-France : ONDES AU SERVICE DES PLASMAS, PLASMAS AU SERVICE DES ONDES, Mar 2024, Paris, France. pp.21-26. hal-04881568

HAL Id: hal-04881568

<https://hal.science/hal-04881568v1>

Submitted on 12 Jan 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Antenne Plasma Miniature en Bande VHF/UHF *Electrically Small Plasma Antenna in VHF/UHF Band*

R. Pascaud¹, C. Cailhol¹, A. Laffont^{1,2,3}, V. Laquerbe^{1,2}, M. Juste^{1,2,3}, G. Hagelaar², T. Callegari², L. Liard², O. Pascal², R. Maisonny³, S. Vauchamp³, J.-P. Adam³ et P. Pouliguen⁴

¹ISAE-SUPAERO, Université de Toulouse, France, romain.pascaud@isae-supero.fr

²LAPLACE, Université de Toulouse, France

³CEA, Gramat, France

⁴DGA, AID, France

Mots clés : Plasma, Antenne, Plasmonique – Plasma, Antenna, Plasmonic.

Résumé/Abstract

Une antenne plasma miniature en bande VHF/UHF est présentée. Cette antenne consiste en une sonde coaxiale électriquement petite placée au-dessus d'un plan de masse et entourée d'une décharge plasma hémisphérique d'un rayon bien inférieur à la longueur d'onde de fonctionnement. La décharge plasma alimentée par radiofréquence (RF) se comporte comme un résonateur à permittivité diélectrique négative associé à un rayonnement électromagnétique intense malgré sa petite taille électrique. Plus particulièrement, un phénomène d'adaptation d'impédance est observé avec un rayonnement omnidirectionnel à polarisation linéaire et un gain mesuré proche de 0 dBi.

A gaseous plasma electrically small antenna (ESA) in the VHF/UHF band is presented. This antenna consists of an electrically small coaxial probe placed above a ground plane and surrounded by a hemispherical plasma discharge of radius much smaller than the operating wavelength. The radio-frequency (RF)-driven plasma discharge behaves as a negative dielectric permittivity resonator associated with intense electromagnetic radiation despite its small electrical size. More particularly, an impedance matching phenomenon is observed with a linearly polarized omnidirectional radiation and a measured gain approaching 0 dBi.

1 Introduction

Le plasma est un gaz contenant des électrons et des ions dans des proportions telles qu'il reste globalement neutre. Sa permittivité relative ϵ_p est généralement décrite par le modèle de Drude

$$\epsilon_p = 1 - \frac{\omega_p^2}{\omega(\omega + i\nu)}, \quad \text{avec } \omega_p = \sqrt{\frac{e^2 n_e}{\epsilon_0 m_e}} \quad (1)$$

où ω_p est la fréquence angulaire du plasma, ν la fréquence de collision électron-neutre, e la charge de Coulomb, n_e la densité électronique, m_e la masse de l'électron et ϵ_0 la permittivité de l'espace libre.

Le plasma a déjà montré des caractéristiques prometteuses pour la conception d'antennes [1,2]. Ces antennes utilisent généralement le plasma soit comme un bon conducteur électrique, soit comme un matériau diélectrique de permittivité relative comprise entre 0 et 1. En négligeant les collisions dans l'équation (1), ces deux comportements du plasma sont obtenus lorsque $\omega \ll \omega_p$ ou $\omega > \omega_p$, respectivement. Récemment, un nouveau type d'antenne plasma miniature a été proposé et étudié expérimentalement dans la bande VHF/UHF [3]. Dans ce cas, le plasma ne se comporte ni comme un bon conducteur électrique ni comme un diélectrique, mais plutôt comme un mauvais conducteur électrique également appelé matériau à permittivité négative (*i.e.*, ENG pour Epsilon NeGative).

Cette communication présente les premières caractéristiques jamais mesurées pour une telle antenne.

2 Description de l'antenne plasma miniature

La Figure 1 présente le prototype réalisé. Il se compose d'un plasma couplé à une sonde coaxiale électriquement petite. Le plasma est confiné dans une cloche en verre hémisphérique de rayon intérieur de 102,5 mm et d'épaisseur de 5,5 mm. Cette décharge est générée dans un mélange de néon avec 1 % de xénon à une pression d'environ 1,33 Pa. La sonde coaxiale permet le couplage du signal micro-onde avec la décharge.

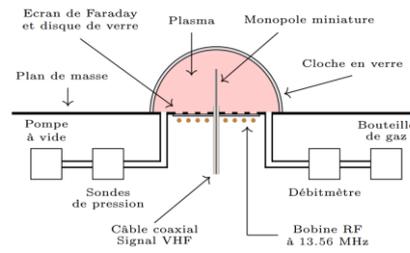


Figure 1 : Photo (plasma éteint) et schéma du prototype de l'antenne plasma miniaturisée

Le principe de fonctionnement de cette antenne repose sur le phénomène de résonance plasmonique. En effet, dans un plasma de dimension sub-longueur d'onde, des oscillations collectives de ses électrons libres apparaissent lorsqu'ils sont soumis à un champ électromagnétique. La résonance plasmonique est plus particulièrement une résonance de ces oscillations collectives qui conduit à un courant électrique volumique important et donc à un champ électromagnétique rayonné intense malgré la petite taille électrique du plasma.

3 Résultats de mesure

La Figure 2 montre par exemple le module du coefficient de réflexion mesuré, ou paramètre $|S_{11}|$, en fonction de la fréquence pour l'antenne avec et sans plasma. Lorsque le plasma est éteint, l'antenne est totalement désadaptée. Cependant, lorsqu'un plasma est allumé, l'adaptation d'impédance est observée avec un paramètre $|S_{11}|$ inférieur à -10 dB entre 240 et 304 MHz. On note aussi que le gain maximal mesuré en fonction de la fréquence augmente significativement pour atteindre quasiment 0 dBi entre 320 et 390 MHz.

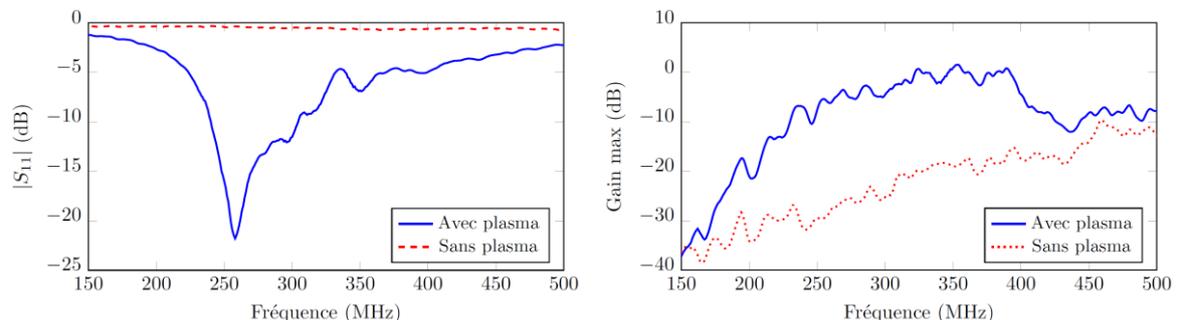


Figure 2 : Coefficient de réflexion et gain mesuré de l'antenne plasma miniaturisée

4 Conclusion

Dans cette communication, les propriétés de rayonnement d'une antenne plasma miniaturisée sont mesurées et présentées. Ces résultats attestent d'un rayonnement omnidirectionnel avec polarisation linéaire et d'un gain proche de 0 dBi. Ils confirment le potentiel de cette antenne plasma miniaturisée aux propriétés singulières.

5 Remerciements

Ce travail a été soutenu par la Direction Générale de l'Armement (DGA), l'Agence de l'Innovation de Défense (AID) et la Région Occitanie.

Références bibliographiques

- [1] P. Linardakis, G. Borg, and N. Martin, "Plasma-based lens for microwave beam steering," *Electron. Lett.*, vol. 42, no. 5, pp. 444–446, 2006.
- [2] J. Zhao, S. Wang, H. Wu, Y. Liu, Y. Chang, and X. Chen, "Flexible plasma linear antenna," *Appl. Phys. Lett.*, vol. 110, no. 9, p. 094108, 2017.
- [3] V. Laquerbe, R. Pascaud, A. Laffont, T. Callegari, L. Liard, and O. Pascal, "Towards antenna miniaturization at radio frequencies using plasma discharges," *Phys. Plasmas*, vol. 26, no. 3, p. 033509, 2019.