

Soutenance de thèse

Naomie DE MEJANES soutiendra sa thèse de doctorat, préparée au sein de l'équipe d'accueil doctoral ISAE-ONERA OLIMPES et intitulée «*Étude numérique et expérimentale de l'influence de la plume d'un propulseur électrique sur les antennes microondes à bord d'un satellite miniature*»

Le 8 octobre 2024 à 10h00, salle des thèses, ISAE-SUPAERO

devant le jury composé de

M. Olivier PASCAL	Université Paul Sabatier Toulouse	Directeur de thèse
M. Stéphane MAZOUFFRE	CNRS/ICARE	Rapporteur
M. Renaud LOISON	INSA Rennes	Rapporteur
M. Romain PASCAUD	ISAE-SUPAERO	Co-directeur de thèse
Mme Geneviève MAZE-MERCEUR	CEA-CESTA	
M. Vincent LAQUERBE	CNES	Invité
M. Marc SEVOZ	Airbus Defence and Space	Invité

Résumé : Les CubeSats, et de façon générale les satellites miniatures, ont un certain nombre d'avantages. Cependant, la miniaturisation de ces plateformes a imposé de nouvelles contraintes à l'ensemble des sous-systèmes, notamment en termes de compatibilité électromagnétique. Ainsi, le système de propulsion doit coexister avec des antennes qui utilisent plusieurs bandes du spectre radiofréquence et microonde pour des applications de télémétrie, de télécommande, de positionnement ou de charge utile. Or, le jet de plasma, appelé "plume", évacué par le propulseur est un milieu électromagnétiquement complexe et peut perturber le bon fonctionnement de ces systèmes intégrés. Des études ont déjà été réalisées sur de grands satellites conventionnels pour estimer la compatibilité électromagnétique de la plume avec les antennes. Tout d'abord, les phénomènes physiques au sein de la plume peuvent être à l'origine d'un rayonnement électromagnétique dans la bande passante des récepteurs. Du point de vue de l'antenne réceptrice, ce rayonnement est vu comme une source de bruit. De plus, la plume peut modifier le canal de propagation des microondes. En effet, sa permittivité n'étant pas celle du vide, l'environnement au voisinage de l'antenne peut être modifié, entraînant un changement de son diagramme de gain et donc de la puissance du signal reçu. C'est ce point qui fait l'objet de ce travail de thèse. Dans ces travaux, le principal objectif est de proposer une méthode numérique afin d'étudier l'impact de la plume sur les caractéristiques des antennes microondes dans le contexte des satellites miniatures. Pour ce faire, une méthode numérique multi-physiques est proposée couplant l'outil de simulation de plume de moteur de Hall JET2D avec le logiciel de simulation électromagnétique ANSYS HFSS via le modèle de Drude. La méthode développée nous permet d'estimer l'impact de la plume sur les caractéristiques d'antennes intégrées comme son adaptation, son diagramme de rayonnement, son gain, ou sa polarisation. Les résultats de ces simulations sont présentés pour plusieurs types d'antennes, plusieurs positions relatives entre l'antenne et la plume, et plusieurs puissances du propulseur. Par ailleurs, nous présentons une expérience développée pour valider la méthode de simulation proposée. Une maquette de CubeSat de taille 12U (1U représente un cube de 10 cm de côté) a ainsi été conçue. La plume a été remplacée par une ampoule de plasma montée à proximité d'une antenne patch bande L. Cette maquette a été placée dans la Base Compacte de Mesure d'Antennes du CNES et nous présentons les caractéristiques mesurées de l'antenne lorsque le plasma est allumé ou éteint. Enfin, nous présentons la confrontation de ces mesures avec les résultats de simulation obtenus avec la méthode numérique proposée.

Mots clés : Propulseur électrique, Micro-onde, Plasma, Nanosatellite

Summary: Today, nanosatellites represent a major solution for the space industry. The diversity of the missions they can ensure as well as the accessibility to the space they embody are particularly promising for major technological breakthroughs. In this dynamic context, several propulsion concepts are envisaged, some of which are already mature. Hall Effect Thrusters (HETs) represent high-potential candidates, provided that downscaling of existing solutions is controlled. Many developments are thus underway in the industrial field to meet this need (Comat-Agora, Exotrail, ...). Nevertheless, to ensure their effective implementation, it will also be necessary to ensure their compatibility with the subsystems that exploit electromagnetic waves to establish links with the nanosatellite. This PhD specifically addresses this problem and proposes several strategies to answer the questions posed by this electromagnetic compatibility.

Keywords: Electrical thrusters, Nanosatellite, Plasma, Microwave