

Avis de Soutenance

Monsieur Luca BUCCIANTINI

Sciences de l'Univers

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

Sondes à impédance mutuelle pour plateformes nanosatellite

dirigés par Monsieur Pierre HENRI

Ecole doctorale : Energie, Matériaux, Sciences de la Terre et de l'Univers - EMSTU

Unité de recherche : LPC2E - Laboratoire de Physique et Chimie de l'Environnement et de l'Espace

Soutenance prévue le **jeudi 30 mars 2023** à 14h00

Lieu : CNRS, Délégation Régionale Centre Limousin Poitou-Charentes, 3 Avenue de la Recherche Scientifique,
45100 Orléans

Salle : Amphi Sandron

Composition du jury proposé

M. Pierre HENRI	LPC2E	Directeur de thèse
Mme Karine ISSAUTIER	LESIA	Rapporteuse
M. Matthieu BERTHOMIER	LPP	Examineur
M. Sebastien CELESTIN	LPC2E	Examineur
M. Nicolas ANDRE	IRAP	Rapporteur
M. Fouad SAHRAOUI	LPP	Examineur
M. Kader AMSIF	CNES	Invité

Mots-clés : Diagnostic in situ, Plasma Spatiaux, Sondes actives, Sondes à impédance mutuelle, Simulations Vlasov-Poisson, Chambre plasma

Résumé :

Les sondes à impédance mutuelle sont des expériences spatiales de diagnostic utilisées pour mesurer in situ la densité du plasma et la température des électrons. Des nouvelles versions instrumentales de sondes à impédance mutuelle sont actuellement conçues pour s'adapter aux fortes contraintes des nanosatellites. Les nanosatellites sont des petites plateformes à faible coût, qui pourraient faciliter les futures missions scientifiques multipoints. Ils ont cependant de fortes contraintes en termes de masse, volume et puissance. Ces contraintes devraient fortement affecter la conception et les performances des expériences d'impédance mutuelle. Premièrement, les nanosatellites sont des petites plateformes, susceptibles de ne pouvoir embarquer que de courts appendices. Donc les capteurs électriques d'impédance mutuelle seront déployés proche de la plateforme nanosatellite, qui émet des signaux électromagnétiques perturbant les mesures. Cet impact pourrait être atténué en augmentant l'amplitude d'émission de l'expérience. Mais de fortes émissions peuvent déclencher des interactions non-linéaires dans le plasma qui peuvent à leur tour affecter le diagnostic expérimental. Deuxièmement, les satellites dans l'espace sont chargés électriquement par des interactions plasma-satellite. Leur charge perturbe le plasma, qui réagit en générant des régions inhomogènes enveloppant le satellite. Cette région, la gaine, est connue pour perturber le diagnostic local du plasma. Troisièmement, les fortes contraintes de masse et de volume à bord des nanosatellites incitent le partage de capteurs entre différentes expériences. Ce partage permet une réduction du poids des instruments au prix d'une limitation du temps d'occupation des senseurs. Pour mitiger l'effet de cette limitation, les sondes à impédance mutuelle requièrent des mesures plus rapides afin de garantir l'observation d'environnements à évolution rapide. Dans ce contexte, cette thèse instrumentale vise à résoudre les problèmes susmentionnés en étudiant, pour la première fois, l'impact (i) des interactions non-linéaires du plasma, (ii) des inhomogénéités du plasma à petite échelle et (iii) des mesures rapides sur la performance du diagnostic de densité et de température des sondes à impédance mutuelle. Cette étude est réalisée à la fois numériquement, en utilisant un modèle Vlasov-Poisson 1D-1V cinétique pour simuler les mesures d'impédance mutuelle, et expérimentalement, en utilisant une chambre à plasma pour effectuer des tests d'impédance mutuelle dans les conditions typiques des ionosphères terrestres et planétaires. Les résultats de cette thèse sont les suivants. (i) L'amplitude maximale d'émission d'impédance mutuelle qui garantit des Rapports Signal-sur-Bruit élevés et des perturbations non-linéaires négligeables du diagnostic d'impédance mutuelle correspond à des émissions associées à des rapports d'énergie électrique sur thermique dans le plasma allant jusqu'à 0.1. (ii) La gaine plasma du satellite ne perturbe pas le diagnostic de densité mais peut avoir un impact significatif sur le diagnostic de température. Par conséquent, les mesures absolues d'impédance mutuelle de la densité du plasma sont insensibles à la charge du satellite. Au contraire, le diagnostic de température nécessite un modèle de gaine. (iii) De nouvelles procédures expérimentales rapides d'impédance mutuelle (appelées modes chirp et multi-spectral) ont été définies, testées et validées en comparant au mode instrumental nominal d'impédance mutuelle. Le mode chirp permet d'effectuer des mesures étant jusqu'à 20 fois plus rapides que la procédure nominale, avec les mêmes performances de diagnostic. Ces résultats seront

utilisés pour la définition des sondes à impédance mutuelle qui seront embarqués sur des futures missions spatiales, notamment celles basées sur des petites plateformes tel que des nanosatellites.